

Nombre del alumno:

Fecha:

Aprendizajes:

Puntuación:

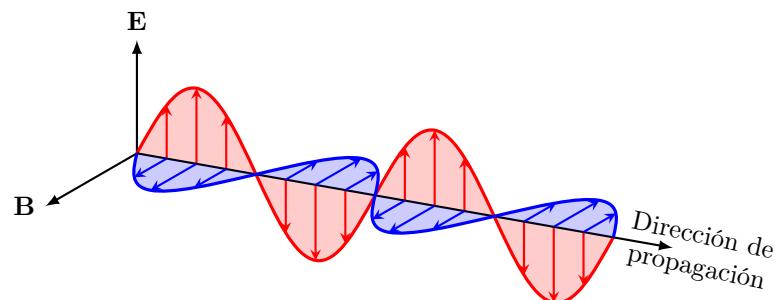
- Describe la generación, diversidad y comportamiento de las ondas electromagnéticas como resultado de la interacción entre electricidad y magnetismo.

Pregunta	1	2	3	4	5	6	Total
Puntos	20	20	10	10	15	25	100
Obtenidos							

## Ondas electromagnéticas

La radiación electromagnética es una de muchas maneras como la energía viaja a través del espacio. El calor de un fuego que arde, la luz del sol, los rayos X que utiliza tu doctor, así como la energía que utiliza un microondas para cocinar comida, son diferentes formas de la radiación electromagnética. Mientras que estas formas de energía pueden verse muy diferentes una de otra, están relacionadas en que todas exhiben propiedades características de las ondas. Si alguna vez has ido a nadar al océano, ya estás familiarizado con las ondas.

Figura 1: Las ondas electromagnéticas consisten de un campo eléctrico que oscila y de un campo magnético perpendicular que también oscila.



Las ondas son simplemente perturbaciones en un medio físico particular o en un campo, que resultan en vibraciones u oscilaciones. La subida de una ola en el océano, junto con su caída subsecuente, son simplemente una vibración u oscilación del agua en la superficie del mar. Las ondas electromagnéticas son similares pero también distintas, pues de hecho consisten en 2 ondas que oscilan perpendicularmente la una de la otra. Una de las ondas es un **campo magnético B** que oscila; la otra, un **campo eléctrico E** que oscila, como se muestra en la figura 1. Aunque es bueno tener una comprensión básica de lo que es la radiación electromagnética, la mayoría de los químicos están menos interesados en la física detrás de este tipo de energía, y mucho más interesados en cómo estas ondas interactúan con la materia. Específicamente, los químicos estudian cómo las diferentes formas de radiación electromagnética interactúan con los átomos y las moléculas. De estas interacciones, un químico puede obtener información sobre la estructura de una molécula, así como los tipos de enlaces que ocurren en ella. Antes de hablar de eso, sin embargo, es necesario hablar un poco de las propiedades físicas de las ondas de luz.

## Propiedades básicas de las ondas: amplitud, longitud de onda y frecuencia

Como tal vez ya sabrás, una onda tiene un valle (punto más bajo) y una cresta (punto más alto). La distancia vertical entre la punta de la cresta y el eje central de la onda se conoce como amplitud. Esta es la propiedad asociada con el brillo, o intensidad, de la onda. La distancia horizontal entre dos crestas o valles consecutivos de la onda se conoce como longitud de onda. Podemos visualizar estas longitudes de onda de la manera siguiente:

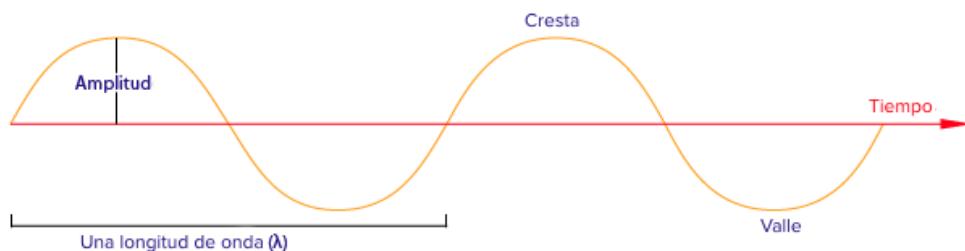


Figura 2: Las características principales de una onda, incluyendo la amplitud y la longitud de onda.

Ten en cuenta que algunas ondas (incluyendo las ondas electromagnéticas) también oscilan en el espacio, y por lo tanto oscilan en una posición dada conforme pasa el tiempo. La cantidad de la onda conocida como frecuencia describe el número de longitudes de onda completas que pasan por un punto dado del espacio en un segundo; la unidad del SI para la frecuencia es el hertz (hz) o (1/s). Como te imaginarás, la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales; es decir, mientras más corta sea la longitud de onda, más alta será la frecuencia, y viceversa. Esta relación está dada como se muestra a continuación:

#### Frecuencia y longitud de onda

La frecuencia  $f$  de una onda electromagnética es:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} \quad \text{y} \quad \lambda = \frac{\nu}{f} \quad (1)$$

donde  $\nu$  es la velocidad de propagación de la onda ( $\nu = 3 \times 10^8$  m/s) y  $\lambda$  la longitud de onda.

