

Binarias espectroscópicas

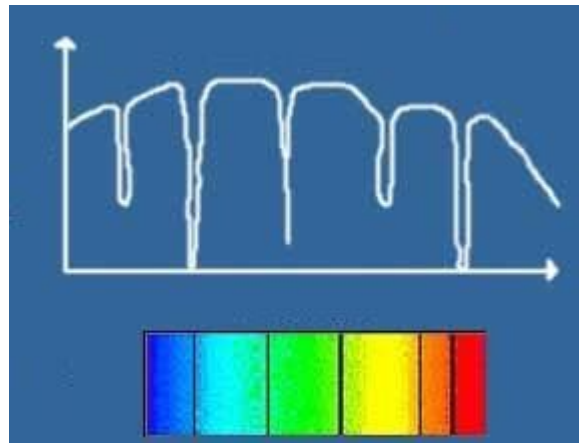


En un espectroscopio como el de la izquierda, la luz estelar que entra por la izquierda es dividida en dos haces diferentes. El primero, reflejado por un espejo diagonal va al ocular de la parte superior y nos permite centrar la estrella que vamos a estudiar. El segundo haz, que pasa por un pequeño orificio del espejo, es descompuesto mediante una red de difracción (gran número de rendijas contiguas). Finalmente una cámara fotográfica moderna toma una foto digital del espectro obtenido.

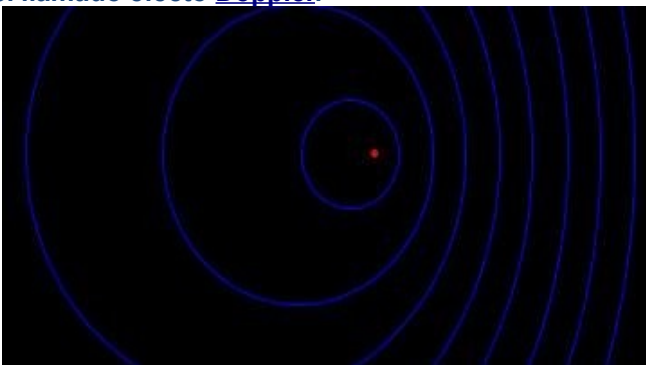
La fotografía puede ser estudiada con detalle y medirse la intensidad de luz recogida en cada longitud de onda.

Un ejemplo ideal de espectro sería el representado en la imagen de la derecha. Sobre un fondo de luz tipo arco iris se perciben unas líneas oscuras causadas por la absorción atómica (y molecular en algunos casos) de los gases de la atmósfera estelar. En el gráfico sobre el espectro observamos la intensidad a cada longitud de onda, lo que nos permite notar que, en realidad, no todas las líneas oscuras, correspondientes a los valles del gráfico, son igualmente negras.

Como los elementos químicos son comunes en todo el Universo y cada uno de ellos tiene unas líneas de absorción características, debemos esperar que, salvo circunstancias especiales, las líneas correspondientes al átomo de hidrógeno (el 84% de los átomos existentes) estén presentes en las diversas estrellas.



¿Siempre estarán en la misma posición? Para poder responder esta pregunta tenemos que recordar el llamado efecto **Doppler**.



En la imagen vemos qué ocurre cuando el foco de un movimiento ondulatorio, el punto rojo, se traslada hacia la derecha. Las ondas emitidas se reciben con una frecuencia mayor en la zona delantera, debido al avance del foco entre un pulso y el siguiente, mientras que su frecuencia parece disminuir en la zona contraria. Es equivalente a decir que disminuye la longitud de onda para un observador que ve venir hacia él el foco y que aumenta para un observador que lo ve alejarse. Este efecto se produce también con la luz de nuestros espectros copio.

Si una estrella se mueve hacia el observador, las rayas del espectro se desplazan hacia la zona azul; si se mueve alejándose del observador las rayas del espectro se desplazan hacia la zona roja. Precisamente, el efecto Doppler ha permitido demostrar la expansión del Universo porque la luz proveniente de todas las galaxias ajenas a nuestro grupo local se desplaza hacia el rojo.

En el caso de las estrellas dobles, cuando dos estrellas giran alrededor de su centro de masas en un plano cercano a la perpendicular de nuestro ojo, veremos su espectro desplazarse alternativamente hacia el azul y hacia el rojo a lo largo de una revolución. Además, como las dos estrellas se mueven en sentidos opuestos, cuando el espectro de una de ellas se desplaza hacia el azul, el de la otra se desplazará hacia el rojo. En este tipo de estrellas binarias, las rayas espectrales aparecen desdobladas, y ese desdoble nos permite medir la velocidad de cada una.

En los casos reales, cuando una estrella es mucho más luminosa que la otra, no alcanzamos a percibir ese desdoble de líneas y solo podremos determinar con exactitud el movimiento de la estrella más luminosa. En el programa de nuestra simulación suponemos que no se da este caso y que siempre vemos el espectro de las dos estrellas.

