

Propiedades de las enanas blancas

Introducción

Los astrónomos determinan las propiedades de las enanas blancas basándose en observaciones. Usan telescopios e instrumentos muy sensibles. Los estudiantes van a seguir muchos de los pasos de los astrónomos para hallar las propiedades básicas de una enana blanca. Durante su investigación, los estudiantes utilizarán operaciones de matemáticas (álgebra) y conceptos de geometría.

Materiales

Para cada grupo de dos estudiantes	Material y equipo para la clase
Papel de gráfica cuadrículado de $\frac{1}{4}$ pulgadas	Paja y vela (vela de pastel de cumpleaños)
Pedazo de cartón o plástico grueso del tamaño del papel de gráfica	Computadora con PowerPoint
3 tachuelas	Proyector de video y pantalla para proyectar el PowerPoint; o un conjunto de computadoras con PowerPoint para uso de los estudiantes.
2 tiras de hilo de algodón o cuerda (de 1 mm de grosor)	
2 guías para el estudiante (una para cada estudiante)	
<i>Opcional: calculadora gráfica o Microsoft Excel</i>	

Objetivos

1. Hacer un modelo del sistema binario de Sirio
2. Interpretar el movimiento observado de Sirio A como interacción gravitacional con una enana blanca, Sirio B.
3. Calcular el tamaño, la masa y la densidad de Sirio B usando datos astronómicos.
4. Comparar las propiedades de Sirio B, una enana blanca, con nuestro Sol.

NSES (Estándares Nacionales de Educación en Ciencias)

Grados 9-12 Ciencias Físicas: movimientos y fuerzas; estructura y propiedades de la materia; interacciones de energía y materia.

TEKS (Conocimientos y destrezas esenciales para Texas)

Física-Química Integradas	Física	Astronomía
(2) Investigación Científica: B, C y D (3) Razonamiento crítico & Resolución de Problemas: E (4) Fuerza y movimiento: B (6) Transformaciones de Energía: A	(2) Investigación Científica: B, C y D (3) Razonamiento crítico & Resolución de Problemas: E (4) Movimiento: B (5) Conservación de Energía y Momento: D (6) Fuerzas: A	(2) Investigación Científica: B, C y D

Preparación (30 minutos)

Equilibrio de la paja:

Introduzca una vela de pastel por un extremo de la paja para que no se vea.

Intente mantener la paja equilibrada en el dedo. Use las dos manos con los dedos índice extendidos para sostener la paja, y poco a poco mueva los dedos hacia dentro. La paja se inclinará hacia el lado más pesado.

Observaciones de Sirio en PowerPoint

Prepare la computadora y el vídeo para presentar los documentos de PowerPoint “SiriusA.ppt” y “SiriusA+B.ppt.” Familiarícese previamente con el contenido y la duración de los dos documentos. Si lo prefiere, puede imprimir los gráficos en plástico de transparencias para proyectar.

Modelo de estrella binaria:

El estudiante dibujará dos elipses en papel de gráfica usando los pedazos de cuerda, las tachuelas y un lápiz. Para cada grupo corte dos tiras de hilo de 40 cm. De largo. Que cada grupo haga los lazos (de 5 a 10 minutos).

Lazo para Sirio A: 33 centímetros	Lazo para Sirio B: 15 centímetros
<ol style="list-style-type: none"> 1. Clava una tachuela en un pedazo de cartón. 2. Mide 16.5 centímetros desde la tachuela y marca el punto. 3. Clava otra tachuela en ese punto. 4. Haz un lazo ajustado entre las tachuelas y ate el hilo para cerrar el lazo. 5. Comprueba que la longitud del lazo es de 33 centímetros. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clava una tachuela en un pedazo de cartón. 2. Mide 7.6 centímetros desde la tachuela y marca el punto. 3. Clava otra tachuela en ese punto. 4. Haz un lazo ajustado entre las tachuelas y ata el hilo para cerrar el lazo. 5. Comprueba que la longitud del lazo es de 15 centímetros.

Para hacer el lazo de Sirio B

[picture]

Para hacer el lazo de Sirio A

Tabla de duración de la actividad

Presentación	15 minutos
Exploración: Parte I	45 minutos
Exploración: Parte II	20 minutos
Explicación	20 minutos
Desarrollo	15 minutos
Total	115 minutos (2 horas)

Presentación (15 minutos)

Equilibrio de la paja

Sujete la paja con la vela para que la vea la clase. Pregúnteles dónde creen que está el punto de equilibrio de la paja. Sujete la paja con las dos manos y los dedos índice extendidos, y poco a poco mueva los dedos hacia dentro. El punto de equilibrio estará hacia el extremo pesado de la paja.

