



Aventuras CosmoVerse

**Expansión del
universo: Red-
shift Cósmico**



El Aula

Introducción: Efecto Doppler

Profesor :

¡Buenos días, clase! Hoy, tengo una pequeña sorpresa para uds. Quiero que cierren los ojos y escuchen con atención.

[Sonido de una sirena de una ambulancia en movimiento que aumenta y luego se desvanece]

Profesor :

Muy bien, abran sus ojos. ¿Pueden describirme lo que acaban de oír?

Estudiante 1 :

Sonaba como la sirena de una ambulancia, pero el tono cambiaba a medida que iba pasando.

Estudiante 2 :

Sí, comenzó con un tono alto y se fue haciendo más grave a medida que se alejaba.

Profesor :

¡Exacto! ¿Pero sabían que el tono de la sirena de la ambulancia nunca cambió? Lo que oyeron fue el cambio percibido en el sonido debido al efecto Doppler.

Estudiante 3 :

¿El efecto qué?

Profesor :

¡El efecto Doppler! Está definido como el cambio aparente de la frecuencia en una onda causada por el movimiento relativo entre la fuente de la onda y el observador. Cuando el objeto emisor de la onda se mueve hacia el observador, las ondas se aprietan, resultando en una frecuencia más alta. Cuando se aleja, los frentes de onda se alejan entre ellos, bajando la frecuencia percibida.

Estudiante 4 :

Entonces, ¿esa es la razón por la cual la sirena de la ambulancia suena diferente cuando pasa cerca de nosotros?

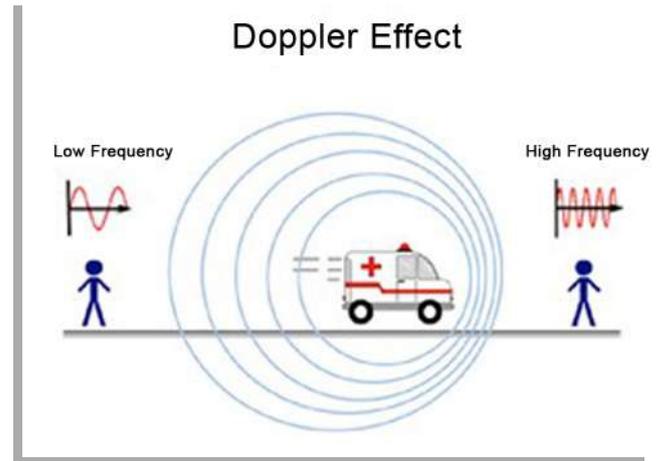


Figura 1: Forma en que la frecuencia de las ondas de sonido es afectada (y percibida) a medida que una sirena se aproxima o se aleja de un individuo.

 **Profesor :**

¡Precisamente! Aquí hay una forma simple de verlo. Imagínense un insecto en un charco de agua. Cada vez que el bicho mueve sus brazos y piernas, genera ondas. Si el bicho se mantiene quieto, las ondas se dispersan uniformemente. Pero si el bichito se mueve, las ondas se aprietan en la dirección de su movimiento y se alejan entre ellas en la dirección contraria. ¡Ese es el efecto Doppler en acción!

 **Estudiante 3 :**

¡Muy interesante! Pero, ¿por qué esto es importante?

 **Profesor :**

¡Excelente pregunta! El efecto Doppler no solo versa para ambulancias. Tiene múltiples aplicaciones. Por ejemplo, la policía usa radares para determinar la velocidad de carros en movimiento. Se envían frecuencias de microondas que rebotan en los carros. Cuando estas frecuencias retornan, estas pueden ser diferentes a las del movimiento del carro. La diferencia ayuda a determinar la rapidez del vehículo.

 **Estudiante 2 :**

Entonces, ellos usan el efecto Doppler para expedir multas por exceso de velocidad.

 **Profesor :**

¡Exacto! Y he aquí un hecho interesante: para una lectura más precisa, los oficiales de policía deben estar parados frente al vehículo. Si ellos están ligeramente ladeados, podrían tener velocidades ligeramente diferentes porque la velocidad del carro no está dirigida hacia el dispositivo con el radar.