#### Energía de un foton

La energía  $E$  asociada a dicha onda es:

$$E = h \times f \quad (2)$$

donde  $h$  se conoce como *constante de Planck* ( $h = 6.626 \times 10^{-34}$  Js).

#### Ejemplo 1

Completa la tabla escribiendo los datos que faltan.

Tipo de onda electromagnética	Longitud de onda (m)	Frecuencia (1/s)	Energía (J)
Rayos gamma	$1.2 \times 10^{-11}$	$2.5 \times 10^{19}$	$1.6565 \times 10^{-14}$
Luz visible	$3 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{15}$	$6.262 \times 10^{-19}$
Ondas de radio	$1.5 \times 10^5$	$2 \times 10^3$	$1.3252 \times 10^{-31}$

#### Solución:

Rayos gamma:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1.2 \times 10^{-11}} = 2.5 \times 10^{19} \text{ 1/s} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 2.5 \times 10^{19} = 1.6565 \times 10^{-14} \text{ J}$$

Luz visible:

$$\lambda = \frac{\nu}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{15}} = 3 \times 10^{-7} \text{ m} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 1 \times 10^{15} = 6.262 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Ondas de radio:

$$\lambda = \frac{\nu}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^3} = 1.5 \times 10^5 \text{ m} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 2 \times 10^3 = 1.3252 \times 10^{-31} \text{ J}$$

## Ejercicio 1

20 puntos

Completa la tabla escribiendo los datos que faltan.

Tipo de onda electromagnética	Longitud de onda (m)	Frecuencia (1/s)	Energía (J)
Microondas	$1 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{10}$	$1.98 \times 10^{-23}$
Rayos X	$2 \times 10^{-10}$	$1.5 \times 10^{18}$	$9.939 \times 10^{-16}$
Radiación infrarroja	$8.33 \times 10^{-6}$	$3.6 \times 10^{13}$	$2.3 \times 10^{-20}$

Tabla 1: Comparación entre algunos tipos de ondas electromagnéticas.

**Solución:**

Microondas:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{10} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{10} = 1.98 \times 10^{-23}$$

Rayos X:

$$\lambda = \frac{\nu}{f} = \frac{3 \times 10^{10}}{1.5 \times 10^{18}} = 2 \times 10^{-10} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 1.5 \times 10^{18} = 9.939 \times 10^{-16}$$

Radiación infrarroja:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{10}}{8.33 \times 10^{-6}} = 3.6 \times 10^{13} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 3.6 \times 10^{13} = 2.3 \times 10^{-20}$$

## Ejercicio 2

20 puntos

Completa el Cuadro 2 escribiendo los datos que faltan en notación científica.

Tipo de onda electromagnética	Longitud de onda (m)	Frecuencia (1/s)	Energía (J)
Microondas	$2 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{10}$	$9.939 \times 10^{-24}$
Rayos X	$3 \times 10^{-10}$	$1 \times 10^{18}$	$6.626 \times 10^{-16}$
Radiación infrarroja	$6 \times 10^{-6}$	$13.3 \times 10^{13}$	$8.83 \times 10^{-20}$

Tabla 2: Comparación entre algunos tipos de ondas electromagnéticas.

**Solución:**

Microondas:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^{-2}} = 1.5 \times 10^{10} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 1.5 \times 10^{10} = 9.939 \times 10^{-24}$$

Rayos X:

$$\lambda = \frac{\nu}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{18}} = 3 \times 10^{-10} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 1 \times 10^{18} = 6.626 \times 10^{-16}$$

Radiación infrarroja:

$$f = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-6}} = 13.3 \times 10^{13} \quad E = h \times f = 6.626 \times 10^{-34} \times 13.3 \times 10^{13} = 8.83 \times 10^{-20}$$

## El espectro electromagnético

Podemos clasificar y ordenar las ondas electromagnéticas de acuerdo a sus diferentes longitudes de onda y frecuencias; llamamos a esta clasificación “el espectro electromagnético”. La figura 3 muestra este espectro, que consiste de todos las clases de radiación electromagnética que existen en nuestro universo.