Ubicación de Sirio

1. Muestre el primer cuadro con el mapa estelar de las estrellas en las constelaciones de Canis Major y Orión. Hable un poco a los estudiantes sobre Sirio y dónde se encuentra.
 - Señale a Sirio, la estrella *de luz visible* más brillante del cielo (aparte del Sol).
 - Las estrellas agrupadas en Canis Major y Orión se ven mejor durante los meses de invierno en el hemisferio norte.
 - Sirio es, además, una vecina cercana, a sólo 9 años luz. Nuestro sistema solar tiene sólo unas *horas luz* de diámetro. El Sol está a unos *8 minutos luz*.
 - La fotosfera de Sirio (la capa que vemos) es un poco más caliente que nuestro Sol: 9,910 Kelvin mientras que el Sol alcanza 5,770 Kelvin.
 - La masa de una estrella determina su luminosidad (potencia), temperatura de la fotosfera, radio y ciclo vital. La masa de Sirio es unas 2.3 veces mayor que la del Sol. (2.3 masas solares), o 4.6×10^{30} kilogramos.
2. Vaya al cuadro siguiente. El PowerPoint muestra el movimiento de Sirio a lo largo de 100 años en “instantáneas” de 5 años.
 - Muestre las instantáneas.
 - Los estudiantes ubican la posición de Sirio en su gráfica.
 - Los estudiantes marcan la posición con la fecha de observación.
 - Pase a la instantánea siguiente.El último cuadro muestra una ampliación del movimiento de Sirio.

3. Cuando los estudiantes completen su gráfica, dirija sus respuestas a las preguntas siguientes?

- A. ¿Qué tipo de movimiento muestra Sirio? Justifica tu respuesta.
- Sirio muestra un movimiento periódico a lo largo de mucho tiempo. Sigue un patrón. Algunos antecedentes: Sirio es una estrella cercana –a sólo 9 años luz. Todas las estrellas de nuestra galaxia orbitan el baricentro galáctico, así que todas se mueven. Los astrónomos detectan y siguen los movimientos de las estrellas en relación al Sol. Se pueden medir dos movimientos: velocidad radial (en la línea de visión) medida mediante espectroscopia, y velocidad tangencial (perpendicular a la línea de visión). La velocidad tangencial se obtiene conociendo la distancia de la estrella y su “movimiento propio,” que se mide en unidades angulares. El movimiento de Sirio en estos mapas es el de los cambios en movimiento propio con respecto al tiempo. Por eso, al orbitar la galaxia, parece que Sirio orbita otra cosa cada 50 años. Por ejemplo, la Luna y la Tierra*

- orbitan el baricentro del sistema solar (muy cercano al Sol) y orbitan el baricentro de la Tierra-Luna (dentro de la Tierra).*
- B. *¿Qué variables puedes identificar para describir este movimiento? Periodo y amplitud. Pueden ver aceleración, ya que parece que Sirio se frena y acelera en los mismos lugares en su movimiento periódico. Si identifican el periodo, pida a los estudiantes que lo midan con la mayor precisión que les permitan sus datos. Su periodo es de 50 años.*
- C. *¿Qué crees que produce el movimiento de Sirio? Sirio tiene un acompañante que no se ve: Sirio B. Juntas, estas dos masas forman un sistema con un centro de masa o baricentro. Cada miembro orbita el baricentro con el mismo periodo. Sirio B es la enana blanca que resultaba demasiado tenue para que la viera Bessel, a principios del siglo diecinueve. Pero por el movimiento de Sirio A, Bessel sugirió la existencia de Sirio B. Que los estudiantes trabajen con las leyes newtonianas de fuerza y movimiento para explicar por qué creen que una estrella como Sirio puede ser arrastrada en un movimiento periódico.*

Exploración Parte I: Calcular la Masa de una Enana Blanca, Sirio B (45 minutos)

Divida a los estudiantes en grupos de dos. Reparta los materiales para cada grupo:

*Papel de gráfica de cuadrículas de ¼ pulgada

*Pedazo de cartón o material similar

*3 tachuelas

*2 tiras de hilo de algodón o cuerda de 40 centímetros para hacer lazos que representen las órbitas de Sirio A y Sirio B.

1. Hacer los lazos con el hilo (de 5 a 10 minutos)

Que cada estudiante haga dos lazos con el hilo. Las instrucciones para los estudiantes muestran las ilustraciones a escala. Pueden usar las ilustraciones como referencia para colocar sus tachuelas y hacer sus lazos.