 **Profesor :**

El efecto Doppler también tiene aplicaciones médicas usadas en ecocardiogramas que generan una evaluación de la velocidad y dirección del flujo sanguíneo.

 **Estudiante 2 :**

¡Un segundo! El sonido es solo un tipo de onda, ¿no es verdad? Entonces, ¿eso significa que el efecto Doppler aplica a la luz también?

 **Profesor :**

¡Brillante observación! Sí, así es. Y ahí es donde las cosas se vuelven cósmicamente interesantes. Para realmente entender cómo este efecto afecta la luz, necesitaremos invitar a Quark en su nave de la Imaginación. ¿Están listos para una aventura interestelar?

 **Estudiantes :**

¡Sí!



Nave de la imaginación

Cosmic Redshift

[Los motores de la nave rugen, luego se calman]



Quark :

¡Miren abajo! Estamos sobrevolando una autopista. ¿Oyen ese carro ruidoso?

[Sonido del motor de una carro acelerando y zumbando al pasar]



Estudiante 1 :

¡Sí! Justo como la ambulancia de la clase. Cuando se aproximaba, su tono subía, y cuando se alejaba, el tono disminuía.



Quark :

¡Precisamente! Ese es el efecto Doppler en acción. Pero, ¿qué pasaría si les digo que la misma ocurre con la luz? Conozcan el “Luminoscopio”.

[Sonido de un dispositivo que se activa]



Estudiante 1 :

¡Wow! Mis ojos... todo parece muy vibrante.



Quark :

El luminoscopio mejora la sensibilidad de sus ojos a la luz. Miren al carro ahora.



Estudiante 3 :

Es... ligeramente azul cuando se mueve hacia nosotros y se torna ligeramente rojizo cuando se aleja!



Quark :

¡Así es! Justo como las ondas de sonido, las ondas de luz se comprimen y expanden. Esto cambia su color. Ahora, miren a ese hermoso arcoíris.



Quark :

Cada color que ven representa una frecuencia diferente en el espectro electromagnético. Azul tiene una mayor frecuencia, mientras que el rojo tiene una frecuencia menor.



Figura 2: cómo las frecuencias de la luz (colores) son afectadas cuando un carro se acerca o aleja de un individuo. Crédito a “Into the universe” Documental de Discovery Channel.

Cuando algo en el espacio se mueve hacia nosotros, lo vemos corrido al azul. Pero cuando se aleja, lo vemos corrido al rojo.

 **Estudiante 3 :**

Entonces, ¿las galaxias que se alejan de nosotros se ven... rojizas?

 **Quark :**

¡Exacto! Hagamos un viaje a través del universo.

[Los motores de la nave rugen, las estrellas titilantes quedan atrás]

 **Quark :**

A todas partes donde miren, la mayoría de las galaxias aparecen corridas al rojo. Esta observación, hecha por primera vez por el Dr. Edwin Hubble, indica que las galaxias se alejan de nosotros. Entre más lejos está la galaxia, más rápido se aleja. Esto nos dice que el universo se está expandiendo, como hemos aprendido en pasadas lecciones.

 **Estudiante 3 :**

Pero... espera. Allá! La galaxia no está enrojecida. ¡Se ve azul!

 **Quark :**

Ah, la galaxia de Andromeda, nuestra galaxia vecina. Aunque la mayoría de las galaxias distantes se mueven alejándose debido a la expansión del universo, las galaxias vecinas como Andromeda, atraídas por la gravedad, pueden moverse hacia nosotros, tal que su velocidad de caída hacia nosotros es superior a la velocidad de la expansión del universo, entonces se ven corridas al azul.

 **Estudiante 1 :**

¿Qué ocurrirá en el futuro?

 **Quark :**

En un tiempo de 5 a 7 mil millones de años, Andromeda chocará con la Vía Láctea. Imaginen dos bailarines majestuosos, rotando uno alrededor del otro y dando vueltas rápidamente, con sus estrellas pasando muy cerca pero rara vez tocándose entre sí. Un ballet cómico de luz y gravedad. Este baile titánico dará origen a una nueva galaxia, una unión de dos grandes entidades cósmicas.

 **Estudiante 4 :**

Eso es muy fascinante... Pero, ¿cómo los científicos vieron estos colores sin el luminoscopio?

