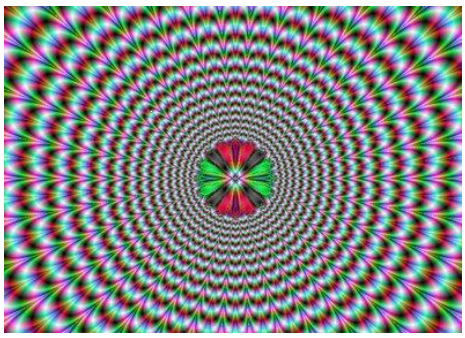
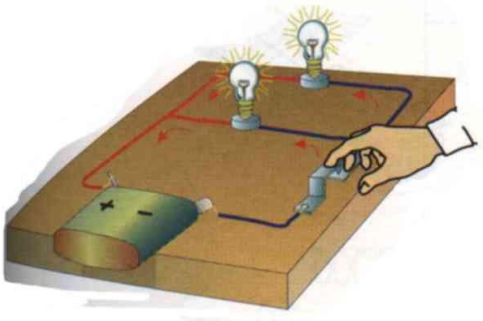
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**
**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, PLANTEL SUR**
**SECRETARÍA ACADÉMICA**

**ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES**





# GUÍA DE ESTUDIO PARA PRESENTAR EL EXAMEN EXTRAORDINARIO DE FÍSICA II

**( PEA REVISADO Y ACTUALIZADO )**


Participantes.

Jonathan Torres Barrera, Román Luis Pérez Mondragón, Luis Fernando Terán Mendieta, Juan Manuel Juárez, Sergio Alejandro Carrillo Araujo, Andrés Roberto Sánchez Ornelas, Ricardo Cervantes Pérez y Javier Rodríguez Hernández



GUÍA ELABORADA EN ENERO DEL 2009.

## Índice

**Recomendaciones.** ..... **3**

**Antecedentes académicos.** ..... **3**

**Temario de Estudio.** ..... **4**

**Actividades de aprendizaje.** ..... **4**

***UNIDAD 4: FENÓMENOS ONDULATORIOS MECÁNICOS*** ..... ***1***

**4.1 Ondas mecánicas**..... ¡Error! Marcador no definido.

4.1.1 Generalidades..... **¡Error! Marcador no definido.**

4.1.2 Parámetros que caracterizan al movimiento ondulatorio....**¡Error! Marcador no definido.**

4.1.3 Magnitudes relativas a fenómenos ondulatorios. **¡Error! Marcador no definido.**

**4.2Fenómenos ondulatorios.** ..... ¡Error! Marcador no definido.

4.2.1.Algunas situaciones o fenómenos que se tienen al hablar de las ondas.**¡Error! Marcador no definido.**

4.2.2 El sonido, ejemplo de fenomenito ondulatorios **¡Error! Marcador no definido.**

***UNIDAD 5. FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS*** ..... ***28***

**5.1. Carga eléctrica.** ..... **28**

5.1.1.Ley de Coulomb. ..... 29

**5.2. Campo eléctrico, Energía Potencial y potencial eléctricos.** ..... **30**

5.2.1Potencial Eléctrico. Energía potencial eléctrica. ..... 32

**5.3 Corriente y diferencia de potencial** ..... **34**

5.3.1 Diferencia de potencial y potencial eléctrico..... 35

5.3.2 Ley de Ohm..... 35

**5.4 Fenómenos electromagnéticos.** ..... ¡Error! Marcador no definido.

**5.5 Ondas Electromagnéticas**..... **65**

***UNIDAD 6. FÍSICA Y TECNOLOGÍA CONTEMPORÁNEAS***..... ***66***

**6.1 Cuantización de la materia y la energía.** ..... **66**

6.1.3 Espectros de emisión y absorción de gases. ..... 68

6.1.5 Naturaleza dual de la materia. ..... 70

**6. 2 La Relatividad Especial** ..... **71**

6.2.1 Límites de aplicabilidad de la mecánica clásica y origen de la física relativista. ..... 71

6.2.2 Equivalencia entre la masa y la energía y sus consecuencias prácticas. ..... 72

**6.3 Aplicaciones de Física Contemporánea** ..... **75**

6.3.1 física nuclear..... 75

6.3.2 Radioisótopos ..... 75

***7 Bibliografía***..... ***78***

***8 Examen de autoevaluación***..... ***82***

## INTRODUCCIÓN.

Esta guía ha sido elaborada de manera colegiada por un grupo amplio de profesores de ambos turnos y cumple con los criterios establecido en el protocolo de equivalencias, está diseñado para orientarte en la preparación del examen extraordinario de Física II basada en el programa del Plan de Estudio actualizado. encontrarás en cada contenido un desarrollo manera resumida, destacando los conceptos fundamentales, en cada tema encontraras un problema resuelto de aplicación mismo que te orientara sobre el manejo de las ecuaciones o fórmulas y te servirá de base para resolver el cuestionario de autoevaluación, con sus respuestas, te servirá de parámetro de tus aprendizajes y finalmente encontraras un listado de textos que te apoyarán en la búsqueda de información sobre la asignatura.

La guía está estructurada como sigue: modo de empleo de la guía; antecedentes o prerrequisitos del curso; programa; actividades de aprendizaje; algunas preguntas y problemas para reforzar las lecturas de los temas; examen de autoevaluación y bibliografía de apoyo.

En los antecedentes se enlistan los conceptos físicos y matemáticos que debes manejar para la comprensión de las unidades temáticas. En el programa, aparecen los objetivos y contenidos temáticos del curso. En las actividades de aprendizaje se sugieren algunas formas o técnicas para lograr la comprensión de aspectos conceptuales o teóricos.

# Recomendaciones.

- Lee y estudia toda la guía, localiza las partes que te parezcan con mayor grado de dificultad y pide ayuda a tus compañeros o profesores del curso para aclarar esas partes.
- Es importante que lleves a cabo todas las sugerencias que se indican, para tener los resultados deseados.
- Las sugerencias de autoevaluación se han diseñado con la intención de que tengas una visión acerca de tu aprendizaje, comprensión y manejo de los temas del programa, para que identifiques los que ya manejas y los que desconoces a fin de que pongas mayor atención en estos últimos.
- Ten presente que el resolver la guía no es garantía de aprobar el examen, pero sí aumenta tus probabilidades pues te proporciona elementos de seguridad y apoyo para conseguirlo, debido a que conocerás la temática y estructura del cuestionario.

# Antecedentes académicos.

Para comenzar el estudio de los contenidos temáticos de esta asignatura, se sugiere que realices un repaso o recordatorio de los siguientes temas, que son básicos para su comprensión:

Deberás emplear un sistema consistente de unidades cuando se lleven a cabo los cálculos. El sistema utilizado es el Sistema Internacional de unidades (SI). Además,

cuando se resuelvan los problemas numéricos se deberán comprobar los resultados con un análisis dimensional, para asegurarse del buen manejo de las unidades de medición.

## Temario de Estudio.

Los contenidos temáticos se presentan de manera resumida, por lo que deberás utilizar los textos sugeridos para tener más información sobre ellos:

## Actividades de aprendizaje.

- Lo primero que debes hacer es leer toda la guía para tener una visión general del curso y cómo estudiar.
- Estudia cada unidad temática de la guía destacando (puedes subrayar) aquellos conceptos que son fundamentales en cada una de ellas. Puedes hacer una lista de conceptos con sus definiciones y ecuaciones, como si hicieras un "acordeón".
- Consulta en los textos, para ampliar la información, aquellos conceptos que se destacaron.
- Discute y analiza con otros compañeros el desarrollo de cada unidad temática. Responde las preguntas y problemas que aparecen en cada unidad.
- Consulta con algún profesor de la asignatura las dudas que tengas al respecto.
- Cuando consideres que has comprendido cada tema y sus conceptos principales, resuelve el examen de autoevaluación que se sugiere al final de la guía.
- Confronta tus respuestas con las que se dan para tal efecto.
- No dejes a la suerte el resultado de tu examen extraordinario, de tu esfuerzo y del estudio depende el éxito del examen.
- A continuación se presentan de manera resumida los contenidos temáticos del Programa, los que deberás complementar con los textos, solicitando asesorías a los profesores de la materia y discutiendo con tus compañeros.

# UNIDAD 4: FENÓMENOS ONDULATORIOS MECÁNICOS

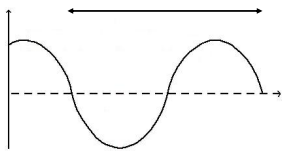
En esta Unidad tendrás una referencia del movimiento ondulatorio y sus clasificaciones, así como la identificación de los parámetros que ayudan a caracterizarlo.
Por otro lado también tendrás una visión completa de los fenómenos ondulatorios y sus definiciones, principalmente de las ondas mecánicas.

## El movimiento ondulatorio

El movimiento ondulatorio es el proceso por el cual se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia, mediante ondas. Cuando estas ondas necesitan un medio material, se llaman *ondas mecánicas*.

Algunos ejemplos de este tipo de ondas se presentan al arrojar una piedra en un lago o río, al caer la piedra en la superficie se genera un movimiento en el agua que se como una onda; cuando mueves o juegas con una cuerda, cuando usas un resorte para con un peso y lo jalas, este oscila, etc.

Si se produce una vibración en un punto de un medio elástico, esta se transmite a todos los puntos de éste. Las ondas mecánicas son las perturbaciones que se transmiten por este medio. Cuando el movimiento es uniforme, se llama vibración armónica.
Cuando una partícula se mueve desde un punto extremo, hasta el otro y vuelve (pasando dos veces por la posición de equilibrio), decimos que ha hecho una *oscilación o vibración completa*.



**Tipos de ondas**

Es posible distinguir diferentes tipos de ondas atendiendo a criterios distintos.

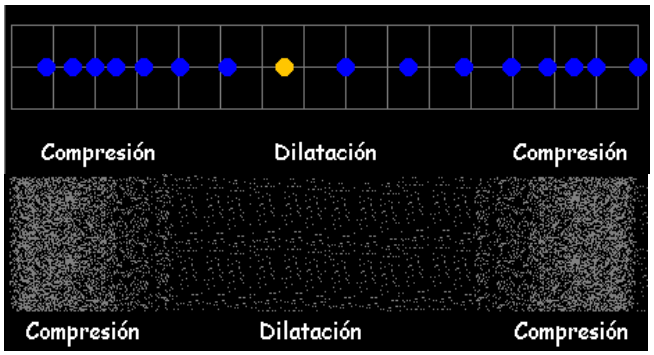
**Ondas mecánicas y electromagnéticas**.

En una primera clasificación de las ondas en mecánicas y electromagnéticas. Algunas clases de ondas necesitan para propagarse de la existencia de un medio material que, haga el papel de soporte de la perturbación; se denominan genéricamente *ondas mecánicas.* El sonido, las ondas que se forman en la superficie del agua, las ondas en muelles o en cuerdas, son algunos ejemplos de ondas mecánicas y corresponden a compresiones, deformaciones y, en general, a perturbaciones del medio que se propagan a través suyo. Sin embargo, existen ondas que pueden propagarse aun en ausencia de medio material, es decir, en el vacío. Son las *ondas electromagnéticas* o campos electromagnéticos viajeros; a esta segunda categoría pertenecen las ondas luminosas, las de radio y televisión, las microondas, rayos x, etc.

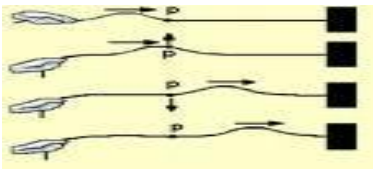
**Ondas Transversales y Longitudinales**

Las ondas mecánicas presentan dos tipos de movimientos por lo que se pueden clasificar en **ondas transversales y ondas longitudinales**. En las primeras, los movimientos de las partículas del medio que transportan la onda son perpendiculares a la dirección de propagación de la perturbación; en las segundas, ambos movimientos son paralelos.

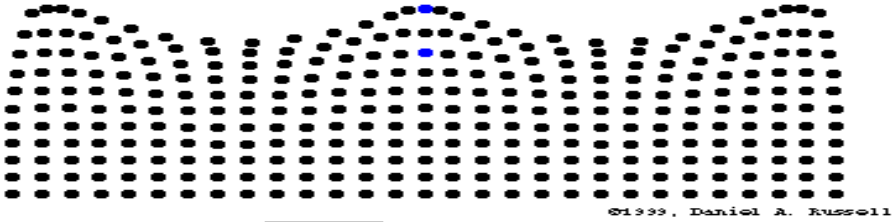
Un modelo simple de onda longitudinal se obtiene a partir de una hilera de pequeños bloques unidos. Las ondas longitudinales reciben el nombre genérico de **ondas sonoras**, debido a que sus características son prácticamente idénticas a las del sonido ordinario en el aire.
El sonido es un ejemplo de onda longitudinal. Cuando hacemos vibrar un objeto, éste transmite la vibración a las moléculas de los gases que componen el aire que se encuentran próximas a él. A su vez las moléculas que han sufrido la perturbación se la transmiten a sus moléculas vecinas, de forma que la onda se va alejando del foco sonoro.
Observa las siguientes imágenes, en las que representamos las zonas de compresión y de dilatación típicas de una onda sonora:




Las ondas que se producen en una **cuerda** tensa son ondas transversales, ya que los puntos de la cuerda oscilan en una dirección perpendicular a la de propagación, que es la dirección de la cuerda en equilibrio.



Movimiento de una cuerda




OLAS

**Ondas Direccionales**

La tercera clasificación atiende al ámbito de propagación las ondas. Se clasifican en:

*Monodimensionales:* Son aquellas que, como las ondas en los muelles o en las cuerdas, se propagan a lo largo de una sola dirección del espacio.

*Bidimensionales:* Se propagan en cualquiera de las direcciones de un plano de una superficie. Se denominan también ondas superficiales y a este grupo pertenecen las ondas que se producen en la superficie de un lago cuando se deja caer una piedra sobre él.

*Tridimensionales.* si en un cierto punto se produce una perturbación y esta se propaga en todas las direcciones con la misma velocidad se dice que el medio es isótropo y los frentes de onda resultantes son esferas con el centro en el origen de la perturbación

Un ejemplo son las producidas por un globo esférico que se infla y desinfla alternativamente, poseen frentes de ondas esféricos si el foco es puntual y si el medio, como en el caso anterior, es homogéneo.

**Ondas viajeras**

Como su nombre lo indica en este caso la onda viaja a través del espacio, considerando según sea el caso un medio mecánico o no, la onda se mueve constantemente, mientras exista la fuente generadora

Un ejemplo es cualquier onda no sujetada por alguno de sus extremos

**Ondas estacionarias**

En este caso la onda esta fija en uno o más nodos por lo que la onda no se mueve en dirección alguna, es decir si acepta el movimiento pero no se desplaza.

Una onda estacionaria se puede considerar como la interferencia de dos ondas de la misma amplitud y longitud de onda: una incidente que se propaga de izquierda a derecha y la otra que resulta de reflejarse esta en el extremo y se propaga de derecha a izquierda.

$y_1 = A \operatorname{sen}(kx - wt)$ de izquierda a derecha

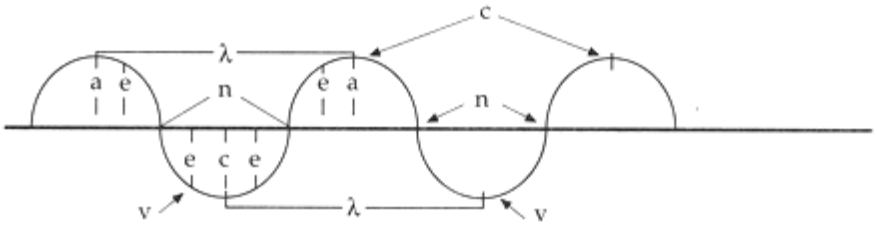
$y_2 = A \operatorname{sen}(kx + wt)$ de derecha a izquierda

Un ejemplo es una cuerda atada de un extremo

**Características de las Ondas**

Si no aplicamos ninguna fuerza exterior, la amplitud de este movimiento va decreciendo progresivamente, pero a veces es posible compensar esta pérdida de amplitud con impulsos de forma que cada vibración sea idéntica a la precedente. En este caso decimos que el movimiento es periódico y se llama período*( T )*, al tiempo que tarda en tener lugar una vibración completa. Se llama frecuencia *( f )* al número de oscilaciones

por unidad de tiempo. Por la propia definición, el período es el inverso de la frecuencia: *T = 1/f*.