2. Preparar el papel de gráfica (5 minutos)

Coloca el papel a lo largo. Ubica el centro del papel de gráfica en el cruce de cuadrícula más cercano. Marca el centro, y llámalo $(0, 0)$, como punto de origen. Marca estos puntos: $(-16, 0)$ $(-7, 0)$ y $(12, 0)$.

$(-7, 0)$ representa el centro de la masa para el sistema binario de Sirio A y Sirio B.

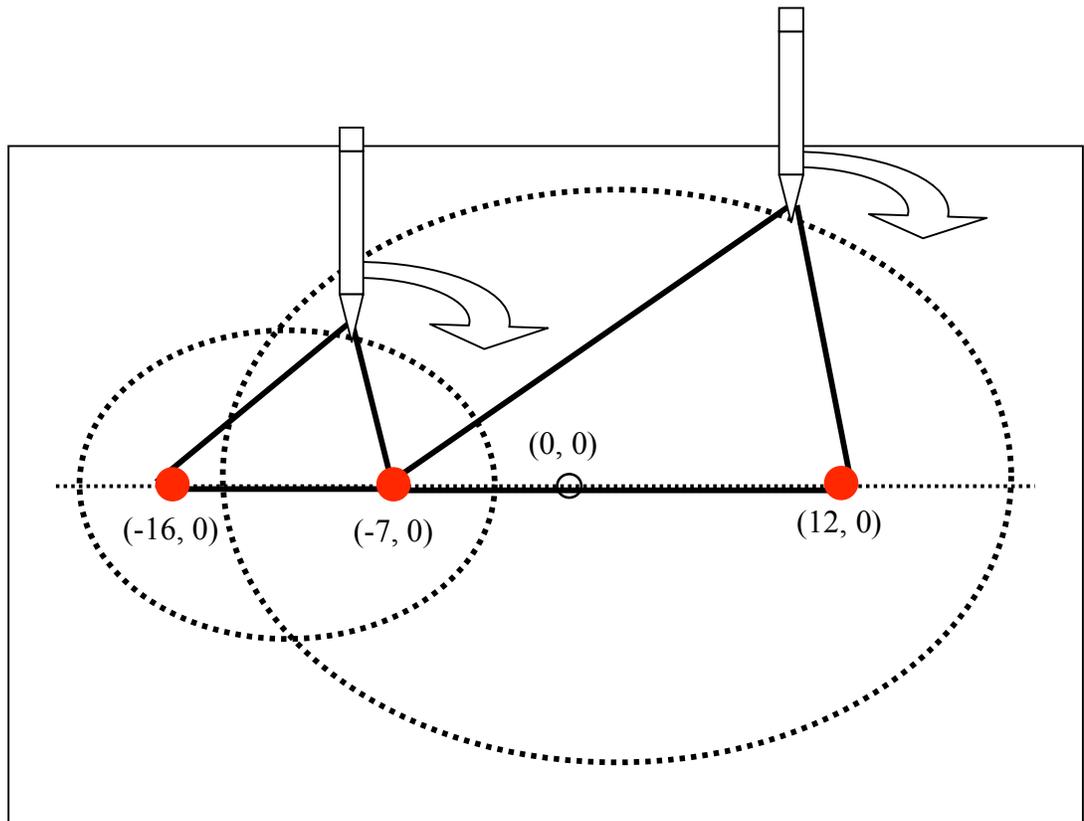
Coloca el papel de gráfica encima del cartón. Clava una tachuela en cada uno de estos puntos: $(-16, 0)$, $(-7, 0)$ y $(12, 0)$.

3. Dibujar las órbitas de Sirio A y Sirio B. (5 minutos)

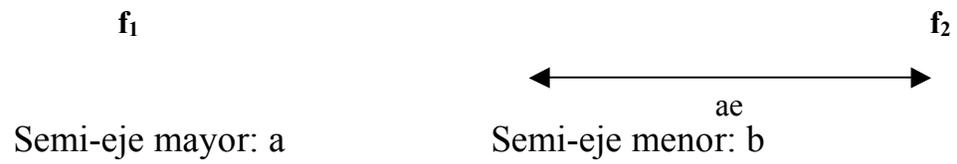
Enrolla el lazo corto alrededor de las dos tachuelas en $(-16, 0)$ y $(-7, 0)$.

Ayúdate del lazo para trazar una curva con el lápiz. Esto representa la órbita de Sirio A, la estrella más brillante del cielo. Para la órbita de Sirio B enrolla el lazo largo alrededor de las dos tachuelas en $(-7, 0)$ y $(12, 0)$ y ayúdate del lazo para trazar una curva con el lápiz.

