

ASTRONOMÍA MÁS ALLÁ DEL VISIBLE

Ricardo Moreno¹

Colegio Retamar (Madrid, España)

rmluquero@gmail.com

RESUMEN

Los objetos celestes irradian en muchas longitudes de onda del espectro electromagnético, pero el ojo humano sólo distingue una parte muy pequeña de él: la región del visible. En este Taller se pretenden mostrar la existencia de esas otras formas de radiación electromagnética que no vemos, mediante experimentos sencillos, que pueden usarse en una escuela de primaria o secundaria.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Las ondas electromagnéticas cubren una amplia gama de frecuencias o de longitudes de ondas y pueden clasificarse según su principal fuente de producción. La clasificación no tiene límites precisos. El conjunto de todas las longitudes de onda se llama espectro electromagnético.

En el Universo, hay material que está a temperaturas mucho más bajas que la de las estrellas, por ejemplo, nubes de material interestelar. Esas nubes no emiten radiación visible, pero sí pueden ser detectadas en longitudes de onda larga, como el infrarrojo, las microondas y las ondas de radio.

Observar el Universo en todas las regiones del espectro electromagnético, lo que los astrónomos denominan “observación multi-onda”, nos permite tener una imagen mucho más precisa de su estructura, temperatura y energía, y confeccionar modelos mucho más realistas vinculados con su evolución.

Actividad 1. Construcción de un espectroscopio

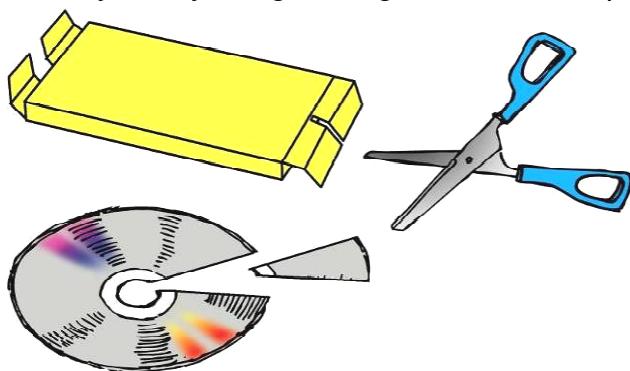
La luz blanca de una bombilla con filamento está compuesta de todos los colores. En las bombillas que tienen gas (tubos fluorescentes, bombillas de bajo consumo y de farolas) la luz sólo contiene unos colores determinados. Si separamos los colores de

¹ Este Taller es parte de otro más amplio desarrollado en equipo con Beatriz García y Rosa M^a Ros, dentro del programa NASE (*Network for Astronomy School Education*) de formación de profesores de Primaria y Secundaria, que la IAU está impartiendo desde 2009 en Centroamérica y en otros países.

la luz, obtenemos su espectro, que en el caso de los gases está formado por un conjunto de líneas de colores. Cada tipo de gas tiene un espectro propio, que es como la huella digital de los compuestos que hay en el gas. Si observamos con un espectroscopio la luz de una galaxia lejana, las **líneas** propias del hidrógeno y del resto de gases se ven desplazadas hacia el rojo, tanto más cuanto más lejos esté la galaxia.

Toma un CD o un DVD. Con unas tijeras fuertes corta de forma radial un trozo. Si usas un CD, debe ser plateado por la cara que no se graba, es decir, no debe estar impreso, ni ser blanco ni de otro color. Para desprender la capa metálica del CD, puedes servirte de cinta adhesiva, rayando previamente la superficie. Si usas un DVD, lo anterior no es necesario: basta separar en el trozo cortado la capa de plástico superior de la inferior doblándolo ligeramente o con la ayuda de un destornillador, y tendrás la red de difracción preparada.

