

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Programa-guía

1



Actividades de presentación o introducción

A1.1 Lectura de documentos

Artículos de prensa donde aparecen términos relacionados con el tema.

En esta actividad, los alumnos hacen resúmenes o esquemas de la información aparecida en artículos de prensa para delimitar y definir, en una primera aproximación, los conceptos que se van a ver en este tema. Las palabras clave que nos sitúan en el tema pueden presentarse a los alumnos en una lista desordenada. En este tema, la lista es la siguiente:

espectro electromagnético	campo magnético	ultravioleta	líneas oscuras
espectro de emisión	rayos x	longitud de onda	infrarrojo
espectro de absorción	radiación sincrotrón	velocidad de propagación	espectro continuo
campo eléctrico	líneas brillantes	visible	frecuencia
microondas	cuerpo negro	cargas eléctricas en movimiento	rayos gamma
radiación electromagnética	ondas de radio	ondas electromagnéticas	luz

Más tarde pueden usar los datos que aparecen en los distintos artículos para comprobar que la información es correcta o para afianzar conceptos. Para ello pueden usarse pequeños fragmentos de textos científicos relacionados con el tema, ya sea desde una perspectiva histórica, o desde una perspectiva conceptual. También pueden usarse enciclopedias o diccionarios enciclopédicos para buscar información sobre los distintos términos que aparecen en la lista.

A1.2 Actividad multimedia

Búsqueda de información en Internet usando como criterio de búsqueda términos relacionados con el tema.

Usando las palabras clave de la lista de la actividad anterior, los alumnos deben buscar en Internet información sobre el tema. Ahora los alumnos tienen una cierta base conceptual que les permite discriminar entre la gran cantidad de información de que disponen. Una estrategia a seguir es que obtengan primero las definiciones de todos los términos que aparecen en la lista. Como ayuda puede servir que no se limiten sólo a páginas en castellano, sino que prueben, por ejemplo, a buscar información también en inglés.

A2 Actividad de lápiz y papel

Cuestionario inicial sobre ideas previas o concepciones alternativas.

El individuo se ve abocado, desde su infancia, a construir conjuntos de conocimientos para interactuar con el mundo que le rodea y darle sentido. Este bagaje de conocimiento no solo cumple una función meramente informativa sobre el mundo, sino que representa un verdadero marco conceptual que guía sus mecanismos de comprensión, predicción y, por último, la propia acción. Los alumnos generan ideas a partir de cualquier información que reciben, basándose en sus propios esquemas conceptuales, aun cuando éstas no guarden relación real con la información recibida (por ejemplo, al aprender a manejar un vídeo podemos desarrollar ideas acerca de los fundamentos de su funcionamiento, aunque sea de modo inconsciente). Esta es la principal causa de que sean erróneas. Estas concepciones alternativas, jerarquizadas o no, suelen tener un cometido explicativo y también predictivo, es decir, sirven para explicar fenómenos particulares de los que los alumnos han tenido algún tipo de información previa. El estado actual de los medios de comunicación, con el aumento vertiginoso de los canales de información, hace posible que los alumnos tengan noticia de numerosos fenómenos sobre los que desarrollarán sus propias ideas, dándose la situación paradójica de que, aun no siendo conceptos significativos para ellos, se ven obligados a *buscarles acomodo* en su estructura cognitiva, aunque sea superficialmente.

Las concepciones alternativas, más o menos arraigadas, forman parte de la estructura cognitiva de los alumnos y deben ser ellos los que, en primer lugar, tomen conciencia de ellas, y los que, posteriormente, las hagan explícitas. Este aspecto pone de manifiesto la necesidad de desarrollar una metodología que proporcione tanto información específica relativa a las concepciones alternativas de los alumnos sobre los conceptos que se les va a enseñar, como información general sobre el grado de estabilidad de los esquemas cognitivos desarrollados por los alumnos para asimilar ese concepto en su estructura cognitiva, lo que permite conocer el grado de arraigo de sus concepciones alternativas. Es lo que Pozo y Gómez Crespo (1997) denominan la *activación de las concepciones alternativas*¹.

Las concepciones alternativas son por lo general implícitas, lo que hace enormemente complicado el conseguir activarlas: el alumno ha de tomar primero conciencia de sus ideas y posteriormente debe ser capaz tanto de verbalizarlas como de expresarlas por escrito. Por todo ello, la activación de las concepciones alternativas requiere el estudio del desarrollo cognitivo del alumno y la exploración de su estructura cognitiva, con el fin de desarrollar estrategias que favorezcan la toma de conciencia inicial y la posterior explicitación de las concepciones alternativas por parte del alumno.

Basándonos en lo anterior, los cuestionarios de preguntas dirigidas a explicitar las concepciones alternativas de los alumnos son una herramienta de diagnóstico, que permiten conocer el estado del alumno en lo que respecta a su desarrollo cognitivo, y de análisis, sacando a la luz su estructura cognitiva. En este sentido, las preguntas abiertas o las de respuesta múltiple son las más indicadas para que los alumnos activen sus concepciones alternativas. La detección de concepciones alternativas adquiere así una singular importancia, ya que tiene un doble objetivo: que los alumnos exploren sus propias ideas y se hagan conscientes de las mismas, y que el profesor las conozca, a fin de diseñar tanto estrategias puntuales como modificaciones en las actividades proyectadas.