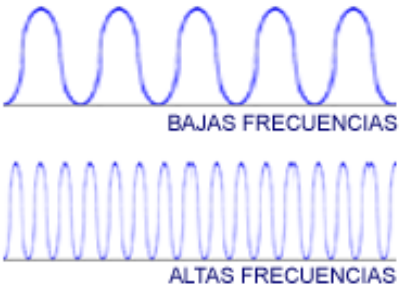

a) amplitud de onda
λ) longitud de onda
e) elongación
v) valle
c) cresta
n) nodo

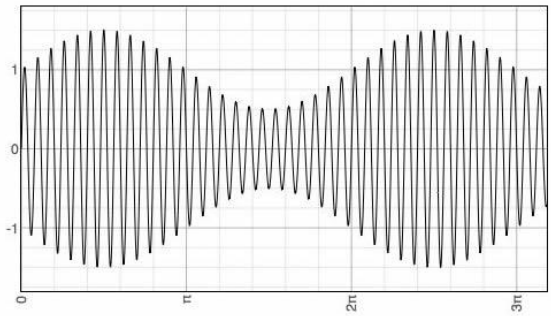
**Longitud de onda:**
La longitud de onda es la distancia entre dos crestas consecutivas. Como todas las distancias, se mide en metros, aunque dada la gran variedad de longitudes de onda que existen suelen usarse múltiplos como el kilómetro (para ondas largas como las de radio y televisión) o submúltiplos como el nanómetro o el Angstron (para ondas cortas como la radiación visible o los rayos X).

**La amplitud**
La amplitud es el grado de movimiento de las moléculas de aire en una onda. Esta corresponde, en términos musicales, a aquello que llamamos intensidad. Cuanto más grande es la amplitud de la onda, más intensamente golpean las moléculas en el tímpano y más fuerte es el sonido percibido.
La amplitud mínima para que un sonido sea percibido por una persona se llama linde de audición. Cuando la amplitud aumenta, llega un momento en que produce molestias en el tímpano, a eso se le llama linde del dolor.

**Frecuencia**:
La frecuencia es el número de oscilaciones que una onda efectúa en un determinado intervalo de tiempo. Generalmente se mide en hertzios (Hz) siendo un hertzio equivalente a una vibración por segundo. Por ello, también se utiliza el $s^{-1}$ como unidad para medir la frecuencia.

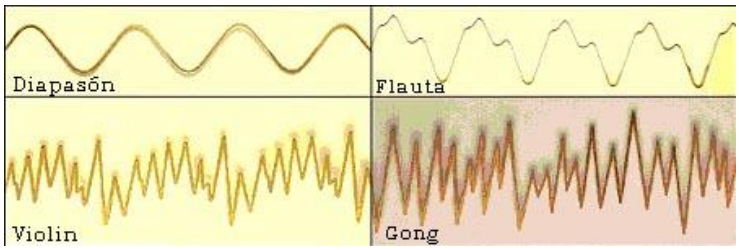
Desde el punto de vista musical, la frecuencia se relaciona con la altura o tono de la nota musical a que corresponde. Cuanto más grande es la frecuencia, más alto es el tono de una nota musical. El sonido es más agudo.
Para conocer la frecuencia de una onda la dividimos en partes que van desde una "cresta" a la siguiente de forma que el número de crestas que pasa por un punto en cada segundo es la frecuencia.
La frecuencia de una onda es la inversa de su período T, que es el tiempo que tarda en avanzar una distancia igual a su longitud de onda.
Los humanos somos sensibles a las vibraciones con frecuencia comprendida entre 16 Hz y 20.000 Hz. Por debajo de 16 Hz se llaman infrasonidos y por encima, ultrasonidos. El margen auditivo de las personas varia según la edad y otros factores. Los animales tienen un margen auditivo diferente, así, es muy conocido el hecho que los perros pueden sentir frecuencias mucho más altas, dentro del margen de los ultrasonidos.




Modulación de una onda (amplitud)

Ejemplos del comportamiento de las ondas producidas por varios instrumentos




**La forma de onda**
La forma de onda es la característica que nos permitirá distinguir una nota de la misma frecuencia e intensidad producida por instrumentos diferentes. La forma de onda viene determinada por los armónicos.
*Los armónicos* son una serie de vibraciones subsidiarias que acompañan a una vibración primaria o fundamental del movimiento ondulatorio (especialmente en los instrumentos musicales).

Cuando un cuerpo vibra, lo puede hacer produciendo un movimiento armónico simple. Es decir, un movimiento que se puede expresar en función del tiempo con una función sinusoide ( $g(t)=A\cdot sin(2\cdot\pi\cdot f\cdot t)$), donde *f* representa la frecuencia del sonido, *A* su amplitud y *g(t)* la prolongación vibratoria en función del tiempo.
Este es el caso del diapasón, una pequeña horqueta de dos puntas utilizada por los músicos para obtener, al ser golpeada, un sonido o tono fijo, con el cual se afinan los instrumentos. Produce un sonido puro, casi sin armónicos, que no varía con cambios de temperatura.

Normalmente, al hacer vibrar un cuerpo, no obtenemos un sonido puro, sino un sonido compuesto de sonidos de diferentes frecuencias. A estos se les llama armónicos. La frecuencia de los armónicos, siempre es un múltiplo de la frecuencia más baja llamada *frecuencia fundamental o primer armónico*. A medida que las frecuencias son más altas, los segmentos en vibración son más cortos y los tonos musicales están más próximos los unos de los otros.

Los armónicos contribuyen a la percepción auditiva de la calidad de sonido o timbre. Para entender mejor esto, podéis ver unos ejemplos de sonidos con forma de onda

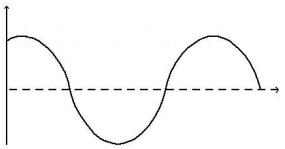
diferente. Las últimas corresponden a instrumentos musicales y lo que nos indica es su timbre.

El sonido se produce a partir de una nota con frecuencia fundamental *f* a la cual se añaden armónicos de frecuencias *2·f, 3·f, 4·f,* y respectivamente amplitudes *1/2, 1/3 y 1/4.*

En concreto este sonido se ha generado con la función:
*f(t)=sin(2·π·440·t)+ sin(2·π·880·t)/2+ sin(2·π·1320·t)/3+ sin(2·π·1760·t)/4+….*

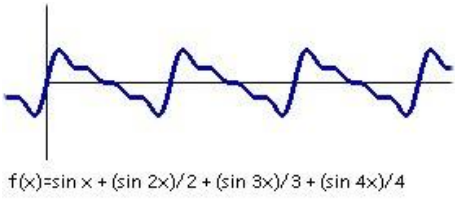
Es a decir, la frecuencia fundamental es 440 Hz.

La onda puede ser sinusoidal, de diente de sierra, cuadrada

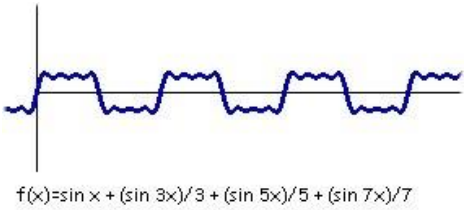


f(x) = Sin x

Onda de forma sinosuidal




Onda con forma de diente de sierra




Onda con forma cuadrada

**Velocidad**
La frecuencia, juntamente con la velocidad de propagación del sonido ( *v* ) está relacionada con la *longitud de onda ( l )*, que es el espacio que recorre una onda del inicio al final de una oscilación completa.
La longitud de onda se obtiene a partir de la fórmula: *espacio=velocidad · tiempo*. Cuando hablamos de una vibración armónica, *longitud de onda=velocidad de transmisión · período*, es decir:
La ecuación que relaciona *v, l,* y *f* es: ***v=l·f*** .
Es la rapidez con que se propaga la onda. Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$v = \lambda f$$

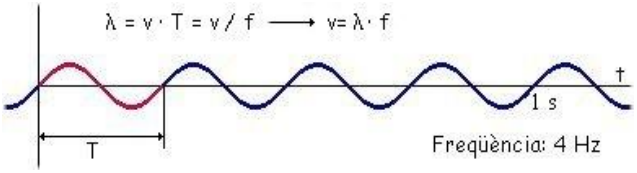
$v$ = velocidad en m/s
$\lambda$ = longitud de onda en m
$f$ = frecuencia en Hz

**Tabla de Velocidad del sonido en distintos medios**

| Medio | Velocidad (m/s) |
|---|---|
| Caucho | 60 |
| Aire (14 º C) | 340 |
| Vapor de agua | 500 |
| Agua de mar | 1.450 |
| Cemento | 4.000 |
| Cobre | 5.000 |
| Vidrio | 5.700 |
| Acero | 6.000 |

Tabla de velocidad del sonido en distintos medios y a diferentes temperaturas

| Sustancia | Temperatura (Cº) | Velocidad del sonido (m/s) |
|---|---|---|
| Aire | 0 | 331.46 |
| Argon | 0 | 319 |
| Bioxido de carbono | 0 | 260.3 |
| Hidrogeno | 0 | 1286 |
| Helio | 0 | 970 |
| Nitrogeno | 0 | 333.64 |
| Oxigeno | 0 | 314.84 |
| Agua destilada | 20 | 1484 |
| Agua de mar | 15 | 1509.7 |
| Mercurio | 20 | 1451 |
| Aluminio | 17-25 | 6400 |
| Vidrio | 17-25 | 5260 |
| Oro | 17-25 | 3240 |
| Hierro | 17-25 | 5930 |
| Plomo | 17-25 | 2400 |
| Plata | 17-25 | 3700 |
| Acero inoxidable | 17-25 | 5740 |




La imagen de arriba corresponde a una onda de *f*= 4Hz. La función que dibujaría esta gráfica sería *g(t)=sin(2·π·4·t)*, y el período *T* es igual a *1/f=1/4*.

**CUALIDADES DEL SONIDO**

El oído es capaz de distinguir unos sonidos de otros porque es sensible a las diferencias que puedan existir entre ellos en lo que concierne a alguna de las tres cualidades que caracterizan todo sonido y que son la intensidad, el tono y el timbre. Aun cuando todas ellas se refieren al sonido fisiológico, están relacionadas con diferentes propiedades de las ondas sonoras.

Intensidad

La intensidad del sonido percibido, o propiedad que hace que éste se capte como fuerte o como débil, está relacionada con la intensidad de la onda sonora correspondiente, también llamada *intensidad acústica.* La intensidad acústica es una magnitud que da idea de la cantidad de energía que está fluyendo por el medio como consecuencia de la propagación de la onda.

Se define como la energía que atraviesa por segundo una superficie unidad dispuesta perpendicularmente a la dirección de propagación. Equivale a una potencia por unidad de superficie y se expresa en $W/m^2$. La intensidad de una onda sonora es proporcional al cuadrado de su frecuencia y al cuadrado de su amplitud y disminuye con la distancia al foco.

La magnitud de la sensación sonora depende de la intensidad acústica, pero también depende de la sensibilidad del oído. El intervalo de intensidades acústicas que va desde el *umbral de audibilidad,* o valor mínimo perceptible, hasta el *umbral del dolor*

La intensidad fisiológica o sensación sonora de un sonido se mide en decibelios (dB). Por ejemplo, el umbral de la audición está en 0 dB, la intensidad fisiológica de un susurro corresponde a unos 10 dB y el ruido de las olas en la costa a unos 40 dB. La escala de sensación sonora es logarítmica, lo que significa que un aumento de 10 dB corresponde a una intensidad 10 veces mayor por ejemplo, el ruido de las olas en la costa es 1.000 veces más intenso que un susurro, lo que equivale a un aumento de 30 dB.

Debido a la extensión de este intervalo de audibilidad, para expresar intensidades sonoras se emplea una escala cuyas divisiones son potencias de diez y cuya unidad de medida es el decibelio (dB).

La conversión entre intensidad y decibelios sigue esta ecuación:

$$S = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

donde $I_0 = 10^{-12}$ $W/m^2$ y corresponde a un nivel de 0 decibelios por tanto. El *umbral del dolor* corresponde a una intensidad de 1 $W/m^2$ o 120 dB.

Ello significa que una intensidad acústica de 10 decibelios corresponde a una energía diez veces mayor que una intensidad de cero decibelios; una intensidad de 20 dB representa una energía 100 veces mayor que la que corresponde a 0 decibelios y así sucesivamente.

| Nivel de intensidad (dB) | Intensidad ($W/m^2$) | Sonido |
|---|---|---|
| 0 | $10^{-12}$ | Umbral de audición |
| 10 | $10^{-11}$ | Susurro de las hojas |
| 20 | $10^{-10}$ | Cuchicheo (a 1 m de distancia) |
| 30 | $10^{-9}$ | Casa tranquila |
| 40 | $10^{-8}$ | Casa normal, oficina tranquila |
| 50 | $10^{-7}$ | Oficina normal |
| 60 | $10^{-6}$ | Conversación normal, tráfico normal |
| 70 | $10^{-5}$ | Oficina ruidosa, calle animada |
| 80 | $10^{-4}$ | Tráfico intenso, comedor escolar |
| 90 | $10^{-3}$ | Ferrocarril subterráneo |
| 100 | $10^{-2}$ | Taller de maquinaria, discoteca |
| 120 | $10^{0}$ | Taladro neumático (a 2 m de distancia), avión despegando; umbral del dolor |
| 140 | $10^{2}$ | Avión a reacción (a 30 m de distancia) |

Si $I = 10^{-12}\ W/m^2 \rightarrow \beta = 0$ dB umbral de audición.

Si $I = 1\ W/m^2 \rightarrow \beta = 120$ dB umbral del dolor.

**Tono**

El *tono* es la cualidad del sonido mediante la cual el oído le asigna un lugar en la escala musical, permitiendo, por tanto, distinguir entre los graves y los agudos. La magnitud física que está asociada al tono es la frecuencia. Los sonidos percibidos como graves corresponden a frecuencias bajas, mientras que los agudos son debidos a frecuencias altas. Así el sonido más grave de una guitarra corresponde a una frecuencia de 82,4 Hz y el más agudo a 698,5 hertzs.

No todas las ondas sonoras pueden ser percibidas por el oído humano, el cual es sensible únicamente a aquellas cuya frecuencia está comprendida entre los 20 y los 20 000 Hz. En el aire dichos valores extremos corresponden a longitudes de onda que van desde 16 metros hasta 1,6 centímetros respectivamente

**Timbre**

El *timbre* es la cualidad del sonido que permite distinguir sonidos procedentes de diferentes instrumentos, aun cuando posean igual tono e intensidad. Debido a esta misma cualidad es posible reconocer a una persona por su voz, que resulta característica de cada individuo.

Pocas veces las ondas sonoras corresponden a sonidos puros, sólo los diapasones generan este tipo de sonidos, que son debidos a una sola frecuencia y representados por una onda armónica. Los instrumentos musicales, por el contrario, dan lugar a un sonido más rico que resulta de vibraciones complejas. Cada vibración compleja puede considerarse compuesta por una serie de vibraciones armónico simples de una frecuencia y de una amplitud determinadas, cada una de las cuales, si se considerara separadamente, daría lugar a un sonido puro. Esta mezcla de tonos parciales es característica de cada instrumento y define su timbre.

**Fenómenos Ondulatorios**

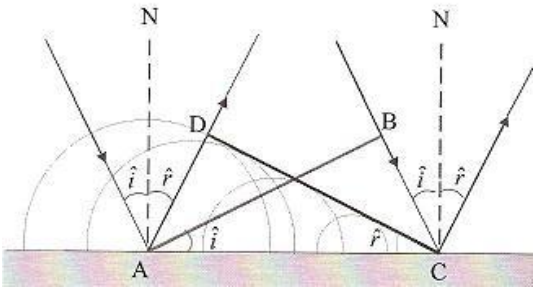
Los fenómenos ondulatorios son una parte muy importante del mundo que nos rodea. A través de ondas nos llegan los sonidos, como ondas percibimos la luz; se puede decir que a través de ondas recibimos casi toda la información que poseemos. A partir del análisis de fenómenos ondulatorios tan sencillos como las olas que se extienden por la superficie de una alberca o un lago, las producidas en cuerdas de guitarra o violín, en resortes, ondas sonoras producidas al hablar o escuchar música, ondas luminosas y ondas caloríficas, por señalar sólo unas cuantas, estudiarás las características generales de todos los movimientos ondulatorios.

Todas las ondas se rigen como ya se indico por la ecuación para calcular la velocidad de propagación de una ondas es decir, v=λf. (donde V es la velocidad de propagación de la onda, λ es la longitud de onda y f la frecuencia de la onda) Las propiedades de las ondas se manifiestan a través de una serie de fenómenos que constituyen lo esencial del comportamiento ondulatorio. Así, las ondas rebotan ante una barrera, cambian de dirección cuando pasan de un medio a otro, suman sus efectos de una forma muy especial y pueden salvar obstáculos o bordear las esquinas.

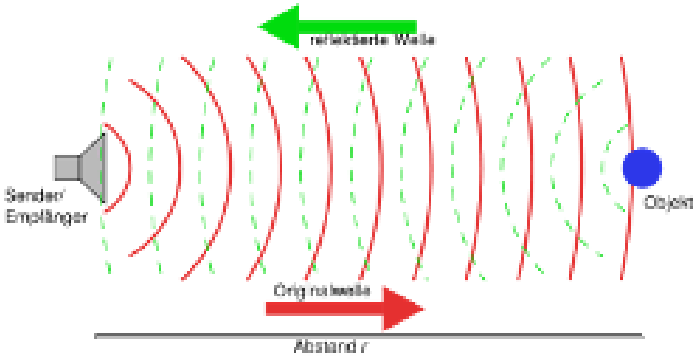
El estudio de los fenómenos ondulatorios supone la utilización de conceptos tales como periodo, frecuencia, longitud de onda y amplitud, y junto a ellos el de frente de onda, el cual es característico de las ondas bi y tridimensionales.
Se denomina frente de ondas al lugar geométrico de los puntos del medio que son alcanzados en un mismo instante por la perturbación.