 **Quark :**

¡Excelente pregunta! ¡Para entender esto, necesitamos conocer las brillantes mentes detrás de algo que conocemos como espectroscopio!

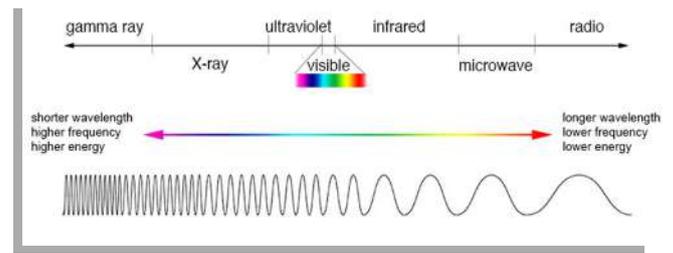


Figura 3: Comparación de longitud de onda, frecuencia y energía del espectro electromagnético. (Crédito: Imagina el Universo de NASA)

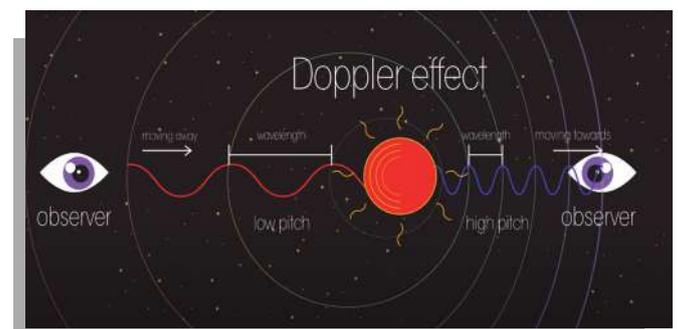


Figura 4: Efecto Doppler en acción. Crédito a Bing Rijper.



Conoce a un científico

Espectroscopia y Redshift Cósmico



Quark :

¡Bienvenidos al Salón de las Mentes Iluminadas, donde conoceremos a los científicos más geniales de la historia! ¡Hoy tendremos dos invitados muy especiales: Robert Bunsen y Gustav Kirchhoff, los pioneros de la espectroscopia!



Bunsen :

¡Saludos, jóvenes exploradores!



Kirchhoff :

Es un placer conocerlos a todos.



Student 1 :

Señores, hemos estado aprendiendo sobre el *redshift* y tenemos una curiosidad: ¿cómo los científicos pudieron ver los efectos del *redshift*?



Bunsen :

¡Ah, una pregunta brillante! Para entenderlo, necesitamos primero develar la estructura atómica. Los átomos son los bloques sobre los que se construye la materia, compuesta de protones, electrones y neutrones.



Kirchhoff :

Sí, y mientras los protones y neutrones están en el núcleo, los electrones se mueven alrededor de ellos. Sin embargo, estos no se mueven de cualquier órbita. Existen en niveles de energía específicos, muy parecidos a los escalones de una escalera.



Student 2 :

Entonces, ¿los electrones se mueven entre estos escalones?

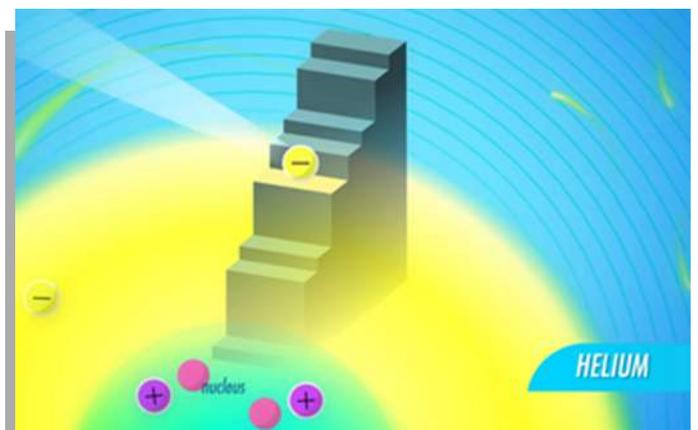
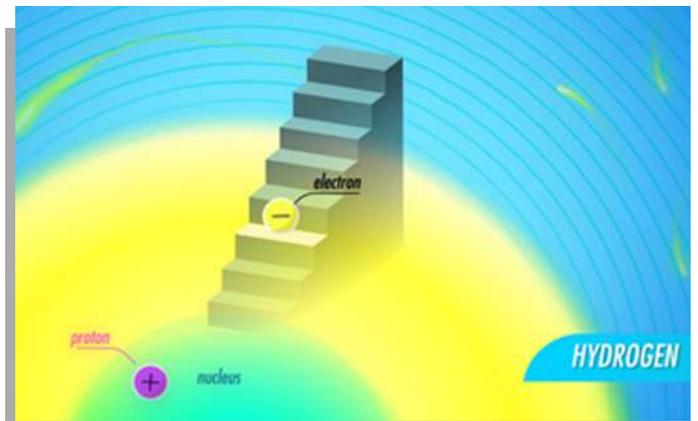