Los cuestionarios sobre concepciones alternativas son por lo tanto un poderoso instrumento, al ser actividades que no sólo se usan como simple método de diagnóstico, sino que a su vez sirven para aprender y evaluar lo aprendido.

¹ POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1997). ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la Ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. Capítulo III en Carmen, L. del (1997). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.

Actividades de desarrollo

A3 Actividad multimedia

Visionado de una presentación PowerPoint sobre el espectro electromagnético.

Tras la presentación, los alumnos comienzan a hacerse una idea global de los conceptos y pueden comenzar a cuestionar sus posibles concepciones alternativas erróneas a través de conflictos cognitivos.

A4 Actividad multimedia

Usar applets para visualizar conceptos complejos.

Los conceptos más difíciles de entender pueden presentarse de esta manera de forma más accesible para los alumnos. En general, es interesante señalar que el uso de imágenes favorece la comprensión.

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/Introduccion/indiceApplets/indice/indice_cuantica.htm

<http://jersey.uoregon.edu/vlab/elements/Elements.html> espectros de absorción y emisión de los elementos

<http://www.walter-fendt.de/ph11s> efecto Doppler y ondas electromagnéticas

<http://www.walter-fendt.de/a11s>

http://www.maloka.org/f2000/TOC_full.html

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm> radiación del cuerpo negro

<http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/espectros/spespectro.html> espectros

<http://fisica.udea.edu.co/~mpaez/espectro/Esp2sp.html> espectros

<http://www-fen.upc.es/wfib/virtualab/marco/especm.htm> espectrómetro de masas

A5 Actividad de lápiz y papel

Realizar un esquema o mapa conceptual con una lista de términos relacionados con el tema.

Los mapas o diagramas conceptuales son una técnica de representación gráfica del conocimiento desarrollada por Novak a mediados de los años 70. Para él *son una forma de representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones*. El interés para nosotros radica en que también pueden interpretarse como la representación gráfica de la estructura cognitiva de un individuo.

Desde el punto de vista descriptivo, un mapa conceptual está formado por una serie de conceptos escritos en un papel, unidos mediante líneas. Cada una de estas líneas representa una relación entre los conceptos situados en sus extremos.

En el campo de las Ciencias es corriente que los *nodos* de la red del mapa no estén ocupados

exactamente por un concepto sino por un conglomerado conceptual como puede ser una ley o un principio físico.

La característica más significativa de un mapa conceptual como técnica gráfica es la importancia que en ellos tienen las líneas de unión entre los conceptos. En otras técnicas diagramáticas las líneas de unión son un nexo entre bloques de información sin un significado especial, tan sólo indican el paso de un bloque de información a otro. En el caso de los mapas conceptuales la línea de unión tiene un significado preciso, y constituye una proposición con los conceptos extremos. La distribución espacial de los conceptos que forman el diagrama debe corresponderse con la relación de significado entre los mismos. Así, los conceptos más relevantes deben ocupar posiciones preferentes y deben ser resaltados convenientemente.

Existen dos tendencias para construir los mapas, una denominada piramidal y la otra central. En la primera el concepto que se considera más importante se sitúa en la parte superior y, a partir de él, se van colocando los demás en niveles cada vez más bajos. A medida que descendemos por el diagrama los conceptos son menos importantes. La otra tendencia concede una posición central al concepto más relevante y a partir de él se ramifica en todas direcciones, dando al conjunto un aspecto estrellado. En una primera aproximación, los conceptos pueden encerrarse en recuadros unidos mediante líneas, pero en ese caso una línea que une dos conceptos puede significar cosas distintas para personas distintas, por lo que el mapa pierde su utilidad como técnica para representar la estructura cognitiva.

Es recomendable etiquetar las líneas de unión entre conceptos para conseguir así un mayor poder explicativo del mapa. Lo más usual es que la etiqueta sea un verbo con un significado claro (tiene, da lugar a, se compone de, etc.). Además de la etiqueta, es necesario añadir una flecha a cada una de las líneas del diagrama para indicar el sentido en que se establece la relación. Si el mapa es lo suficientemente complejo, se pueden añadir comentarios breves al pie de los conceptos y relaciones más relevantes.

Los mapas conceptuales son un buen procedimiento para descubrir la estructura cognitiva de los alumnos, en particular, para saber cómo relacionan unos conceptos con otros. En general, una estructura cognitiva desarrollada dará lugar a mapas conceptuales ramificados, con relaciones variadas y bien explicitadas, siendo corrientes las conexiones laterales entre conceptos de distintas ramas. Por el contrario, una estructura cognitiva endeble dará lugar a mapas conceptuales muy lineales, sin apenas ramificaciones y con relaciones entre conceptos poco variadas y explícitas.