Haz una fotocopia en papel de la plantilla que se adjunta. Si lo haces en tamaño A3 será más preciso. Recorta la plantilla, incluyendo la parte blanca en forma de sector circular, y haz una rendija fina en la raya cercana a la escala graduada. Esta escala NO hay que recortarla. Arma la caja dejando la parte negra en el interior, y pega las solapas. En el hueco dejado por el sector circular, pega el trozo de CD o DVD que hemos preparado. Está impreso "CD" y "DVD", para recortar uno u otro sector circular y rendija, según tengas uno u otro tipo de disco.



Material necesario: DVD/CD, tijeras y plantilla montada en forma de caja

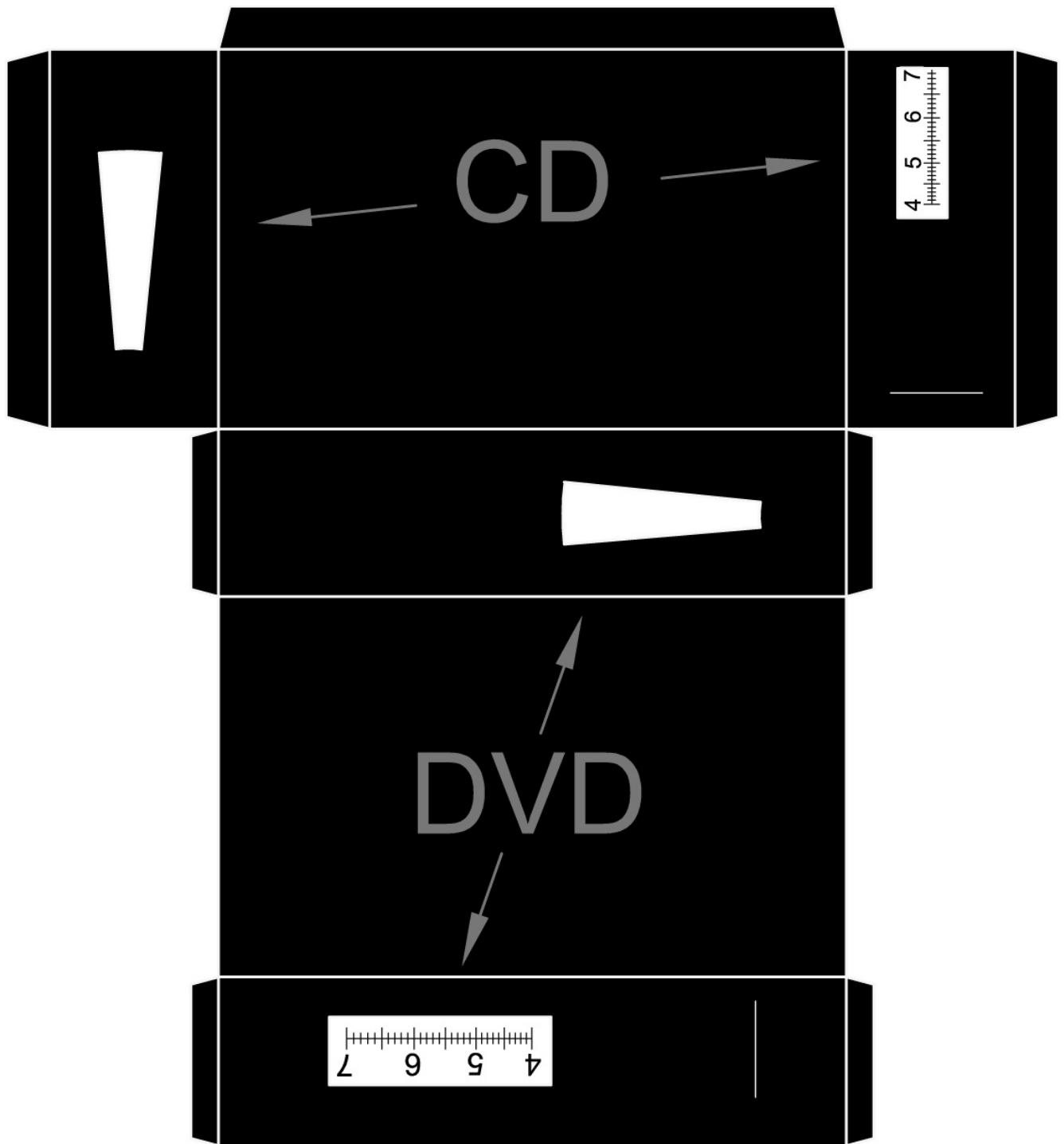


Se retira la capa metálica del CD con cinta adhesiva

Mira a través del trozo de disco, dirigiendo la rendija de la caja (no la escala) a una lámpara de bajo consumo o un tubo fluorescente, verás claramente sobre la escala las líneas de emisión de los gases que contienen esas bombillas. Si no las ves, mira a la derecha de la lámpara y mueve el espectroscopio lentamente hacia la izquierda hasta que aparezcan las líneas. La escala está graduada en cientos de nanómetros, es decir, la marca 5 indica 500 nm ($500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$). Cuanto más fina sea la rendija, con mayor precisión podrás medir la longitud de onda de las rayas.

Puedes hacer la caja con cartulina. En ese caso deberás recortar el rectángulo de la escala y pegar sobre ese hueco una copia de la escala hecha en papel normal, para que se pueda transparentar la escala.