Nota: compruebe que los estudiantes sigan las instrucciones. Algunos quizás dibujen círculos en vez de elipses.



Geometría y relaciones de la elipse



Para cada punto de la elipse, $r_1 + r_2 = 2a$.

El lazo de hilo representa la relación entre los dos radios y el semi-eje mayor: $r_1 + r_2 = 2a$

excentricidad = $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$ o distancia entre los dos focos dividida entre "a".

4. ¿Cuál es la masa de Sirio B? (de 10 a 15 minutos)

Selecciona un punto en la órbita de Sirio A. Pon una tachuela en ese punto. Pon otra tachuela en (-7,0). Con una regla, alinea las dos tachuelas. Coloca la tercera tachuela donde la regla cruza la órbita de Sirio B, en el *otro lado* de la tachuela que está en (-7, 0).

Nota: Algunos estudiantes pueden confundirse al colocar la tachuela para Sirio B. Su regla intersecará la órbita de Sirio B dos veces: una vez entre Sirio A y el centro de masa, y otra en el lado opuesto al centro de masa. Los estudiantes deben marcar Sirio B en el punto opuesto a Sirio A, con el centro de masa entre Sirio A y Sirio B. Sirio A -----centro de masa-----Sirio B.



Traza una línea que conecte las tachuelas.



Mide la distancia entre el centro de masa (tachuela que está en medio) y las otras dos tachuelas. Ésa es la distancia entre Sirio A o Sirio B y el baricentro.

Haz una tabla de dos columnas:

Distancia de Sirio A	Distancia de Sirio B

Los estudiantes están probando la relación

$$M_A r_A = M_B r_B \text{ or } \frac{M_A}{M_B} = \frac{r_B}{r_A}$$

Deben descubrir que la razón de los radios es constante.

Deben descubrir que la razón de los radios es constante.

Anota tu primer grupo de datos sobre los puntos, repítelo con seis puntos más. Elige puntos repartidos de manera uniforme alrededor de la órbita de Sirio A.

Traza tus datos en un gráfico Sirio B con respecto a Sirio A

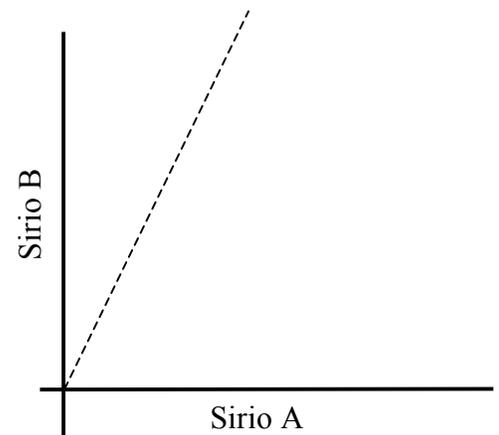
Los estudiantes pueden usar Excel o una calculadora gráfica para introducir sus datos y trazar los mapas.

Nota: *recuerde a los estudiantes que usen toda el área de la gráfica que puedan para trazar sus mapas. Así podrán ver más claramente la relación entre las variables.*

¿Qué relación existe entre las dos distancias según los datos?

Una relación linear. Los puntos deben escalonarse de manera compacta en una línea. La inclinación representa la razón de las distancias de Sirio A y B desde el centro de masa:

$$\text{Inclinación} = \frac{y}{x} = \frac{r_B}{r_A}$$



Como la masa de Sirio es 1.1 veces la del Sol, y la de Sirio A es 2.3, la inclinación debe ser aproximadamente 2.

Historia: Freidrick Whilhelm Bessel

Freidrick Bessel estudió el movimiento de Sirio con respecto al fondo de estrellas entre 1831 y 1844. En esos años, observó parte de este patrón en el movimiento de Sirio. Los puntos negros representan a Sirio A, la estrella más brillante del cielo. Sirio es brillante no sólo porque lo es intrínsecamente (unas 2.5 veces más brillante que el Sol), sino también porque está muy cerca de nosotros (a sólo unos 9 años luz).

Por la actividad anterior sabes que Sirio tiene una acompañante. Pero ¿dónde está? Bessel no la vio. Era demasiado tenue y estaba demasiado cerca de Sirio. Bessel, sin embargo, tenía información suficiente para predecir dónde había que mirar.

Ley de Kepler:

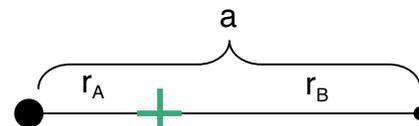
$$P^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{G(m_A + m_B)}$$

P: periodo orbital en segundos

a: semi-eje mayor en metros ($r_A + r_B$)

G: constante gravitacional $6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$

m: masa en kilogramos.