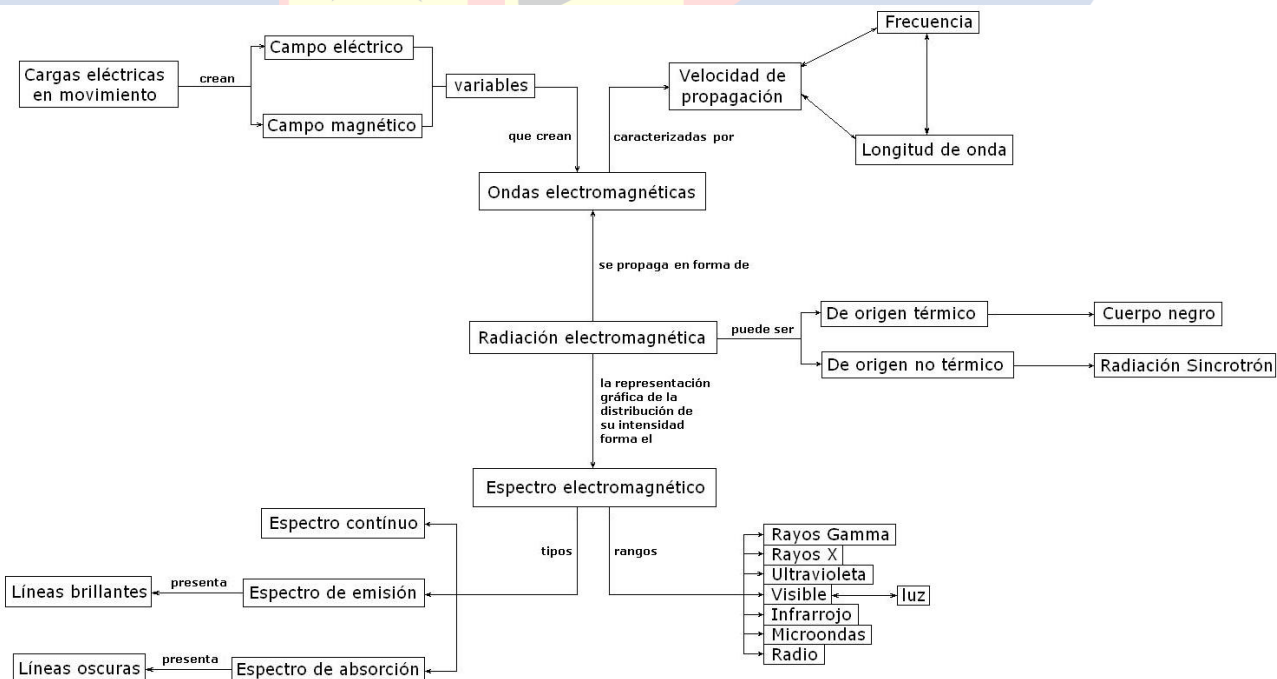
Las pautas para crear un mapa conceptual son:

- Partiendo del material disponible, seleccionamos los conceptos más importantes, es decir, aquellos conceptos necesarios para entender el significado del texto. Hacemos una lista con estos conceptos.
- Identificamos cuál de ellos es el concepto más importante, o sea, cuál es la idea más general del texto.
- Colocamos el concepto más importante al principio de una lista ordenada de conceptos y vamos disponiendo en ella los restantes conceptos de la lista inicial hasta que todos los conceptos queden ordenados de mayor a menor generalidad.
- Una vez que se ha llegado a este punto, se puede empezar a elaborar un mapa conceptual empleando la lista ordenada como guía para construir la jerarquía conceptual.
- Buscamos a continuación relaciones cruzadas entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte de la *pirámide* o *estrella* conceptual.
- La mayor parte de las veces, en los primeros intentos, los mapas tienen una mala simetría o presentan grupos de conceptos con una localización deficiente con respecto a otros conceptos o grupos de conceptos con los que están estrechamente relacionados. Muchas veces hay que rehacer los mapas para clarificar los conceptos y sus relaciones.

Podemos presentar a los alumnos una lista desordenada de conceptos, de modo que los alumnos la usen para crear el esquema conceptual del tema:

espectro electromagnético	campo magnético	ultravioleta	líneas oscuras
espectro de emisión	rayos x	longitud de onda	infrarrojo
espectro de absorción	radiación sincrotrón	velocidad de propagación	espectro continuo
campo eléctrico	líneas brillantes	visible	frecuencia
microondas	cuerpo negro	cargas eléctricas en movimiento	rayos gamma
radiación electromagnética	ondas de radio	ondas electromagnéticas	luz

Después de que los alumnos hayan realizado sus esquemas, se presenta a los alumnos un esquema realizado por nosotros para que puedan comparar las diferentes relaciones entre conceptos y así clarificar los conceptos que no hayan quedado claros. Puede haber más de un esquema correcto desde el punto de vista conceptual, aunque las relaciones sean ligeramente diferentes. La cuestión importante que debe quedar clara a los alumnos es que *existen muchas posibilidades de realización del esquema y no hay una estructura obligatoria*. A continuación se muestra un posible esquema conceptual:



A6.1 Actividad de lápiz y papel

Cuestionario con preguntas de todo tipo (responder a preguntas de verdadero o falso, rellenar espacios en definiciones, relacionar conceptos y definiciones y realizar cálculos sencillos).