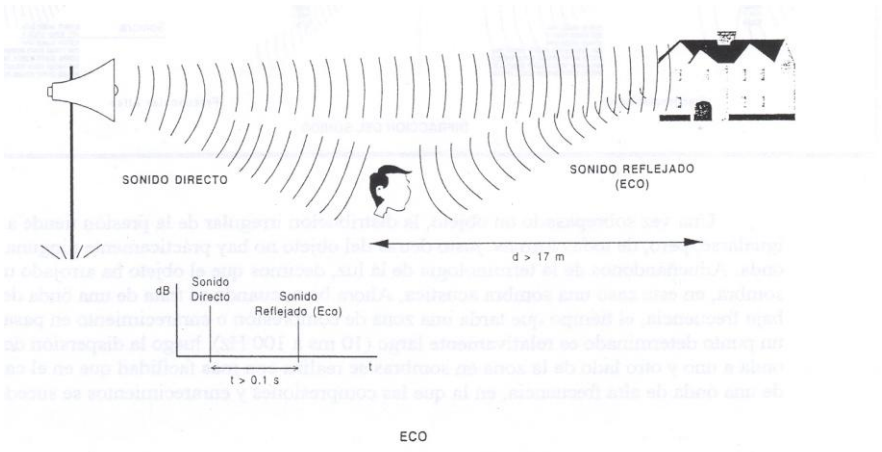
**Reflexión**

La reflexión de una onda es el rebote que experimenta cuando llega a un obstáculo grande, como una pared. Aunque el obstáculo absorba parte de la energía recibida (incluso vibrando si entra en resonancia) se produce también reflexión en la que se transmite de vuelta parte de la energía a las partículas del medio incidente.



En la figura adjunta se observa un frente de ondas plano llegando a una superficie horizontal con un cierto ángulo i de incidencia (se mide con respecto a la dirección normal cuando el frente de ondas empieza a "tocar" la superficie, el punto A se convierte en un nuevo foco que emite ondas secundarias y según transcurre el tiempo y el frente AB va incidiendo, repiten este comportamiento todos los puntos de la superficie comprendidos entre A y C. El frente de ondas reflejado, DC, es el envolvente de las ondas secundarias que se han ido emitiendo durante un tiempo igual al periodo desde el tramo AC de la pared.
Aplicando leyes de geometría elemental al proceso, se llega a la conclusión de que el ángulo de incidencia i es igual al ángulo de reflexión r (ley de la reflexión)




ECO

La reflexion es una propiedad de la propagacion del sonido, junto con la atenuación, dispersión, absorción y la refraccion.
Todo el mundo suele tener claro lo que significa la reflexion de una onda. Este fenómeno, que se aprecia muy claramente con la luz en un espejo, se produce de igual forma con el sonido. Cuando el sonido tropieza con un obstáculo, lo que hace la mayor parte de la energia (siempre hay algo que se transmite, refracta, en el objeto) de la onda, es cambiar de fase y volver por el mismo camino por el que ha llegado, pero en sentido contrario. Precisamente, las reflexiones son un efecto a evitar en las salas de audición puesto que enturbian la pureza de la pieza musical que se esto oyendo en ese momento. Los materiales mas duros, como pasa con las montañas, sobretodo paredes verticales, son los que ofrecen un indice de reflexion mayor, de ahí la frecuencia de aparicion del

fenómeno del eco en estos entornos (que dependiendo del retraso que se produzca en las reflexiones podremos hablar de eco o de reverberación).
Hemos destacado anteriormente que en cuanto a la forma de propagacion del sonido, podiamos establecer una diferencia entre el sonido directo y el sonido indirecto. Respecto a este ultimo modo de propagacion es donde se produce el fenómeno de reflexion.
Ya que el sonido indirecto se produce al ser reflejado por paredes, techos u objetos, para que se produzca este hecho habra que tener en cuante la naturaleza del elemento, la forma y la rugosidad superficial. En este fenomeno entran en juego la longitud de onda del sonido y el tamaño del objeto con el cual choca.
Cuando el sonido choca con un objeto cuyo tamaño sea igual o mayor que su longitud de onda, se producira una reflexion del mismo, dando origen al sonido indirecto. Sin embargo, cuando el objeto es menor que su longitud de onda lo que se produce es la

**Difracción del sonido.**
Pero hay diversos factores que intervienen e influyen en la reflexion. El mas importante es el material del que esta constituido el objeto con el que choca, provocando reacciones muy diferentes, ya que las ondas sonoras pueden ser absorbidas por determinados materiales o producir reflexiones que en ciertos casos pueden ser beneficiosas, ya que vienen a reforzar el sonido directo, y en otros ?perjudiciales?, ya que van a producir fenómenos de reverberación y eco. En todos los casos el angulo con el que se refleja el sonido es identico al angulo incidente de choque cuando este efecto se produce sobre objetos lisos, mientras que este angulo no es igual cuando el choque se produce con objtos rugosos o, al menos, no planos.
Por tal motivo es preciso tener en cuenta los fenómenos de absorción. Como principio general, destacaremos que los objetos lisos, pesados y rigidos son reflectantes, mientras que los rugosos y porosos son absorbentes.
Presentamos a continuación una tabla con los coeficientes de reflexion de los principales materiales de construcción y decoración.

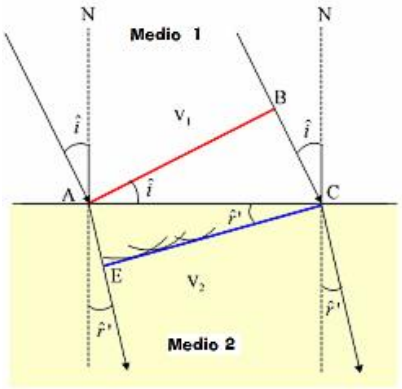
| Material | Coeficiente de reflexión |
|---|---|
| Piedra lisa | 95% |
| Madera | 90% |
| Pared rugosa | 80% |
| Pared de ladrillo | 75% |
| Pared con relieves | 64% |
| Bastidores de teatro | 30% |
| Tapices de pared | 25% |
| Cortinaje afelpado | 20% |

**Resonancia**

Se presenta cuando la vibración de un cuerpo hace vibrar a otro con la misma frecuencia. Este fenómeno se aplica en las llamadas cajas de resonancia que tienen algunos instrumentos musicales para aumentar la intensidad del sonido original

**Refracción**

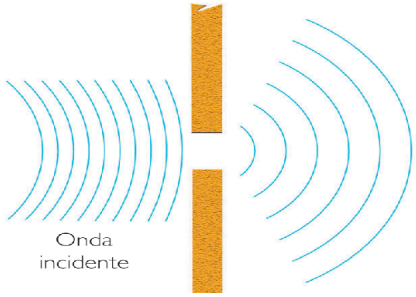
La refracción de una onda consiste en el cambio de dirección que experimenta cuando pasa de un medio a otro distinto. Este cambio de dirección se produce como consecuencia de la diferente velocidad de propagación que tiene la onda en ambos medios




En la figura adjunta se representa la refracción de una onda plana desde un medio 1 a otro medio 2, suponiendo que la velocidad de propagación es menor en el segundo medio que en el primero. A medida que el frente de ondas AB va incidiendo en la superficie de separación, los puntos AC de esa superficie se convierten en focos secundarios y transmiten la vibración hacia el segundo medio. Debido a que la velocidad en el segundo medio es menor, la envolvente de las ondas secundarias transmitidas conforma un frente de ondas EC, en el que el punto E está más próximo a la superficie de separación que el B. En consecuencia, al pasar al segundo medio los rayos se desvían acercándose a la dirección normal N.

Mediante un razonamiento similar se comprueba que la desviación de la dirección de propagación tiene lugar en sentido contrario cuando la onda viaja de un medio donde su velocidad de propagación es menor a otro en el que es mayor.

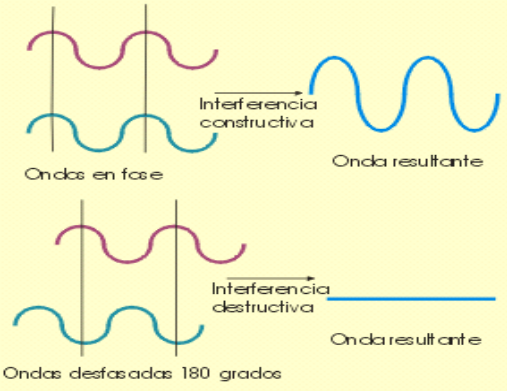
**La difracción**




Las ondas son capaces de traspasar orificios y bordear obstáculos interpuestos en su camino.

Así, cuando una fuente de ondas alcanza una placa con un orificio o rendija central, cada punto de la porción del frente de ondas limitado por la rendija se convierte en fuente emisora de ondas secundarias todas de idéntica frecuencia. Los fuentes secundarias que corresponden a los extremos de la abertura generan ondas que son las responsables de que el haz se abra tras la rendija y bordee sus esquinas. En los puntos intermedios se producen superposiciones de las ondas secundarias que dan lugar a zonas de intensidad máxima y de intensidad mínima típicas de los fenómenos de interferencias.
Ambos fenómenos que caracterizan la difracción de las ondas dependen de la relación existente entre el tamaño de la rendija o del obstáculo y la longitud de onda. Así, una rendija cuya anchura sea del orden de la longitud de la onda considerada, será completamente bordeada por la onda incidente y, además, el patrón de interferencias se reducirá a una zona de máxima amplitud idéntica.

**Principio de superposición de las ondas**
Por medio de diferentes experimentos se ha comprobado que, al producirse dos o más trenes de ondas al mismo tiempo en medios elásticos que conservan una proporcionalidad entre la deformación y la fuerza restauradora, cada onda se propaga en forma independiente. Por tanto, la superposición es el desplazamiento que experimenta una partícula vibrante, equivalente a la suma vectorial de los desplazamientos que cada una le produce. Una aplicación útil de este principio se presenta cuando se desea estudiar un movimiento ondulatorio formado por muchos trenes de onda, para lo cual se descompone en cada uno de los trenes constituyentes.




Interferencia de ondas, se produce cuando se superponen simultáneamente dos o más trenes de onda. Éste fenómeno se emplea para comprobar si un movimiento es ondulatorio o no.

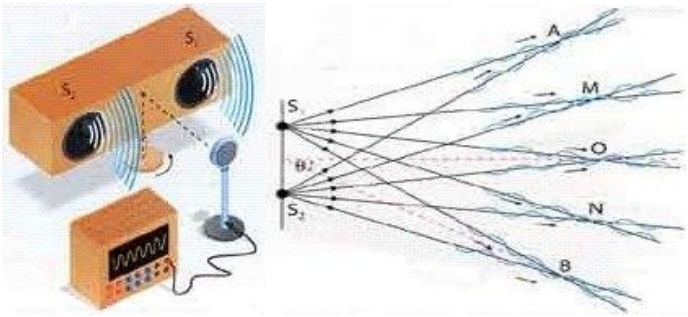
Interferencia constructiva:

Se presenta al superponerse des movimientos ondulatorios de la misma frecuencia y longitud de onda que llevan igual sentido. Al encontrarse las crestas y sumar sus amplitudes, se obtiene una cresta mayor; al sumar las amplitudes negativas en las cuales se encuentran los valles se obtiene un valle mayor. Por eso, la onda resultante tiene mayor amplitud pero conserva la misma frecuencia

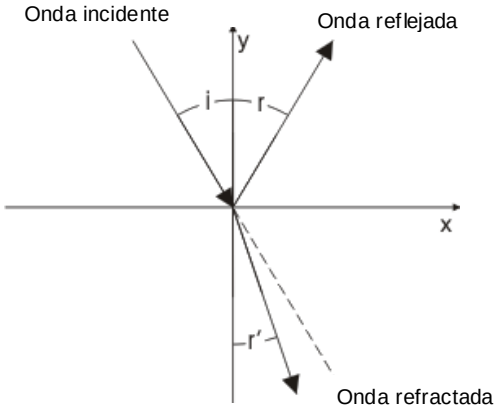
Interferencia destructiva:

Se manifiesta cuando se superponen dos movimientos ondulatorios con una diferencia de fase.

**Interferencia constructiva**




**Reflexión y refracción de las ondas electromagneticas**




Cuando una onda alcanza la superficie de separación de dos medios de distinta naturaleza se producen, en general, dos nuevas ondas, una que retrocede hacia el medio de partida y otra que atraviesa la superficie límite y se propaga en el segundo medio. El primer fenómeno se denomina reflexión y el segundo recibe el nombre de refracción.

Cuando la dirección en que se refleja una onda está plenamente definida, se produce una **reflexión regular** y se cumplen las dos siguientes leyes:

- El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentra en un mismo plano
- El ángulo de reflexión (r) es igual al ángulo de incidencia (i)

En los espacios cerrados, como las salas, el sonido una vez generado se refleja sucesivas veces en las paredes, dando lugar a una prolongación por algunos instantes

del sonido original. Este fenómeno se denomina reverberación y empeora las condiciones acústicas de una sala, puesto que hace que los sonidos anteriores se entremezclen con los posteriores. Su eliminación se logra recubriendo las paredes de materiales, como corcho o moqueta, que absorben las ondas sonoras e impiden la reflexión.

El fenómeno de la refracción supone un cambio en la velocidad de propagación de la onda, cambio asociado al paso de un medio a otro de diferente naturaleza o de diferentes propiedades. Este cambio de velocidad da lugar a un cambio en la dirección del movimiento ondulatorio. Como consecuencia, la onda refractada se desvía un cierto ángulo respecto de la incidente. En este caso se cumplen las siguientes leyes:

- El rayo incidente, la normal y el rayo refractado se encuentra en un mismo plano
- El cociente entre el seno del ángulo de incidencia (i) y el seno del ángulo de refracción (r') es un valor constante que depende de los medios. (Ley de Snell)

$$n_{2-1} = \frac{sen(i)}{sen(r)}$$

Al valor $n_{2-1}$ se le llama índice de refracción del medio 2 respecto a medio 1.

De igual manera se cumple la siguiente relación:

$$\frac{sen(i)}{sen(r')} = \frac{v_1}{v_2}$$

El cociente $\frac{v_1}{v_2}$ es un valor constante y que depende exclusivamente de los medios que atraviesa el frente de onda y se le denomina **índice de refracción** relativo de un medio a otro.

**Índice de refracción**

Se denomina índice de refracción de un medio al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (**c**) y la velocidad que tiene en el medio (**v**).

$$\mathbf{n = \frac{c}{v}}$$

| | | |
|---|---|---|
| (Para $\lambda$ = 589 m$\mu$) | **Agua** | **1,33** |
| | **Alcohol etílico** | **1,36** |
| | **Cuarzo** | **1,54** |
| | **Vidrio** | **1,46 - 1,96** |
| | **Fluorita** | **1,43** |
| | **Etanol** | **1,36** |
| | **Sulfuro de Carbono** | **1,63** |
| | **Poliestireno** | **1,59** |
| | **Diamante** | **2,42** |
| | **Acetona** | **1,36** |

La refracción se presenta con cierta frecuencia debido a que los medios no son perfectamente homogéneos, sino que sus propiedades y, por lo tanto, la velocidad de

propagación de las ondas en ellos, cambian de un punto a otro. La propagación del sonido en el aire sufre refracciones, dado que su temperatura no es uniforme. En un día soleado las capas de aire próximas a la superficie terrestre están más calientes que las altas y la velocidad del sonido, que aumenta con la temperatura, es mayor en las capas bajas que en las altas. Ello da lugar a que el sonido, como consecuencia de la refracción, se desvía hacia arriba. En esta situación la comunicación entre dos personas suficientemente separadas se vería dificultada. El fenómeno contrario ocurre durante las noches, ya que la Tierra se enfría más rápidamente que el aire.

**Efecto Doppler**

El efecto Doppler establece el cambio de frecuencia de un sonido de acuerdo al movimiento relativo entre la fuente del sonido y el observador. Este movimiento puede ser de la fuente, del observador o de los dos. Diríamos que el efecto Doppler asume la frecuencia de la fuente como una constante pero lo escuchado depende de las velocidades de la fuente y del observador.