Se pueden mirar las farolas de las calles, tanto las naranjas (de sodio) como las blancas (de vapor de mercurio). Las bombillas incandescentes tradicionales ofrecen un espectro continuo.



Plantilla para el espectroscopio

BANDA DEL INFRARROJO

La región infrarroja del espectro electromagnético fue descubierta por William Hershel (el descubridor del planeta Urano) en 1800 utilizando un prisma y unos termómetros.

Los cuerpos que se encuentran a baja temperatura no emiten en la región visible del espectro, sino en longitudes más largas por lo que la energía que liberan es menor. Por ejemplo, nuestro cuerpo y el de los animales emiten una radiación infrarroja que no la detectamos con el ojo, pero que podemos percibir como el calor que emite el organismo. Todos los objetos que estén a cierta temperatura emiten en infrarrojo y para verlos de noche fueron inventados los anteojos de visión nocturna, que permiten detectar esta radiación que no percibe el ojo.

Actividad 2: Experimento de Herschel en la banda IR

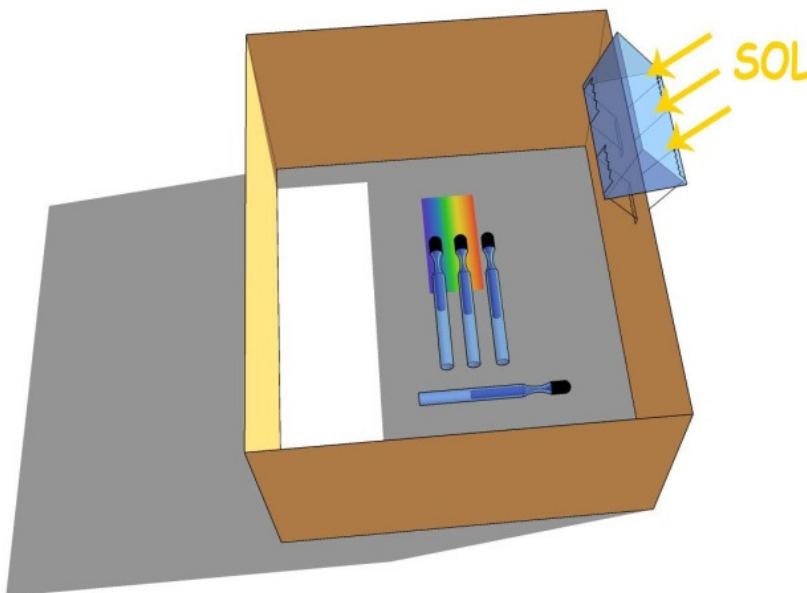
El objetivo es repetir el experimento de 1800, mediante el cual el famoso astrónomo Sir William Herschel descubrió una forma de radiación distinta de la luz visible. Necesitaremos un prisma de vidrio, cuatro termómetros, rotulador permanente de tinta negra, tijeras, cinta adhesiva, una caja de cartón y una hoja blanca.