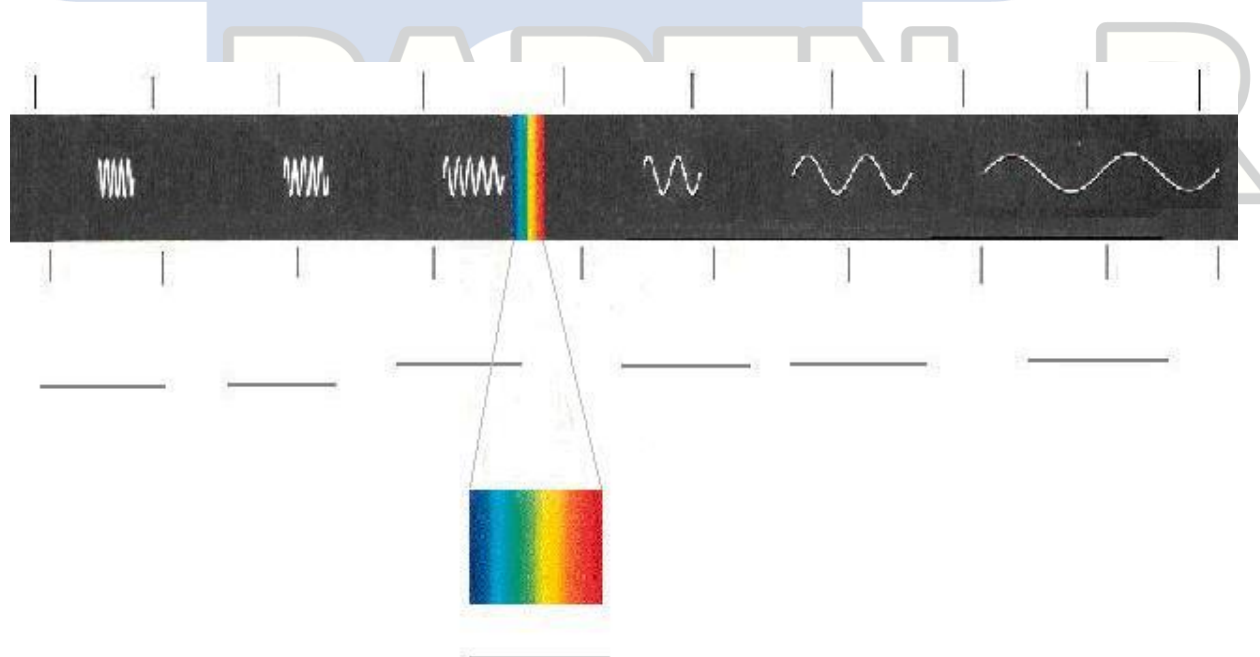
Aunque algunas preguntas parezcan repetitivas o que tratan de lo mismo, es importante que los alumnos las respondan para ver la congruencia de sus respuestas y así discriminar entre ideas verdaderamente aprehendidas y respuestas *afortunadas*.

A6.2 Actividad de lápiz y papel

Rellenar los huecos en la figura del espectro electromagnético con los nombres de los distintos tipos de radiación.

En esta actividad se les pide a los alumnos que identifiquen los distintos rangos del espectro electromagnético, para las diferentes longitudes de onda, de menor a mayor valor. Es importante señalar que la figura carece de datos escritos, excepto la representación de las distintas longitudes de onda y la disposición de los colores del espectro de la luz visible. Con ellos, los alumnos deben deducir el resto de rangos del espectro.

Las mayores longitudes de onda corresponden a las ondas de radio y las microondas, y las menores, a los rayos X y los rayos gamma. Los colores del espectro visible nos indican dónde se halla el rango infrarrojo (por debajo del rojo) y el ultravioleta (más allá del violeta). Como profundización, se les puede pedir a los alumnos que indiquen los valores numéricos de las longitudes de onda o las frecuencias de los límites de los diferentes rangos del espectro electromagnético.



A6.3 Actividad multimedia

Uso de una presentación PowerPoint que recoge un concurso con preguntas sobre el espectro electromagnético.

Los alumnos comienzan a aplicar sus ideas a la luz de lo aprendido. Se hacen equipos dentro del grupo o se concursa individualmente, si el grupo de alumnos es reducido. La respuesta debe darla uno de los alumnos, designado como portavoz. Si la respuesta fuera incorrecta, puede haber *rebote*, es decir, el siguiente grupo puede responder para tratar de obtener los puntos correspondientes a esa pregunta.

Las distintas preguntas pueden modificarse sin ningún problema. También podrían añadirse más preguntas o modificarse las puntuaciones.

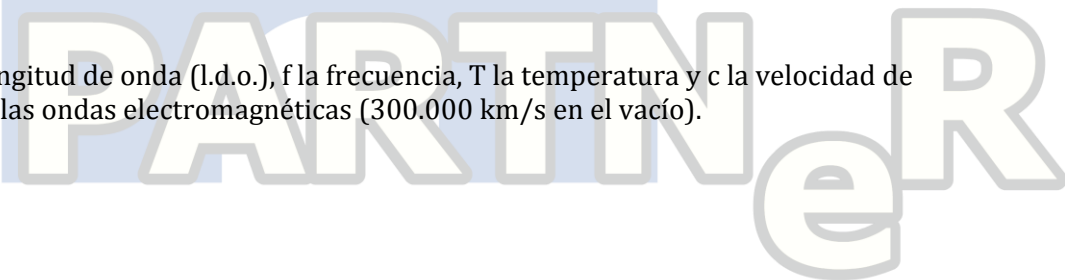
A7 Actividad de lápiz y papel

Realizar cálculos sencillos a partir de datos dados.