Figura 5: La analogía de la escalera de la estructura atómica del hidrógeno y del helio. Crédito a PBS Digital Studios.



Bunsen :

¡Precisamente! Pero para hacerlo, necesitan una cantidad exacta de energía. La luz les da esa energía. Si la luz tiene esa cantidad exacta de energía, un electrón lo absorberá y se moverá al siguiente escalón.



Estudiante 3 :

Y, ¿qué pasa cuando se mueven de vuelta un escalón abajo?



Kirchhoff :

Emite luz en un color específico o energía. Los diferentes átomos tienen diferentes niveles, por lo que emiten diferentes colores.



Quark :

¡Esta habilidad de determinar el color emitido por diferentes elementos es el fundamento de la espectroscopía!



Estudiante 4 :

Pero, ¿cómo se relaciona esto con el *redshift*?



Bunsen :

Para entenderlo, necesitan hacerse una idea del espectro de absorción. Cada elemento químico tiene un patrón único de colores conocido como líneas espectrales. Cuando la luz de objetos celestes como el Sol alcanza la Tierra, esta no llega de forma uniforme. Algunas longitudes de onda o colores se pierden.



Kirchhoff :

Es correcto. Estas longitudes de onda perdidas se manifiestan como líneas negras en el espectro. Este patrón de líneas negras es único para cada elemento, como



Estudiante 2 :

Entonces, ¿estas líneas nos cuentan de la composición de la estrella?



Bunsen :

¡Precisamente! Por ejemplo, nuestro Sol emite luz a lo largo de varias longitudes de onda. Pero debido a los elementos presentes en él, como el hidrógeno, ciertas longitudes de onda se absorben. Esto lleva a estas líneas negras características en el espectro del Sol.



Estudiante 3 :

¿Cómo esto se relaciona con otras estrellas o galaxias?

 **Kirchhoff :**

¡Excelente pregunta! Consideremos el hidrógeno, que es muy abundante en nuestro Sol. El hidrógeno emite muchas longitudes de onda específicas de la luz. Pero, cuando miramos a una galaxia distante, que tiene estrellas que también contienen hidrógeno, notamos algo peculiar.

 **Estudiante 3 :**

¿Las longitudes de onda se corren?

 **Bunsen :**

¡Exacto! Por ejemplo, si comparamos el espectro del hidrógeno de nuestro Sol con respecto al de una estrella distante, notaremos los mismos patrones en las líneas, pero aparecen corridas hacia el extremo rojo del espectro en la estrella distante.

 **Estudiante 3 :**

Entonces, el hidrógeno en esa galaxia distante emite la misma luz, pero por el tiempo que toma para alcanzarnos, ¿se corre al rojo?

 **Kirchhoff :**

Precisamente. La clave aquí es el movimiento y la expansión del espacio. Como la luz viaja distancias tan vastas, la expansión del universo alarga sus longitudes de onda, haciéndolos más largos, y por tanto, más rojos.