Ponemos cinta adhesiva en los bulbos de los termómetros y los pintamos con rotulador negro para que absorban mejor el calor.

El experimento se debe realizar al aire libre, en un día MUY soleado. Si hay mucho viento, la experiencia puede hacerse en el interior, siempre que tenga una ventana por donde el Sol ingrese de manera directa.

Se coloca una hoja blanca, en el fondo de la caja de cartón. El prisma se coloca cuidadosamente en el borde superior de la caja, de modo que quede del lado del Sol. El interior de la caja debe quedar todo o casi todo en sombra.

Se gira el prisma cuidadosamente hasta que aparezca un espectro lo más amplio posible sobre la hoja situada en el fondo de la caja.



Dispositivo de Herschel. Los tres termómetros en el espectro marcan mayor temperatura que el ambiente.

Después de asegurar con cinta adhesiva el prisma en esa posición, colocamos tres termómetros en la luz del espectro, de manera que cada bulbo esté en uno de los colores: uno en la región azul, otro en la amarilla y el tercero un poco más allá de la región roja visible. Se debe poder ver bien la escala graduada, para no mover el termómetro cuando tomemos las medidas. El cuarto termómetro lo ponemos en la sombra, no alineado con los anteriores.

Las temperaturas tardan unos cinco minutos en alcanzar sus valores finales. Registramos cada minuto en la tabla siguiente las temperaturas en cada una de las tres regiones del espectro y en el de ambiente. No hay que mover los termómetros de su posición en el espectro ni bloquear su luz.

El termómetro en el del ambiente debería marcar algo menos temperatura (1 ó 2 grados) que los termómetros en el amarillo, en el azul y el que esté cerca del rojo, por lo que es lógico deducir que al termómetro junto al rojo le llega algún tipo de radiación del Sol, invisible a nuestra vista.

| | Termómetro 1 en el azul | Termómetro 2 en el amarillo | Termómetro 3 más allá del rojo | Termómetro 4 a la sombra |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Después de 1 minuto | | | | |
| Después de 2 minutos | | | | |
| Después de 3 minutos | | | | |
| Después de 4 minutos | | | | |
| Después de 5 minutos | | | | |

Tabla de toma de datos

Actividad 3: Detección del IR con un instrumento tecnológico moderno

Si queremos detectar el IR con instrumentos tecnológicos modernos, probablemente lo primero que viene a la mente son los visores nocturnos, preparados para ver el infrarrojo que emiten nuestros cuerpos. Pero ese no es un recurso al alcance de cualquiera. Veamos un procedimiento más económico y fácil de conseguir.

Los mandos a distancia que utilizamos para encender el televisor, el equipo de música o el microondas utilizan rayos infrarrojos (los que tienen además una bombillita roja no nos sirven). ¿Habrá una manera sencilla de ver esa radiación no visible y que de pronto se convierta en detectable?

Para eso debemos buscar un detector sensible al IR. Existe un producto tecnológico de envergadura, que se debe al desarrollo del estudio de la luz en Astronomía, llamado CCD (según las iniciales de su denominación en inglés: Charged Coupled Device). Este dispositivo permite capturar y acumular fotones durante un periodo de tiempo determinado, de manera que podemos “ver” objetos que emiten o reflejan poca luz. El CCD es más sensible en la región del rojo y, en algunos casos, su rango de eficiencia cubre el IR cercano. Cualquier cámara o filmadora moderna posee un CCD para la adquisición de imágenes. Esto permite sacar fotos en condiciones de muy bajo nivel de iluminación. El dispositivo más sencillo, de uso cotidiano, que posee una cámara moderna y por lo tanto un detector CCD, es el teléfono móvil celular.



