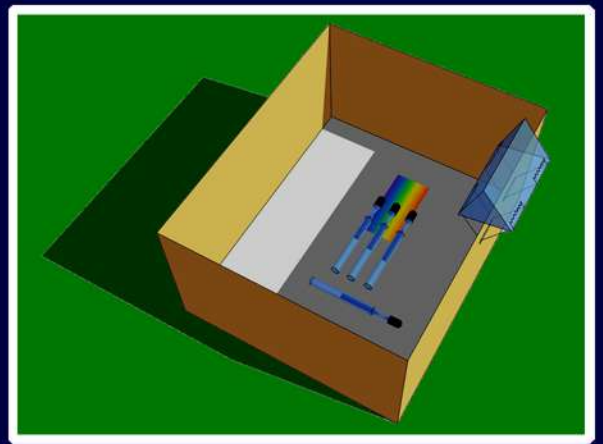


El Mensaje de la Luz

Mayte Acedo del Olmo Ordóñez

Fernando Acedo del Olmo Ordóñez

Antonio R. Acedo del Olmo Ordóñez



El Mensaje de la Luz

**Mayte Acedo del Olmo Ordóñez
Fernando Acedo del Olmo Ordóñez
Antonio R. Acedo del Olmo Ordóñez**

**Publicaciones de ApEA
Asociación para la Enseñanza de la Astronomía**

No. 26 (Secundaria) – Junio 2013

Publicaciones de ApEA
Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

Dirección:
Rosa M. Ros
(Vocal Editora de Publicaciones de ApEA)
Edición 2013

Comisión de redacción:
Ederlinda Viñuales
Ricardo Moreno
Simón García

Edita: Albedo Fulldome, S.L.
ISBN: 978-84-15771-31-9

Autores:



Mayte Acedo del Olmo Ordóñez es Maestra de Primaria por la Universidad de Málaga y desde 1992 desarrolla módulos didácticos-divulgativos sobre Astronomía. Ha participado en numerosos Congresos, Jornadas y Conferencias desarrollando talleres, comunicaciones y ponencias. Ha publicado diversos trabajos y artículos didácticos. Es miembro de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA) y de la European Association for Astronomy Education (EAAE).



Fernando Acedo del Olmo Ordóñez es Informático y desde 1989 desarrolla módulos didácticos-divulgativos sobre Astronomía y la aplicación de las Nuevas Tecnologías como recurso educativo. Coordinador técnico-científico de la IV Muestra Monográfica "Maravillas del Universo" y del "Planetario Unicaja" en el XVII Bienal Internacional de Cine Científico. Ha publicado diversos trabajos y artículos didácticos. Es miembro de la Sociedad Planetaria y EAAE.



Antonio R. Acedo del Olmo Ordóñez es Informático y desde 1988 desarrolla módulos didácticos-divulgativos sobre Astronomía. Ha participado en numerosos Congresos, Jornadas y Conferencias desarrollando talleres, comunicaciones y ponencias. Ha publicado diversos trabajos didácticos y artículos divulgativos. Coordinador de diversos talleres y cursos con Centros de Profesores y UNED. Es miembro de la Real Sociedad Española de Física, ApEA y EAAE.

Índice

Presentación	7
Objetivos	9
Luz y color	11
Actividad 1: El color del cielo. Luz y atmósfera	13
Actividad 2: Colores y temperaturas de las estrellas	15
Actividad 3: Descubriendo el color con un prisma	17
Viajar al pasado	19
Actividad 4: Distancias a las estrellas. Año luz	20
Las magnitudes estelares	22
Actividad 5: Magnitudes	24
Actividad 6: Relación distancia / luminosidad de las estrellas	26
Leer entre líneas. El espectro electromagnético	28
Actividad 7: Un espectroscopio simple	28
Actividad 8: Elementos químicos de una estrella	30
El efecto Doppler	34
Actividad 9: Demostración del efecto Doppler mediante simulador	35
Observando lo invisible. Luz Infrarroja y Ultravioleta	36
Actividad 10: El experimento de Herschel	37
Actividad 11: El experimento de Ritter.	39
Bibliografía	43

Presentación

Las investigaciones y descubrimientos científicos relacionados con el mundo de la Astronomía y la Astrofísica, que nos están proporcionando misiones como el telescopio espacial Hubble, el observatorio espacial de rayos X Chandra o el de rayos infrarrojos Spitzer, han revolucionado la información que se poseía y nos ha proporcionado una nueva visión que se ha puesto a disposición de la comunidad educativa, receptora y emisora de todo avance científico.

"Hemos descubierto maravillas jamás soñadas por aquellos antepasados, pioneros en especular acerca de la naturaleza de las luces itinerantes que adornan el cielo nocturno. Hemos sondeado los orígenes de nuestro planeta y de nosotros mismos" (Carl Sagan).

La publicación "El Mensaje de la Luz" aproxima a los alumnos/as, de forma amena y básica, a la importancia que tiene el estudio y análisis de la luz, como nuestra principal fuente de información de los cuerpos celestes: Nos permite conocer sus características más notables, siendo un modelo atractivo e idóneo destinado a desarrollar actividades didácticas de Astronomía. Además con el aliciente añadido de la utilización de nuevas tecnologías, a través de consultas y prácticas on-line en páginas Web que requieren la utilización de técnicas y habilidades diferentes, creándose en su conjunto una propuesta educativa interesante donde el alumnado tiene una participación activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El desarrollo de las actividades pone de manifiesto el ámbito interdisciplinar de la Astronomía, pudiéndose orientar principalmente hacia una interrelación con la Física.

El Mensaje de la Luz está dedicado a la Profesora M^a Asunción Catalá Poch que conocimos en el año 2000 durante la celebración de la 6th Conference on Teaching Astronomy en la Universidad Politécnica de Cataluña. Desde esa fecha nunca faltó su felicitación navideña e interés por nuestros trabajos. Pionera, excelente persona y profesional nos dejó en el emblemático Año Internacional de la Astronomía en 2009.

Objetivos

- Destacar la relación de la Astronomía con todas las áreas del saber y la importancia de incluirla en los currículos de cualquier nivel educativo.
- Investigar la luz visible del espectro y las regiones cercanas al espectro infrarrojo y ultravioleta, destacando su importancia en la Astrofísica.
- Demostrar la relación entre energía y ondas en el espectro electromagnético.
- Transmitir la importancia que tiene la investigación y análisis de la luz en el estudio de las estrellas.
- Introducir de una forma práctica conceptos como temperatura, luminosidad, tipos de espectros, año-luz y magnitudes.
- Destacar la importancia de la mujer en el mundo de la Astrofísica.
- Desarrollar actividades amenas y didácticas, descubriendo a través de la experiencia.
- Incentivar el trabajo en grupo y las actitudes responsables y colaborativas por parte del alumno.
- Obtener datos, contrastando y evaluando la información obtenida, mediante la discusión de resultados, observación, búsqueda de dicha información que surjan de la experiencia astronómica desarrollada en la actividad.
- Aprender a manejar bibliografía y otras fuentes para el estudio y la investigación.
- Adquirir hábitos de estudio y trabajo en un proceso ordenado y progresivo de tipo interdisciplinar.
- Familiarizar al alumno/a con el aspecto del firmamento y los cuerpos integrantes que componen el Sistema Solar.
- Saber interpretar la información sobre Astronomía que utilice códigos científicos.
- Organizar puestas en común con los integrantes, destacando una participación activa y ordenada, en la que se respete la opinión de todos.
- Utilizar como instrumento de apoyo al estudio de la Astronomía las Nuevas Tecnologías de Comunicación e Información como:
 - Búsqueda de información en la red de Internet.
 - Utilización de aplicaciones multimedia, mostrando su eficacia didáctica, sobre todo en las simulaciones.
- Desmitificar el uso del ordenador personal exclusivamente para juegos, abriendo el abanico de posibilidades que tiene como herramienta en el aula y en la vida cotidiana, mediante una utilización racional del mismo.
- Sensibilizar y lograr que el alumno tome conciencia de la importancia de la conservación de nuestro planeta, a través de la observación del Universo.

Luz y color

Todas las coloraciones y formas que el cielo nos ofrece, tienen una propiedad común: que no pueden imitarse con los medios humanos. Siempre que se intenta reproducirlas sobre un lienzo, un papel, madera o metal, se fracasa irremediablemente. Son obra de un maestro que dispone de medios verdaderamente "celestiales". Su pincel es la luz solar, y su lienzo es el voluble éter con sus nubes y el finísimo tejido del velo del polvo atmosférico: ningún artista dispone de ellos. (El Aliento de la Tierra. Theo Löbsack, 1996).



Figura 1. Puesta de sol desde la Serranía de Ronda (Málaga).

El color del cielo constituye un inagotable manantial de gozo para nuestros ojos, como el azul de una clara mañana de primavera o el rojo anaranjado del crepúsculo que despierta nuestros sentimientos más bellos y profundos, espectáculos visuales que acompañados de nubes en forma de algodones coloreados, dan alas a nuestra imaginación y nos muestran imágenes celestes que nunca llegan a repetirse. La atmósfera de nuestro planeta es la causante de estos bellos espectáculos, de no existir, el cielo siempre aparecería negro, como ocurre en Mercurio o la Luna. Igualmente es la causante, en condiciones especiales, de fenómenos tan maravillosos como el arco iris, los halos, el rayo verde o las auroras boreales.

El color azul del cielo es debido a que la luz solar (compuesta por los distintos colores del arco iris) nos llega en línea recta y al alcanzar la

atmósfera, las moléculas de gases (nitrógeno 78%, oxígeno 21%, otros 1%) difunden preferentemente la radiación luminosa de menor longitud de onda (azul-violeta) dispersándolas fuera del recorrido directo de la luz solar. Cuando llegan a nuestros ojos, no parecen venir directamente del Sol, sino que nos llegan de todas las zonas del cielo. En los atardeceres, la luz solar incide oblicuamente y el camino que la luz solar recorre dentro de la atmósfera es más largo, predominando las radiaciones de longitud de onda más larga. Entonces se nos muestra ese color anaranjado-rojizo que, en tantas ocasiones, adorna la puesta de Sol y nos brinda una hermosa visión de colorido. **Nota: Nunca mirar directamente al Sol sin las debidas precauciones.**

*...Incluso la misma luz, que todas las cosas exhiben,
Resplandecía ignorada, hasta que su mente más brillante
Desenrolló todo el ropaje resplandeciente del día;
Y, a partir del resplandor emblanquecido indistinguible,
Agrupando cada rayo en los de su clase,
Al ojo cautivado adujo la espléndida comitiva
De colores principales. Primero el rojo flamígero
Brotó vívido; a continuación el naranja atezado;
Y después el delicioso amarillo; a cuyo lado
Cayeron los rayos amables del refrescante verde.
Después el azul puro, que llena los cielos otoñales,
Y que cae etéreo; y después, de un tono más triste,
Surgió el índigo oscuro, como cuando
La tarde de fuertes contornos languidece con escarcha;
Mientras que los últimos destellos de luz refractada
Se extinguieron gradualmente en el débil violeta.*

(Fragmento del poema consagrado a la memoria
de Sir Isaac Newton. James Thomson, 1727).



Figura 2. Atardecer marciano. (NASA).