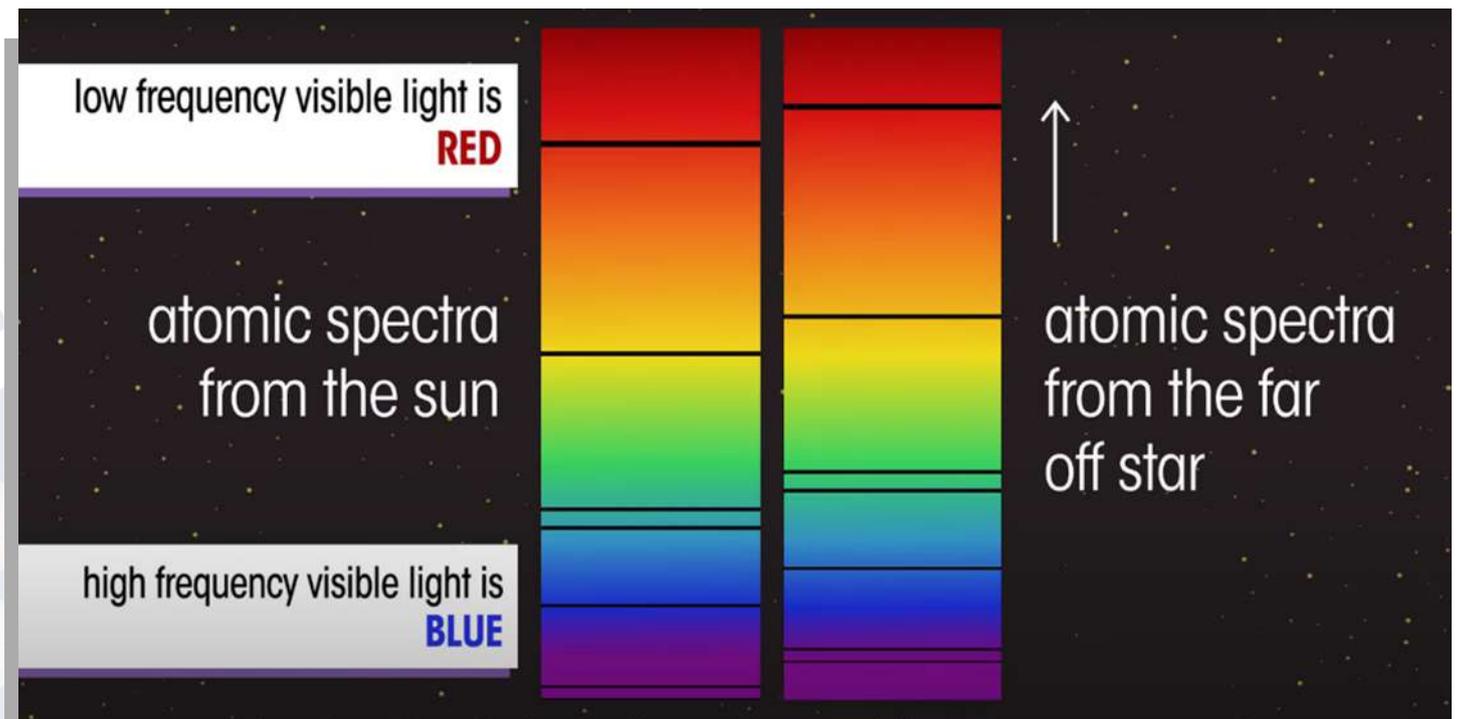


Figura 6: El espectro atómico del Sol vs. el espectro atómico de una estrella distante. Créditos a Bing Rijper.

 **Estudiante 4 :**

¡Es como si el universo nos estuviera contando su historia a través de estas líneas espectrales!

 **Estudiante 1 :**

¡Qué fascinante! Pero, ¿cómo pudieron medir esos colores de forma tan precisa?

 **Bunsen :**

Usamos una herramienta llamada espectrómetro, que puede distinguir y medir los colores específicos o longitudes de onda emitidas y absorbidas por los átomos. Al poner un espectrómetro a un telescopio, podemos determinar la composición de estrellas distantes, galaxias y nebulas.

 **Estudiante 4 :**

Entonces, con espectroscopia, ¿podemos "probar" el universo?

 **Kirchhoff :**

¡Una distinguida manera de ponerlo! Sí, podemos sin duda probar la panadería cósmica y saborear la diversidad de sus sabores.

 **Bunsen :**

Siempre recuerden, el universo habla en colores y longitudes de onda. Con las herramientas correctas y curiosidad, podemos escuchar y decodificar sus historias.