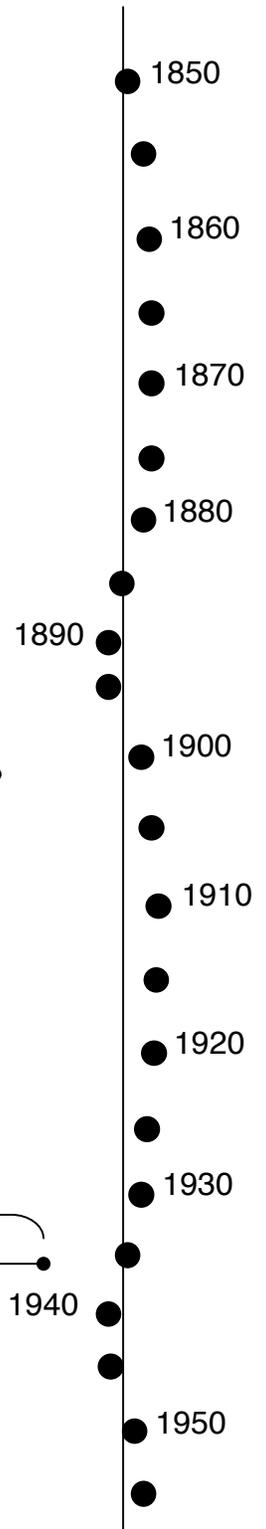
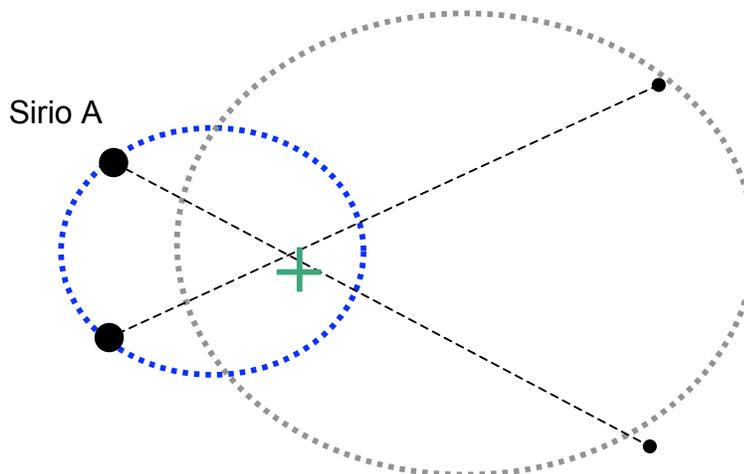
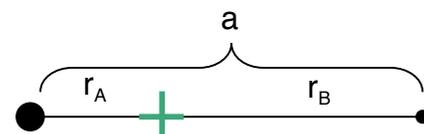
Una manera más simple de expresar esta ecuación es usando las unidades de masa en términos del Sol (masa solar), el tiempo en años y las distancias en unidades astronómicas (el semi-eje mayor de la órbita de la Tierra).

$$P^2 = \frac{a^3}{(m_A + m_B)}$$

P: periodo orbital en años

a: semi-eje mayor en unidades astronómicas

m: razón de la masa estelar a la masa solar (masas solares)



Sirio B

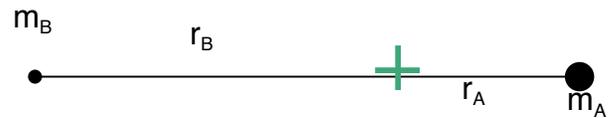
Para el sistema binario de Sirio:

Si $a = 20.21$ AU y $P = 50$ años

¿Cuál es la masa total? ¿ $(m_A + m_B)$?

$$(m_A + m_B) = 3.4 \text{ masas solares}$$

“ a ” es la separación promedio entre Sirio A y B para todo el periodo de 50 años.



Calcular la masa de Sirio B (de 10 a 15 minutos)

Ahora que sabes la suma de masas en el sistema estelar binario puedes calcular la masa de Sirio B. Aplicando la conservación de energía, el producto de las masas y el radio orbital de Sirio deben cuadrar.

$$m_A r_A = m_B r_B$$

$$\frac{r_A}{r_B} = \frac{m_B}{m_A}$$

Por los datos de la ubicación anterior sabes la razón de las distancias así que también sabes la razón de las masas. Combinando la razón de la masa a la suma de las masas (en unidades de masas solares) puedes calcular la masa de Sirio B.

$$\text{Ecuación 1 } m_A = m_B \frac{r_B}{r_A}$$

$$\text{Ecuación 2 } m_A + m_B = 3.3$$

Despeja m_B y calcula la masa de Sirio B.