En otros planetas del Sistema Solar al tener atmósferas de distinta composición de la terrestre los cielos observados se verían de diferentes colores. Por ejemplo, el cielo marciano sería ocre, rosa y de tonalidades violetas al atardecer. También se aprecia un color rojizo debido a que en cada año marciano se producen violentas tormentas de arena y ésta queda en suspensión en las capas altas de la atmósfera durante meses

Tonalidades amarillas y naranjas serían las densas nubes de Venus y el cielo de Ío (satélite de Júpiter). Titán (satélite de Saturno) nos ofrecería un cielo rojizo, y marrón-rosáceo sería en Tritón (satélite de Neptuno). Un profundo color turquesa y azul nos asombrarían al contemplar el cielo de Urano y Neptuno. Tonalidades doradas y azuladas podríamos contemplar desde los gigantes Júpiter y Saturno, pero, sin duda alguna, ninguno de estos espectaculares cielos podrían rivalizar con el bellísimo espectáculo de un atardecer terrestre desde cualquier rincón de nuestro planeta.

Actividad 1: El color del cielo. Luz y atmósfera.

Objetivos

Demostrar cómo los gases de la atmósfera terrestre dispersan algunas longitudes de ondas de la luz visible más que otras. Comprender el color del cielo.

Materiales.

Recipiente transparente parecido a un acuario.
Foco de luz (linterna, proyector,...).
Papel, lápiz, goma,...
Cartulina.
Cuenta gotas.
Agua y Leche.

Desarrollo.

D1.

- Llenar el recipiente con agua.
- Recortar en el centro de la cartulina un agujero de un centímetro de diámetro aproximadamente. Colocar la cartulina entre el recipiente y el foco de luz. (figura 3).
- Añadir unas gotas de leche al agua. Removerlo para que se mezclen los dos líquidos.
- Oscurecer la clase y observar el color de la luz que sale del foco y la del interior del recipiente.
- Observar el color del líquido desde un lado del recipiente.

Contestar las siguientes preguntas:

Cuestión 1.

¿Por qué el cielo es de color azul y el Sol amarillento?

Cuestión 2.

¿Por qué el Sol aparece rojizo en los amaneceres y atardeceres?

D2.

a) Dibujar el diagrama (figura 4) en papel o transparencia para discutir y razonar qué rayos del Sol deben recorrer mayor distancia a través de la atmósfera hasta llegar a la superficie terrestre e indicar y argumentar que color tendría nuestra estrella en cada uno de los puntos indicados en el diagrama.

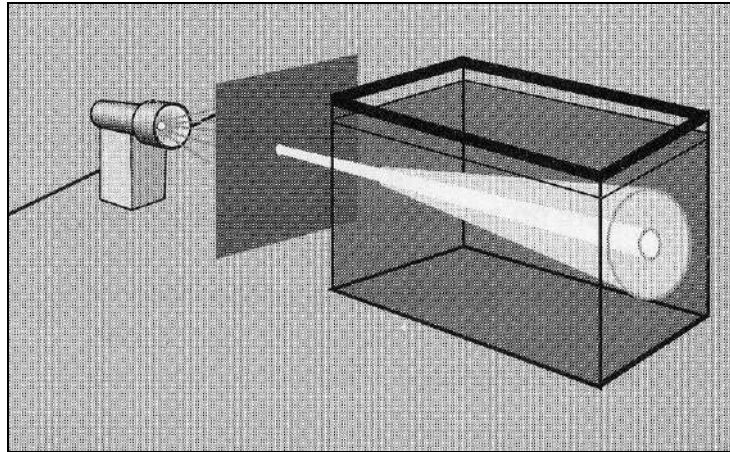


Figura 3 Simulando el color del cielo (NASA, 1994).

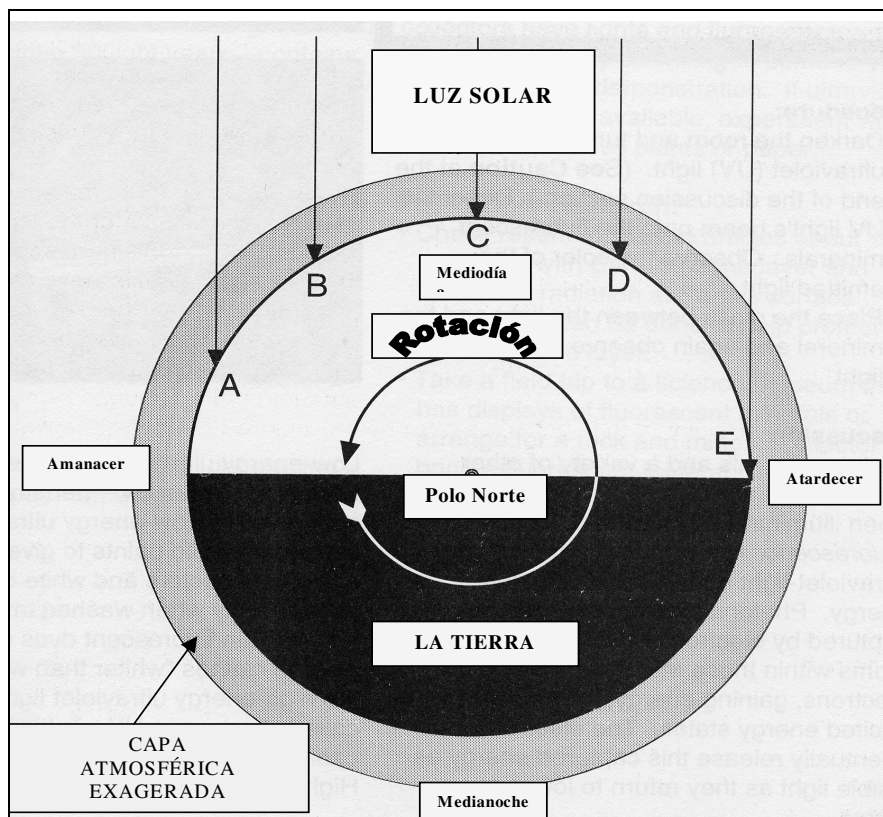


Figura 4. Hoja/Diagrama de trabajo.

Información adicional.

En la fase D1 de la actividad, las partículas suspendidas de leche dispersan la luz como las moléculas de la atmósfera terrestre. Cuando el rayo de luz se ve directamente, a través del agua, la longitud de onda del azul de la luz está dispersa fuera del rayo de luz, dejándolo amarillento. Se puede incrementar la cantidad de gotas de leche para simular una atmósfera más espesa.

Actividad 2: Colores y temperaturas de las estrellas.

En 1865, P. Secchi hizo una clasificación básica de las estrellas en 4 tipos, en función de su color, que relacionó con la temperatura de la estrella.

- I. Estrellas Blancas o Blanco azuladas.
- II. Estrellas Amarillas.
- III. Estrellas Anaranjadas.
- IV. Estrellas Rojas.

Las más calientes son las azuladas y las más frías las rojas. Esta relación color-temperatura, se puede observar como al calentar el hierro va tomando el color rojo, anaranjado, amarillo, blanco y azul, según el aumento de la temperatura.

El instrumento decisivo para la correcta clasificación de los tipos estelares fue el análisis espectral. Fue introducido por Fraunhofer en 1814, y entre 1870 y 1880 se comprendió su enorme utilidad para conocer la química de las estrellas.

La luz de las estrellas revela importantes informaciones, como su temperatura, química y la velocidad en las que se están moviendo. Esta información se puede obtener mediante un análisis espectral.

Objetivos

Comprender la importancia del estudio de la luz de las estrellas a través de la relación del color y la temperatura.

Materiales

Carta Celeste.

Papel, lápiz, goma, lápices o rotuladores de colores,...

Prismáticos.

Desarrollo

Cada grupo de trabajo realiza observaciones de diferentes estrellas principales, anotando los colores que se observan a simple vista y con prismáticos, igualmente la temperatura que podrían tener (muy caliente, caliente, fría, muy fría).

Para ello se distribuirá la siguiente tabla a rellenar.

Colores	Nombre de las estrellas	Constelación	Temperatura/ Observaciones
Blancas/ Blanco azuladas			
Amarillas			
Anaranjadas			
Rojas			

Figura 5. Hoja de trabajo.

Información adicional

Estrella	Constelación	Color
Betelgeuse	Orión	Rojiza
Antares	Scorpius	Rojiza
Arturo	Bootes	Naranja-rojiza
Aldebarán	Taurus	Naranja
Capella	Auriga	Naranja
Procyon	Can Minor	Amarilla
Sol		Amarilla
Deneb	Cygnus	Blanca
Polaris	Ursa Minor	Blanca
Sirio	Canis Major	Blanca
Vega	Lira	Blanca
Spica	Virgo	Blanco-azulada
Rigel	Orión	Blanco-azulada

Tabla 1. Relación estrella / color.

Color	Temperatura aprox.
Azul	40000 a 11000°C
Blanco	11000 a 7500°C
Amarillo	7500 a 5000°C
Naranja	5000 a 3500°C
Rojo	3500 a 3000°C

Tabla 2. Relación color / temperatura.

La actividad se complementa con el módulo "Star Light, Star Bright" en la fase "Stellar Encounters" de la página Web educativa del Telescopio Espacial Hubble:



Figura 6 amazing-space.stsci.edu/resources/explorations/light/stellarEncounters-frames.html

Actividad 3: Descubriendo el color con un prisma.

La luz puede descomponerse en los colores del espectro y el primero en lograr esta descomposición fue Isaac Newton en el siglo XVII, dejando pasar un angosto haz de luz por un pequeño orificio circular que hizo en el postigo que cerraba su ventana, colocando un prisma de cristal en su trayectoria. El resultado fue una mancha en alargada, en la pared, uno de cuyos extremos era rojizo y el otro azulado. Además en otro experimento colocó un segundo prisma a esa luz coloreada combinándose de los colores para dar de nuevo luz blanca.

La velocidad con que la luz se propaga en el vacío y en el aire es muy parecida pero en otros medios transparentes, como el agua o el vidrio, lo hace a menor velocidad y su trayectoria se desvía un determinado ángulo, es decir se refracta, siendo la luz violeta la que más se desvía y la luz roja la que menos. Esto trae como consecuencia la descomposición o dispersión de la luz, explicándose así la aparición del arco iris.

Objetivos

Los estudiantes observarán que le sucede a la luz cuando pasa a través de un prisma, visualizando los colores del espectro visible contenido en la luz solar.

Materiales.

Un prisma de vidrio.

Fuente de luz (lámpara fluorescente, incandescente, etc.).

Anexo de materiales: Recipiente de cristal, espejo pequeño y agua.

Desarrollo.

D1.

Colocar el prisma de 5 a 10 centímetros del ojo y dirigirlo hacia las siguientes fuentes de luz artificial: lámpara incandescente, lámpara

fluorescente y luces de la calle (**iNUNCA PROBAR A DIRIGIRLO HACIA EL SOL!**). Observar los colores que son visibles y apuntarlos en orden en la siguiente hoja de observación.

Fuente de luz	Colores
Lámpara incandescente	
Lámpara fluorescente	
Luces de la calle	

Cuestiones posibles:

¿Los colores están siempre en el mismo orden?

¿Las bandas tienen siempre la misma forma?

D2.

Simular el experimento de Newton con un prisma de agua casero. Colocar el recipiente, lleno de agua, y un pequeño espejo (figura 7) acercándolo a una fuente de luz solar. Discutir en grupo el experimento.