- Comparación entre el sonido y las ondas de la radio.
- Algunos de los artículos de prensa usados en la actividad A11 presentan datos numéricos (frecuencias, l.d.o., distancias en años-luz o en km., etc.) que pueden ser usados por los alumnos para comprobar las relaciones numéricas entre los conceptos relacionados y para afianzar los conocimientos a través de la aplicación numérica de las relaciones y leyes implicadas:

	Ley de desplazamiento de Wien	Ley de Stefan-Boltzmann
$\lambda \cdot f = c$	$\lambda_{\max}(\text{en cm}) = 0,28976 / T(\text{en K})$	Intensidad = $5,6693 \times 10^{-8} \cdot T^4 \text{ W/m}^2$

Donde λ es la longitud de onda (l.d.o.), f la frecuencia, T la temperatura y c la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas (300.000 km/s en el vacío).



Actividades de refuerzo

A8 Actividad multimedia

Crear una presentación PowerPoint sobre el tema.

Los alumnos deben discriminar la información disponible y elaborarla posteriormente para fijar definitivamente lo aprendido. Pueden elaborar pequeños guiones para leerlos al presentar los trabajos. Pueden usar como punto de partida el esquema conceptual que han realizado previamente, completándolo donde sea necesario. En esta actividad se debe hacer hincapié en que utilicen material gráfico más que escrito, ya que el uso de imágenes e ilustraciones permite visualizar mejor los conceptos implicados.

A9.1 Actividad experimental sencilla

Investigar las propiedades de la radiación electromagnética comparando la radiación visible y la infrarroja.

Para ello usamos como fuente de luz una linterna tapada donde practicamos un agujero para colimar, o también un puntero láser. Para la radiación infrarroja, usamos un mando a distancia (de TV, lector DVD, video o aparato de música).

A9.2 Actividad experimental sencilla

Estudio del grado de hermeticidad de un horno microondas.

Dentro del espectro electromagnético, las microondas se sitúan entre las ondas de radio y el infrarrojo, compartiendo las propiedades de ambas radiaciones, por lo que se utilizan tanto en comunicaciones (ondas de radio) como para cocinar (infrarrojos). La propiedad de las microondas de poder ser moduladas las hace aptas para ser utilizadas en comunicaciones, pues en determinadas condiciones atmosféricas se propagan mejor que otras ondas de menor frecuencia. A semejanza de la luz, las microondas pueden ser proyectadas en forma de haces colimados, por lo que su utilización resulta imprescindible en ciertas comunicaciones de radio y TV, así como también en las transmisiones vía satélite.

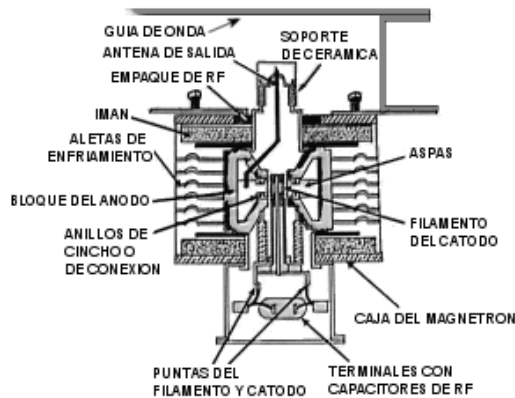
El radar también funciona con microondas. Aprovechando la facilidad con la que pueden ser enviadas en haces rectilíneos, es posible detectar la posición, velocidad y trayectoria de objetos distantes, analizando las ondas reflejadas por estos.

Los protocolos inalámbricos LAN, tales como Bluetooth y las especificaciones IEEE 802.11g y b también usan microondas en la banda ISM (*Internacional Scientific and Medical*, científica y médica internacional), aunque la especificación 802.11a usa una banda ISM en el rango de los 5 GHz. La televisión por cable y el acceso a Internet por cable usan algunas de las más bajas frecuencias de microondas.

También, las redes de telefonía móvil usan frecuencias de microondas. Por último, señalar que un máser es un dispositivo similar a un láser, excepto que este trabaja con frecuencias de microondas.

Por otro lado, las microondas, al igual que los infrarrojos, comparten la propiedad de hacer vibrar ciertas moléculas de los cuerpos que atraviesan, calentándolos, propiedad que es utilizada en los hornos microondas.

Un horno microondas usa un magnetrón para producir microondas a una frecuencia de aproximadamente 2,45 GHz, utilizadas para la cocción.



El magnetrón es un dispositivo que está formado por un cátodo calentado por un filamento, un ánodo y un imán que rodea el conjunto. Cuando se aplica tensión (3,5 V) al filamento, éste calienta el cátodo y emite electrones que se ven atraídos por los 4.000 V aplicados al ánodo. Los electrones, que en condiciones normales saldrían en línea recta en dirección al ánodo, se ven frenados por el campo magnético presente, y son obligados a moverse en una zona situada entre el ánodo y el cátodo. El paso de los electrones por las proximidades del ánodo, en donde están situadas pequeñas cavidades resonantes, produce las

oscilaciones de alta frecuencia, de 2,45 GHz. Aunque la intensidad electrónica que es capaz de emitir un cátodo es muy pequeña, como la tensión del ánodo es muy grande, la potencia total suministrada es relativamente grande, del orden de 1.000 W.