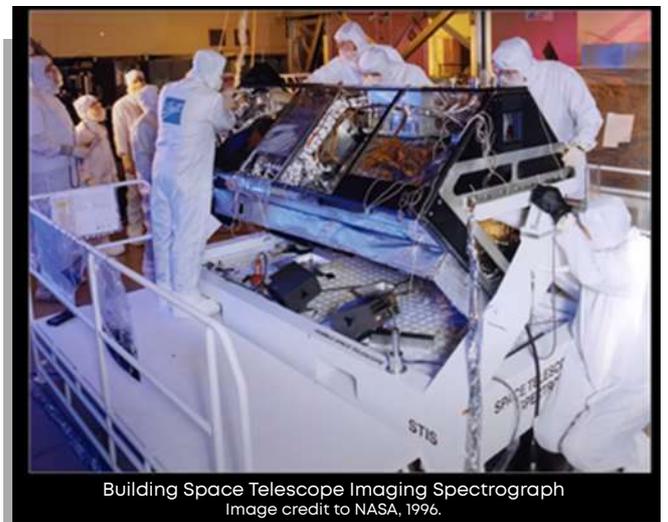


Figura 7: Construyendo un telescopio espacial de espectroscopia e imagen. Créditos de la imagen: NASA, 1996.



Laboratorio de Acción

Actividad: Un Simple Espectrómetro



Objetivo :

Construir un simple espectrómetro usando materiales caseros para observar diferentes fuentes de luz inspiradas por [Exploratorium](#).



Tiempo de preparación : 10 minutos



Tiempo de la actividad : 45 minutos



Materiales requeridos :

- Un disco compacto (CD)
- Un tubo de cartón de al menos 12 pulgadas de largo (aproximadamente 30 cm) y de 3 a 4 pulgadas (7.5 a 10 cm) de diámetro
- Dos tapas de cartón para el tubo - sugerimos dos piezas planas de cartón lo suficientemente largas para cubrir cada extremo del tubo, o también puedes usar coberturas plásticas que vengan con el tubo.
- Bisturí
- Cinta
- Acceso a luz fluorescente
- Serrucho
- Guía de corte (escalada a un tubo 3 pulgadas)—[PDF incluido](#)
- Acceso a impresora



Procedimiento :

- Imprime la guía de corte y enrollala alrededor del tubo. Hemos escalado la guía a una escala estándar de un tubo de 3 pulgadas para las tapas. Si es necesario, puedes escalar la guía para asegurarte de que se enrolla alrededor del tubo sin huecos o superposiciones (ver figura 8).
- Usa un serrucho para cortar el tubo en un ángulo a lo largo de la línea curva en la guía de corte (ver abajo). El corte hará que el CD se incline un ángulo aproximado de 30 grados medido desde el final del tubo (ver figura 9).



Figura 8.



Figura 9.

- Usa el bisturí para cortar un rectángulo (o hueco de visor) - el cuadrado negro en la guía de corte. Puedes remover la guía en este punto (ver figura 10).

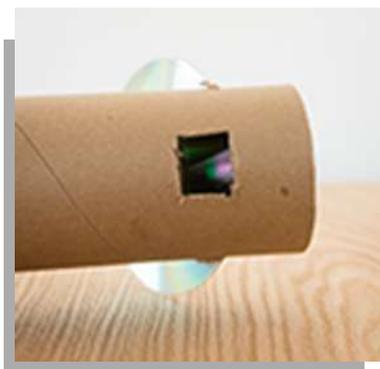


Figura 10.

- Posteriormente, corta una abertura fina de menos de 1 mm de espesor y 5 cm de largo en una de las piezas de cartón plano (o la tapa de plástico). Tapa el cartón plano y ponlo en el extremo opuesto donde se ubicará el CD. Posicione el tubo como se muestra abajo y alinee el corte delgado de forma horizontal.

- Tapa con la segunda pieza de cartón plano (o tapa plástica) sobre la parte inferior del final del tubo, detrás del CD, para evitar cualquier fuga de luz.



Figura 11.

- Inserta el CD en la ranura del CD, tal que este refleje la luz entrante a través de la ranura superior donde va tu ojo (ver figura 11).