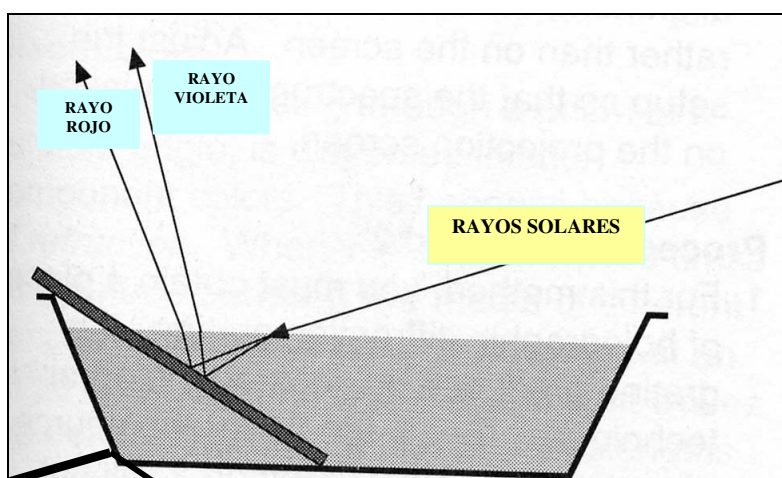


Figura 7. Prisma casero.

Información adicional

Los colores siempre salen del prisma en el mismo orden, pero una fuente de luz artificial no transmite el espectro completo a menos que sea una fuente de luz blanca, por lo que algunos colores pueden no aparecer. Las bandas de color no siempre tienen la misma anchura dependiendo del tipo de luz fuente. En el desarrollo D2 de la actividad la luz solar reflejada desde el espejo puede verse como un arco iris de colores en la pared sirviendo para el estudio de este fenómeno.

Viajar al pasado.

Para ir de aquí a la estrella más cercana, hay que imaginar a través del cielo una distancia, ¿qué os diré? 226.000 veces mayor que la que hay de aquí al Sol; 226.000 veces 149.000.000 de kilómetros. ¡Y esto sólo la estrella más próxima! La que sigue está aún dos veces más lejos. ¡Y en cuanto a las otras!... (Camilo Flammarion, astrónomo francés, 1890).



Figura 8. La estrella Próxima Centauri (centro) es la más cercana al Sol a una distancia de 4,2 años luz. (ESO).

Las distancias en el espacio son tan grandes que resulta engorroso medirlas en kilómetros. Por ejemplo, la estrella Vega (constelación de la Lira), que forma parte del famoso asterismo del Triángulo de Verano y es la quinta estrella más brillante del firmamento, está a 255.441.600.000.000 kilómetros del planeta Tierra. ¡Vaya cifra! Realmente, no resulta fácil leer esa cantidad y a pesar de la ayuda que supone expresar cifras grandes en potencias de diez, es conveniente hacer uso de escalas más versátiles o cómodas. En astronomía suelen usarse las siguientes unidades: Año luz, Pársec (pc) y Unidad Astronómica (U. A.) que es la distancia media entre la Tierra y el Sol (aproximadamente 150 millones de kilómetros). La U. A. suele utilizarse para las distancias entre planetas o cuerpos del Sistema Solar.

En el anterior ejemplo de la estrella Vega es más cómodo indicar que está a 27 años luz de nosotros, es decir, su luz partió hacia nosotros hace 27 años. Pero, ¿qué es el año luz? Es la distancia que recorre la luz en un año a través del espacio. Pero, ¿por qué utilizamos la luz para medir distancias? Por la sencilla razón de que la luz se mueve a la mayor velocidad conocida que se puede alcanzar en el Universo, aproximadamente 300.000 km/sg. Haciendo algunos cálculos sencillos nos podemos hacer una idea a qué distancia equivale un año luz. Si una hora tiene 3.600 segundos, un día 86.400 segundos y un año 31.536.000 segundos, multiplicando este último dato por la velocidad de la luz obtenemos 9.460.800.000.000 que es la distancia en kilómetros que viaja la luz en un año. La hora luz, minuto luz, o segundo luz son utilizadas especialmente para describir distancias dentro del Sistema Solar. Otra unidad de distancia muy utilizada en Astrofísica es el pársec (pc) que equivale a 3,26 años luz y los múltiplos del pársec como: kilopársec (1.000 pc) o megapársec (1.000.000 pc)

Como curiosidad la nave espacial Voyager 1, lanzada hace 36 años, es el objeto terrestre más alejado de nuestro planeta a más de 15 horas luz y dentro de 18.000 años alcanzará un año luz. Otra curiosidad, si utilizáramos el avión comercial más innovador y rápido con destino a la estrella más cercana, Próxima Centauri (visible en el hemisferio sur), tardaríamos más de 5 millones de años en llegar al destino. La galaxia de Andrómeda se encuentra a 2 millones de años luz, la Estrella Polar a 650 años luz, Sirio a 8,7 años luz, Júpiter a 38 minutos luz, el Sol a 8,2 minutos luz, Venus está a 2 minutos luz... Entonces, si incluso la luz de nuestra luna tarda en llegar a la Tierra 1,2 segundos, cuando miramos al firmamento ¿qué es lo que estamos viendo? Realmente, lo que contemplamos es el pasado,... siempre el pasado.

Actividad 4: Distancias a las estrellas. Año luz.

Objetivos

Comprender el concepto de año luz y la inmensidad del Universo.

Materiales

Papel, lápiz, goma,...
Calculadora.

Desarrollo

Cada grupo de trabajo resuelve las siguientes cuestiones:

Cuestión 1.

¿Cuántos km representa un año luz?

¿A cuántos km se encuentra la estrella más cercana?

Cuestión 2.

Elegir una estrella por cada componente del grupo y realizar un trabajo sobre lo que ocurrió en el mundo, el país o tú vida, cuando salió su luz hacia la Tierra.

Imaginar una cabina "telefónica cósmica". Realizar una llamada a la estrella Sirius, diciendo "hola....". ¿Cuándo recibirá el receptor la llamada? ¿Y cuándo recibiréis su contestación?

Elegir un planeta para realizar la llamada.

Información adicional

Estrella	Año luz	Parsec
Alpha Centauri *	4,40	1,35
Sirius	8,63	2,65
Procyon	11,43	3,51
Altair	15,7	4,82
Vega	27	8,3
Pollux	30	10,1
Arcturus	40	12,3
Capella	42	12,9
Cástor	45	13,8
Aldebarán	55	16,9
Regulus	77	23,6
Spica	190	58
Antares	220	68
Betelgeuse	275	84
Deneb	400	123
Rigel	540	165

Tabla 3. Distancia de las estrellas más brillantes, visibles en el Hemisferio Norte.
(*) Visible en el Hemisferio Sur.

Planeta	Luz (aprox.)
Mercurio	3 minutos
Venus	6 minutos
La Tierra	8 minutos
Marte	13 minutos
Júpiter	$\frac{3}{4}$ hora
Saturno	1 hora 20 minutos
Urano	2 horas 40 minutos
Neptuno	4 horas
Plutón (planeta enano)	5 horas 30 minutos

Tabla 4. Distancia de los planetas del Sistema Solar al Sol.

Las magnitudes estelares

Las sensaciones y emociones que se sienten al contemplar un cielo estrellado a simple vista, en un lugar alejado de la contaminación lumínica y en plena naturaleza, es una experiencia difícil de describir con palabras. En esos mágicos instantes nuestra observación visual nos permite apreciar miles de estrellas que, como pequeños puntos luminosos, se encuentran irregularmente dispersas en el firmamento creando un espectáculo inolvidable y en el que constatamos de inmediato diferencias de brillo y color entre los astros. Los objetos celestes, ya sean astros con luz propia, o bien cuerpos que reflejan la luz que reciben de otros astros, emiten luminosidad o brillo que recibimos al observarlos provocando en nosotros la sensación de mayor o menor magnitud. En astronomía la palabra magnitud usualmente se refiere al brillo aparente de los objetos del cielo, es decir, el brillo que tienen al observarlos desde la Tierra.



Figura 9. Región celeste con astros de diversas magnitudes.

En el siglo II a.C., el astrónomo y matemático griego Hiparco de Nicea realizó el primer catálogo de estrellas apreciables a simple vista e ideó una escala de medida del brillo de los astros. Agrupó a las estrellas visibles en seis clases de magnitud. Las más brillantes eran de primera magnitud, las que le seguían inmediatamente (un poco menos brillantes) fueron de segunda magnitud y así sucesivamente, hasta englobar a las estrellas más débiles, difíciles de observar a simple vista (sexta magnitud). En el siglo XIX, el astrónomo inglés Norman Pogson determinó que la diferencia de brillo entre dos magnitudes consecutivas es de 2,5 veces, lo que implica que la relación de luminosidad entre las estrellas más brillantes y las más débiles es alrededor de 100.

Actualmente, la escala de los brillos estelares no está limitada a 6 magnitudes, a los objetos celestes de brillo mayor que 1 se les asigna una magnitud de cero o incluso un valor negativo. Por ejemplo: Betelgeuse (en Orión) con magnitud de 0,7; Sirius (en Can Mayor) de -1,4; Venus puede alcanzar -4,5 o Júpiter -2. Naturalmente, el Sol (-26,8) y la Luna (-12,7) son casos excepcionales de brillo en comparación con las estrellas. Como curiosidad, algunos satélites artificiales pueden brillar bastante cuando reflejan la luz del Sol alcanzando magnitud -7 o la Estación Espacial Internacional (ISS) un valor de -4 o mayor en algunas ocasiones.

La magnitud aparente no solo depende de la energía irradiada por las estrellas, sino también de la distancia a la que se encuentran. Para eliminar el efecto de la distancia, que da una falsa idea sobre la verdadera luminosidad del objeto, los astrónomos idearon el concepto de magnitud absoluta, que es una medida de la luminosidad que tendría para nosotros si la estrella se encontrara a una distancia de 10 parsec (un parsec es una unidad básica de distancia estelar y equivale a 3,26 años luz). De esta manera, al situar todas las estrellas a la misma distancia, se puede comparar su luminosidad entre sí, quedando nuestra estrella con una discreta magnitud absoluta de 4,5.

A simple vista y en sitios oscuros, se puede llegar a contemplar estrellas de magnitud aparente 6. Con unos buenos prismáticos se llega a la 9ª ó 10ª. Con telescopios de aficionados se ven estrellas de magnitud 12 ó 14, y en los observatorios profesionales, de magnitud 25. El telescopio espacial Hubble ha llegado hasta la magnitud 33, cifra que será batida en un futuro próximo por nuevos instrumentos astronómicos en órbita o por la construcción en Chile del mayor telescopio óptico del mundo que tendrá un espejo de 42 metros de diámetro y será 15 veces superior al Hubble.

Actividad 5: Magnitudes.**Objetivos**

Actividad clásica para comprender básicamente la magnitud aparente y absoluta, complementándose con la utilización de la observación de la EEI (Estación Espacial Internacional) o ISS (International Space Station) para realizar comparaciones de magnitudes.

Materiales.

Carta Celeste y trayectoria de la Estación Espacial Internacional (ISS) on-line.

Papel, lápiz, goma,...

Linternas con bombillas de diferentes vatios (mínimo 5 y, al menos, 2 de igual vatios).

Desarrollo.**D1.**

a) El lugar de esta experiencia podría ser en el gimnasio, totalmente oscurecido, o en el patio del colegio al anochecer.

Un grupo de trabajo toma las linternas y se aleja del resto de compañeros, colocándose a distintas distancias y alturas. Encienden las linternas, procurando colocar la de mayor potencia a una distancia mayor del grupo y las de menor potencia a una distancia más cercana.

El grupo preguntará a los observadores, ¿cuál es la luz más distante, la más cercana, la que más brilla y la que menos? (Magnitud aparente).