La energía obtenida es radiada por una antena dispuesta en el magnetrón y conducida por un canal que dirige las microondas hacia la cavidad del horno. La cavidad de cocción es simplemente una caja metálica donde se coloca el alimento a cocinar.

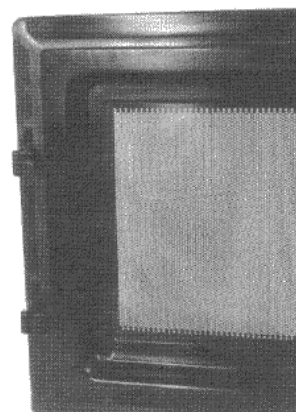
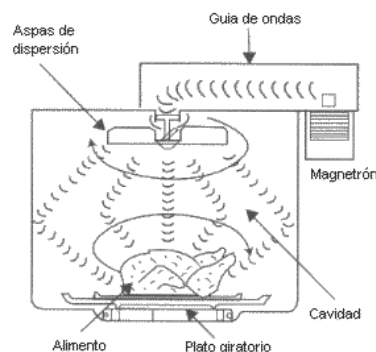
El canal por el que las microondas son dirigidas desde el magnetrón hasta la cavidad de cocción tiene unas dimensiones muy precisas, directamente relacionadas a la longitud de onda de la radiación: es lo que se conoce como una *guía de ondas*. Al entrar las microondas a la cavidad de cocción, son agitadas por un ventilador especial que las desvía en todas las direcciones, rebotando sobre las paredes metálicas hasta ser absorbidas por el alimento.



Bloque de ánodo típico con aspas

Las microondas no tienen una intensidad uniforme dentro del horno, sino que, debido a las interferencias entre ellas, aparecen zonas donde las microondas se intensifican y otras donde se debilitan, provocando una cocción desigual.

Para evitarlo, la mayoría de los hornos disponen de un soporte o plato giratorio sobre el que situar los alimentos, lo que permite una mejor distribución de las microondas y una cocción más uniforme. Naturalmente, las zonas de mayor potencia de microondas se encuentran en el centro del plato giratorio.



Puerta de un horno de microondas, donde se observa la maya metálica que impide la fuga de las emisiones.

La puerta del horno tiene una ventana con un pequeño enrejado o malla metálica por su cara interior que permite ver los alimentos mientras se cocinan. Sin embargo las microondas, que tienen una l.d.o. mayor que la de la luz, no pueden pasar a través de la malla metálica que va colocada entre el cristal y el interior del horno.

Así pues, si colocamos un alimento dentro de la cavidad, las microondas interactuarán con las cargas eléctricas del alimento expuesto, dando lugar a un movimiento oscilatorio entre moléculas, que a su vez creará una fricción entre ellas y, en consecuencia, un calentamiento. Naturalmente, este calentamiento está en función del número de oscilaciones y éstas son función de la frecuencia; en el caso que nos ocupa, por ser la frecuencia de 2,45 GHz, las oscilaciones serán 4.900 millones por segundo. Si además tenemos en cuenta que hay del orden de 125 cuatrillones de moléculas por mm³ de alimento, es fácil imaginar la fricción resultante y la rapidez con la que se produce el calor.

No todas las moléculas de que se compone un alimento sufren el efecto descrito anteriormente. Para que éste se produzca, las moléculas deben tener una configuración polar. Una molécula con una configuración polar tiene una separación espacial de carga: positiva en un lado y negativa en el otro. Las microondas son capaces de *tirar* de los polos de las moléculas polares, forzándolas a moverse. El sentido en que las microondas *tiran* de las moléculas cambia 2.450 millones de veces por segundo y esta interacción entre microondas y moléculas polares provoca el giro de éstas últimas.

Los alimentos, en general, contienen agua en una proporción elevada. El agua está formada por moléculas polares. Las grasas, las albúminas y los azúcares también tienen sus moléculas polares.

Una vez que las moléculas de agua presentes en los alimentos comienzan a girar, pueden transferir parte de esta energía mediante choques con las moléculas contiguas. Este mecanismo hará que, por conducción, todo el alimento acabe calentándose.

Las microondas hacen rotar más o menos eficientemente al resto de moléculas polares que hay en los alimentos, además del agua. Las microondas, sin embargo, no tienen ningún efecto sobre las moléculas apolares, por ejemplo los plásticos. Tampoco ejercen efecto sobre sustancias polares en las que las partículas que las forman no tienen movilidad. En este grupo estarían el hielo, la sal común, la porcelana o el vidrio.

Puesto que los materiales que nos interesa exponer al horno microondas son los alimentos comestibles, y estos están compuestos fundamentalmente por moléculas de agua (entre un 70% y un 90%), grasas y azúcares en mayor o menor proporción, se comprende el elevado rendimiento de este tipo de hornos.

La acción de las microondas sobre los distintos materiales puede dividirse en tres grupos:

- Materiales sobre los que las microondas se reflejan según las leyes de la óptica. Esto es lo que sucede con todos los materiales metálicos; su comportamiento frente a las ondas es equivalente a un espejo.
- Materiales eléctricamente neutros sobre los cuales las microondas pasan sin causar ningún efecto. Son transparentes a las microondas y por tanto no se calientan: los plásticos, el vidrio, la cerámica y el papel.
- Materiales con una configuración polar que absorben las microondas y, en consecuencia, se calientan. Estos materiales son principalmente el agua, las grasas, las albúminas y los azúcares.