Para hacer y observar :

- Sostén el tubo hacia arriba y apunta la ranura hacia la luz fluorescente.
- Presiona tu ojo en el visor.
- En el CD, busca una línea clara y definida de luz que rompe la luz en bandas de color: este es el espectro de luz reflejada de la luz fluorescente en el CD.
- Ajusta el ángulo al cual miras a través del visor al CD para encontrar la mejor vista de la luz del espectro.
- Experimenta al posicionar la ranura en varias fuentes de luz (por ejemplo, bombillas de luz incandescente, luces LED, luz solar proveniente de la ventana) y observa las diferencias en el espectro.



Observación y Discusión :



Profesor :

Ahora que hemos observado el espectro desde la luz fluorescente, ¿cuál es la diferencia que notaron cuando apuntaron el espectrómetro a otras fuentes de luz?



Estudiante 1 :

El espectro de una lámpara incandescente parece más caliente con más rojos y amarillos.



Profesor :

¡Exacto! Las lámparas incandescentes emiten luz al calentar el filamento de cable, que da un color más cálido en el espectro. ¿Qué ocurre con las luces LED?



Estudiante 2 :

Noté más bandas azules y verdes en el espectro cuando observamos la luz LED.



Profesor :

¡Esa es una excelente observación! Las luces LED operan diferente y usualmente tienen un color más frío en el espectro. ¿Y qué observaron con la luz solar?



Estudiante 3 :

La luz del sol se ve más balanceada. Yo pude ver un amplio rango de colores, del rojo al violeta.



Profesor :

La luz solar, o luz natural, es usualmente considerada como "luz blanca" porque contiene un balance en el espectro de los colores. Usando nuestro espectrómetro, podemos romper la luz y ver sus componentes individuales.



Estudiante 4 :

¡Es muy asombroso cómo las diferentes fuentes de luz pueden tener tan variados espectros!



Profesor :

¡Sin duda! Y solo hemos observado estas diferencias en la Tierra. Los astrónomos usan principios similares para estudiar la luz de las estrellas y galaxias, ayudando a decodificar los misterios del universo.

Conclusión :

Profesor :

Antes de concluir lo que hemos aprendido hoy, ¿alguien puede decirme (ver la figura 12) cuál es la posición de la galaxia A en el gráfico 'Velocidad de la Galaxia vs. Distancia' y por qué está posicionada ahí comparada con las otras galaxias?

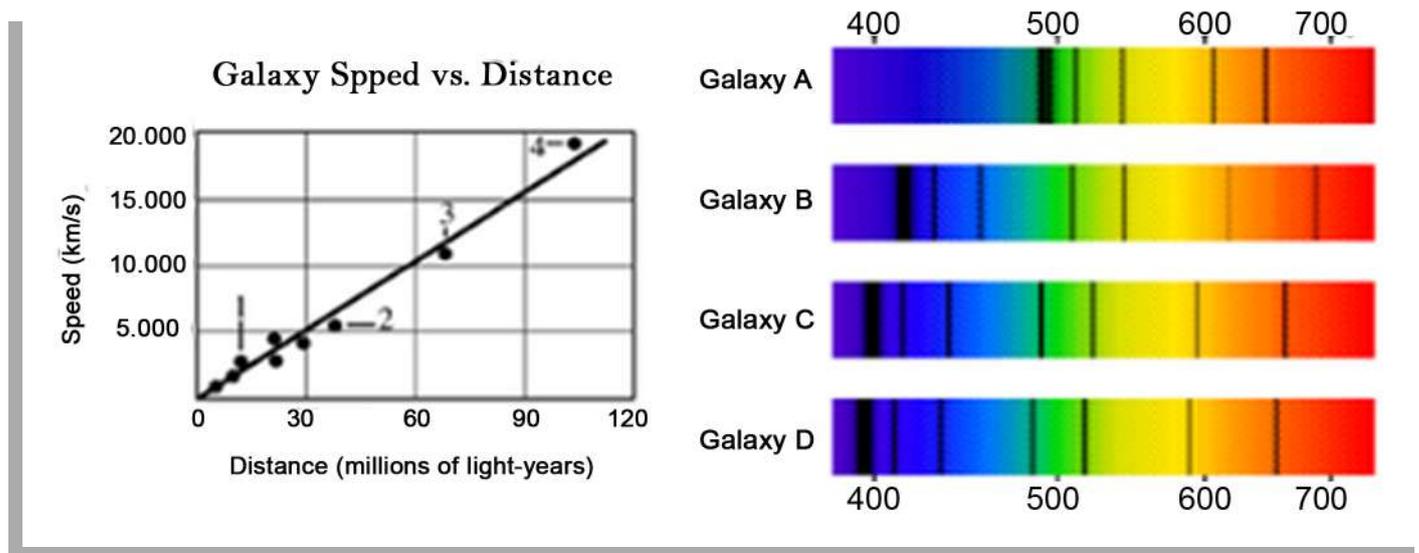


Figura 12.