Controles remotos apagados



Control remoto activado

Si miramos el control remoto con nuestros ojos de manera directa, no advertiremos ninguna diferencia entre encendido y apagado. Pero si tomamos la foto con el mismo teléfono celular, y con el control remoto activado... ¡Sorpresa! La luz que utiliza el control para enviar la señal que enciende el televisor o cualquier otro equipo electrónico, es una luz infrarroja, que nuestro ojo no ve pero la cámara del teléfono sí detecta.

Actividad 4: Detección de la luz infrarroja de una bombilla

La mayoría de los cuerpos del cielo emiten en muchas longitudes de onda. Si entre ellos y nosotros hay polvo o gas, algunas longitudes de onda pueden quedar bloqueadas, pero otras no. Por ejemplo el polvo que hay en el centro de nuestra galaxia nos impide ver la intensa luz visible producida por la concentración de millones de estrellas que hay allí. Sin embargo ese polvo es transparente a la luz infrarroja, que consigue atravesarla y llegar hasta nosotros. Ocurre lo mismo con otras nubes de polvo oscuro en nuestra galaxia.

En las emisiones de una bombilla de filamento incandescente, la mayor parte de la energía que emite es en la región visible, pero también emite en infrarrojo, que puede atravesar lo que el visible no puede.

Tomemos una linterna y un trozo de tela de fieltro. Esta tela no está tejida y bloquea especialmente bien la luz visible.

Pongámonos en una habitación a oscuras y encendamos la linterna. A continuación la tapamos con el fieltro y comprobamos que no vemos su luz. Si no es así, ponemos otra capa de fieltro (lo podemos doblar) o incluso una tercera. No conviene poner más de las necesarias, pues se puede bloquear también toda la radiación infrarroja.

En esa habitación lo más a oscuras posible, si la observamos con la cámara de fotos de nuestro teléfono móvil celular, que capta la radiación infrarroja, vemos que sí se distingue la bombilla.

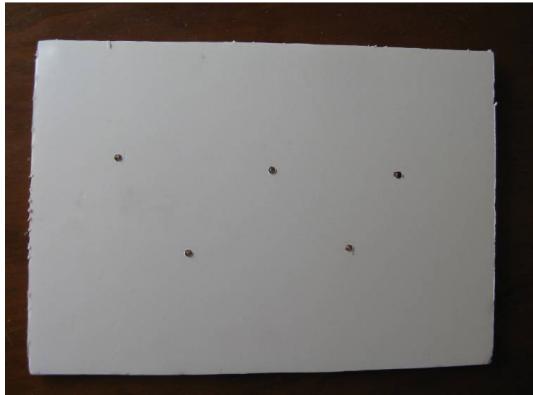
Actividad 5: Constelación con infrarrojos

En las tiendas de componentes electrónicos o en Internet, venden **LEDs** infrarrojos, similares a los que usan los mandos a distancia de TV, aparatos de música, etc. Son muy baratos (unos 0,2 euros o dólares). Funcionan con una pila de 3 ó 9 v, o con un

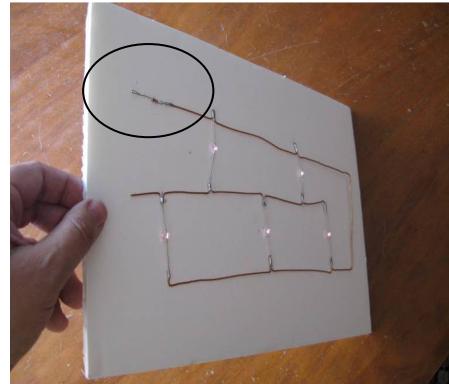
alimentador de corriente continua. Se conectan entre sí en paralelo, con una resistencia entre 100 y 500 Ω .

Puedes hacer un pequeño circuito con varios LEDs, formando una constelación conocida, por ejemplo Casiopea, Orión o la Osa mayor.