A continuación los componentes del grupo se colocan todos a la misma distancia. (Magnitud absoluta).

Se repiten las experiencias anteriores, cambiando la distancia y distribución de linternas.

b) Desarrollar una observación distribuyendo, a cada grupo de trabajo, algunas constelaciones. Los alumnos, durante la observación, puntúan a las estrellas con un 0 hasta 6 las menos brillantes.

Se realiza un trabajo con dichos resultados, consultando las distancias en años-luz de cada estrella. La experiencia es discutida con todos los grupos de trabajo en clase.

D2.

Obtener pasos de la Estación Espacial Internacional para la localidad. En dicha información aparece la magnitud de la EEI, día y hora de aparición, máxima altitud y hora de finalización del paso (figura 10).

Preparar la observación y organizar los grupos de trabajos, los cuales observaran la magnitud dada para la EEI comparándolas con estrellas cercanas o planetas al paso de la EEI. En esta parte de la actividad se desarrollan interesantes objetivos como: localización de constelaciones, estrellas y planetas para orientarnos y seguir de forma optima a la EEI; conceptos de altitud y azimut, y finalmente el gozo que ocasiona a los jóvenes la observación de unos de los proyectos más ambiciosos de la era espacial, haciéndoles comprender la importancia que tiene en la exploración del espacio.

Información adicional

La información sobre los pasos de la EEI se obtiene a través de la siguiente Web: www.heavens-above.com

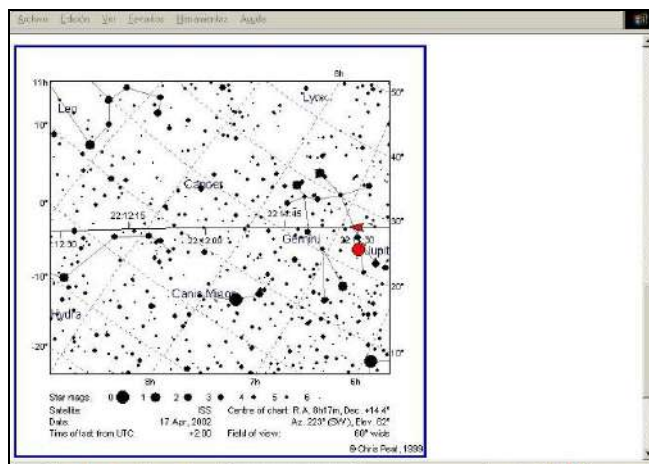


Figura. 10. Carta Celeste del paso de la EEI (ISS).

Magnitud	Veces de la intensidad de brillo
6 ^a	1
5 ^a	2,5 = 2,5 veces
4 ^a	2,5 x 2,5 = 6,3 veces
3 ^a	2,5 x 2,5 x 2,5 = 16 veces
2 ^a	2,5 x 2,5 x 2,5 x 2,5 = 40 veces
1 ^a	2,5 x 2,5 x 2,5 x 2,5 x 2,5 = 100 veces

Tabla 5. Relación magnitud / brillo de las estrellas que se pueden ver a simple vista.

A simple vista el máximo de observación es hasta la 6^a magnitud, y los grandes telescopios llegan a la 28^a magnitud. Al encontrarse estrellas más brillantes de las de 1^a magnitud, se adoptó el valor 0, incluso valores negativos.

Estrella	Constelación	Magnitud	Estrella	Constelación	Magnitud
Sirius	Canis Major	-1,42	Aldebarán	Taurus	0,86
Arcturus	Bootes	-0,06	Spica	Virgo	0,91
Capella	Auriga	0,05	Antares	Scorpius	0,92
Vega	Lyra	0,03	Pollux	Gemini	1,16
Rigel	Orión	0,14	Deneb	Cygnus	1,26
Procyon	Canis Minor	0,35	Régulus	Leo	1,36
Altair	Aquila	0,75	Cástor	Gemini	1,58
Betelgeuse	Orión	0,80			

Tabla 6. Magnitudes aparentes de algunas de las estrellas más brillantes, visibles en el Hemisferio Norte.

Ejemplos de otras magnitudes aparentes: el Sol (-26,9), la Luna (-12,6), Venus (-4,3), Marte (-2,8), Júpiter (-2,8), Mercurio (-1,2), Saturno (-0,4), estrella Polar (2,2) y la estrella Alpha Centauri (-0,27), en la constelación de Centaurus, en el Hemisferio Sur (es la estrella más cercana a nosotros). La magnitud absoluta es la magnitud aparente que tendrían las estrellas colocadas a una distancia de 10 parsecs (pc), que equivale a 32,6 años-luz. Un parsec es igual a 3,26 años-luz.

Estrella	Magnitud	Estrella	Magnitud
Deneb	-7,2	Capella	-0,6
Rigel	-6,5	Vega	0,6
Betelgeuse	-5,6	Sirius	1,4
Polaris	-4,7	Altair	2,4
Antares	-4,0	Procyon	2,8
Spica	-2,6	Alfa Centauri	4,7
Aldebarán	-0,8	Sol	4,8
Régulus	-0,7		

Tabla 7. Magnitudes absolutas de algunas estrellas.

Actividad 6: Relación distancia / luminosidad de las estrellas

Objetivos

Actividad clásica para comprender que la intensidad luminosa de una estrella disminuye de acuerdo con la ley inversa del cuadrado.

Materiales

Cartulinas de unos 30 cm de lado.

Lápiz, goma y regla.

Cúter.

Linterna.

Desarrollo

a) Tomamos una cartulina a la que llamamos (A). En el centro dibujar un cuadrado 5x5 cm y troquelarlo. En otra cartulina, a la que llamamos (B), dibujar en el centro un cuadrado 5x5 cm, completando toda la cartulina con dibujos de cuadrados 5x5 cm. (No troquelarlos).

b) Colocar la linterna a unos 25 cm de la cartulina (A), y la cartulina (B), primero a unos 50 cm de la cartulina (A), y, después, a 75 y 100 cm.

Contestar a las siguientes preguntas:

Cuestión 1:

Cuando la cartulina (B) está situada a 50 cm de la cartulina (A), ¿cuántos cuadritos estarán iluminados?, ¿y cuántos estarán a 75 cm?, ¿y a 100 cm?

Cuestión 2.

Vamos a lanzar a nuestra estrella 100.000 veces más lejana de lo que está realmente. ¿Cuántas veces menos será su luminosidad?

Información adicional

Al desarrollar la actividad, los alumnos deberán llegar, aproximadamente, a las siguientes conclusiones en las cuestiones planteadas:

Cuestión 1.

La luz que pasa por el agujero central de la cartulina (A), cubre, aproximadamente, un área de:

Cartulina (B) a 50 cm: 4 cuadritos (un área de 2x2 veces mayor).

Cartulina (B) a 75 cm: 9 cuadritos (un área de 3x3 veces mayor).

Cartulina (B) a 100 cm: 16 cuadritos (un área 4x4 veces mayor).

Es decir, la superficie iluminada aumenta con el cuadrado de la distancia. Lo que significa que la luz ilumina la cartulina (B) por cada cm cuadrado, y disminuirá a 1/4, 1/9, 1/16..., por cada aumento de la distancia de la cartulina (B).

Cuestión 2.

Al colocar ☀ el Sol 100.000 veces más lejos, su brillo aparente queda reducido en 10 mil millones de veces.

$$1/(100.000)^2 = 1/10.000.000.000 = 10 \text{ mil millones de veces menos.}$$

Leer entre líneas. El espectro electromagnético

La luz está formada por muchos rayos diferentes, unos visibles con diferentes colores y otros invisibles, siendo, todos ellos, ondas electromagnéticas que viajan a la misma velocidad, la velocidad de la luz (300.000 km/s). Una onda electromagnética puede entenderse como una vibración, como una curva que oscila continuamente produciendo crestas y valles. La distancia entre dos crestas sucesivas (o entre dos valles sucesivos) es lo que se llama longitud de onda. Esta distancia es la que distingue un color de otro y un tipo de rayo de otro. Las longitudes de onda suelen ser muy pequeñas y para medirlas se utiliza el Ångström (Å) = 0,0001 micras = 0,00000001 cm. El espectro electromagnético está constituido por el rango completo de las ondas electromagnéticas, desde las longitudes más largas a las más cortas: ondas de radio, ondas infrarrojas, luz visible, ondas ultravioletas, rayos X y rayos gamma.

En 1812 el óptico alemán Fraunhofer hizo pasar la luz del Sol, primero a través de una rendija muy estrecha, y después, a través de un prisma. Observó que sobre el fondo del arco iris, aparecían muchas rayas oscuras, cada una situada en una posición determinada por su longitud de onda. Esta serie de líneas superpuestas al fondo del arco iris es lo que se llama el espectro de la luz solar.

Hacia 1859, Robert Busen y Gustav Kirchhoff inventaron el espectroscopio, instrumento óptico que produce un espectro para la observación visual, descubriéndose a lo largo del siglo XIX, que cada elemento químico produce unas rayas oscuras determinadas y específicas, pudiéndose identificar la mayoría de las líneas oscuras de Fraunhofer en el espectro de la luz solar y fue posible averiguar cuál es la composición química del Sol.

El espectroscopio ha desempeñado un papel decisivo en el desarrollo de la astrofísica. Este instrumento acoplado a un telescopio permite obtener el espectro de cualquier estrella, siempre que sea suficientemente brillante, emprendiéndose estudios sobre la composición química y sobre todo el estado físico de las estrellas. Actualmente todos los espectroscopios son en realidad espectrógrafos (detector CCD para registrar el espectro), ya que ninguna observación se realiza en la actualidad visualmente.

Actividad 7: Un espectroscopio simple

Objetivos

Construir un simple espectroscopio y usarlo para analizar, de forma básica, los colores emitidos por varias fuentes de luz.

Materiales.

Rejilla o red (lámina de material transparente grabada con miles de líneas muy finas para descomponer la luz).

Tubo de cartón de póster, de papel de cocina, o similares).

Cartulina (5 x 10 cm), papel, lápiz, goma,...

Tijeras y Cúter.
Compact Disc

Desarrollo.

DI.

- Dibujar dos círculos un poco mayor que la abertura del tubo de cartón.
- Recortar un cuadrado de 2 centímetros en el centro del círculo. Pegar la rejilla o red sobre el agujero y unirlo a un extremo del tubo.
- Con el cúter realizar dos cortes paralelos estrechos de unos 2 cm de longitud, en el medio del otro círculo. Y recortarlo para dejar una ranura estrecha.
- Colocar el círculo con la ranura al final del otro extremo del tubo, sin pegarlo aún, observando una fuente de luz artificial mirando por el extremo donde está colocada la rejilla o red. El espectro aparece a un lado de la ranura. Rotar el círculo con la ranura hasta que el espectro sea lo más ancho posible. Y a continuación pegarlo. (figuras 11 y 12).
- Examinar varias fuentes de luz artificial (incandescente, fluorescente, etc.), discutir resultados con los demás grupos de trabajo e intercambiar los aspectos del espectros visualizados para deducir la fuente de luz analizada.