La frecuencia que percibirá el observador se puede hallar de la siguiente relación:

$$f_o = f_f \frac{v \pm v_o}{v \pm v_f}$$

Donde :

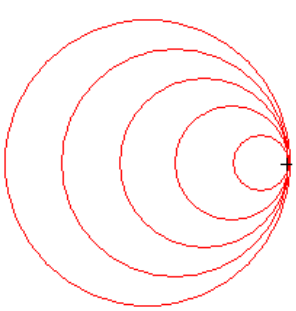
**$f_o$** = frecuencia del observador
**$f_f$** = frecuencia de la fuente
**V** = velocidad del sonido
**$V_f$** = velocidad de la fuente
**$V_0$** = velocidad del observador

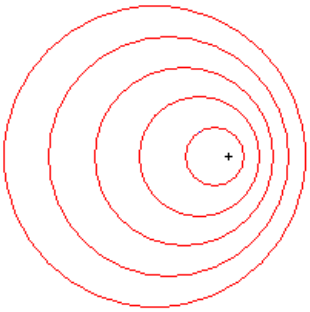
Las velocidades **$V_o$** y **$V_f$** son positivas si hay acercamiento

Si **v = $v_f$**

Si **v>$v_f$**

.





Es necesario considerar si el observador esta fijo y la fuente en movimiento, la ecuación queda:
F´= F V/(V ± Vf)
Se suman si la fuente se acerca
Se restan si la fuente se aleja

Para el caso de que el observador se mueva y la fuente no, la ecuación queda
$F' = F( V \pm Vo) / V$
Se suma si el observador se acerca
Se restan si el observador se aleja

**Ejemplos**

1.- Si la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s, ¿qué longitud de onda tiene una nota musical cuya frecuencia es de 550 Hz?
La información que se tiene es:
velocidad del sonido en el aire es, $v = 340$ m/s
frecuencia de, $f = 550$ Hz
y la incógnita es la longitud de onda, $\lambda = ?$
y como la velocidad de propagación de las ondas es: $v = \lambda f$, despejamos la longitud de onda y sustituimos los datos para obtenerla:
$\lambda = v / f = (340 \text{ m/s}) / (550 \text{ Hz}) = 0.618$ m $\lambda$ **= 0.618 m**

2.- Se lanza un grito a 34 m de un monte. Si la velocidad del sonido es de 340 m/s, ¿cuánto tiempo transcurre desde que se lanza el grito hasta que se escucha el eco?
La información que se tiene es:
velocidad del sonido en el aire es, $v = 340$ m/s
distancia recorrida por el sonido, ida y vuelta para escucharlo como eco: $d = 68$ m
y la incógnita es el tiempo, $t = ?$
y como la velocidad de propagación de las ondas de manera uniforme también es: $v = d / t$, despejamos al tiempo del recorrido y sustituimos los datos para obtenerla:
$t = d / v = (68 \text{ m}) / (340 \text{ m/s}) = 0.2$ s **t = 0.2 s**

3.- Dos sonidos de la misma frecuencia y distinta amplitud se emiten simultáneamente. ¿Cuál se oirá más lejos? ¿Cuál se desplazará más rápidamente?
a) Como todo movimiento ondulatorio es amortiguado, el de mayor amplitud tendrá mayor tiempo en extinguirse por esto se escuchará a mayor distancia.
b) Todo sonido en el aire viaja a la misma velocidad, en consecuencia ambos sonidos se desplazan al mismo ritmo.

4.- Un sonido no viaja a través del vacío, pues:
a) las ondas sonoras son como la luz.
b) aunque pase el sonido, no se oye.
c) es absorbido poco a poco por el vacío.
d) requiere de un medio material para propagarse.
Respuesta (d) el sonido siendo una onda mecánica requiere de un medio para su propagación.

5.- Si en tu casa están funcionando simultáneamente la televisión y el radio y además alguien se encuentra hablando, no logras oír con claridad ninguno de los sonidos presentes, debido a que se da un fenómeno de:
a) refracción b) interferencia c) difracción d) resonancia e) reflexión
Respuesta (b) Las amplitudes de las ondas se suman, modificando a una nueva onda, por interferencia.

6.- Si se obtuvieron 40 ondas completas en 5 segundos, la frecuencia es:
a) 40 Hz b) 200 Hz c) 8 Hz d) 0.125 Hz
d) 340 Hz
Respuesta (c) La frecuencia es el número de ondas realizadas en un segundo, en este caso:
f = 40 ondas / 5 s = 8 Hz

7.- Calcular la velocidad de una onda longitudinal cuya frecuencia es de 220 Hz y su longitud de onda es de 10 m
f = 220 Hz
λ = 10 m

V = fλ

V = 220 Hz.(10 m) = 2,200 m/s

8.- Una lancha sube y baja por el paso de las olas cada 10 seg, entre cresta y cresta hay una distancia de 25 m ¿ Cual es la velocidad con la que se mueven las olas?

T = periodo = 10 seg
λ = longitud de onda = 25 m

f = 1/T = 1/10 = 0.1 Hz.

V = fλ= 0.1 Hz(25) = 2.5 m/s

9.- Por una cuerda tensa se propagan ondas con una frecuencia de 200 Hz y una velocidad de propagación de 130 m/s. ¿Cuál es su longitud de onda?
f = 200 Hz
V= 130 m/s
V= fλ se despeja ya que se pide λ
λ= V/f = 130 m/s/ 200 Hz = 0.65 m

10.- Calcular la frecuencia y el periodo de las ondas producidas por una cuerda de una arpa si tienen una velocidad de propagación de 280 m/s y su longitud de onda es de 0.6 Hz.
V = 280 m/s
λ= 0.6 Hz
V = λf se despeja f = V/ λ = 280 m/s /0.6 m = 466.666 Hz.
T = 1/f = 1/ 4666.666 = 0.002 $Hz^{-1}$

11.- Un barco provisto de un sonar emite una señal ultrasonica para determinar la profundidad del mar en un punto. Si la señal tarda 2.0 seg en regresa al barco, considera una velocidad de propagación de 1,450 m/s, ¿Cuál es la profundidad del mar en ese lugar?
t = 2.0 seg
V= 1,450 m/s
V = d/t se despeja d= Vt = (1,450m/s)(2.0) = 2,900 m
Profundidad = p = d/2 = 2,900/2 = 1,450 m En este caso la onda recorre 2,900 m en ir y regresar al barco por lo que la profundidad del mar es la mitad de esa distancia

12.- Calcular las longitudes de onda de dos sonidos cuyas frecuencias son de 250 Hz y 2500 Hz.

a) considera que se propagan en el aire (V = 340 m/s)
b) considera que se propagan en el agua (V = 1435 m/s)

a) En el aire
V = 340 m/s
$f_1$ = 250 Hz
$f_2$ = 2500 Hz

V=λf de donde λ = V/f

$\lambda_1$ = 340 m/s / 250 Hz = 1.36 m
$\lambda_2$ = 340 M/S / 2500 Hz = 0.136 m

b) En el agua
V = 1,435 m/s
$f_1$ = 250 Hz
$f_2$ = 2500 Hz

V=λf de donde λ = V/f

$\lambda_1$ = 1,435 m/s / 250 Hz = 5.74 m
$\lambda_2$ = 1,435 m/s / 2500 Hz = 0.574 m

13.- Una ambulancia lleva una velocidad de 80 km/h, su sirena suena con una frcuencia de 880 Hz. ¿Qué frecuencia aparente escucha un observaor que esta parado, cuando.

a) La ambulancia se acerca a él
b) La ambulancia se aleja de él. Considere la velocidad del sonido en el aire de 340 m/s.

V= 80 Km/ h = 22.22222 m/s
f = 880 Hz
Vs = 340 m/s

f´= fVs/(Vs± V)

a) se acerca f´= fVs/(Vs-V) = 880 Hz( 340 m/s) / (340 m/s – 22.2222 m/s) = 941.538 m/s
b) se aleja f´= fVs/(Vs+V) = 880 Hz( 340 m/s) / (340 m/s + 22.2222 m/s) = 826.01228 m/s

14.- Si la velocidad del sonido en el agua es de 1,600 m/s, calcular la longitud de Onda (λ), si la frecuencia (f) es de 1 Hz.

La ecuación que relaciona la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda es:
V= fλ
De donde sabemos que V= 1,600 m/s, f= 1 Hz.
Se pide encontrar λ, por lo que hay que despejar

λ= V/f por lo que $\lambda = \frac{1{,}600 \text{ m/s}}{1 \text{Hz}.} = 1{,}600 \text{ m}$

15.- Si la velocidad del sonido en el agua es de 1,600 m/s, calcular la frecuencia si la longitud de onda (λ) es de 50 m.
La ecuación que relaciona la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda es:
V= fλ
De donde sabemos que V= 1,600 m/s, λ= 50 m.
Se pide encontrar f, por lo que hay que despejar

f= V/λ por lo que $f = \frac{1{,}600 \text{ m/s}}{50 \text{ m}} = 32 \text{ Hz.}$

16.- Si la velocidad del sonido en el agua es de 340 m/s, calcular la longitud de Onda (λ), si la frecuencia (f) es de 150 Hz.

La ecuación que relaciona la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda es:
V= fλ
De donde sabemos que V= 340 m/s, f= 150 Hz.

Se pide encontrar λ, por lo que hay que despejar

λ= V/f por lo que $\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{150 \text{ Hz.}} = 2.266 \text{ m}$

17.- Si la velocidad del sonido en el agua es de 340 m/s, calcular la frecuencia si la longitud de onda (λ) es de 5 m.
La ecuación que relaciona la velocidad con la frecuencia y la longitud de onda es:
V= fλ
De donde sabemos que V= 340 m/s, λ= 5 m.
Se pide encontrar f, por lo que hay que despejar

f= V/λ por lo que $f = \frac{340 \text{ m/s}}{5 \text{ m}} = 68 \text{ Hz.}$

18.- En un tanque de agua, se envían ondas de 0.25 m de longitud. Si se conoce que la primera onda recorre 1 m en 0.125 s ¿Qué valor tiene la frecuencia de las ondas en el resorte?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| λ = 0.,25 m<br>d = 1 m<br>t = 0.125 s<br>f = ? | v = d /t<br><br>v = λ f<br>f = v / λ | V = 1 m / 0.125 s = 8 m/s<br><br>f = 8 m/s / 0.25 m = 32 Hz |

19.- Si se considera que la velocidad del sonido en el agua es 1450 m/s, ¿qué longitud de onda tiene una nota musical cuya frecuencia es de 550 Hz?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| v = 1450 m/s<br>λ = ?<br>f = 550 Hz | v = λ f<br><br>λ = v / f | λ = v / f = 1450 m/s / 550 Hz<br>= 2.636 m |

**Ejercicios**

1.- Se refiera a la curvatura de las ondas alrededor del borde de un objeto:
a) Refracción b) Reflexión c) Difracción d) Interferencia

2.- ¿En qué consiste el principio de superposición?

3.- ¿A qué se le llama interferencia destructiva?

4.- ¿En qué consiste una interferencia constructiva total?

5.- Cuando una onda choca con el límite de un medio y no lo puede atravezar se trata del fenómeno llamado
a) Refracción b) Reflexión c) Difracción d) Interferencia

6.- Cuando las ondas se encuentran unas con otras, la forma de la onda resultante esta determinada por la:
a) Refracción b) Reflexión c) superposición d) Interferencia

7.- ¿Qué se destruye cuando ocurre una interferencia destructiva?

8.- ¿En que principio se basa el sonar?

9.- ¿A qué se denomina onda mecánica?

10.- ¿Cuál es la característica fundamental del movimiento ondulatorio?

11.- Describe el proceso de transmisión de las oscilaciones.

12.- ¿A qué se denomina longitud de onda?

13.- ¿Cómo está relacionada la velocidad de propagación de las ondas con la longitud de onda?

14.- ¿De qué depende la velocidad de propagación de una onda? Argumenta tu respuesta con algunos ejemplos.

15.- ¿En qué consiste la diferencia entre las ondas transversales y las longitudinales?

16.- ¿Por qué en el seno de un liquido o gas no se propagan ondas transversales?

17.- ¿Qué es una onda plana?, ¿una onda circular?, ¿y una onda esférica?

18.- ¿Por qué en las ondas circulares y esféricas, la amplitud de las oscilaciones disminuye al aumentar la distancia a la fuente, aunque no actúen fuerzas disipativas?

19.- ¿Por qué para una pequeña región muy alejada de la fuente generadora de ondas circulares o esféricas, estas pueden considerarse planas?

20.- Una patrulla de caminos se mueve a una velocidad de 110 km/h, con su sirena encendida que tiene una frecuencia de 900 Hz. Encontrar la frecuencia aparente escuchada por un observador en reposo cuando la patrulla:

a) se acerca a él
b) se aleja de él

Considerar la velocidad del sonido de 340 m/s

Respuesta

a) f´= 1076.75 Hz
b) f´= 899.2 Hz

21.- Si la velocidad del sonido en el agua es de 1,600 m/s

a) Calcular la longitud de onda (λ) si la frecuencia (f) es de 150 Hz. Resp. 10.666 m
b) Calcular la longitud de onda (λ) si la frecuencia (f) es de 32 Hz. Resp. 50 m.
c) Calcular la frecuencia (f) si la longitud de onda (λ) es de 15 m. Resp. 106.666 Hz
d) Calcular la frecuencia (f) si la longitud de onda (λ) es de 30 m. Resp. 5.3333 Hz.

22.- Si la velocidad del sonido en el agua es de 340 m/s

a) Calcular la longitud de onda (λ) si la frecuencia (f) es de 150 Hz. Resp. 2.2666 m
b) Calcular la longitud de onda (λ) si la frecuencia (f) es de 100 Hz. Resp. 3.4 m.
c) Calcular la frecuencia (f) si la longitud de onda (λ) es de 15 m. Resp. 22.6666 Hz
d) Calcular la frecuencia (f) si la longitud de onda (λ) es de 300 m. Resp. 1.1333 Hz.

23.- En una cuerda se provocan 70 ondas completas en 14 segundos, si la velocidad de propagación es de 0.8 m/s ¿Cuál es el valor de la longitud de onda?
R. $\lambda = 0.16$ m

24.- En un medio desconocido se envía un sonido de 400 Hz y con una longitud de onda de 0.8 m. Si el sonido emplea en recorrerlo 2.5 s, ¿cuál es la longitud que mide dicho medio?
R. d = 128 m

# UNIDAD 5. FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

## 5.1. Carga eléctrica.

Las leyes de la electricidad y el magnetismo son fundamentales en el funcionamiento de muchos aparatos, como el radio, el televisor, motores eléctricos, computadoras, aceleradores de partículas de alta energía y otros aparatos electrónicos. A nivel atómico, la electricidad interviene en las fuerzas interatómicas e intermoleculares responsables de la formación de sólidos y líquidos, como si fuera un resorte a nivel microscópico.

Las cargas eléctricas se clasifican en cargas positivas (+) y cargas negativas (–). En la naturaleza, la mayor parte de los objetos que la componen tienen cargas eléctricas, casi siempre en equilibrio unas con otras. Si una sustancia cede electrones, adquiere carga positiva y la sustancia que los gana se vuelve negativa.

La forma más sencilla de cargar un cuerpo es frotarlo con otro. Por ejemplo, si frotamos una varilla de vidrio con un pedazo de seda, en los puntos de contacto entre la seda y el vidrio se transfieren cantidades diminutas de carga de uno al otro, perturbando ligeramente la neutralidad eléctrica de cada uno. Esta forma de cargar eléctricamente a los objetos, se llama frotamiento o contacto. Si suspendemos la varilla cargada de un hilo aislado eléctricamente para que su carga no pueda cambiar, y acercamos una segunda varilla de vidrio cargada (Fig. 5.1.1a), las dos varillas se rechazan; es decir, cada una experimenta una fuerza dirigida en sentido contrario a la otra. Sin embargo, si nosotros frotamos una varilla de plástico con piel y la acercamos a la varilla de vidrio suspendida (Fig. 1b), las dos se atraen; es decir, cada varilla experimenta una fuerza dirigida hacia la otra.

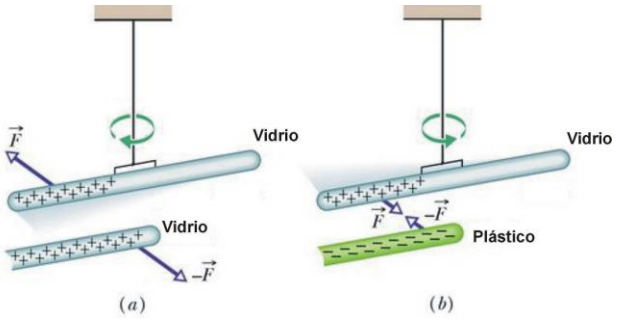



Figura 5.1.1. (a) Dos varillas con cargas del mismo signo se rechazan. (b) Dos varillas con cargas opuestas se atraen. Los signos mas (+) y menos (–) denotan cargas eléctricas positivas y negativas respectivamente.

Cuando una varilla de vidrio se frota con seda, el vidrio pierde algunas de sus cargas negativas, adquiriendo una carga positiva neta (representada por signos positivos en la Figura 5.1.1.a). Cuando la varilla de plástico se frota con piel, el plástico gana carga negativa (representada por signos menos en la figura 5.1.1.b). Los signos “positivo (+)” y “negativo (–)” para la carga eléctrica fueron escogidos arbitrariamente por Benjamín Franklin. De lo anterior se desprende que:

a) Cargas eléctricas del mismo signo se rechazan.
b) Cargas de signo contrario se atraen.