Observada con la cámara de fotos del teléfono, puedes verla en el infrarrojo.



Casiopea hecha con LEDs infrarrojos, en un cartón pluma



Están conectadas por detrás en paralelo y con una resistencia de entre 100 y 500 Ω

Más fácil que lo anterior es formar entre varias personas una constelación conocida con mandos a distancia infrarrojos. Si se les observa a oscuras con una cámara digital, se ve la constelación.

ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA EN LA REGIÓN DE RADIO

Las ondas electromagnéticas de longitud de onda desde metros a kilómetros, se llaman ondas de radio. Son las que se usan en las emisoras comerciales, pero también nos llegan desde el espacio. Y nos muestran morfologías que en otras longitudes de onda no se ven. En el Universo hay intensas fuentes de radio: el centro de nuestra galaxia, estrellas de neutrones en rápida rotación, o incluso algunos planetas como Júpiter.

Actividad 6: Producendo ondas de radio

Al abrir y cerrar un circuito eléctrico, se producen ondas de radio, similares a las emisiones comerciales. Se pueden captar en un aparato de radio, en la banda AM, y transformarlas en sonido, que es otro tipo de ondas. La potencia de esas emisiones de radio disminuye al alejarse el receptor. Las ondas de radio pueden atravesar obstáculos e incluso paredes.

Para hacerlo, tomamos dos trozos de cable de unos 20 cm cada uno. Quitamos el plástico en los dos extremos de uno de los trozos. En el otro cable, quitamos también el plástico en un extremo, dejamos unos 10 cm con plástico y quitamos también el plástico en el resto. En el extremo donde hay mucho cable pelado, haz con él una bola. El otro extremo conéctalo a un borne de una pila de 9 V.

Sacamos punta a un lápiz por los dos extremos. Su mina de carbón nos servirá de resistencia, por lo que no valen las pinturas de colores. En uno extremo conectamos la mina al primer trozo de cable, asegurándolo con cinta adhesiva. El otro extremo del cable lo conectamos al segundo borne de la pila.

Encendemos la radio y la ponemos en la banda de AM, (no de FM). Golpeamos con la punta libre del lápiz a la bola de cable. Movemos la sintonía de la radio hasta que se pueda oír por la radio los golpecitos que damos a la bola. Podemos probar a alejar la radio, a poner obstáculos de cartón, madera, etc. También podemos llevarnos la radio a otra habitación y comprobar si se oye o no.

Actividad 7: Escuchando la voz de Júpiter

Júpiter emite ondas de radio en varias frecuencias. No está clara su procedencia, pero parece que tienen que ver con su campo magnético y también con su luna Io. Una emisión es en la banda de frecuencias de 18 a 22 MHz, con un máximo en 21 MHz. Esos valores entran dentro de la capacidad de bastantes receptores caseros. Deben tener Onda Corta (SW) y llegar el dial a esos valores.

Las emisiones de Júpiter no son continuas. Tiene tres chorros más o menos equidistantes que giran con el planeta cada diez horas. Además, esos chorros a veces están activos y a veces no, por lo que conviene armarse de buenas dosis de paciencia.

Para oírlas necesitaremos una radio que tenga onda corta (SW) cuyo dial llegue hasta 18 ó mejor 22 MHz . Situemos el dial en un punto entre 18 y 22 MHz en que no haya mucho ruido de fondo, y esperamos. Las emisiones suenan como olas de mar en una playa (o ráfagas de viento), que llegasen con una frecuencia de unas tres por segundo aproximadamente. Su intensidad crece hasta un máximo que dura algunos minutos —o segundos a veces—, y después decae. La experiencia dice que si estás 20 minutos a la escucha, tienes 1 probabilidad entre 6 de oírlas. Como es lógico, Júpiter debe estar en el cielo, aunque no le interfieren las nubes.