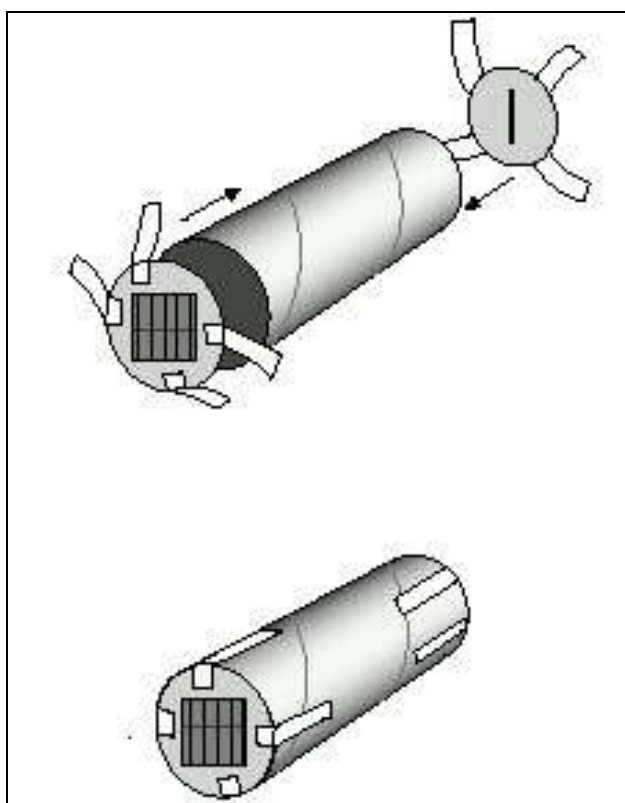


Figura 11. Construcción del espectroscopio.

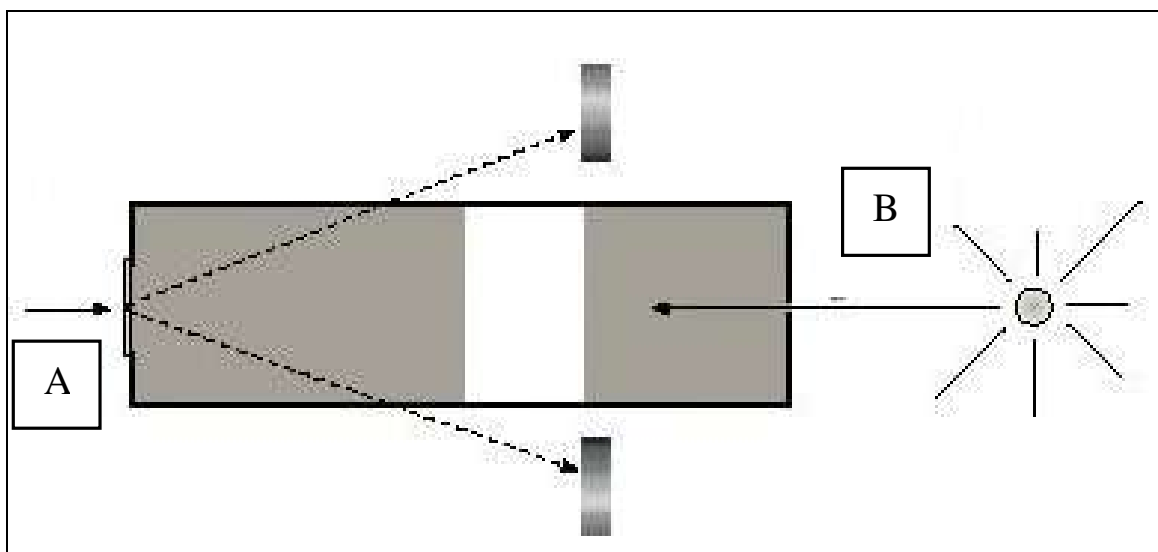


Figura 12. A) Mirar a través de la rejilla o red (Nunca directamente al Sol). B) La fuente de luz entra en la ranura del tubo de cartón apareciendo el espectro visible a la derecha e izquierda de la línea central.

D2.

Se puede construir un curioso espectroscopio colocando un CD en una cajita de cartón. Cortando en la tapa de la cajita una ranura para que entre la luz y otra ranura donde podamos ver la superficie del CD y la luz reflejada descompuesta en colores.

Actividad 8: Elementos químicos de una estrella

Objetivos

Resaltar la importancia del espectroscopio en el estudio de la composición química de las estrellas, cometas, atmósfera de los planetas, etc.

Materiales.

Hoja de trabajo y modelos de espectros de elementos (figura 13).
Papel, lápiz, goma, regla,...

Desarrollo.

Los grupos de trabajos averiguan la composición química de estrellas conocidas (figura 14), según los modelos de espectros de elementos. A continuación inventan espectros de estrellas para que otros grupos descubran su composición química, utilizando la hoja de trabajo (figura 15).

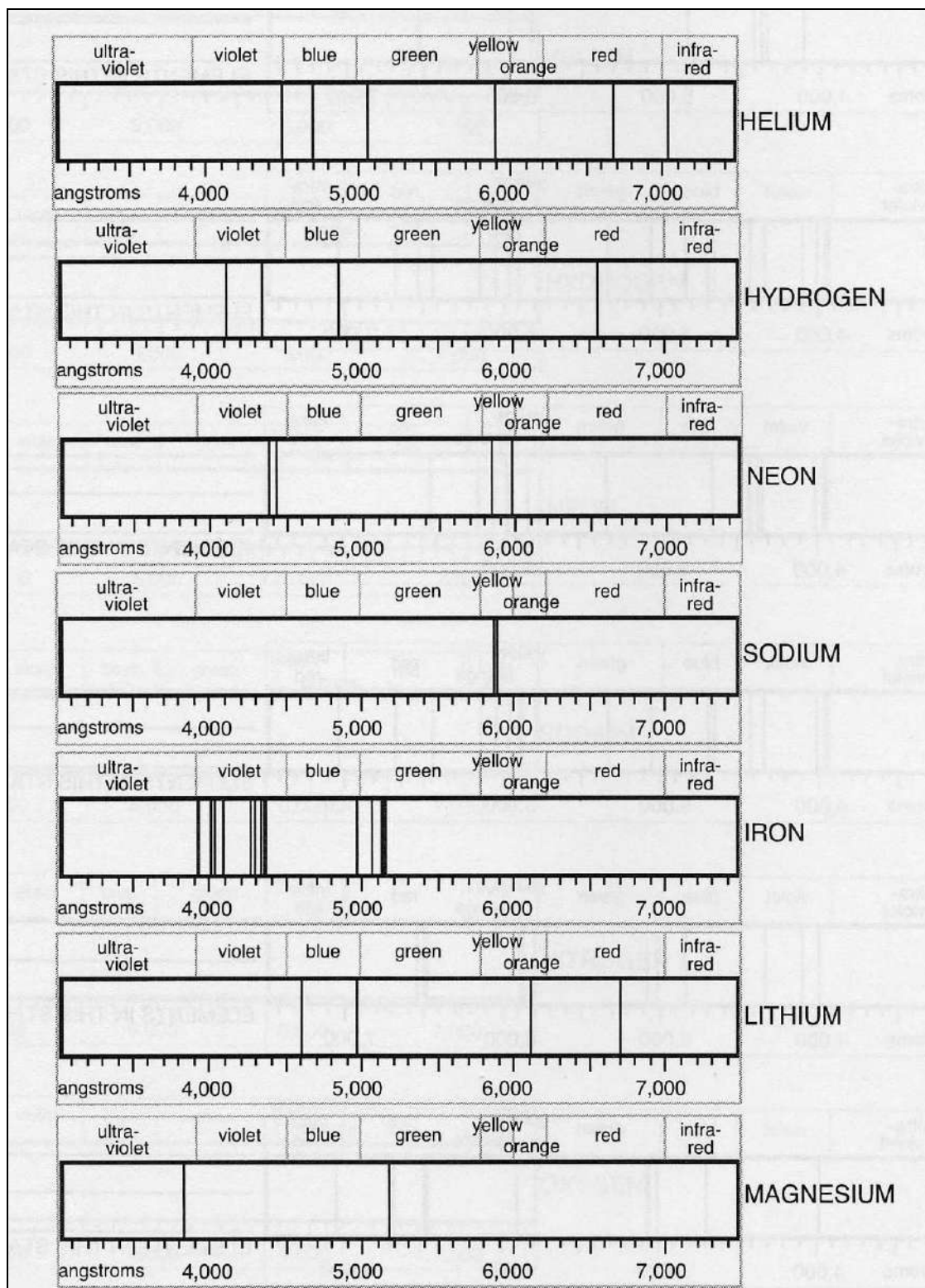


Figura 13. Espectros de elementos químicos (Fuente SETI Institute).

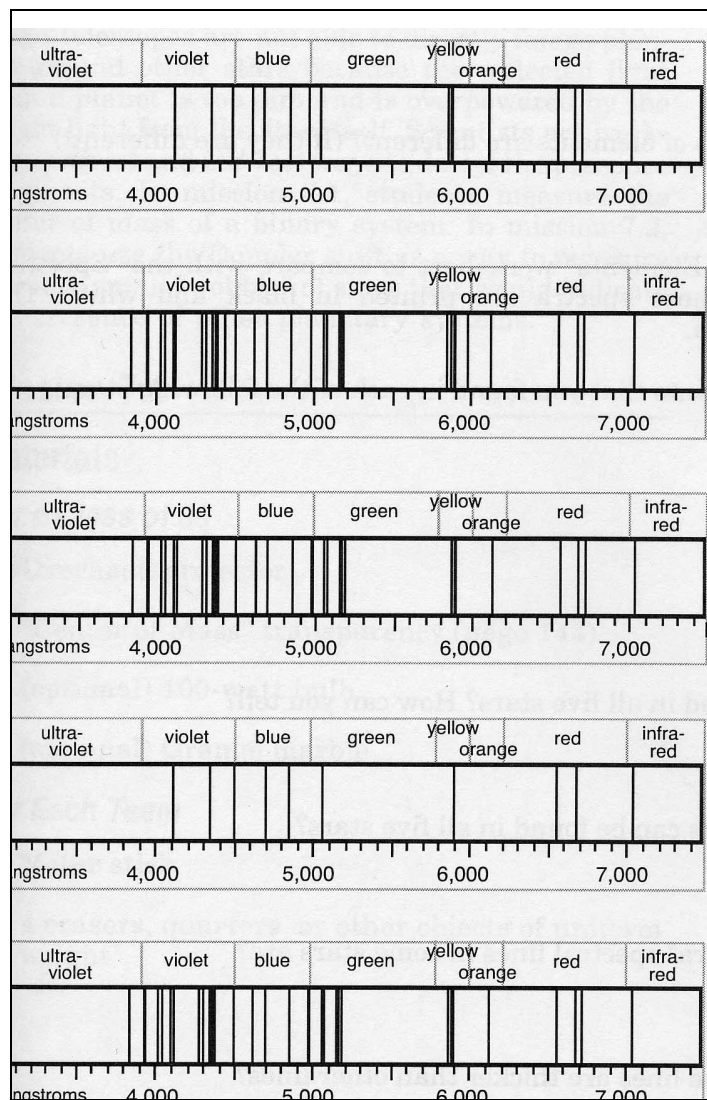


Figura 14. Espectros de estrellas (de arriba a abajo): Proción (Can Menor), Betelgeuse(Orión), Aldebarán (Tauro), Sirio (Can Mayor) y el Sol. (Fuente SETI Institute).