Para saber más:

<http://www.inta.es/descubreAprende/Hechos/Hechos09.htm>

<http://www.gallawa.com/microtech/Magnetron-basico.html>

Podemos realizar una sencilla experiencia con un horno microondas para comprobar su grado de

hermeticidad. Colocamos un teléfono móvil en el interior de un horno microondas desenchufado y realizamos una llamada a dicho teléfono, ¿sonará el teléfono? Si no queremos gastar dinero con esta experiencia, podemos plantearla de un modo ligeramente diferente, fijándonos en la cobertura del teléfono móvil y viendo cómo ésta varía según esté dentro o fuera del horno microondas.

La red de telefonía móvil funciona en las bandas de 850 – 900 MHz y 1,8 – 1,9 GHz en el estándar GSM (*Group Special Mobile*) y en la banda de 2 GHz en UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Como el horno microondas trabaja a una frecuencia de 2,45 GHz, la “jaula” interior debe impedir el paso de radiación electromagnética que tenga una frecuencia inferior a este valor, ya que en ese caso la l.d.o. asociada sería mayor que el tamaño de los agujeros de la jaula.

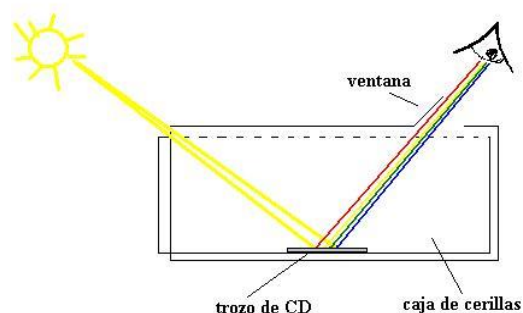
En nuestro caso, la frecuencia a la que trabaja el teléfono móvil es inferior, en cualquiera de las bandas, a 2,45 GHz, luego el aparato debería estar fuera de cobertura en el interior del horno, es decir, si la cavidad del horno está diseñada para no dejar pasar ondas con l.d.o. cercanas a 12,25 cm (correspondiente a 2,45 GHz de frecuencia), una onda con una l.d.o. mayor tampoco podrá pasar a través suyo (una frecuencia de 2 GHz tiene una l.d.o. de 15 cm). Sin embargo, lo que se observa es que la cobertura no disminuye y si hacemos una llamada, el teléfono suena dentro del microondas. ¿Qué explicación podemos dar a lo que sucede? ¿Dónde está el *truco*?

A10 Construcción de aparatos sencillos

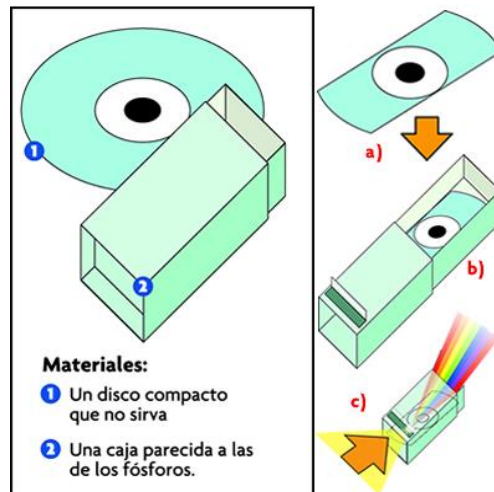
Construcción de un sencillo espectroscopio.

Presentamos algunas propuestas que podemos hallar en Internet para construir de forma sencilla un espectroscopio:

- Los alumnos pueden obtener de forma sencilla espectros con espectroscopios caseros hechos a partir o bien de cajas de cerillas grandes, o bien de cajas hechas a partir de recortables con cartulina. Para lograr la separación de colores (red de difracción) se usa un trozo de CD o de DVD:

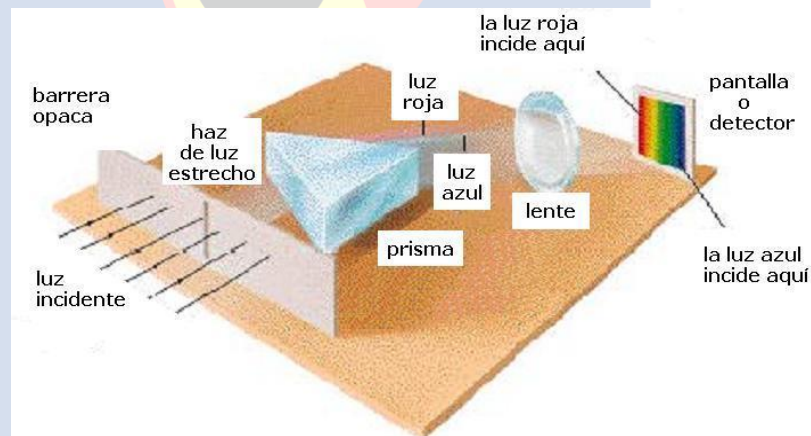


<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Practica/PR-14/PR-14.htm>

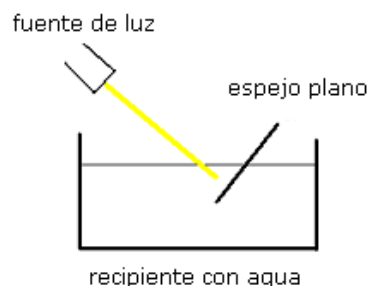


http://www-ni.laprensa.com.ni/archivo/2003/julio/24/en_clases/en_clases-20030724-07.html