La unidad que mide la carga eléctrica de los cuerpos es el Coulomb (C). La carga de un solo electrón y de un solo protón es de la misma magnitud pero signo opuesto, por lo que el átomo es eléctricamente neutro, contiene un número igual de electrones y protones.

### ~~5.1.1~~Ley de Coulomb.

Con formato: Numeracióny viñetas

La fuerza de atracción o repulsión mutua entre cargas eléctricas $q_1$ y $q_2$, es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación r (Figura 5.1.2):

$$\mathbf{F}_e = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \quad [\mathrm{N}] \qquad (1)$$

donde *k* es una constante, llamada constante electrostática de Coulomb, igual a $9\times10^9$ $Nm^2/C^2$. Si las cargas son del mismo signo, la fuerza sobre ellas las aleja una de otra, existe una repulsión (Figura 5.1.3.a y 5.1.3.b). Si las cargas son de diferente signo, la fuerza las acerca, por lo que existe una atracción entre ellas (Figura 5.1.3.c).

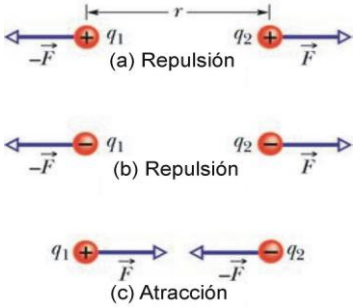



Figura 5.1.3. Dos partículas cargadas, separadas por distancia r, se rechazan si tienen cargas del mismo signo, (a) ambas cargas positivas. y (b) ambas cargas de signo negativo. (c) Las cargas se atraen si sus cargas son de signos opuesto. En cada una de las tres situaciones, la fuerza que actúa sobre una partícula es igual en magnitud a la fuerza que actúa en la otra partícula pero en sentido opuesto.

La unidad de carga en el SI se deriva de la unidad de corriente eléctrica, el Ampere (A), se denomina Coulomb (C) y es la cantidad de carga que se transfiere a través del área de la sección cruzada de un alambre en 1 s cuando hay una corriente de 1 A en el alambre.

Ejemplos:

5.1. La figura 5.1.4, muestra dos partículas positivamente cargadas sobre el eje x. Las cargas son $q_1 = 1.60\times10^{-19}$ C y $q_2 = 3.20\times10^{-19}$ C, y la separación de la partícula es r = 0.02 m, ¿cuál es la magnitud y dirección de la fuerza electrostática en la partícula 1 debido a la partícula 2?

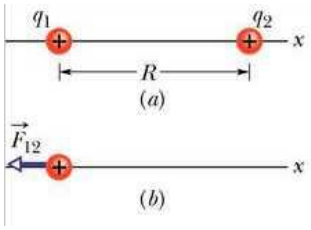



Figura.5.1.4. (a) Dos partículas con carga $q_1$ y $q_2$ fijas sobre el eje de *x*, separadas una distancia R. (b) El diagrama del cuerpo libre para partícula 1, donde se muestra la fuerza electrostática que genera la partícula 2 sobre ella.

SOLUCION:
Las dos partículas cargadas positivamente se rechazan, porque la partícula 1 es rechazada por partícula 2, con una magnitud de fuerza dada por ecuación 1. Así, la dirección de fuerza $\mathbf{F}_{12}$ en la partícula 1 se aleja de la partícula 2, en la dirección negativa del eje *x*, como se ve en el diagrama de cuerpo libre de la de figura 4b. Usando la ecuación 1 podemos escribir la magnitud de $\mathbf{F}_{12}$ como:

$$F_{12} = k\frac{q_1 q_2}{R^2} = 9\times10^9 \,\tfrac{Nm^2}{C^2}\,\frac{(1.6\times10^{-19}C)(3.2\times10^{-19}C)}{(0.02m)^2} = 1.15\times10^{-24}\ \mathrm{N}$$

Esta fuerza $\mathbf{F}_{12}$ tiene una dirección de 180º con respecto al eje *x* positivo. Por lo que la expresión vectorial de la fuerza es:

$$\overline{\mathbf{F}}_{12} = (-1.15\times10^{-24}, 0)\,\mathrm{N} = -1.15\times10^{-24}\hat{\mathbf{i}}\ \mathrm{N}$$

5.2. Dos cargas puntuales de 40 nC (40 x $10^{-9}$ C) y - 25 nC (25 x $10^{-9}$ C), están separadas 8 μm (8 x $10^{-6}$ m. Determina la fuerza electrostática entre ellas:

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| K =9 x $10^9$ $Nm^2/C^2$<br>$q_1$ = 40 x $10^{-9}$ C<br>$q_2$ = -25 x $10^{-9}$ C<br>r = 8 x $10^{-6}$ m | $\mathbf{F}_e = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ | $F_{12} = 9\times10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\,\frac{(40\times10^{-9}C)(-25\times10^{-9}C)}{(8x10^{-6}m)^2}$<br>$F_{12} = (-9000\times10^{-9}\ \mathrm{Nm^2})/(64\times10^{-9}\mathrm{m^2})$<br>$F_{12} = -140.625\times10^{-9}\ \mathrm{N}$<br>$F_{12} = -140\,625\ \mathrm{N}$ |

**5.2. Campo eléctrico, Energía Potencial y potencial eléctrico.**

El campo eléctrico en algún punto cerca del objeto cargado (por ejemplo, el punto P en la figura 5.2.1.) es la región del espacio donde si se pone una carga $q_0$ positiva (carga prueba) en cualquier punto, se generará una fuerza electrostática sobre esta carga. Matemáticamente el campo eléctrico se define por la ecuación (2).

$$\overline{\mathbf{E}} = \frac{\overline{\mathbf{F}}_e}{q_0} \qquad \left[\tfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}\right] \qquad (2)$$

donde la magnitud del campo eléctrico en el punto P es E = F/$q_0$, y la dirección es la misma que tiene la fuerza que actúa sobre la carga prueba. Como se muestra en la figura 5.2.1.b, el campo eléctrico en el punto P se representa por un vector que parte de P. Al hablar del campo eléctrico ($\mathbf{E}$) en alguna región, debemos definirlo en cada uno de los puntos de la región. La unidad para el campo eléctrico de SI es el Newton sobre Coulomb (N/C).

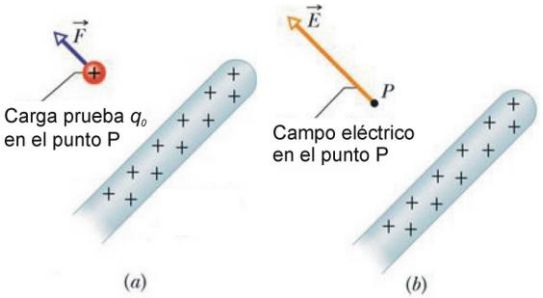



Figura 5.2.1. (a) Una carga prueba (positiva) $q_0$ se pone en el punto P cerca de un objeto cargado, en este instante actúa una fuerza electrostática sobre la carga. (b) El campo eléctrico en el punto P producido por el objeto cargado.

Michael Faraday introdujo la idea de campos eléctricos en el siglo XIX; la relación entre las líneas de campo y el campo eléctricos tiene las siguientes características:

1. En cualquier punto del espacio, la dirección del campo eléctrico $\mathbf{E}$ es igual a la pendiente de la recta tangente a la línea que pasa por ese punto.
2. El número de líneas de campo que atraviesa un el área perpendicular a las líneas, es proporcional a la magnitud del campo eléctrico $\mathbf{E}$. Esta segunda relación nos dice que las líneas del campo están más juntas cuando $\mathbf{E}$ es grande, y están separadas cuando $\mathbf{E}$ es pequeño.

La figura 5.2.2a muestras una esfera con carga negativa. Los vectores del campo eléctricos apuntan hacia la esfera radialmente. En este modelo los vectores del campo eléctrico $\mathbf{E}$ están representados por las líneas del campo (Figura 5.2.1(b)), y apuntan hacia las mismas direcciones que la fuerza eléctrica y los vectores del campo eléctrico $\mathbf{E}$. Si se extienden las líneas del campo cierta distancia de la esfera, la magnitud del campo eléctrico disminuye con distancia a la esfera.

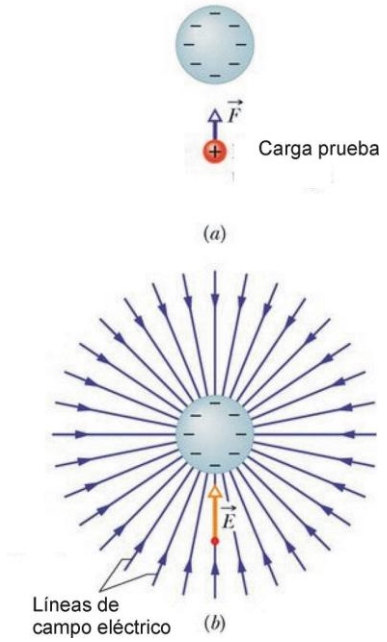
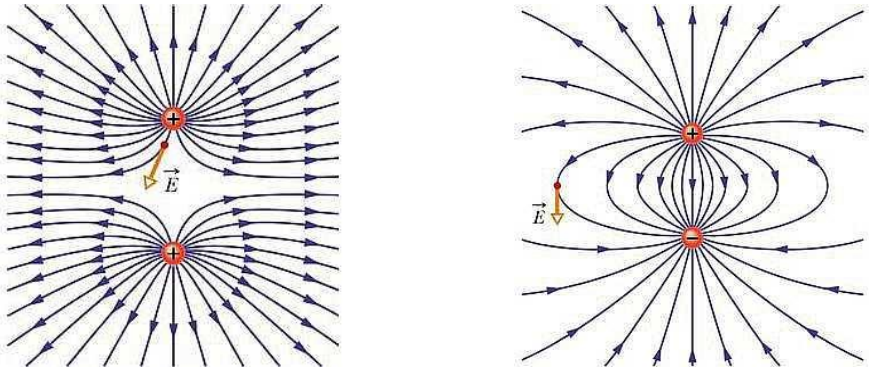



Figura 5.2.2. (a) La fuerza electrostática que actúa sobre una carga prueba cerca de una esfera con carga negativa. (b) Se muestra el vector de campo eléctrico $\mathbf{E}$ que actúa sobre la carga prueba, y las líneas de campo eléctrico en el espacio cercano a la esfera. Las líneas del campo se extienden hacia la esfera cargada negativamente.

Si la esfera de figura 5.2.2. está cargada positivamente, los vectores de campo eléctricos apuntan radialmente hacia afuera de la esfera. Por la anterior, se pude decir que las líneas del campo eléctrico se extienden alejándose de las cargas positivas, y se dirigen radialmente hacia cargas negativas, donde terminan.




(a) (b)

Figura 5.2.3. (a) Líneas de campo eléctrico de dos cargas puntuales positivas iguales. Las cargas se rechazan y las líneas también, terminando hipotéticamente en cargas negativas distantes. Se dicen que este modelo tridimensional de campo eléctrico tiene simetría con respecto al eje que pasa por las dos cargas. Se muestra el vector del campo eléctrico en un punto del espacio; el cual es tangente a la línea de campo que pasa por ese punto. (b) Muestra las líneas de campo eléctrico originadas por un dipolo eléctrico, una carga positiva y otra carga negativa puntuales y de igual magnitud. Se muestra el vector del campo eléctrico para un punto de espacio, el cual es tangente a la línea del campo en ese punto.

## 5.2.1 Potencial Eléctrico. Energía potencial eléctrica.

La fuerza electrostática es una fuerza conservativa[1], es decir, cuando se genera una fuerza electrostática entre dos o más partículas cargadas, se puede definir una energía potencial eléctrica (U) para el sistema formado por las partículas. Sin embargo, si se quiere cambiar el estado inicial *i* del sistema, esto es, si se quiere cambiar la posición a las partículas cargadas, por ejemplo, a un estado final diferente *f*, es necesario realizar un trabajo en contra de las fuerzas electrostáticas entre ellas. De acuerdo con el principio de conservación de energía, el trabajo realizado (W) se convierte en un cambio de la energía potencial eléctrica de las partículas. El cambio resultante en la energía potencial eléctrica ($\Delta U_e$) se expresa por medio de la ecuación

$$W = -\Delta U_e \qquad [\mathrm{J}]$$

Cuando se coloca una carga prueba $q_0$ en un campo eléctrico $\mathbf{E}$, la fuera sobre la carga es $q_0\mathbf{E}$, y dicha fuerza es conservativa. El trabajo realizado por la fuerza es:

$$W = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l} = q_0 \mathbf{E} \cdot \Delta \mathbf{l} \qquad [\mathrm{J}]$$

el trabajo efectuado por la fuerza conservativa es igual al valor negativo del cambio de la energía potencial $\Delta U_e$, de forma similar a lo que sucede en un campo gravitacional, el

[1] Una fuerza es conservativa si la energía total que se transfiere a una partícula inmersa en un campo de fuerza, mientras se mueve en una trayectoria cerrada, es cero, es decir, el trabajo neto hecho por una fuerza conservativa sobre una partícula que mueve alrededor de un camino cerrado es cero.

trabajo realizado en contra de la gravedad es $\Delta U = -mg(h_f - h_i)$, el trabajo sobre la carga eléctrica es:

$$\Delta U_e = -q_0 \vec{\mathbf{E}} \cdot \Delta \mathbf{l} \qquad [\mathrm{J}]$$

Si la carga sufre un desplazamiento finito del punto A al punto B (Figura 5.2.4.), el cambio de la energía potencial está dado por:

$$\Delta U_e = U_{eB} - U_{eA} = -q_0 \mathbf{E}(\mathbf{r}_\mathrm{B} - \mathbf{r}_\mathrm{A}) = -W$$

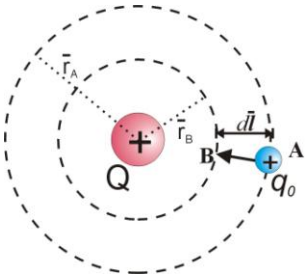



Figura 5.2.4. Para mover una carga eléctrica dentro de un campo eléctrico desde una superficie equipotencial A hasta una superficie equipotencial B, es necesario realizar un trabajo en contra del campo eléctrico generado por la carga central $W = q_0 E dl$.

Si la carga prueba se trae desde el infinito hasta la posición final B, el trabajo requerido es

$$W = -(U_{eB} - U_{e\infty}) = -U_{eB} \qquad [\mathrm{J}]$$

El signo negativo se debe a que el trabajo se realiza en contra el campo eléctrico generado por la carga eléctrica Q (Figura 5.2.5.).

La diferencia de potencial entre los puntos A y B se define como la diferencia de energía potencial eléctrica por unidad de carga, de la siguiente forma:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_e}{q_0}$$

La diferencia de potencial también se puede definir como el trabajo por unidad de carga que debe realizar un agente externo para mover la carga prueba de A a B, sin que cambie la energía cinética de la partícula cargada (Figura 5.2.4.). La unidad para la diferencia de potencial, y también para el potencial eléctrico, es el Volt (V), definido como un Joule (J) sobre Coulomb (C), 1 V= 1 J/C.

Para el caso de un campo eléctrico constante (Figura 5.2.5.), la diferencia de potencial entre dos puntos A y B, se aplica la ecuación:

$$\Delta V = V_B - V_A = -Ed \qquad [\mathrm{V}]$$

Donde:

d es la distancia de separación entre los puntos A y B dentro del campo eléctrico E.

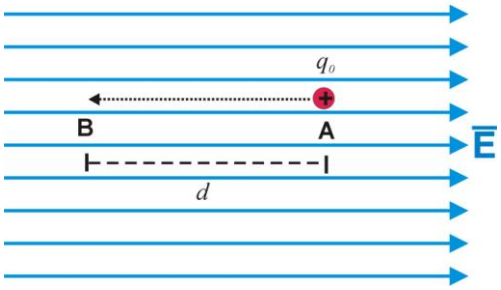



Figura 5.2.5. Al aplicar una diferencia de potencial a un conductor recto se genera un campo eléctrico constante, por cuya presencia se mueven las cargas eléctricas libres dentro de él.

Ejemplos:

5.3. Una carga de 40 μC genera un campo radial, en un punto situado a 0.5 mm ¿qué valor tendrá su intensidad de campo?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| $q_1$= 40 μC<br>= 40 x $10^{-6}$C<br><br>d = 5 x $10^{-3}$ m | E = F / q<br>= K $q_1$ $q_2$/ $d^2$ / $q_2$<br>= K $q_1$ / $d^2$ | $E = 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{\left(40\times10^{-6}C\right)}{\left(5x10^{-3}m\right)^2}$<br>$E = (360\times10^3\ \mathrm{Nm^2/C}) / (25\times10^{-6}\mathrm{m^2})$<br>$E = 14.4\times10^9\ \mathrm{N/C}$ |

**5.3 Corriente y diferencia de potencial**

La mayor parte de las aplicaciones prácticas de la electricidad tienen que ver con corrientes eléctricas. Por ejemplo, la batería de una luz de destellos suministra corriente al filamento de la bombilla cuando el interruptor se conecta. Una gran variedad de aparatos domésticos funcionan con corriente alterna. En estas situaciones comunes, el flujo de carga fluye por un conductor, por ejemplo, un alambre de cobre. Es posible también que existan corrientes fuera de un conductor. Por ejemplo, una haz de electrones en el tubo de imagen de una TV constituye una corriente.

**INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA (I).** Define la cantidad de carga eléctrica que atraviesa una sección transversal de un conductor eléctrico en una unidad de tiempo. Es decir:

$$I = q / t$$

Donde:

I = Intensidad de la corriente eléctrica o corriente eléctrica. Su unidad es el A (Ampere)
q = cantidad de carga eléctrica. Su unidad es el C (Coulomb)
t = tiempo en pasar la carga. Su unidad es el s (segundo)

La Intensidad de la corriente eléctrica o simplemente corriente eléctrica, puede ser directa (CD. si el flujo de carga es en un solo sentido, como en las pilas secas) o bien alterna (CA. si la corriente cambia de sentido, como en los alternadores de los automóviles).

Para que exista la corriente eléctrica se requiere de una diferencia de potencial eléctrico, esta la proporciona una fuente de energía, la cual puede ser un acumulador, una celda solar, un generador electromecánico, etc.

### 5.3.1 Diferencia de potencial y potencial eléctrico

La diferencia de potencial entre los puntos A y B, $V_A - V_B$, se define como el cociente del cambio de energía potencial (valor final menos valor inicial) de una carga q, que se desplaza de A a B, entre la carga.

$$\Delta V \equiv V_B - V_A = \Delta U/q$$

Las unidades SI de potencial eléctrico son joules entre Coulomb, llamados volts (V):

$$1\ V \equiv 1 J/C$$

Esto nos dice que es necesario realizar 1 J de trabajo para desplazar una carga de 1 C entre dos puntos entre los que existe una diferencia de potencial de 1 V; la carga de 1 C gana (o pierde) 1 J de energía.

### 5.3.2 Ley de Ohm

La corriente continua es un movimiento de electrones. Cuando los electrones circulan por un conductor, encuentran una cierta dificultad al moverse. A esta "dificultad" la llamamos Resistencia eléctrica.

Conductores eléctricos, si se ofrece poca resistencia al flujo de electricidad. La diferencia entre un conductor y un aislante (que es un mal conductor de electricidad), es de grado más que de tipo, ya que todas las sustancias conducen electricidad en mayor o en menor medida. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica. En los conductores sólidos la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de los electrones; y en disoluciones y gases, lo hace por los iones.

El mejor aislante para las aplicaciones eléctricas sería un material absolutamente no conductor, pero ese material no existe. Los materiales empleados como aislantes siempre conducen algo de electricidad, pero presentan una resistencia al paso de corriente eléctrica hasta $2{,}5 \times 10^{24}$ veces mayor que la de los buenos conductores eléctricos como la plata o el cobre. Estos materiales conductores tienen un gran número de electrones libres (electrones no estrechamente ligados a los núcleos) que pueden transportar la corriente; los buenos aislantes apenas poseen estos electrones. Algunos materiales, como el silicio o el germanio, que tienen un número limitado de electrones libres, se comportan como semiconductores, y son la materia básica de los transistores.

La resistencia eléctrica de un conductor depende de tres factores que quedan recogidos en la ecuación que sigue:

$$\mathbf{R} = \rho \frac{\ell}{S}$$

$\rho$ : resistividad

$\ell$ : longitud

$S$ : superficie

La resistividad depende de las características del material del que está hecho el conductor.

LEY DE OHM. La intensidad de la corriente eléctrica que pasa a través de cualquier dispositivo eléctrico es directamente proporcional a la cantidad de voltaje aplicado e inversamente proporcional a su resistencia eléctrica. Esto se escribe:

$$I = V / R$$

Donde: I es la corriente eléctrica, medida en A (Ampere)
V es el voltaje aplicado, medido en V (Volt)
R es la resistencia, medida en Ω (Ohm)

**POTENCIA ELÉCTRICA.** Es el trabajo realizado por la corriente en una unidad de tiempo. $P = W / t$

Y como $V = W / q \Rightarrow W = V q$, por lo tanto: $P = W / t = V q / t$

Y como por definición: $q / t = I \Rightarrow P = W / t = V (q / t) = V I$

Entonces la potencia eléctrica puede obtenerse simplemente con el producto de la corriente por el voltaje. $P = V I$

Donde P es la potencia eléctrica medida en w (watt)
V es el voltaje aplicado, medido en V (Volt)
I es la corriente eléctrica, medida en A (Ampere)

**CIRCUITO ELÉCTRICO.** Es todo camino formado por elementos eléctricos que describen una ruta destinada a consumir la energía eléctrica. Y pueden ser:

CIRCUITOS SERIE.

Para un circuito serie, los elementos se agrupan de manera que se tenga un solo camino posible para la corriente eléctrica; es decir uno a continuación del otro.

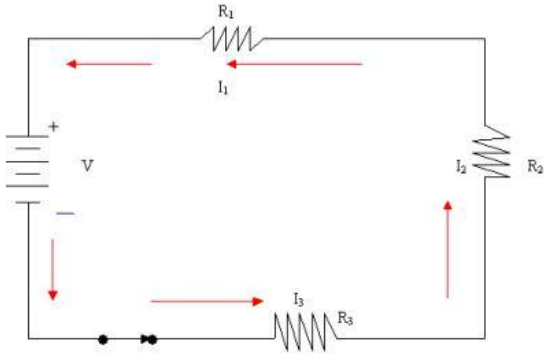



Figura 5.3.2. Muestra los componentes de un circuito en serie, resistencias ($R_1$, $R_2$, $R_3$), una fuente de poder y la intensidad de corriente I.

Se tienen las siguientes características:

La Resistencia total del circuito aumenta conforme se agregan más elementos:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n$$

En cambio, al tener un solo camino la corriente eléctrica, en cada punto del circuito tendrá el mismo valor: $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots = I_n$

Para el caso del voltaje proporcionado por la fuente de energía, este se reparte proporcionalmente a los valores de resistencia; es decir:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n$$

Mientras que la Potencia consumida por el circuito, es igual a la sumatoria de las consumidas por cada elemente del circuito:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n$$

CIRCUITO PARALELO.

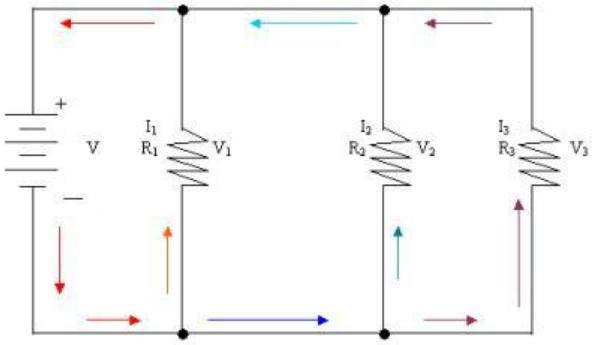



Figura 5.3.3. Muestra un circuito en paralelo, donde los puntos muestran los nodos.

Los elementos se agrupan de manera que se tienen varios caminos posibles para la corriente eléctrica; es decir los elementos se conectan por ambos extremos entre sí.

En este circuito, se tienen las siguientes características:

La Resistencia total del circuito disminuye conforme se agregan más elementos, en razón inversa de sus inversos de resistencia:

$$1 / R_T = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + \ldots + 1 / R_n$$

$$R_T = 1 / (1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + \ldots + 1 / R_n )$$

y en el caso particular de tener solamente dos resistencias en paralelo:

$$R_T = R_1 R_2 / R_1 + R_2$$

Y ahora, al tenerse varios caminos para la corriente eléctrica, la corriente total es igual a la sumatoria de la corrientes que pasan a través de todos los caminos posibles:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots + I_n$$

Pero, el voltaje proporcionado por la fuente de energía, es el mismo que se aplica a cada una de las resistencias que se conectan hacia ella; es decir:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots = V_n$$

Mientras que la Potencia consumida por el circuito, es igual a la sumatoria de las consumidas por cada elemente del circuito:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n$$

Ejemplos:

5.5. Se conoce que a través de un conductor se mueve de manera uniforme una carga de 400 $\mu$C, en sólo 25 ms. Encuentra la magnitud de la corriente.

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| q = 400 $\mu$C = 400 x $10^{-6}$ C<br>t = 25 ms = 25 x $10^{-3}$ s<br>I = ? | I = q / t | I = (400 x$10^{-6}$ C) / (25 x $10^{-3}$ s)<br>= 16 x $10^{-3}$ A |

5.6. La cantidad de carga que pasa por el filamento de una cierta lámpara incandescente en 2 segundos es de 1.67 C. Calcule a) La corriente en la lámpara, b) El numero de electrones que pasa por 1 segundo.

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| q = 1.67 C<br>t = 2 s<br>I = ? | I = q / t | I = (1.67 C) / (2 s)<br>= 0.835 A |
| b) En 1 segundo, 0.835 C de carga deben atravesar el área de sección transversal del filamento. Esta carga total por segundo es igual al producto del número de electrones, N, por la carga de un solo electrón.<br>N q = N(1.6 x $10^{-19}$ C / e) = 0.835 C, entonces: N = 0.835 C / (1.6 x $10^{-19}$ C / e)<br>N = 5.22 x $10^{18}$ e (electrones) | | |

5.7. Una resistencia de 40 $\Omega$ se conecta a una fuente de 12 V, ¿qué cantidad de corriente pasa a través de ella?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| R = 40 $\Omega$<br>V = 12 v<br>I = ? | I = V / R | I = 12 V / 40 $\Omega$ = 0. 3 A |

5.8. Una resistencia de 250 $\Omega$ se conecta a una fuente, de manera que circula por ella una corriente de 0.8 A. Determina el voltaje proporcionado por la fuente.

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| R = 250 $\Omega$<br>I = 0.8 A<br>V = ? | I = V / R | Despejando a "V":<br>V = R I = (250 $\Omega$ ) (0.8 A) = 200 V |

5.9. Una resistencia se conecta a una fuente de 120 V, ocasionando una corriente de 25 mA ¿qué cantidad de potencia se produce?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| V = 120 v<br>I = 25 mA<br>= 25 /1000 A<br>= 0.025 A | P = V I | P = (120 V) (0.025 A) = 3 w |

5.10. Una plancha de 750 w, conecta a una fuente de 100 V, ¿qué valor de resistencia tiene?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| P = 750 w<br>V = 100 V<br>R = ? | P = V I, se despeja I: I = P/V<br><br>I = V / R, se despeja R: R = V / I | I = 750 w / 100 V = 7.5 A<br><br>R = 100 V / 7.5 A = 13.3 Ω |
| | Otra solución es sustituir la ley de Ohm en la Potencia y despejar la resistencia R:<br>P = V I = V (V/R) = $V^2$ / R<br>De donde se obtiene:<br>R = = $V^2$ / P = (100 V)$^2$ / 750 w = (10000 $V^2$) / 750 w = 13.3 Ω | |

5.11. Una parrilla eléctrica con resistencia 80 Ω, recibe una corriente de 1.5 A, ¿qué potencia se obtiene?

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| R = 250 Ω<br>I = 1.5 A<br>P = ? | I = V / R, se despeja V: V = R I<br><br>P = V I | V = (250 Ω) (1.5 A) = 375 V<br><br>P = ( 375 V) (1.5 A) = 562.5 w |
| | Otra solución es sustituir la ley de Ohm en la ecuación de Potencia:<br>P = V I = (R I) I = R $I^2$ = (250 Ω ) ( 1.5 A)$^2$ = (250 Ω) (2.25 $A^2$) = 562.5 w | |

5.12. Al juntar los polos de una pila de 3 V durante 4 μs, con un conductor de cobre de 2.1 x $10^{-7}$ Ω. Determina la corriente producida en el corto

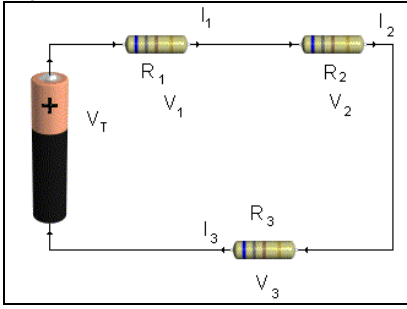
| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| V = 3 V<br>R = 2.1x$10^{-7}$ Ω<br>I = ? | I = V / R | I = (3 V) / (2.1x$10^{-7}$ Ω ) = 1.43 x $10^{7}$ A |

5.13. Una cafetera eléctrica de 300 w, se conecta a una fuente de 120 V durante 10 minutos. Determina la corriente que se tiene.

| DATOS | FÓRMULAS | SOLUCIÓN |
|---|---|---|
| P = 300 w<br>V = 120 V<br>I = ? | P = V I , se despeja I: I = P / V<br><br>I = V / R, se despeja R: R = V / I | I = (300 w) / (120 V) = 2.5 A<br><br>R = (120 V) / (2.5 A) = 48 Ω |

5.14. Encuentra todos los valores de R, V , I y P en los siguientes circuitos:

a) Si: $V_1$ = 12 V, $V_2$= 9 V, $V_3$ = 3 V, y $R_T$= 6 Ω.




$V_T = V_1 + V_2 + V_3$ =12 V + 9 V + 3 V = 24 V

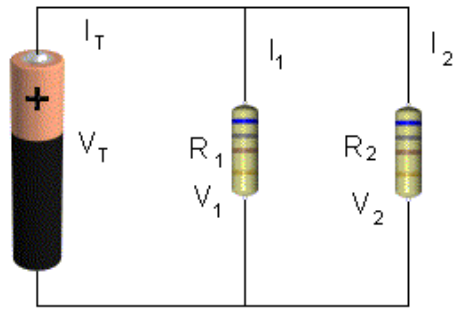
Aplicando la ley de Ohm:
$I_T = V_T / R_T$ = 24 V / 6 Ω = 4 A,

Por ser circuito serie:
$I_T = I_1 = I_2 = I_3$ = 4 A

Y las resistencias, se obtienen como:

| | |
|---|---|
| | $R_1 = V_1 / I_1 = 12\ V / 4\ A = 3\ \Omega$<br>$R_2 = V_2 / I_2 = 9\ V / 4\ A = 2.25\ \Omega$<br>$R_3 = V_3 / I_3 = 3\ V / 4\ A = 0.75\ \Omega$<br><br>Finalmente, las potencias son:<br>$P_1 = V_1\ I_1 = (12\ V)(\ 4\ A\ ) = 48\ w$<br>$P_2 = V_2\ I_2 = (9\ V\ )\ (\ 4\ A\ ) = 36\ w$<br>$P_3 = V_3\ I_3 = (3\ V\ )\ (\ 4\ A\ ) = 12\ w$<br>$P_T = V_T\ I_T = (24\ V)\ (\ 4\ A\ ) = 96\ w$ |

b) $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 40\ \Omega$, e $I_T = 4\ A$.

| | |
|---|---|
|  | $R_T = R_1\ R_2 / R_1 + R_2 =$<br>$= (10\ \Omega)\ (40\ \Omega) / (10\ \Omega, + 40\ \Omega)$<br>$= 400\ \Omega^2 / 50\ \Omega = 8\ \Omega,$<br><br>$V_T = R_T\ I_T = (8\ \Omega\ )\ (\ 4\ A) = 32\ V,$<br><br>Por ser circuito paralelo:<br>$V_T = V_1 = V_2 = 32\ V$<br><br>Y los datos de corrientes, se obtienen como:<br>$I_1 = V_1 / R_1 = 32\ V / 10\ A = 3.2\ A$<br>$I_2 = V_2 / R_2 = 32\ V / 40\ A = 0.8\ A$<br><br>Finalmente, las potencias son:<br>$P_1 = V_1\ I_1 = (32\ V)\ (\ 3.2\ A\ ) = 102.4\ w$<br>$P_2 = V_2\ I_2 = (32\ V)\ (\ 0.8\ A\ ) = 25.6\ w$<br>$P_T = V_T\ I_T = (32\ V)\ (\ 4\ A\ ) = 128\ w$ |

PREGUNTAS Y PROBLEMAS.

Contesta brevemente a cada uno de los planteamientos siguientes:

5.1.- ¿Cuáles son los tipos de carga eléctrica y porqué se llaman así?

5.2.- Menciona los procedimientos para obtener carga eléctrica y en que consiste cada uno de ellos.

5.3.- ¿Qué tipos de carga se obtienen en cada uno de los cuerpos participantes, en el procedimiento de electrización por frotamiento?

5.4.- ¿Qué tipos de carga se obtienen en cada uno de los cuerpos participantes en el procedimiento de electrización por contacto?

5.5.- ¿Cuál de dos cargas una positiva y otra negativa, atrae con mayor intensidad a la otra?

5.6.- Si dos carga positivas separadas 8 cm y del mismo valor se rechazan con 8 N, si una de las cargas la acercamos a la mitad de separación (4 cm), ¿Cuánto valdrá la nueva fuerza?