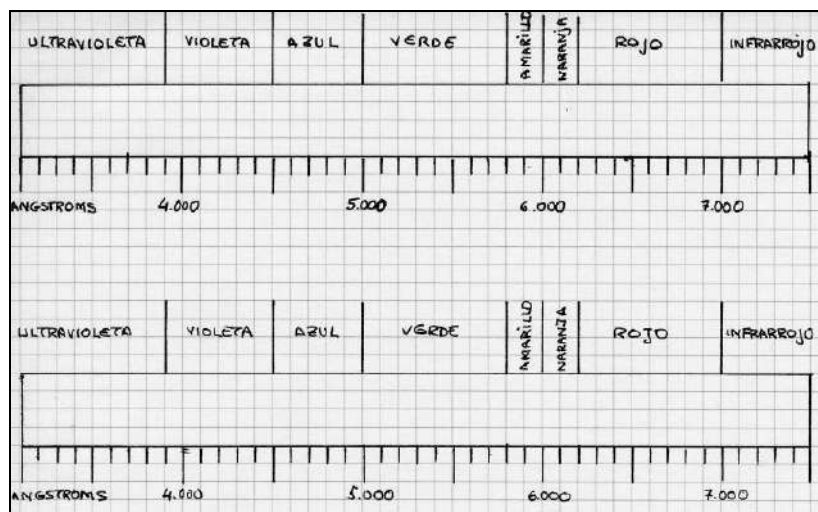


Figura 15. Hoja de trabajo.

Información adicional

Hacia 1890 se habían recogido y fotografiado los espectros de muchas estrellas. En unos aparecían pocas rayas oscuras, en otras muchas. En todos había H y He pero en algunos también se identificaron ciertos metales como el sodio (Na), el calcio (Ca) o el magnesio (Mg).

En el primer tercio del siglo XX, la estadounidense Annie Jump Cannon clasificó más de 400.000 estrellas y estableció el sistema de clasificación espectral de las estrellas (tabla 8). Hay que destacar también a Henrietta Leavitt, que describió la ley que relaciona período-magnitud de las estrellas (piedra angular para medir las distancias en el cosmos). Ambas, parcialmente sordas, trabajaron en el Observatorio de Harvard, uno de los primeros observatorios en contratar mujeres, con salarios bajísimos y trabajos rutinarios de comparación de miles de fotografías estelares.

Actividad adicional: Realizar trabajo-póster sobre la importancia de la mujer en el mundo de la Astronomía.

Tipo	Temperatura	Color	Espectro
O	30.000 - 35.000	Azul	Lamda Cephei
B	10.000 - 30.000	Blanco-azul	Spica
A	7.500 - 10.000	Blanco	Vega
F	6.000 - 7.500	Blanco-amarillo	Procyon
G	5.000 - 6.000	Amarillo	Sol
K	3.500 - 5.000	Anaranjado	Arcturus
M	2.000 - 3.500	Rojo	Betelgeuse

Tabla 8. Clasificación de las estrellas según el espectro.

Cada clase espectral se subdivide en 10 partes, desde 0 (máxima temperatura del tipo) hasta 9 (mínima temperatura del tipo). También hay otra clasificación en función del tamaño: I supergigante, II gigante, III subgigante, IV normal, V enana y VI subenana. Por ejemplo una G2 - II es una estrella del tipo del Sol pero gigante.

Estrella (Constelación)	Clase espectral
Sol	G2
Aldebarán (Taurus)	K5
Capella (Auriga)	A1
Cástor (Gemini)	A1
Procyon (Canis minor)	F5
Spica (Virgo)	B1
Vega (Lyra)	A0
Rigel (Orión)	B8
Betelgeuse (Orión)	M2
Alnitak (Orión)	O9
Pollux (Gemini)	K0
Regulus (Leo)	B7
Arcturus (Bootes)	K0
Antares (Scorpius)	M1
Altair (Aquila)	A7
Bellatrix (Orión)	B2
Fomalhaut (Aquarius)	A3
Deneb (Cygnus)	A2

Tabla 9. Ejemplos de estrellas y clasificación espectral.

El efecto Doppler

El sonido está constituido por ondas que se propagan en el aire a una velocidad de 340 m/seg. La cantidad de ondas por segundo que emite la fuente sonora, es decir la frecuencia, es lo que caracteriza el tono de un sonido. Un sonido es más agudo cuando su frecuencia es mayor (más ondas por segundo) o más grave cuando su frecuencia es menor (menos ondas por segundo).

Hacia el año 1842 el físico austríaco Christian Doppler (1803-1853) estudió la relación entre el tono de un sonido con el movimiento de la fuente sonora, indicando que si dicha fuente se acerca a nosotros, cada onda va a ser emitida un poco más cerca que la onda anterior, por lo que tardará menos tiempo en llegarnos, y de ahí que las ondas nos llegarán más próximas entre sí, es decir, con una frecuencia mayor; por eso el sonido parecerá más agudo. Por el contrario, si la fuente sonora se aleja de nosotros, cada nueva onda será emitida a una distancia mayor, y tardará más en llegarnos; por eso las ondas nos parecerán más espaciadas entre sí, es decir, con menor frecuencia, con un tono más grave. Dicho estudio queda ilustrado con el típico ejemplo del silbato de una locomotora, sirena de algún vehículo de servicios o el propio ruido del motor de un coche que pase velozmente, etc.

Este fenómeno recibió inmediatamente una posible aplicación a la óptica, y fue el mismo Doppler quien señaló que con las ondas luminosas debería ocurrir lo mismo: si un astro se acercara a nosotros, su luz debería hacerse más azulada, y si se alejara, más rojiza. El físico francés Armand Fizeau (1819-1896) señaló que no debía esperarse ver un cambio en la tonalidad del color de la luz, pero sí un cambio en la longitud de onda de las rayas espectrales, puesto que estas tienen posiciones muy concretas, fijadas con el espectroscopio, y un movimiento de acercamiento de un astro hacia nosotros produciría un corrimiento de las rayas espectrales hacia el extremo violeta, si se comparaba ese espectro con un elemento químico medido en el laboratorio. A la inversa, si un astro se alejaba de nosotros, las rayas espectrales debían presentar corrimiento hacia el rojo, este fenómeno es conocido como el efecto Doppler-Fizeau, en homenaje a ambos físicos, y constituye una de las herramientas más útiles de las técnicas del análisis espectral.

El efecto Doppler es la base de muchos estudios astrofísicos, por ejemplo en la búsqueda de planetas extrasolares. Una de las técnicas en el descubrimiento de exoplanetas se fundamenta en la medida de velocidades radiales de las estrellas mediante la espectroscopia. Un planeta que gira alrededor de una estrella es invisible, pero el campo gravitatorio que genera actúa sobre la estrella afectando algunas distorsiones en su movimiento que, por el efecto Doppler, provoca desplazamientos de su espectro hacia el azul o el rojo, dependiendo de si se acerca o se aleja. Otra técnica consiste en el estudio de los tránsitos de los planetas extrasolares, es decir los cambios de luminosidad de la estrella a la que orbitan.

Actividad 9: Demostración del efecto Doppler mediante simulador

Objetivos

Demostrar el efecto Doppler a través de un simulador on-line y destacar la importancia que tiene en el estudio de estrellas y galaxias.

Materiales y conexión Internet.

Organizar grupos de trabajo y realizar las simulaciones, por ejemplo:

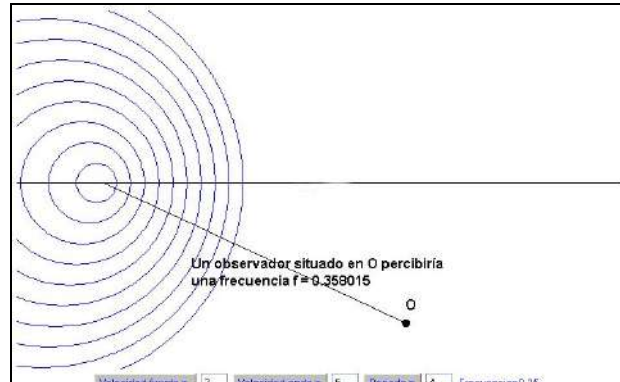


Figura 16. enebro.pntic.mec.es/fmag0006/op_applet_14.htm

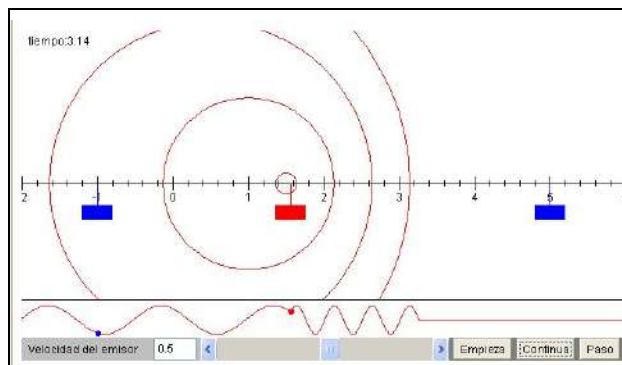


Figura 17. www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/doppler/doppler.html

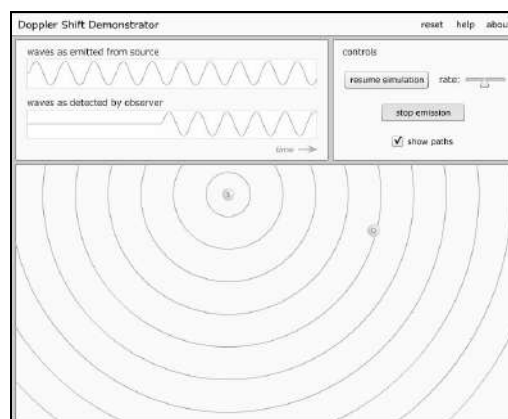
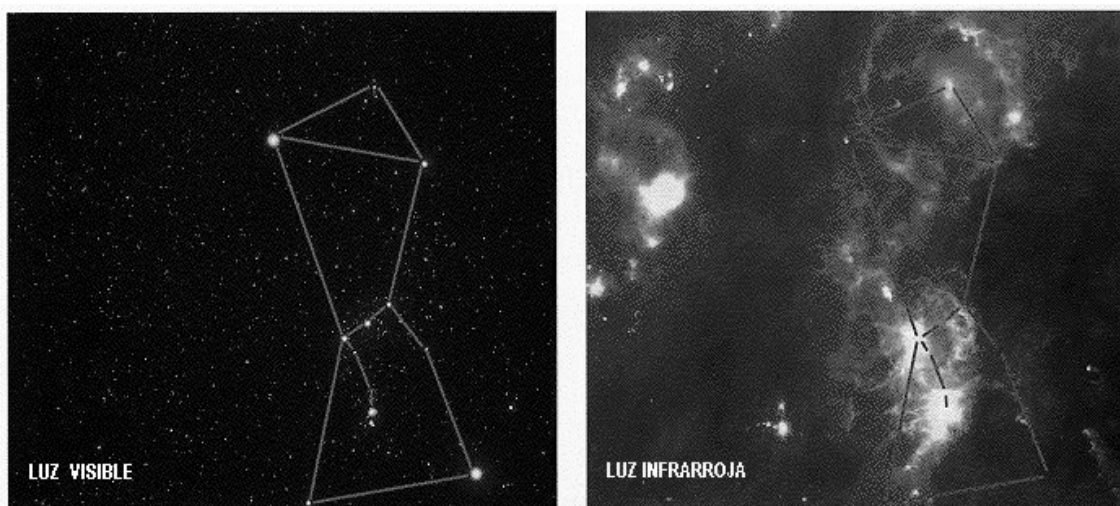


Figura 18. astro.unl.edu/classaction/animations/light/dopplershift.html

Observando lo invisible. Luz Infrarroja y Ultravioleta.