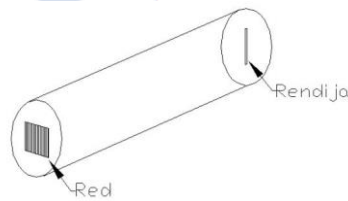
- Otra opción sería construir un espectrómetro a partir de un prisma plástico o de vidrio, y una lente para enfocar:



- También podemos realizar una sencilla experiencia para descomponer la luz usando el agua, que presenta diferentes índices de refracción para los distintos colores. Necesitamos un recipiente con agua, un espejo y una linterna. Mantén el espejo dentro del agua, con una inclinación de unos 45° . Envía el haz de luz al espejo y observa que la luz reflejada ya no es blanca sino que es el arco iris. Cuando la luz penetra en el agua su velocidad cambia, lo mismo ocurre cuando emerge del agua después de haberse reflejado en el espejo. Los cambios de velocidad implican desviaciones de la dirección de propagación al cambiar del aire al agua y del agua al aire (es el fenómeno de la refracción). El ángulo de desviación es función de la longitud de onda de cada uno de los colores que forman la luz blanca:



- Una opción un poco más elaborada sería un espectroscopio de mano de uso general. Consiste en un tubo opaco que tiene en sus extremos una red de difracción, que se coloca cerca del ojo, y una rendija que limita la luz que llega a esta. Como la distancia entre la red y la rendija depende de la capacidad de enfoque del ojo, la rendija debe colocarse a una distancia suficiente como para que el ojo la enfoque con comodidad intentando que el instrumento sea pequeño y manejable. Lo más conveniente es usar una distancia de 25 cm. Resulta útil añadir una escala para la longitud de onda, de forma que se puedan identificar las líneas observadas. Puede dibujarse en una transparencia de modo que, al ser atravesada por la luz, sea visible dentro del espectroscopio. El único inconveniente es que debe ser colocada con mucha precisión. Este espectroscopio sirve para observar tanto el Sol como cualquier fuente de luz brillante, como lámparas de descarga o fluorescentes. Por último, la rendija debe ser lo más estrecha posible. Una forma sería usar dos cuchillas de afeitar y utilizar una hoja de papel para separarlas. Tras retirar la hoja, ya tendríamos la rendija.



<http://www.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/TRABAJOS/UGARTE/4.htm>

- Una idea similar puede desarrollarse pero usando como red de difracción un trozo de CD o de DVD.

<http://lupus.worldonline.es/carlos.y/>

Dentro de esta actividad es conveniente señalar las diferencias entre los distintos aparatos con los que se estudian los espectros:

Espectroscopio

Es un instrumento usado para descomponer *la luz en su espectro*. La dispersión se puede realizar por refracción (espectroscopio de prisma) o por difracción (espectroscopio de red). El de prisma está formado por una rendija por la que penetra la luz, un conjunto de lentes, un prisma y una lente ocular. La luz que va a ser analizada pasa primero por una lente colimadora, que produce un haz de luz estrecho y paralelo, y después por el prisma, que separa este haz en las distintas radiaciones monocromáticas (colores) que lo componen. Con la lente ocular se enfoca la imagen de la rendija. Las líneas espectrales que constituyen el espectro son en realidad una serie de imágenes de la rendija.

El espectroscopio de red dispersa la luz utilizando una red de difracción en lugar de un prisma. Una red de difracción es una superficie especular de metal o vidrio sobre la que se han dibujado con un diamante muchas líneas paralelas muy finas. Su poder de dispersión es mayor, por lo que permite una observación más detallada de los espectros.

Espectrómetro

Se trata de un espectroscopio que, *por medio de una escala graduada de precisión, permite medir las desviaciones angulares de las distintas líneas de un espectro*. Su objeto es, pues, la medición de las longitudes de onda de emisión y absorción en los espectros.

Espectrógrafo

Un espectrógrafo separa la luz que le llega de acuerdo a su longitud de onda y *registra el espectro electromagnético en un detector*. Es un tipo de espectrómetro y ha sustituido al espectroscopio en aplicaciones científicas. Su estructura es similar a la del espectroscopio, sustituyendo el ocular por detector fotosensible. Los primeros espectrógrafos usaban una emulsión fotográfica como detector. Los más recientes usan detectores electrónicos, como los detectores CCD, que ya son capaces de registrar desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

Actividades de ampliación

A11 Uso de programas que permitan desarrollar experiencias sencillas

Programa de espectroscopia de CLEA.

Este software es muy interesante porque plantea el uso virtual de un telescopio óptico con el que se pueden tomar espectros de estrellas y obtener su clasificación espectral. El programa se denomina cle_spe.exe y pertenece a una familia de programas que componen un completo laboratorio astrofísico virtual. Es muy interesante aunque bastante avanzado. Se puede encontrar una traducción de las instrucciones en:

<http://www.uco.es/~i52cacaj/AAC/bolet28/clea1.htm>

<http://www.astro-digital.com/8/clea.html>