El valor actual de la masa de Sirio B es de 1.1 masas solares. Puede que los estudiantes no calculen el número exacto debido a errores al trazar las órbitas y medir las distancias. Lo importante es que tengan la experiencia de derivar las distancias y las masas a partir de las observaciones, y que vean los pasos necesarios para hallar la masa de una estrella usando operaciones y conceptos básicos de física y matemáticas.

$$m_A = m_B \frac{r_B}{r_A}$$

Ecuación 1

$$m_A + m_B = 3.4$$

Ecuación 2

$$m_B \frac{r_B}{r_A} + m_B = 3.4$$

Sustituye la expresión de la ecuación 1 para m_A en la ecuación 2.

$$m_B \left(\frac{r_B}{r_A} + 1 \right) = 3.4$$

Despeja m_B , y luego añade el valor para r_B/r_A .

$$m_B = \frac{3.4}{\left(\frac{r_B}{r_A} + 1 \right)}$$

Cuando los estudiantes terminen estos problemas, muéstreles el documento de PowerPoint "Sirius A+B.ppt" que muestra las órbitas de Sirio A y Sirio B con los datos de observación. Algunas de las propiedades a destacar mientras los estudiantes miran la presentación de PowerPoint:

- 1. Pida a los estudiantes que miren las distancias entre Sirio A, Sirio B y el baricentro. Indique la razón de las distancias (Sirio A : Sirio B) en algunos de los cuadros.*
- 2. Pregunte a los estudiantes lo que cambia de un cuadro a otro. La distancia del baricentro cambia, pero la razón de las distancias $r_A:r_B$ permanece constante.*
- 3. Además, Sirio A y B están siempre en lados opuestos del baricentro.*

Exploración Parte II ¿Qué tamaño y qué luminosidad tiene Sirio B? (20 minutos)

Tamaño de una enana blanca

El nombre de enana blanca indica que puede ser un objeto pequeño. Si sabemos la temperatura de la enana blanca y su luminosidad (la cantidad de energía que irradia por segundo), entonces podemos calcular su radio.

$$L = 4\pi R^2 \times \sigma T^4$$

L: luminosidad en watts

T: temperatura de la superficie en Kelvin (K)

R: radio de la enana blanca en metros

σ : Constante de Stephan-Boltzmann = $6.67 \times 10^{-11} \text{ W / K}^4$

Magnitudes Astronómicas

Los astrónomos miden el brillo en unidades de magnitud: cuanto más tenue un objeto, mayor su magnitud. Por ejemplo, la magnitud aparente de nuestro Sol es -26, mientras que la de las estrellas más tenues que pueden verse en el cielo sin instrumentos ópticos es +6. Para una diferencia de 5 magnitudes, el flujo cambia en un factor de 100. Pero, para nuestro ojo y cerebro, un objeto con 1 magnitud menor que otro parece el doble de brillante, en vez de $\sqrt[5]{100} = 2.5$ veces más brillante.

π : Pi, razón de la circunferencia de un círculo al diámetro del círculo.

Un análisis espectroscópico de Sirio B muestra que la temperatura de superficie es aproximadamente 27,000 Kelvin. Si la comparamos con la de nuestro Sol, de 5,770 Kelvin, es comprensible que cuando se descubrieron estos objetos se les llamara “blancas.” Son muy calientes. Pero ¿y lo de “enanas”? Basándose en los cálculos de Bessel para la compañera de Sirio, los astrónomos pudieron encontrar a Sirio B y medir su brillo aparente (magnitud), el cual resultó ser muy débil: +8, comparado con -1.4 de Sirio. Esa diferencia en magnitudes de brillo significa que Sirio A irradia 5.864 veces más luz que Sirio B en la *región visible* del espectro electromagnético.

Reflexionar

Antes de calcular la luminosidad de Sirio B, piensa en lo que los astrónomos han descubierto. Sirio A y B orbitan un centro de gravedad común (baricentro). “A” es más luminosa que nuestro Sol y “B” miles de veces más tenue que “A.” Sirio B es tan tenue que apenas se ve en fotografías. Sirio B era realmente un objeto extraño, distinto a cualquier estrella conocida hasta entonces. Tenía aproximadamente la misma masa que el Sol, pero era muy tenue. En la foto, Sirio B es el punto diminuto junto a Sirio A. Para revelar a Sirio B, se tomó una exposición de larga duración de Sirio A, por lo que la diferencia de tamaño en esta foto no es real.