5.7.- ¿De qué factores depende el valor de resistencia de un conductor eléctrico?

5.8.- Al calentar un metal, ¿aumenta o disminuye su resistencia eléctrica?

5.9.- Si se mantiene constante el voltaje a través de un circuito y la resistencia aumenta al doble, ¿qué cambio sucede en la corriente?

5.10.- Si la resistencia de un circuito permanece constante mientras que el voltaje por el circuito baja a la mitad de su valor inicial, ¿qué cambio sucede en la corriente?

5.11.- En un circuito de dos bombillas en serie, si la corriente que pasa por una es 1 A, ¿cuál es la que pasa por la otra bombilla? Explica tu respuesta.

5.12.- Si se imprimen 6 V a través del circuito de la pregunta anterior, y el voltaje a través de la primera bombilla es 2 V. ¿cuál es el voltaje a través de la segunda bombilla? Explica tu respuesta.

5.13. - ¿Cuál es una desventaja principal en un circuito en serie?

5.14.- En un circuito de dos bombillas en paralelo, si hay 6 V a través de una. ¿cuál es el voltaje a través de la otra bombilla?

5.15.- Los circuitos de un hogar, ¿se conectan normalmente en serie o en paralelo?

5.16.- ¿Esperas que en el filamento de una bombilla en tu hogar haya cd o ca? ¿Y en un filamento de faro de automóvil?

5.17.- Los faros de los automóviles, ¿están conectados en paralelo o en serie? ¿Corno lo compruebas?

5.18.- Para conectar un par de resistores de modo que su resistencia equivalente sea menor que la resistencia de cualesquiera de ellos, ¿los debes conectar en serie o en paralelo?

5.19.- Para conectar un par de resistores de modo que su resistencia equivalente sea mayor que la resistencia de cualesquiera de ellos, ¿los debes conectar en serie o en paralelo?

5.20.- Los faros de los automóviles pueden disipar 40 W en baja y 50 W con las luces altas. ¿Es mayor la resistencia del filamento de las luces altas?

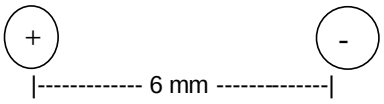
5.21.- ¿Cuál de las siguientes es una unidad de potencia, y cuál es una unidad de energía: watt, kilowatt, kilowatt-hora?

Resuelve los siguientes problemas, indicando todos los pasos a su correcta solución:

5.22.- Dos pastillas, cada una con una carga de 1 μC microcoulomb (1 X $10^{-6}$ C), están a 3 cm (0.03 m) de distancia. ¿Cuál es la fuerza eléctrica entre ellas?

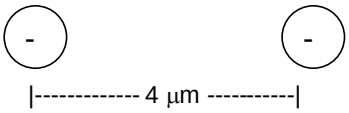
5.23.- Determina la fuerza eléctrica entre las cargas de la figura.

$q_1$ = 25 μC $q_2$ = 30 μC




5.24.- Determina la fuerza eléctrica entre las cargas de la figura.

$q_A$ = 40 nC $q_B$ = 20 nC (nanoCoulomb)




5.25.- Determinar la intensidad de corriente eléctrica en Ampere, para un conductor sobre el cual circulan 475 C en una hora.

5.26.- Si dos resistencias de $5\ \Omega$ y $4\ \Omega$ se conectan a una fuente de 3 V, determina la Potencia toral consumida por el circuito al conectarlas, primero en serie y después en paralelo.

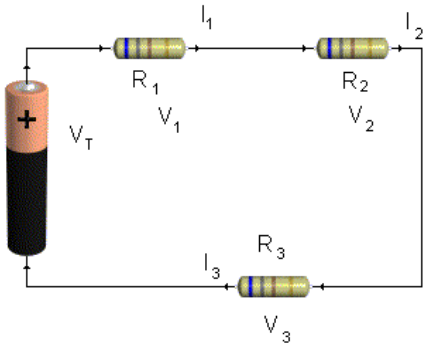
5.27.- Un foco de 75 watts se conecta a una fuente de 110 V. Determina su resistencia eléctrica.

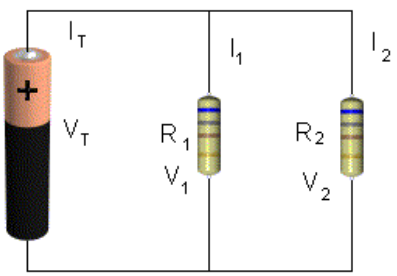
5.28.- Una parrilla de 600 watts de potencia se conecta a una fuente de 120 V. ¿Cuánta corriente provoca y de que magnitud es su resistencia?

5.29.- Un aparato eléctrico conectado a una fuente de 15 V produce una corriente de 25 μA (microAmpere); si después se conecta a otra fuente la corriente obtenida es de 60 μA. ¿De qué voltaje es la segunda fuente?

5.30.- Resuelve los siguientes circuitos eléctricos (Anotando todos los valores de R, V, I y P)

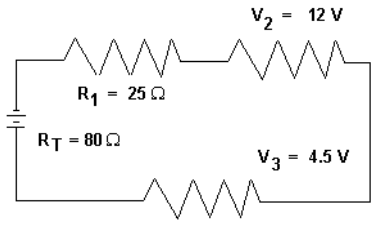
a) $R_1$ = 24 ohm, $V_2$= 9 V $I_3$ = 1.5 A $R_T$= 32 ohm



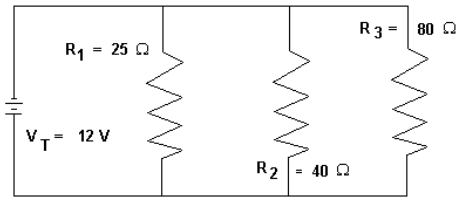




b) $I_1$ = 5 A, $I_2$= 3 A, $R_2$= 6 ohm

c)




d)




**Respuestas:**

5.1. Positiva y negativa, carga positiva porque cedió electrones, y carga negativa o porque los recibe.
5.3. Uno queda negativo y el otro positivo, dependiendo de su afinidad electrónica.
5.5. Con la misma intensidad. De acuerdo con la 3ª. Ley de Newton.
5.7. De manera directa de su longitud, en forma inversa con su sección transversal, dependiente del tipo de sustancia y de la temperatura a la que se encuentre.
5.9. La corriente disminuye a la mitad.
5.11. También 1 A, la corriente es conservativa y mantiene su valor en cualquier elemento que se encuentre en serie.
5.13. Si alguna parte del circuito falla (se interrumpe), todos los elementos en serie dejan de recibir la corriente eléctrica, terminando su funcionamiento.
5.15. En paralelo.
5.17. En paralelo, ya que si aflojamos uno de ellos el otro sigue funcionando.
5.19. En serie, ya que de esta manera aumenta su valor de resistencia.
5.21. La potencia se mide en watt y en kilowatt, la energía consumida en un circuito se determina como kilowatthora.
5.23. $F_{1,2} = 1.875 \times 10^5$ N.
5.25. I = 0.1319 A = 131.9 mA
5.27. R = 161.333 Ω
5.29. $V_2 = 36$ V

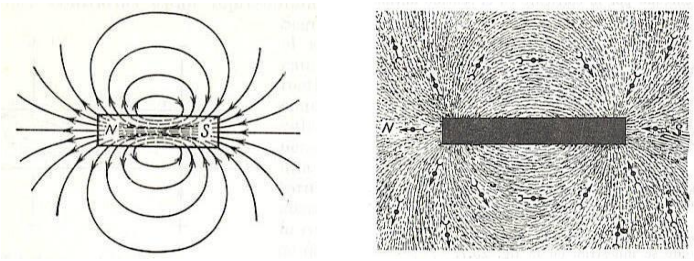
**5.4 Fenómenos electromagnéticos.**

**5.4.1. Campo magnético y líneas de Campo.**

El campo magnético se crea o por las cargas eléctricas en movimiento, o bien por el campo eléctrico alterno y actúa sólo sobre las cargas en movimiento.

El campo magnético fue notado inicialmente alrededor de los imanes y su representación al igual que el campo eléctrico se hace con líneas de fuerza, en cualquier punto, la dirección del campo magnético es igual a la dirección de las líneas de fuerza, y la intensidad del campo es inversamente proporcional al espacio entre las líneas. En el caso de una barra imantada, las líneas de fuerza salen del polo Norte y se curvan para llegar al otro polo (Sur); estas líneas pueden considerarse como bucles cerrados, con una parte del bucle dentro del imán y otra fuera. En los extremos del imán, donde las líneas de fuerza están más próximas, el campo magnético es más intenso; en los lados del imán, donde las líneas de fuerza están más separadas, el campo magnético es más débil. Según su forma y su fuerza magnética, los distintos tipos de imán producen diferentes esquemas de líneas de fuerza. La estructura de las líneas de fuerza creadas por un imán o por cualquier objeto que genere un campo magnético puede visualizarse utilizando una brújula o limaduras de hierro. Los imanes tienden a orientarse siguiendo las líneas de campo magnético. Por tanto, una brújula, que es un pequeño imán que puede rotar libremente, se orientará en la dirección de las líneas. Marcando la dirección que señala la brújula al colocarla en diferentes puntos alrededor de la fuente del campo

magnético, puede deducirse el esquema de líneas de fuerza. Igualmente, si se agitan limaduras de hierro sobre una hoja de papel o un plástico por encima de un objeto que crea un campo magnético, las limaduras se orientan siguiendo las líneas de fuerza y permiten así visualizar su estructura.




**5.4.2. Interacción electromagnética.**

Fue C. Oersted, físico danés, el que por primera vez mediante experimentos descubrió en 1820, el campo magnético alrededor de los conductores con corriente eléctrica.

Según se sabe, la aguja magnética situada en un campo magnético gira. Esto quiere decir que sobre sus extremos actúan fuerzas magnéticas que forman un par de fuerzas que la hacen girar a lo largo de las líneas de fuerza.

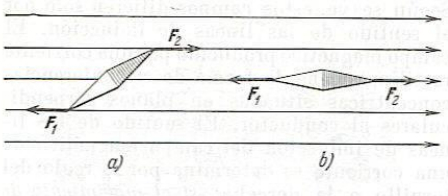
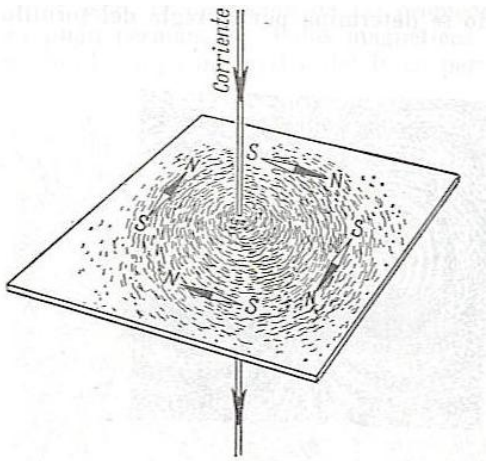



Figura.5.4.2. Cuando la aguja se queda inmóvil, estas fuerzas deben tener la dirección de la recta a lo largo de la cual se dispone la aguja

De acuerdo a las agujas magnéticas se puede definir la situación de las líneas a lo largo de las cuales actúan las fuerzas magnéticas sobre las agujas.

El campo magnético se representa con líneas de inducción, que son aquellas a la que pequeñas agujas magnética son tangentes a cada uno de sus puntos.

En la práctica, el cuadro de la disposición de las líneas de inducción magnética en un plano se obtiene con facilidad mediante limadura de hierro, pues cada limadura se imanta y se convierte en una pequeña aguja magnética que se sitúa a lo largo de la línea de inducción del campo. La figura representa el campo magnético de la corriente rectilínea en un plano perpendicular al conductor. Se considera que las líneas de inducción están dirigidas en el sentido que señalan los polos nortes de las agujas, o sea




señalan los polos nortes de las agujas, o sea, en sentido horario si se mira desde arriba (en la dirección de la corriente).

*A través de todo punto en el espacio pasa una sola línea de inducción, por eso éstas nunca se intersectan.*

La figura muestra que las líneas de inducción del campo magnético son cerradas, es decir, no tienen comienzo ni fin y siempre rodean al conductor con corriente. Esta es una propiedad muy importante de las líneas de inducción magnética. Cabe recordar que las líneas de intensidad del campo eléctrico tienen comienzo y fin en las cargas eléctricas (o en la infinidad).

De lo anterior se concluye que el campo magnético y la corriente eléctrica siempre existen juntamente. En la naturaleza nunca existe campo magnético sin corriente eléctrica y corriente eléctrica sin campo magnético.

El campo magnético de un conductor con corriente se determina por la intensidad y el sentido de la corriente así como por la forma de dicho conductor. Para conductores rectos, las líneas de inducción tiene la forma de circunferencias concéntricas, situadas en planos perpendiculares al conductor. Y el sentido se determina por la regla del tornillo a la derecha: si el movimiento del avance del tornillo coincide con el sentido de la corriente en el conductor, entonces el sentido de la rotación de la cabeza del tornillo muestra la dirección de las líneas reinducción del campo magnético.

El campo magnético de una corriente a través de un conductor circular se ilustra en la siguiente figura.5.4.3.:

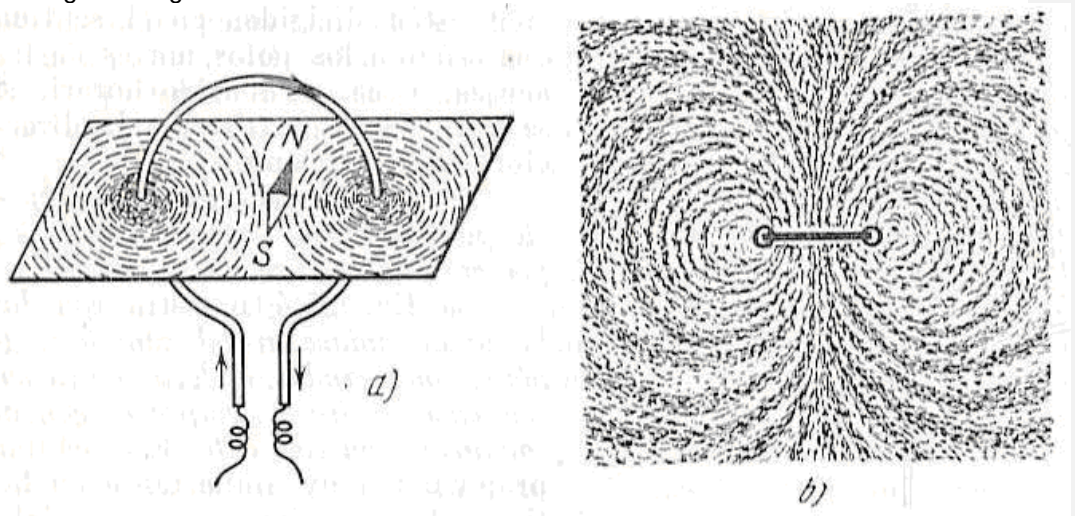
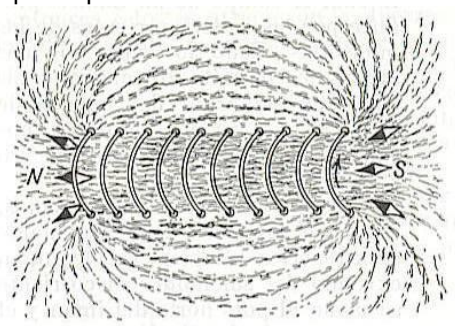



**Fig.** *a*) Campo magnético de una corriente circular; *b*) campo magnético de una corriente circular, obtenido mediante limaduras de acero (vista desde arriba).

El campo magnético de un solenoide, que es una bobina con corriente se, muestra a continuación, donde se ve que en el interior del solenoide las líneas de inducción son paralelas y lo contornean por la parte exterior.




**5.4.2. Interacción magnética entre conductores rectilíneos.**

A continuación vamos a llamar magnéticas las fuerzas de interacción entre las corrientes y los imanes. Aclaremos qué es lo que determina la fuerza de interacción entre dos corrientes paralelas (figura.5.4.5).

Si las corrientes $I_1$ e $I_2$ tienen el mismo sentido en dos conductores, entonces éstos se atraen con las fuerzas $F_1$ y $F_2$. La presencia de estas fuerzas se debe a que el segundo conductor se encuentra en el campo magnético del primero, el cual produce la fuerza $F_2$. Está claro, que la fuerza $F_1$ a su turno está creada por el campo magnético del segundo conductor. Variando la intensidad de la corriente en los conductores y la distancia a entre ellos, se puede demostrar experimentalmente que la fuerza F ejercida en el segmento *l* de un conductor es directamente proporcional al producto de las intensidades de las corrientes, la longitud *l* y es inversamente proporcional a la distancia *a*:

$$F = K\frac{I_1 I_2 l}{a}$$

Cambiando el medio en el que están situados los conductores se puede establecer que la fuerza F depende del medio que la rodea. Por tanto, el factor de proporcionalidad K depende de las unidades de medida empleadas, así como del medio.