La expresión matemática del efecto Doppler para las rayas espectrales es:

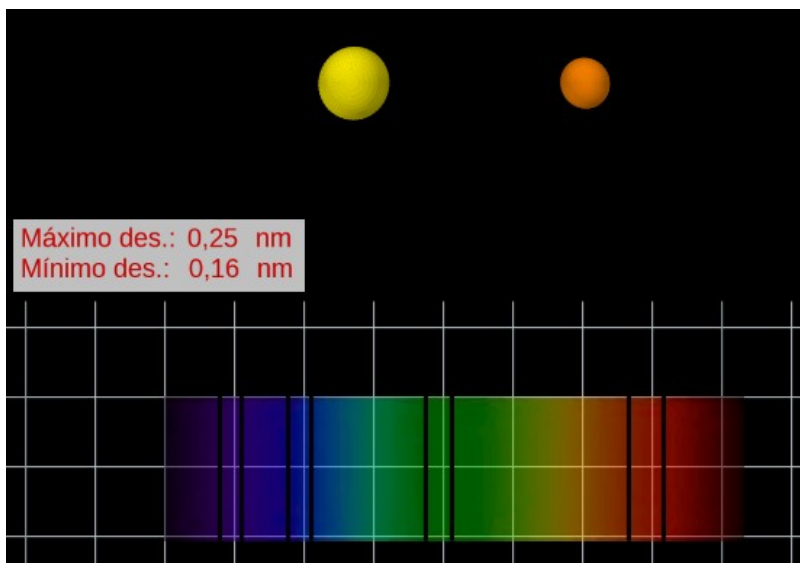
$$\Delta\lambda = \frac{v}{c} \cdot \lambda$$

que podemos leer “El desplazamiento de una línea espectral es igual al cociente entre la velocidad radial del astro y la de luz, multiplicado por la longitud de onda de la línea dada”. Tengamos en cuenta que consideramos positiva la velocidad de las estrellas que se alejan de nosotros (se producirá un aumento en la longitud de onda) y negativa cuando se acercan a nosotros (la longitud de onda disminuirá).

En la escena, la interfaz de usuario tiene este aspecto:

Masa estrella 1(Sol=1):	<input type="text" value="1,00"/>
Masa estrella 2(Sol=1):	<input type="text" value="0,40"/>
Periodo(horas):	<input type="text" value="50,00"/>

Introducimos simplemente las masas de las dos estrellas, ambas de la secuencia principal, y el periodo del movimiento que supondremos circular y con un plano muy próximo a la perpendicular de nuestra visual, aunque no lo suficiente para que se produzcan eclipses. En el movimiento dentro de este plano, la velocidad de cada astro tendría dos componentes, una paralela al plano de la pantalla y otra perpendicular. Es esta última componente la que produce el efecto Doppler.



La simulación nos muestra el giro de las dos estrellas, que no podemos distinguir en nuestro telescopio, y el desplazamiento de las líneas espectrales, que sí podemos distinguir en el espectroscopio. También aparece información sobre el mayor y el menor valor que adquieren, en nanómetros, el desplazamiento de las líneas espectrales de cada una de las dos estrellas.

QUÉ PODEMOS INVESTIGAR

Tras hacer diversos experimentos podremos tratar de responder algunas preguntas cualitativas:

- El programa proporciona en cada momento el desplazamiento de la línea espectral que lo tiene mayor. Cuál es esta línea: ¿la más cercana al rojo? ¿La más cercana al azul? ¿Todas tienen el mismo desplazamiento? Justifica teóricamente la respuesta.
- ¿Para unas masas determinadas de las estrellas? ¿Influye el periodo del movimiento en el desplazamiento de las líneas? ¿Puedes justificar teóricamente la respuesta?
- Si las estrellas tienen masas diferentes, ¿a cuál de ellas le produce mayor desplazamiento espectral el efecto Doppler? ¿Puedes justificar teóricamente la respuesta?
- Supongamos que una estrella tiene una masa dada. ¿Cuándo presentará su espectro mayor

desplazamiento, cuando su compañera es más pesada o cuando es más ligera?

También podemos deducir cómo realizaríamos ciertos cálculos que se propondrán a continuación en los ejercicios del apartado “Aplicando”:

- Determinación de la velocidad de cada estrella a partir del efecto Doppler.
- Determinación de la relación de masas de las estrellas, a partir de sus velocidades
- Determinación de los radios de sus órbitas en torno al centro de masas, suponiendo que tales órbitas sean circulares.
- Determinación de la distancia entre los centros de las estrellas. Para este mismo caso de órbitas circulares.
- Determinación de las masas de las estrellas a partir de la 3ª ley de Kepler.