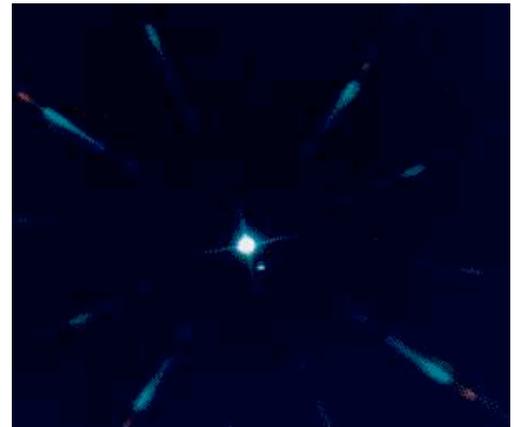


Foto : Observatorio McDonald

Calcular el diámetro de Sirio B

Como también sabían la distancia hasta Sirio B, los astrónomos calcularon la luminosidad de Sirio B.

Para $L = 1.15 \times 10^{25}$ Vatios y $T = 27,000$ K, calcula el radio de la estrella en metros. En comparación, el Sol tiene 1.4×10^9 metros de diámetro y la Tierra unos 1.28×10^7 metros. Expresa el radio de Sirio B como razón: Sirio B: Sol y Sirio B: Tierra.

El radio de Sirio B: 5.5×10^6 metros, diámetro: 1.1×10^7 metros, o 0.008 diámetros solares, o 0.86 diámetros terrestres.

Densidad

Basándote en tus cálculos para el radio de Sirio B, calcula su densidad promedio. El volumen de una esfera es:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

La densidad es la masa total dividida entre el volumen.

La densidad de Sirio es 3.0×10^6 gramos por centímetro cúbico, o 3.0×10^9 kg por metro cúbico.

En comparación, la del agua es 1 gramo por centímetro cúbico, o 10^3 kg por metro cúbico. La densidad promedio del Sol es unos 1.4 gramos por centímetro cúbico, o 1.4×10^3 kg por metro cúbico.

Explicación (20 minutos)

1. Sirio B comparada con el Sol en términos de:

Propiedad	Sol	Sirio B
Luminosidad	1 (3.26×10^{26} vatios)	0.03 (1.17×10^{25} vatios)
Diámetro	1 (1.4×10^6 kilómetros)	0.008 (1.12×10^5 kilómetros)
Densidad media	1 (1.4 gramos / cm^3)	(2.1×10^6) 3.0×10^6 gramos / cm^3

2. Imagínate que eres un astrónomo de principios del siglo veinte y empiezas a conocer las extrañas propiedades de Sirio B. ¿Por qué crees que a los otros astrónomos les costará aceptar las propiedades de Sirio B propuestas?

Fue un resultado muy extraño, porque Sirio B es muy diferente a las estrellas que vemos normalmente en el cielo nocturno. Sirio B es diminuta (del tamaño de la Tierra) pero más masiva que el Sol (1.1 masas solares). También es muy caliente (27,000 Kelvin, frente a los 5,770 K del Sol), pero muy tenue (0.03 luminosidades solares). De hecho, sus características físicas retaban los límites de la física de la época (finales del siglo diecinueve, principios del veinte). Si las observaciones eran fiables, la densidad de Sirio B era, en aquella época, inexplicable. ¿Cómo podía un objeto así existir con esa densidad? Para entender el estado físico de una enana blanca se requería una nueva comprensión de la física.

3. Resume las propiedades de una enana blanca en una frase, como si se tratara de un titular de periódico.

¡La densidad de un elefante en una canica!

Desarrollo (15 minutos)

Desde principios del siglo veinte se han descubierto muchas enanas blancas. Como son tan pequeñas y tenues, son difíciles de encontrar. Sin embargo, un grupo de astrónomos de la Universidad de Texas en Austin, no sólo busca enanas blancas, sino que está intentando utilizarlas como un reloj, para determinar la edad de nuestra galaxia.

Lee los siguientes guiones de Universo sobre enanas blancas.

Tenga en cuenta que se trata de guiones antiguos. Las indicaciones sobre cuándo observar un objeto pueden ser incorrectas. Vea las frases subrayadas de los guiones.

Universo: 20 de enero, 2003

El Perro y el Cachorro

Sirio, la estrella canina, se mueve por el cielo del sur en las noches de invierno. Es la estrella más brillante del cielo nocturno. Esta noche, Sirio asciende al anochecer, y alcanza su punto más elevado en el cielo después de medianoche.