El Universo nos envía una enorme cantidad de información en forma de radiación electromagnética, siendo gran parte de ella en forma de ondas infrarrojas, invisibles a nuestros ojos y a los telescopios ópticos. Tan sólo una ínfima cantidad de estas ondas alcanzan la superficie terrestre. Sin embargo, tras la puesta en órbita de telescopios especializados para el estudio de las longitudes de onda infrarrojas, que emiten todos los objetos del cosmos, ha permitido a los astrónomos aumentar notablemente el conocimiento del Universo y de los orígenes de nuestro sistema planetario.

Los objetos que se pueden estudiar con luz visible también pueden ser analizados en el infrarrojo. Por lo tanto, la astronomía infrarroja no sólo nos permite descubrir nuevos objetos y observar áreas del Universo jamás vistas, sino que también aumenta nuestro conocimiento de los objetos visibles.



Figuras 19 y 20. Orión en luz visible e infrarroja (Spitzer-NASA).

En 1800, William Herschel, famoso astrónomo y músico inglés nacido en Alemania, descubrió la existencia de la luz infrarroja haciendo pasar la luz solar a través de un prisma de vidrio y utilizando termómetros.

Herschel estaba interesado en medir la cantidad de calor en cada uno de los colores del espectro y para ello utilizó termómetros con bulbos ennegrecidos para medir sus distintas temperaturas, notando que la temperatura aumentaba al pasar de la parte azul a la parte roja del espectro visible. Colocó entonces un termómetro un poco más allá de la parte roja del espectro, en una región donde no había luz visible, y descubrió que la temperatura era todavía más alta. Herschel concluyó que existía otro tipo de luz más allá del rojo, que no podemos ver. Este tipo de luz luego se llamó infrarroja. El prefijo infra proviene de la palabra latina que significa abajo. Poco después, en 1801, el físico alemán Johann Wilhelm Ritter,

mientras investigaba los efectos de la luz sobre el cloruro de plata que se convierte en plata metálica y se oscurece cuando es expuesto a la luz, exploró el otro extremo del espectro. Comprobando que el sólido cristalino se descomponía aún más rápidamente al colocarlo en la parte invisible del espectro situada más allá del violeta. Así, Ritter descubrió la luz denominada ultravioleta y junto a Herschel ampliaron el espectro tradicional.

Actividad 10: El experimento de Herschel

Objetivos

Desarrollar el experimento del Sir William Herschel en 1800, mediante el cual descubrió una forma de radiación distinta de la luz visible (luz infrarroja).

Materiales.

Un prisma de vidrio (los prismas de plástico no dan buen resultado con este experimento).

Tres termómetros.

Pintura negra o un rotulador o marcador permanente de tinta negra.

Soporte para el prisma.

Caja de cartón, tijeras y hoja blanca.

Desarrollo.

D1.

- a) Organizar grupos de trabajo. Realizar el experimento al aire libre en un día soleado.
- b) Para realizar el experimento eficazmente, es necesario ennegrecer las bolas de los termómetros, pintándolos con pintura o rotulador permanente de tinta negra para que absorban mejor el calor.
- c) Pasos:
 - Colocar la hoja blanca en el fondo de la caja de cartón.
 - Colocar el prisma cuidadosamente en el borde superior de la caja, de modo que quede del lado del sol. Para montar el prisma, si no se dispone de un soporte, la manera más fácil de montarlo es cortar parte del borde superior de la caja. La muesca del recorte debe sostener el prisma de forma ajustada y permitir su rotación sobre su eje longitudinal. Es decir que los cortes verticales laterales se deben realizar a una distancia ligeramente menor que la longitud del prisma, en tanto que el corte inferior debe ser un poco más profundo que el ancho del prisma. Luego, el prisma se coloca dentro del recorte y se hace girar hasta que aparezca un espectro lo más amplio posible en la zona de sombra, sobre la hoja blanca situada en el fondo de la caja. (figura 21).

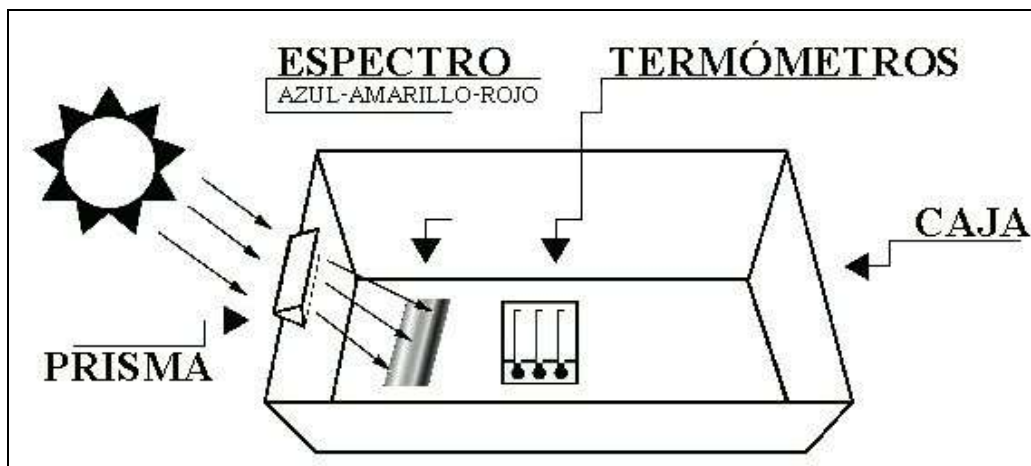


Figura 21. Experimento Hershel (Elementos). (Spitzer-NASA).

- Para obtener una amplia gama de colores, posiblemente sea necesario levantar ligeramente el extremo de la caja del lado del sol. Después de asegurar el prisma en posición, colocar los termómetros a la sombra y registrar la temperatura ambiente. Colocar ahora los termómetros en la luz del espectro, de manera que cada bola esté en uno de los colores: uno en la región azul, otro en la región amarilla, y el tercero un poco más allá de la región roja visible (figura 22).
- d) Las temperaturas tardan unos cinco minutos en alcanzar sus valores finales. Registrar, en la hoja de trabajo (figura 23), las temperaturas en cada una de las tres regiones del espectro: azul, amarillo y un poco más allá del rojo. Mientras se leen las temperaturas, no retirar los termómetros del espectro y no bloquear su luz.

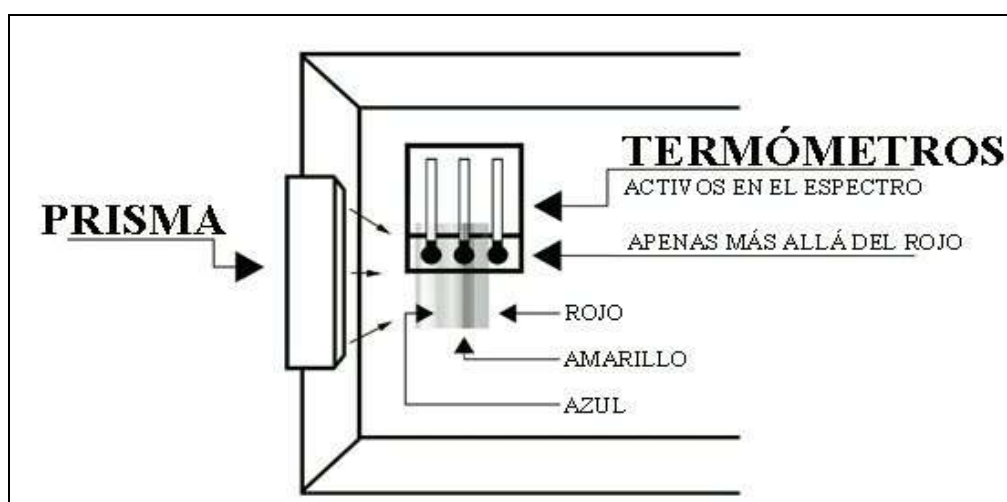


Figura 22. Colocación de los termómetros. (Spitzer-NASA)

	Termómetro N° 1	Termómetro N° 2	Termómetro N° 3
Temperatura a la sombra			

Temperatura en el espectro	Termómetro N° 1 (azul)	Termómetro N° 2 (amarillo)	Termómetro N° 3 (más allá del rojo)
Después de 1 minuto			
Después de 2 minutos			
Después de 3 minutos			
Después de 4 minutos			
Después de 5 minutos			

Figura 23. Hoja de trabajo.

Contestar las siguientes preguntas:

Cuestión 1.

¿Qué notas en las lecturas de las temperaturas?

Cuestión 2.

¿Se aprecia alguna tendencia?

Cuestión 3.

¿Qué termómetro registra la temperatura más alta? ¿Por qué?

Información adicional

Las temperaturas de los colores deben aumentar al avanzar del azul a la parte roja del espectro. La temperatura más alta debe ser la del termómetro ubicado más allá de la región roja del espectro visible. Ésta es la región infrarroja del espectro.

Actividad 11: El experimento de Ritter.

Objetivos

Desarrollar una versión del experimento de Johann Wilhelm Ritter en 1801, mediante el cual descubrió la luz ultravioleta.

Materiales

Un prisma de vidrio.

Papel heliográfico. (EXTREMADAMENTE SENSIBLE A LA LUZ. Tenerlo en un área oscura hasta que se utilice en la experiencia).

Amoníaco de uso doméstico.

Agua tibia.

Recipiente cuadrado y poco profundo.

Pieza de cartón ligeramente más larga que el recipiente.

Marcador permanente fino de tinta negra.

Soporte para el prisma.

Regla.

Tijeras, hoja de papel blanco y cinta adhesiva.

Desarrollo

a) Organizar grupos de trabajo. Realizar el experimento al aire libre en un día soleado.

Pasos:

- Colocar la hoja blanca en el fondo de la caja de cartón.
- Colocar el prisma cuidadosamente en el borde superior de la caja, de modo que quede del lado del sol. Para montar el prisma, si no se dispone de un soporte, utilizaremos el mismo método que en el experimento de Herschel.
- Sin exponer el papel heliográfico a la luz solar directamente, colocarlo en el fondo de la caja rápidamente, donde el espectro es visible, con el lado coloreado del papel heliográfico de cara hacia arriba (expuesto a los colores del espectro). Hay que asegurarse de tener una sección larga de papel heliográfico en el área más allá del término azul-violeta del espectro. Pegar el papel, con cinta adhesiva, en las esquinas para mantenerlo fijo. (figura 24).

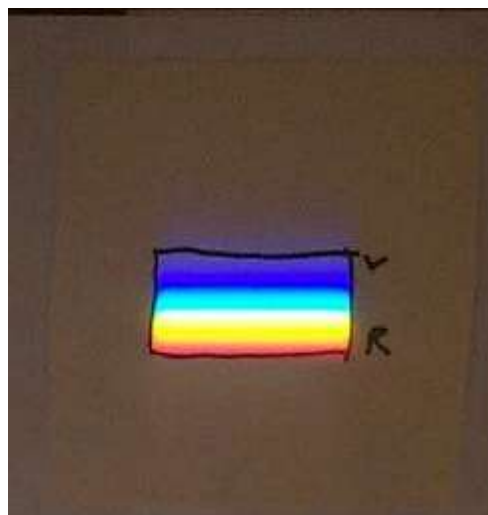
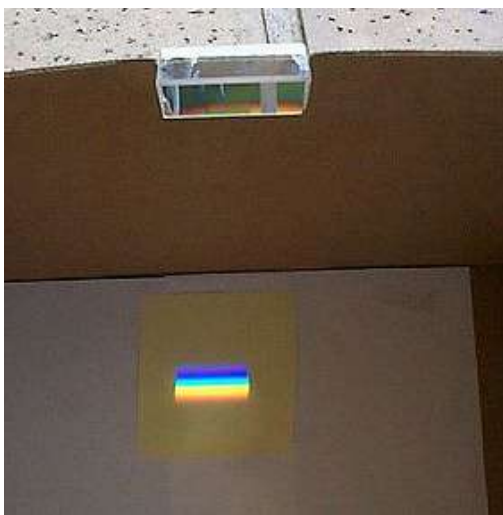


Figura 24: Área expuesta a los colores del espectro. (Spitzer-NASA). Figura 25. Área marcada del espectro visible. (Spitzer-NASA).