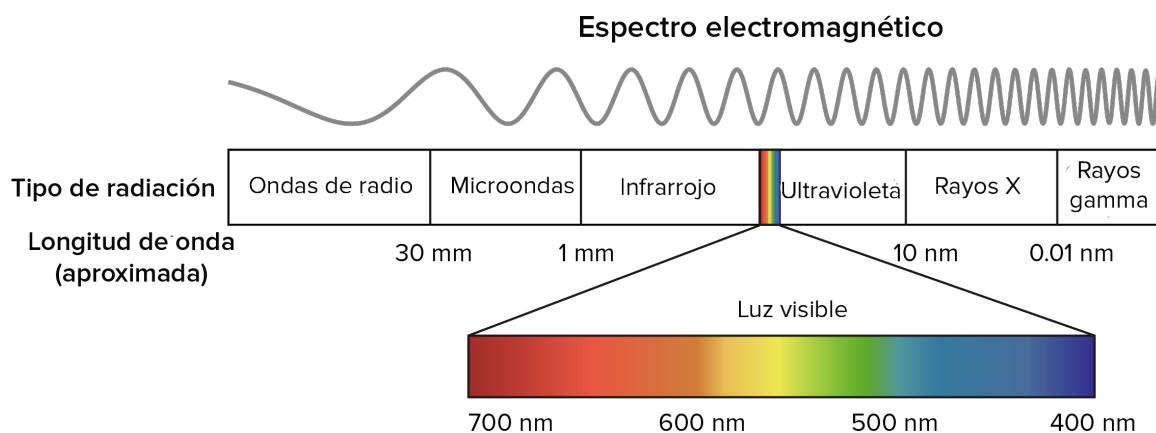


Figura 3: El espectro electromagnético.

Como podemos ver, el espectro visible —es decir, la luz que podemos ver con nuestros ojos— es tan solo una pequeña fracción de las diferentes clases de radiación que existen. A la derecha del espectro visible, encontramos las clases de energía que son menores en frecuencia (y por lo tanto mayores en longitud de onda) que la luz visible. Estas clases de energía incluyen los rayos infrarrojos (IR) (ondas de calor emitidas por los cuerpos térmicos), las microondas y las ondas de radio. Estos tipos de radiación nos rodean constantemente; no son dañinos, pues sus frecuencias son muy bajas. Como veremos en la sección siguiente, “El fotón”, las ondas de baja frecuencia tienen poca energía, y por lo tanto no son peligrosas para nuestra salud. A la izquierda de espectro visible, encontramos los rayos ultravioleta (UV), los rayos X y los rayos gamma. Estas clases de radiación son dañinas para los organismos vivos, pues tienen frecuencias extremadamente altas (y por lo tanto, mucha energía). Es por esta razón que usamos loción bloqueadora en la playa (para bloquear los rayos UV provenientes del sol) y que, para prevenir que los rayos X penetren otras áreas del cuerpo distintas de la que requiere visualizarse, un técnico de rayos X coloca una placa de plomo sobre nosotros. Los rayos gamma son los más dañinos, pues son los más altos en frecuencia y en energía. Afortunadamente, nuestra atmósfera absorbe los rayos gamma que provienen del espacio, y así nos protege del daño.

### Ejercicio 3

10 puntos

Relaciona el tipo de onda electromagnética que está involucrada con la explicación de cómo manifiesta su energía.

- A Rayos X
  - B Luz visible
  - C Radiación infrarroja
  - D Microondas
- a  D Poseen altas frecuencias y hacen vibrar las moléculas de agua, por lo que incrementan su temperatura. Se utilizan para calentar alimentos con altos contenidos de agua.
- b  C Es también conocida como radiación térmica, y es aplicada en la comunicación entre dispositivos electrónicos a corta distancia, como el control remoto de un televisor.
- c  B Puede ser aprovechada por los seres vivos; por ejemplo, para generar energía química mediante la fotosíntesis.
- d  A Poseen gran energía, por lo que pueden atravesar la materia blanda, pero no la dura. Esta propiedad permite generar imágenes de los huesos.

## Ejercicio 4

10 puntos

Coloca en orden de menor a mayor los siguientes colores, de acuerdo con el valor de su frecuencia (de izquierda a derecha).



## Ejercicio 5

15 puntos

Relaciona la imagen con el tipo de onda electromagnética que está involucrada.

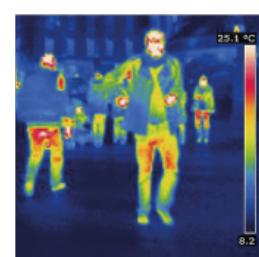
(A) Rayos X

a ————— D



(B) Rayos gamma

b ————— C



(C) Radiación infrarroja

c ————— B



(D) Rayos ultravioleta

d ————— A



## Composición y descomposición de la luz blanca

En general, cualquier tipo de luz puede descomponerse en colores; el arcoíris es una manifestación de la descomposición de la luz solar. Entre sus diversos experimentos de óptica, cuando Newton hizo pasar luz blanca a través de un prisma de vidrio observó la descomposición de la luz en colores y así comprobó que la luz blanca es en realidad una mezcla de los colores del arcoíris. Newton trató de explicar este fenómeno mediante el modelo corpuscular (modelo de partículas) al considerar que la luz, al igual que la materia, estaba constituida por partículas de distintos tamaños, y pensó que, según su tamaño, cada partícula producía en el ojo una sensación de color distinta. Esta idea despertó las críticas entre sus contemporáneos; más de 100 años después, **James Clerk Maxwell (1831-1879)** descubrió que la luz está constituida por ondas electromagnéticas.