Sirio se ve tan brillante en parte porque realmente ES una estrella bastante brillante, pero sobre todo porque es una de nuestras vecinas más cercanas, a menos de nueve años luz de distancia.

Su proximidad hizo de Sirio uno de los objetivos favoritos de los astrónomos que estaban desarrollando nuevos telescopios y nuevas técnicas en el siglo diecinueve. En 1844, por ejemplo, un astrónomo alemán descubrió que había algo jalando y moviendo un poco a Sirio: la fuerza de gravedad de una estrella que no se veía. Alvan Clark vio esta estrella por primera vez en 1862. Como es una pequeña acompañante de la estrella CANINA, los astrónomos la llamaron el Cachorro.

Medio siglo después, los astrónomos descubrieron que el Cachorro era una estrella distinta a todas las que conocían. Su superficie es extremadamente caliente, pero la estrella produce tan poca luz que debe ser poco más grande que la Tierra. Pero es casi tan masiva como el Sol, el cual tiene un diámetro cien veces MAYOR que el de la Tierra.

El cachorro fue la primera estrella de un tipo desconocido hasta entonces, llamadas enana blanca: el cadáver compactado de una estrella normal.

Universo: 21 de enero, 2003

Enanas Blancas

Al envejecer, nuestro Sol sufrirá cambios drásticos. Se calentará y se volverá más brillante, para luego inflarse como un globo. Finalmente, expulsará sus capas exteriores, rodeándose de una llamativa burbuja de gas. Al disiparse el gas, sólo quedará el núcleo colapsado del Sol: una ceniza cósmica que irá desapareciendo poco a poco.

Este cadáver remanente se llama enana blanca. Probablemente, la Vía Láctea esté llena de incontables enanas blancas. Pero son tan tenues que ninguna enana blanca puede verse sin ayudas ópticas. La más cercana es una compañera de Sirio, la estrella más brillante del cielo nocturno, que está al sur en las noches de invierno. Está a sólo nueve años luz. Pero, comparada con Sirio, la enana blanca es tan tenue que no fue descubierta hasta la segunda mitad del siglo diecinueve.

Convertirse en enana blanca es el destino de las estrellas semejantes al Sol. Al envejecer, estas estrellas "consumen" el combustible de hidrógeno de sus núcleos. Entonces, pasan a quemar elementos más pesados, hasta que no pueden generar las temperaturas necesarias para continuar. Sus núcleos se colapsan y forman bolas calientes ultradensas, más o menos del tamaño de la Tierra. Durante millones de años se enfriarán y desaparecerán de la vista.

La evolución hacia una enana blanca es un proyecto a largo plazo. El Sol no alcanzará la última etapa de su vida hasta dentro de unos cinco o seis mil millones de años.

Hay una animación de una enana blanca en:

<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2002/10/video/b>

y en:

<http://www.whitedwarf.org/index.html?education/&0>

Universo: 17 de julio 2002

Calculando la Fecha

Tras décadas de debate, los astrónomos están alcanzando un consenso sobre

la edad del universo. Y unas observaciones recientes del Telescopio Espacial Hubble confirman el cálculo. Hace varios años, los astrónomos usaron este telescopio en órbita para medir las distancias a galaxias remotas. Esas medidas revelaron la rapidez a la que el universo se está expandiendo, y cómo ha cambiado el ritmo de expansión a lo largo del tiempo. A partir de estas medidas, los astrónomos estimaron que la Gran Explosión ocurrió hace 13 o 14 mil millones de años.

Más recientemente, los astrónomos usaron el Hubble para medir las edades de las estrellas más viejas descubiertas hasta la fecha: unas estrellas MUERTAS llamadas enanas blancas. Cuanto más vieja es una enana blanca, más fría es su superficie, por lo que si medimos su temperatura obtendremos una buena estimación de su edad.

Los astrónomos usaron el Hubble para estudiar enanas blancas en un cúmulo estelar llamado M4. El telescopio encontró algunas de las enanas blancas más frías-y por lo tanto más viejas- jamás descubiertas. De las temperaturas de estas estrellas, los astrónomos estiman que tienen, por lo menos, 12 mil millones de años. Como estas estrellas se formaron probablemente poco después de la Gran Explosión, sus edades concuerdan con las estimaciones previas de la edad del universo.

Esta imagen de M4 está en la página web del Hubble:

<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2002/10/image/a>

Para hacer un modelo de gráfica de una enana blanca visite:

<http://www.unisi.it/fisica/luciana/articoli/starsimu/homepage.htm>