- A continuación marcar con el rotulador la parte visible del espectro creado por el prisma. Marcar el término del color violeta del espectro con una "V" (figura 25). Y dejar el papel heliográfico en la caja, expuesta al espectro, aproximadamente 30 segundos. Entonces, cuidadosamente, sacar el papel y evitar exponerlo a la luz solar durante el proceso.
- Llevar el trozo de papel heliográfico a un área bien ventilada. Verter una mezcla de 90% de agua muy tibia y 10% de amoníaco de uso doméstico en el recipiente hasta una profundidad de 1 centímetro.

Nota: En el desarrollo de esta actividad se usa amoníaco para revelar el papel heliográfico. **ESTA SUSTANCIA DEBERÁ SER MANEJADA SOLAMENTE POR EL PROFESORADO.** Para reducir los vapores del amoníaco e incrementar la seguridad se han utilizados los porcentajes descritos anteriormente. La efectividad para revelar el papel heliográfico en un tiempo razonablemente corto queda demostrado en la siguiente Web educativa de la actividad fuente de la misión del Telescopio Espacial Infrarrojo Spitzer de la NASA: legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/ritter/ammonia_test.html

- Colocar el papel heliográfico en el recipiente con el lado coloreado del papel hacia éste (figura 26a), y cubrir el papel y el recipiente completamente con una pieza de cartón. El diluido no tiene que estar en contacto con el papel heliográfico. El cartón ayudará a contener los gases del amoníaco y reducirá el tiempo de revelado. Mantener el papel en posición sobre el recipiente aproximadamente 90 segundos.
- Una vez que el papel heliográfico sea revelado, alejarse del lugar donde se encuentra el amoníaco y estudiar sus resultados. Deberá haber un rectángulo blanco (o descolorido) alrededor del área donde el papel heliográfico fue expuesto al espectro solar. El área blanca deberá estar rodeada por una región mucho más oscura. Se deberá notar que el área que fue expuesta al término rojo del espectro no está tan descolorido como el área expuesta a la región violeta. Y el área descolorida del papel heliográfico se extiende más allá de la línea que marca el término violeta del espectro (figura 26b). Esta es la región que fue expuesta a la luz invisible ultravioleta.

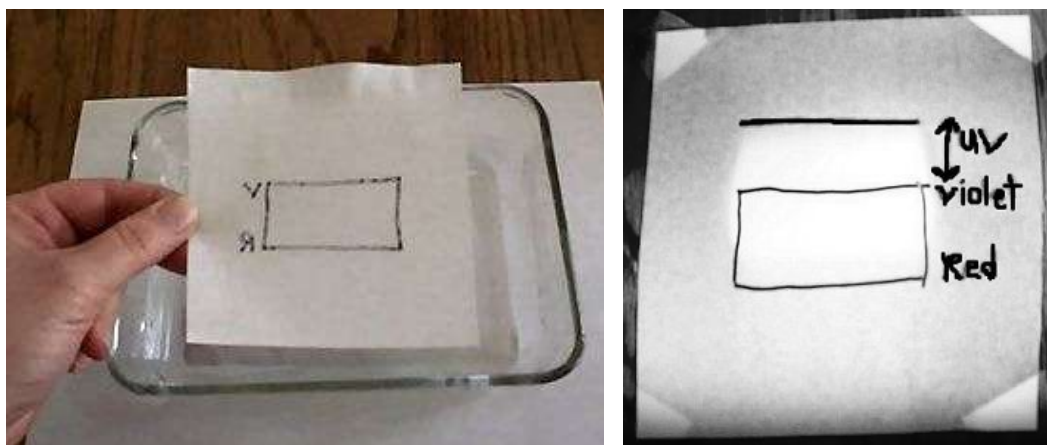


Figura 26a. Revelado del papel heliográfico y Figura 26b. Resultado. (Spitzer-NASA).

- b) Tomar medidas con la regla de la anchura del espectro visible, de la región ultravioleta y total. Se puede calcular el promedio de todos los grupos y porcentajes de las áreas expuestas a la luz visible y ultravioleta.

Anchura del Espectro Visible	Anchura de la Región Ultravioleta	Anchura Total

Figura 27. Hoja de trabajo.

Contestar las siguientes cuestiones:

¿Qué le sucedió al papel heliográfico después de que éste fue revelado?
Describir qué sucedió al área que fue expuesta a la parte visible del espectro.

Describir qué le sucedió al papel heliográfico en la región más allá de la parte violeta del espectro.

Bibliografía

- Acedo del Olmo Ordóñez, A.R., F., y M., "Módulos didácticos para la enseñanza de la Astronomía con Internet". En Rosado, L. (Ed.), *Didáctica de la Física y sus nuevas Tendencias (Manual 2002)*, Madrid, UNED, 2002, pp. 1075-1167.
- Acedo del Olmo Ordóñez, A.R., F., y M., El experimento de Herschel (Astronomía Infrarroja / El Universo Invisible), *Nadir (Revista de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía)*, 16, 2004, pp. 14-17.
- Acedo del Olmo Ordóñez, A.R., F., y M., *Van Gogh y las estrellas*, Publicaciones de ApEA, vol 16, 2008.
- Arranz García, P. y Solís García, J., *Cielos exóticos*, Madrid, Equipo Sirius, 1994.
- Arriba, A., *Astronomía Paso A Paso*, Madrid, Equipo Sirius, 1994.
- Bouquet, A., *Pourquoi n'y a-t-il pas d'étoiles vertes?*, Le Pommier, 2003, (traducido por Careaga, J., *¿Por qué no hay estrellas de color verde?*, Madrid, Ediciones Akal, 2006).
- Brahic, A., A., *Luces de estrellas: los colores de lo invisible*, Barcelona, Paidós Ibérica, 2009.
- Claramunt Vallespi, R.M., Portela Peñas I. y Claramunt Vallespi, T., *Las mujeres en las ciencias experimentales*, Madrid, UNED, 2003.
- Fernández, F. y González, O., *Iniciación a la Astronomía*, Sta. Cruz de Tenerife, Editorial Afortunadas, 1999.
- Flammarion, C., *Astronomía Popular*, 1906 (Edición Facsímil), Valladolid, Editorial MAXTOR, 2003.
- Masegosa, J., Mujeres en la Astronomía, *Astronomía*, 107, 2008, pp. 34-41.
- Moreno, R., *Actividades sencillas de astrofísica*, Publicaciones de ApEA, vol 11, 2003.
- Moreno, R., *Cálculo de distancias a las estrellas*, Publicaciones de ApEA, vol 5, 2007.
- Muriel, F. J., *Geometría y Luz*, Cáceres, Muriel Durán, 1990.
- NASA, *Optics. Light, Color, and their uses. An Educator's Guide with Activities in Science and Mathematics*, USA, NASA, 2000.
- NASA, *Space Based Astronomy. Teacher's Guide with Activities*, USA, NASA, 1994.
- Ronan, C., *The Practical Astronomer*, Londres, Roxby Press Limited, 1981, (traducido por Catalá M^a A., *Los Amantes de la Astronomía*, Barcelona, Ed. Blume, 1991).
- Ros, Rosa M^a. y Aznar, J. C., *Tránsito de Venus y unidad astronómica*, Publicaciones de ApEA, vol 8, 2005.
- Ros, Rosa M^a., Viñuales Gavín, E. y Saurina, C., *La Fotografía, una herramienta para hacer astronomía*, Zaragoza, Mira Editores, 1995.
- Rosado, L., *Astronomía para Todos*, Madrid, UNED, 1992.
- Sagan, C., *Cosmos*, Carl Sagan Productions Inc, 1980, (traducido por Muntaner y Pascual, M., Moya Tasis, M^a. M., *Cosmos*. Barcelona. Ed. Planeta, 1983).
- SETI Institute. *The Evolution of a Planetary System*, USA, Teacher Ideas Press, 1995.
- Tomé, J., *Cosmología para Secundaria*, Publicaciones de ApEA, 2012.

- Vicino, G., *Las Estrellas*, Montevideo, Palacio del libro-Monteverde, 1992.
- Villar, M., Introducción a la espectroscopia. Leyendo entre líneas (I), *Revista IAA*, 35, 2011, pp. 11-13.
- Villar, M., Aplicaciones de la espectroscopia. Leyendo entre líneas (II), *Revista IAA*, 36, 2012, pp. 7-9.
- Viñuales Gavín, E., *Astronomía: Aspectos científicos y culturales*, Zaragoza, Mira Editores, 1993.

Páginas Web de apoyo a las actividades

- chandra.harvard.edu/edu/formal/ems (Página Web Educativa del Telescopio Espacial de rayos-X Chandra).
- chandra.harvard.edu/edu/formal/composites/casa_composite.html (Obtención de fotos de los restos de la supernova Casiopea A en Rayos-X, Infrarrojo, Radio y Luz Visible).
- chandra.harvard.edu/edu/formal/composites/crab_composites.html (Recurso idéntico al anterior para la nebulosa del Cangrejo).
- amazing-space.stsci.edu/resources/explorations/light (Página Web del Telescopio Espacial Hubble con la actividad "Star Light, Star Bright").
- legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/ir/index.html (Página Web Educativa del Telescopio Spitzer sobre astronomía infrarroja. Además de ser fuente de algunas actividades, la información, galerías de imágenes y enlaces forman en su conjunto un excelente recurso para ser utilizado en el módulo).

Luz y Espectro Electromagnético

- missionscience.nasa.gov/ems/01_intro.html
- violet.pha.jhu.edu/~wpb/spectroscopy/spec_home.html
- imagine.gsfc.nasa.gov/docs/introduction/emspectrum.html
- www.exploratorium.edu/snacks/spectra.html
- cse.ssl.berkeley.edu/light/light_tour.html
- www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html
Programas de libre difusión de "Laboratory Exercises in Astronomy from Project CLEA" de Gettysburg Collage, que ilustran sobre técnicas astronómicas para la obtención de información (datos e imágenes) de los planetas, las estrellas y su posterior tratamiento informático e estudio. Los programas pueden ser utilizados y adaptados a cualquier nivel. Para los objetivos del módulo es interesante descargarse el programa "The Classification of Stellar Spectra". Y como complemento el programa "The Hubble Redshift Distance Relation" para medir la velocidad de las galaxias.

Varios

- csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/light/properties.html
- stars.astro.illinois.edu/sow/sow.html
- btc.montana.edu/ceres/malcolm/cd/universe/assets/multimedia/spectral_classification.pdf
- classweb.howardcc.edu/astronomy/Presentations/Chapter14/index.htm
- universo.iaa.es/php/190-el-color-de-las-estrellas.htm
- enebro.pntic.mec.es/~fmag0006/cielo/Color_del_Cielo.htm
- enebro.pntic.mec.es/~fmag0006/ (Applets de interés sobre óptica).