Estudiante 1 :

La respuesta correcta a la pregunta es: la galaxia A, que se localizaría en la posición #4, es decir, la galaxia A es la más "corrida al rojo" porque la banda negra de absorción en el espectro está localizada más hacia el extremo rojo del espectro comparada con otras galaxias. Entonces, la galaxia A es la que se encuentra más lejos de la Tierra.

Profesor :

¡Muy bien, estudiante 1! Hoy en nuestra aventura CosmoVerse, hemos viajado de nuestra noción familiar del sonido en el aula de clase al vasto cosmos, descifrando los misterios del corrimiento al rojo cósmico. Guiados por la nave de la Imaginación de Quark y la brillantez de Bunsen y Kirchhoff, hemos explorado el efecto Doppler, la danza de los electrones en el espectroscopio y las señales únicas de la luz de las galaxias. A través de la observación y la experimentación práctica, hemos visto que incluso en la vastedad del universo, con curiosidad y las herramientas adecuadas, podemos descifrar sus más intrincados secretos.



Biblioteca C3smica



Videos :

[How the Doppler effect works](#)

[What is Doppler Effect? Ambulance siren and Police Radar Gun](#)

[What is REDSHIFT?](#)

[Red shift | Astrophysics](#)

[Doppler Effect, Red Shift & The Big Bang Theory](#)

[GCSE Physics - What is Red Shift?](#)

[Red shift | Scale of the universe Khan Academy](#)

[Light: Crash Course Astronomy](#)

[Introduction to spectroscopy | Khan Academy](#)

[Spectroscopy, Explained](#)

[Redshift: Motion and colour](#)



Interactivos :

[Analyzing Light: Spectrum of the Star Altair](#)

[Cosmological RedShift Simulator](#)

[Readymag: Redshift](#)



Sitios Web :

[Spectroscopy: Reading the Rainbow](#)

[Spacebook: Redshift](#)



Documentales :

[Journey to the Edge of the Universe](#)

[Everything and Nothing](#)

[Atom: Clash of Titans](#)



Artculos :

[What is cosmological redshift?](#)

[ESA: What is 'red shift'?](#)



Infografias :

[What is Cosmological RedShift?](#)

Glosario

Efecto Doppler: El cambio en la frecuencia o longitud de onda de una onda concerniente a un observador debido al movimiento relativo entre la fuente de la onda y el observador.

Corrimiento al azul: Un descenso en la longitud de la luz emitida por un cuerpo celeste que se acerca, indicando movimiento hacia el observador.

Corrimiento al rojo cósmico: El corrimiento de la luz de objetos celestes hacia el extremo rojo del espectro, indicando que el objeto se mueve alejándose del observador.

Espectro electromagnético: El rango completo de longitudes de onda o frecuencias de la radiación electromagnética, incluyendo ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Espectro de absorción: El rango de longitudes de onda (o colores) de la luz que absorbe una sustancia. Aparece como líneas oscuras en un espectro continuo.

Espectro de emisión: El rango de longitudes de onda (o colores) de la luz que una sustancia emite.

Mecánica Cuántica: Una teoría fundamental en física que describe el comportamiento de la materia y energía en la escala atómica y de partículas subatómicas.

Espectrómetro: Un dispositivo usado para medir las propiedades de la luz en una porción específica del espectro electromagnético.

Espectroscopia: El estudio de las interacciones entre la materia y la radiación electromagnética, usualmente usada para determinar la composición de los materiales.



This article/publication is based upon work from COST Action CA21136 – “Addressing observational tensions in cosmology with systematics and fundamental physics (CosmoVerse)”, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST (European Cooperation in Science and Technology) is a funding agency for research and innovation networks. Our Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

www.cost.eu