Los fenómenos de reflexión y refracción de la luz son un buen punto de partida para estudiar las propiedades físicas de la luz como onda.

Cuando la luz incide sobre un objeto pueden suceder las siguientes situaciones, aunque en distinto grado.

- El objeto absorbe casi toda la luz.
- El objeto sólo absorbe una parte de la luz (lo que da origen a los colores).
- Nada de la luz que llega la absorbe el objeto.

Si un objeto no permite que pase luz a través de él, pero tampoco la absorbe, como sucede en los espejos, toda esa luz rebota en su superficie, fenómeno que se conoce como reflexión. ¿Recuerdas que este fenómeno también lo observaste para una onda mecánica? Los objetos en los que puedes distinguir algún color sólo reflejan una fracción de la luz blanca que les llega (la que corresponde a su color) y absorben la otra parte. Otros materiales, como el aire, el agua y el vidrio, permiten que casi toda la luz pase a través de ellos, y por ello no tienen color: son objetos transparentes. Cuando vemos algo es porque refleja parte de la luz que recibe. El haz de luz que llega a una superficie recibe el nombre de rayo incidente, y el que rebota se conoce como rayo reflejado. En el experimento con el láser el rayo de luz incidente es el que sale del láser, y el rayo de luz que llega a la hoja de papel es el reflejado.

La recta imaginaria, que es perpendicular a la superficie, se llama recta normal. El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión se forman entre la recta normal y los rayos de incidencia y de reflexión, respectivamente; siempre miden lo mismo (figura 3.39). En tu experimento tal vez determinaste que estos ángulos son parecidos, pero no iguales; esto se debe a que la actividad y las mediciones no son del todo precisas. Por otra parte, en el experimento del recipiente con la moneda notaste que al verter agua en el recipiente volvías a ver la moneda como si se hubiera movido de su posición original. Por supuesto, la moneda no se movió; lo que sucede es que cuando la luz pasa de un medio a otro (por ejemplo del aire al agua) se desvía, fenómeno que se conoce como refracción. En el experimento la luz que refleja la moneda se refracta al salir de la superficie del agua y eso hace que la puedas ver. Los fenómenos de reflexión y de refracción de la luz se explican con base en la hipótesis de que la luz es una onda. Imagina que sujetas firmemente el extremo de un resorte a una pared, y el otro extremo lo comprimes y estiras una vez; se formará así una onda longitudinal en el resorte y en el momento que esa onda choque con la pared regresará hacia ti; de esta manera la onda se está reflejando. En forma análoga, cuando un rayo de luz llega a la superficie de un espejo, las ondas de luz chocan y se reflejan. La luz blanca, con sus colores, se encuentra en una pequeña parte del espectro electromagnético que se conoce como espectro visible. Cada uno de los colores que componen la luz visible tiene asociada una longitud de onda, como se observa en la infografía de la lección anterior. Para el ojo humano es imposible ver más allá del espectro visible, tanto para mayores longitudes de onda (después del infrarrojo) como para menores (antes del ultravioleta).

**Ejercicio 6****25 puntos**

Lee el texto a continuación y escribe las palabras que faltan en los espacios vacíos dentro de cada afirmación.

- a La luz visible es una mezcla de todos los colores presentes en el arcoíris; éste es una manifestación de la descomposición de la luz proveniente del Sol.
- b El color de los objetos que el ojo humano distingue (por ejemplo, una manzana roja) es producto del reflejo de una parte de la luz que les llega, y corresponde al color del objeto.
- c Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro, oblicuamente (por ejemplo, del aire al agua), experimenta un cambio de dirección al cual se le conoce como refracción.
- d Los fenómenos de reflexión y refracción de la luz se pueden explicar si suponemos que ésta es una onda.
- e La luz es resultado de una combinación de oscilaciones eléctricas y magnéticas.
- f La luz se propaga en línea recta y puede hacerlo incluso en el vacío.
- g La energía de las ondas electromagnéticas es proporcional a su frecuencia.
- h La energía de las ondas electromagnéticas es inversamente proporcional a su longitud de onda.
- i Todas las ondas electromagnéticas se propagan con la misma velocidad. En el vacío, ésta es de aproximadamente 300 000 km/s.
- j A la clasificación de las ondas electromagnéticas según su frecuencia se le conoce como espectro electromagnético.