La propia antena de la radio es adecuada, aunque es omnidireccional y captará ondas que procedan de todas las direcciones. Si queremos mejorar la escucha, y además asegurar que procede de Júpiter, debemos construir una antena direccional que sustituya a la normal. Pero no es imprescindible. Se hace de la siguiente forma: cogemos 165 cm de alambre de cobre, y hacemos una circunferencia con ella, sin cerrarla. La sujetamos a cuatro palos de 30 cm de longitud. Forramos una madera de 60 x 60 cm por una cara con papel de aluminio. Clavamos en ella la circunferencia de cobre con los cuatro palos. Cogemos un cable coaxial de antena y conectamos el cable interior a la circunferencia de cobre, y la malla exterior al aluminio. El otro extremo lo conectamos a la antena de la radio. Por último, dirigimos la antena hacia Júpiter.

LUZ ULTRAVIOLETA

Los fotones de luz ultravioleta tienen más energía que los de luz normal visible. Eso hace que esta luz, en dosis altas, destruya enlaces químicos de las moléculas orgánicas, por lo que es mortal para la vida. De hecho se usa para esterilizar material quirúrgico.

El Sol emite esta radiación, pero afortunadamente la atmósfera (en especial la capa de ozono) filtra la mayor parte, y sólo nos llega la justa para que sea beneficiosa para la vida. Esta luz es la que pone morena nuestra piel, las plantas la absorben para la fotosíntesis, etc. Pero si la capa de ozono disminuyese su espesor, nos llegaría demasiada dosis y aumentarían mucho las enfermedades de tipo cancerosas.

Actividad 8: Luz negra (UV)

Hay bombillas llamadas de Luz negra, que emiten sobre todo en UV, y se usan con frecuencia para favorecer el crecimiento de las plantas en invernaderos o en zonas con poca iluminación solar. El cristal de esas bombillas suele ser casi negro, y emiten sólo un poco de luz visible azul oscura. Algunas tejidos sintéticos blancos de camisas y camisetas son fluorescentes con esa luz y la reflejan de un color morado brillante. Por esa razón esta iluminación se usa en algunas discotecas, pues los tejidos blancos se ven relucientes.

Esa propiedad se usa también al fabricar el papel de muchos billetes: se introducen unas pequeñas tiras de material fluorescente, que son visibles al ser iluminados por luz UV. De esta forma se ve que no es una simple fotocopia del billete. Esta luz viene incorporada en los aparatos detectores de billetes falsos. Muchos carnets oficiales tienen escudos o letreros que sólo son visibles con luz UV.

RAYOS X

Más energética que la UV es la radiación X. Se usa en medicina en las radiografías y otras formas de radiodiagnóstico.

En el cosmos, los focos de rayos X son característicos de sucesos y objetos muy energéticos: agujeros negros, colisiones, etc. El telescopio espacial Chandra tiene como misión la detección y seguimientos de estos objetos.

RAYOS GAMMA

En el extremo del espectro, y con longitudes de onda todavía más cortas que las anteriores está la radiación gamma. Es la radiación más energética. En el cosmos hay diversas fuentes, pero no es raro que haya violentas erupciones puntuales que emiten durante unas pocas horas un potente chorro de rayos gamma. Como duran tan poco, el problema es detectarlas y definir su situación exacta, para saber qué objeto había en esa posición antes del estallido e intentar averiguar qué ha pasado. Los astrónomos suelen asociarlos a colisiones de agujeros negros, aunque todavía no está muy claro.

En la Tierra esta radiación la emiten la mayoría de elementos radioactivos. Igual que los rayos X, se usan en medicina tanto en pruebas de imagen como en terapias para curar enfermedades como el cáncer.

Bibliografía

- Moreno, R, *Experimentos para todas las edades*, Ed. Rialp. Madrid 2008.
- Moreno, R, *Breve historia del Universo*, Ed. Rialp. Madrid 1998.
- Moreno, R, *Taller de Astronomía*, Ed. Akal. Madrid 1996.
- Spitzer Telescope, Educacion, California Intitute of Technology.
<http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/index.shtml>