El estudio de este problema ha demostrado que el medio puede tanto intensificar como debilitar la interacción entre las corrientes, en comparación con el vacío.

En el SI el factor k se toma igual a $\mu_m/2\pi$. La magnitud $\mu_m$ expresa la relación entre la fuerza de interacción de las corrientes eléctricas y el medio recibe el nombre de permeabilidad magnética del medio. Quedando la ecuación como:

$$F = \frac{\mu_m I_1 I_2 l}{2\pi a}$$

**5.4.4. Transformación de energía eléctrica en mecánica**

La energía eléctrica es el resultado de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos, cuando se les pone en contacto por medio de un conductor eléctrico, y se obtiene trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa, la energía mecánica y la energía térmica. Su uso es una de las bases de la

tecnología utilizada por el ser humano en la actualidad. La energía eléctrica se manifiesta como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos. Cada vez que se acciona un interruptor, se cierra un circuito eléctrico y se genera el movimiento de electrones a través del cable conductor. Las cargas que se desplazan forman parte de los átomos de que se desea utilizar, mediante las correspondientes transformaciones.

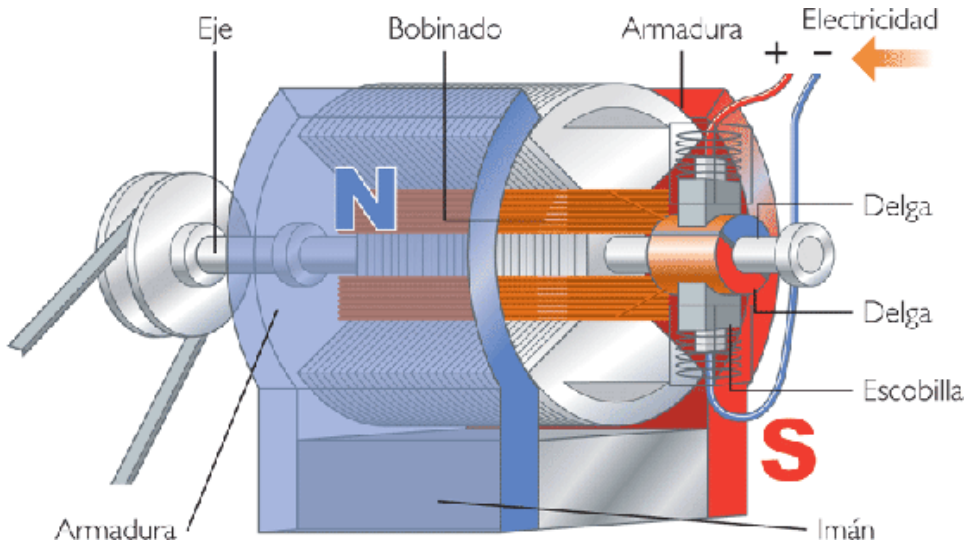



*Figura 5,4,5` Muestra las componentes de un motor eléctrico y como esta conectado a un eje para asì poder hacer trabajo mecànico.*

Una máquina eléctrica como se muestra en la figura ¿? es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Se clasifican en tres grandes grupos: generadores, motores y transformadores. Los generadores transforman energía mecánica en eléctrica, mientras que los motores transforman la energía eléctrica en mecánica haciendo girar un eje. El motor se puede clasificar en motor de corriente continua o motor de corriente alterna. Los transformadores y convertidores conservan la forma de la energía pero transforman sus características.

**FUERZA DE LORENTZ**

Las fuerzas magnéticas son ejercidas por imanes sobre otros imanes, por imanes sobre alambres que transportan corriente y por alambres que transportan corriente entre si. Puesto que la corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica, al parecer obtenemos fuerzas magnéticas cuando las cargas se mueven.

¿El movimiento de carga es de cierta forma un criterio fundamental para que haya fuerzas magnéticas? Ampere también trató de responder a esta pregunta durante la década de 1820.

Piensa en la dirección de la fuerza que ejerce un alambre que transporta corriente sobre otro: esta fuerza es perpendicular a la dirección de la corriente. Debido a que la dirección de la corriente eléctrica es la del flujo de carga positiva, cabe suponer que una fuerza magnética es ejercida sobre las cargas en movimiento en el alambre. Esta fuerza debe ser perpendicular a la velocidad de las cargas para que sea muy consistente con la fuerza observada sobre un alambre. Como se muestra en la figura 5.4.6.

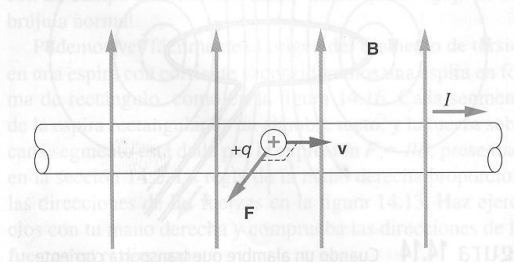



*Figura 5.4.6. Muestra como es la relación de la fuerza con respecto a la dirección del campo.*

La fuerza magnética sobre un alambre que transporta corriente alcanza su valor máximo cuando el alambre esta perpendicular a la dirección del campo magnético. Todos estos hechos indican que se ejerce una fuerza magnética sobre una carga en movimiento. Esta fuerza es proporcional a la cantidad de carga y a la velocidad de la carga en movimiento (las cuales se relacionan con la corriente por las cargas que fluyen por el alambre) y con la intensidad del campo magnético. En símbolos escribimos esta formula como:

$$F = qvB$$

Donde q es la carga, v su velocidad y B la intensidad del campo magnético. No obstante para que esta relación sea validad la velocidad ha de ser perpendicular al campo. Sin embargo la carga no puede estar restringida a un alambre.

Esta expresión para la fuerza magnética en realidad define la magnitud del campo magnético. Al dividir entre q y v, puede escribirse en la forma:

$$B = F / qv$$

Donde v denota la componente de la velocidad que es perpendicular al campo. A partir de esta definición, la unidad del campo magnético es igual a 1N por ampere-metro (N/A*m), el cual ahora se llama tesla (T).

Pero no siempre la velocidad será ortogonal al campo magnético por lo que en algunos casos la velocidad de la partícula tendrá un ángulo de entrada a un campo magnético por lo que las ecuaciones anteriores quedarían de la siguiente manera:

$$F = qvB\,sen\theta$$

*y*

$$B = F / (qvsen\theta)$$

Igual que el campo eléctrico es la fuerza electroestática por unidad de carga, el campo magnético es la fuerza magnética por unidad de carga y unidad de velocidad. Si la

velocidad de la carga es cero no hay fuerza magnética, pero el campo magnético podría aun estar presente. El campo magnético es la fuerza por unidad de carga y unidad de velocidad que se ejercería si una carga de movimiento estuviera presente con su velocidad perpendicular al campo.

¿Cuál es dirección de la fuerza magnética sobre una carga en movimiento?

La regla de la mano derecha, como se ilustra en la figura 5.4.7., se usa para describir la dirección de la fuerza magnética sobre una carga en movimiento. Si apuntas el dedo índice de tu mano derecha en la dirección de la velocidad de una carga positiva y el dedo de en medio en la dirección del campo magnético, el pulgar apuntara en la dirección de la fuerza magnética sobre la carga en movimiento. Esta fuerza siempre es perpendicular, tanto a la velocidad como a la dirección del campo. La fuerza sobre una carga negativa esta en la dirección opuesta de una carga en movimiento en la misma dirección del campo.

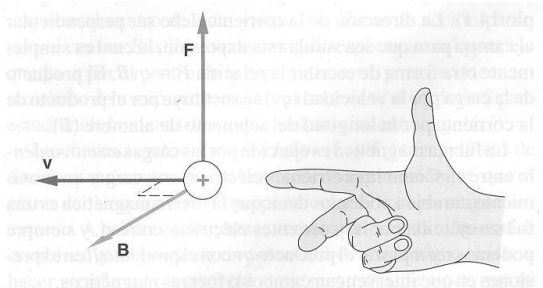



*Figura 5.4.7. Muestra como se puede encontrar la dirección de la fuerza en función del campo magnético y la velocidad de la partícula.*

Debido a que la fuerza magnética sobre una carga en movimiento es perpendicular a la velocidad de la carga, esta fuerza no realiza trabajo sobre la carga y no puede aumentar su energía cinética. La aceleración resultante de la carga es una aceleración centrípeta que cambia la dirección de la velocidad de la carga. Si esta última se mueve en dirección perpendicular a un campo magnético uniforme, la fuerza magnética sesgará la trayectoria de la partícula cargada para formar un círculo. El radio del círculo esta determinado por la masa y la rapidez de la partícula y puede calcularse aplicando la segunda ley de Newton.

Como la dirección de la corriente eléctrica es la misma que la del flujo de carga positiva, la regla de la mano derecha usada para encontrar la dirección de la fuerza sobre una carga en movimiento también sirve para describir la dirección de la fuerza sobre un alambre que transporta corriente. En este caso, el dedo índice apunta en dirección de la corriente y el dedo de en medio y el pulgar tienen los mismos significados de antes.

La fuerza magnética sobre un segmento de alambre puede expresarse en términos del campo magnético como $F = \mathbf{I}\ l\ B$, donde **I** es la corriente y *l* la longitud del segmento de alambre y B la intensidad del campo magnético. La dirección de la corriente debe ser perpendicular al campo para que sea valida esta expresión, la cual es simplemente otra forma de escribir la relación $F = qvB$. EL producto de la carga por la velocidad ($qv$) se substituye por el producto de la carga de la corriente por la longitud del segmento de alambre ($\mathbf{I}\ l$).

La fuerza magnética es ejercida por las cargas del movimiento entre si. Como las corrientes eléctricas son cargas en movimiento, también podemos decir que la fuerza magnética es una fuerza ejercida por las corrientes de las corrientes eléctricas entre si, y siempre podemos remplazar el producto qv con el producto de **I** *l* en expresiones en que intervengan campos o fuerzas magnéticas.

Oersted descubrió que, cuando se orientaba apropiadamente, una corriente eléctrica provocaba una desviación de la aguja de una brújula. Continuando con la investigación de este experimento, Ampere mostró que un alambre que transporta corriente eléctrica ejerce una fuerza magnética sobre otro alambre. Como una corriente eléctrica consiste en cargas, en movimiento, el tamaño de un campo magnético puede definirse contra la fuerza por unidad de carga por unidad de velocidad, siempre que la velocidad sea perpendicular al campo magnético.

**PROBLEMAS Y PREGUNTAS RESUELTOS**

5.31.- Un protón que tiene una velocidad de $5 \times 10^{6}$ m/s y con dirección hacia el Norte, entra a un campo magnético que le ejerce una fuerza de $8 \times 10^{-14}$ N verticalmente hacia arriba y perpendicular a la velocidad. Determine la magnitud y la dirección del campo magnético en esta región. Considera la carga del protón como $1.6 \times 10^{-19}$ C.

*La formula a ocupar es:*

$$F = qvB\,sen\theta$$

*Despejando a B de la ecuación*

$$B = F / (qvsen\theta)$$

*Como el campo magnético es perpendicular a la dirección del protón tenemos que:*

$$Sen\ \theta = sen\ 90 = 1$$

*Por lo que ecuación final es:* $B = F / (qv)$

*Sustituyendo datos conocidos*

$$B = 8 \times 10^{-14}\ N / (5 \times 10^{6}\ m/s * 1.6 \times 10^{-19}\ C)$$

$$B = 8 \times 10^{-14}\ N / 8 \times 10^{-13} Am$$

$$B = 0.1\ T \text{ y en la dirección este oeste (oriente a poniente)}$$

5.32.- Una carga negativa –Q se coloca en reposo cerca de un imán. ¿La carga empezara a moverse?

*No, Una carga en reposo tiene velocidad igual acero, los campos magneticos solo ejercen fuerzas a cargas en movimiento.*

5.33.- Un electrón se proyecta de izquierda a derecha en un campo magnético dirigido verticalmente hacia abajo. La velocidad del electrón es: $2 \times 10^{6}$ m/s y la densidad del flujo magnético del campo es 0.3 T. Determine la magnitud de la fuerza magnética ejercida sobre el electrón.

*La formula a ocupar es:* $F = qvB\,sen\theta$

*Como el campo magnético es perpendicular a la dirección del protón tenemos que:*

$$Sen\ \theta = sen\ 90 = 1$$

*Por lo que ecuación final es:* $F = qvB$

*Sustituyendo datos conocidos* $F = -1.6 \times 10^{-19}\ C * 0.3\ T * 2 \times 10^{6}\ m/s$

$$F = 9 \times 10^{-14}\ N$$

5.34.- Un protón se desplaza con una rapidez de $1 \times 10^{5}$ m/s a través del campo magnético de la tierra cuyo valor es $0.5 \times 10^{-4}$ T. cuando el protón se mueve hacia el este, la fuerza magnética que actúa sobre el alcanza un máximo y cuando se desplaza

hacia el oeste no actúa fuerza magnética sobre el. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza magnética?

*La formula a ocupar es:* $F = qvB\,sen\theta$

*Como el campo magnético es perpendicular a la dirección del protón tenemos que:*

$$Sen\ \theta = sen\ 90 = 1$$

*Por lo que ecuación final es:* $F = Bqv$

*Sustituyendo datos conocidos* $F = 1.6 \times 10^{-19}\ C * 1 \times 10^{5}\ m/s * 0.5 \times 10^{-4}\ T$

$$F = 8 \times 10^{-19}\ N$$

5.35.- Una protón se mueve a 8 x $10^{6}$ m/s a lo largo del eje x entra en una región donde hay un campo magnético cuya magnitud de 2.5 T, con una fuerza de 2.8 x $10^{-12}$ N. Calcule la dirección con respecto al eje x.

*La formula a ocupar es:* $F = qvB\,sen\theta$

*Despejando la función seno, tenemos que:* $Sen\ \theta = F/qvB$

*Sustituyendo datos conocidos* $Sen\ \theta = 2.8 \times 10^{-12}\ N / (1.6 \times 10^{-19}\ C * 8 \times 10^{6}\ m/s * 2.5\ T)$

$$Sen\ \theta = 2.8 \times 10^{-12}\ N / 3.2\ 10^{-12}\ N$$

$$Sen\ \theta = 0.875$$

$$\theta = Sen^{-1}\ 0.875$$

$$\theta = 61.04°$$

**PROBLEMAS Y PREGUNTAS PROPUESTOS**

5.36.- Un protón se mueve a una velocidad de 2 x $10^{9}$ m/s a través de un campo magnético uniforme, cuya magnitud es 1.2 x $10^{3}$ T. ¿Cuál es la fuerza magnética sobre el electrón si, su velocidad y el campo magnético forman un ángulo de 45°?

5.37.- Una haz de protones se acelera primero a una velocidad de 3 x $10^{5}$ m/s en un acelerador. A continuación entra a un campo magnético 0.5 T, que esta orientado en un ángulo de 37°, hacia arriba, en relación con la dirección del haz. ¿Cuál es la fuerza que siente el haz de protones?

5.38.- Una partícula con carga de 2e, se mueve con una velocidad de 2.5 x $10^{7}$ m/s en un campo magnético de 0.7 T, este siente una fuerza de 3.6 x $10^{-12}$ N, encuentra la orientación de la partícula.

5.39.-Determina la velocidad de una partícula cuya carga es 2.3 la del positrón, cuando entra de manera perpendicular a un campo magnético de 3 T, si esta siente una fuerza de 4.1 x $10^{-8}$ N

5.40.- Una carga positiva Q se coloca en reposo cerca de un imán. ¿La carga empezara a moverse?

5.41.- Un electrón pasa por un campo magnético sin ser desviado. ¿Qué concluye el lector acerca de la orientación entre el campo magnético y la velocidad del electrón, suponiendo que no actúa fuerza sobre el?

**RESPUESTAS**

*5.36.-* $F = 2.94 \times 10^{-7}\ N$

*5.37.-* $F = 1.44 \times 10^{-14}\ N$

*5.38.-* $\theta = 32.39°$

*5.39.-* $V = 5.94 \times 10^{10}\ m/s$

*5.40.- No, Una carga en reposo tiene velocidad igual acero, los campos magnéticos solo ejercen fuerzas a cargas en movimiento.*
*5.41.- Son paralelas u opuestas.*

**Ley de Faraday: Inducción Electromagnética.**

El trabajo de Oersted, Ampere y otros estableció finalmente que las fuerzas magnéticas están asociadas con las corrientes eléctricas. A partir del concepto de campo introducido por Maxwell, ahora sabemos que una corriente eléctrica produce un campo magnético. ¿Qué hay respecto a lo inverso? ¿Los campos magnéticos pueden producir una corriente eléctrica?

Michael Faraday, tuvo su comienzo el la ciencia como asistente del químico ingles Humphry Davy. El principal interés de Davy y gran parte de los primeros trabajos de Faraday, radicaba en la acción química de las corrientes eléctricas o electrolisis, posteriormente, Faraday comenzó una seria de experimentos para explorar la posibilidad de producir una corriente eléctrica a partir de los efectos magnéticos.

¿Qué mostraron los experimentos de Faraday?

Faraday estaba conciente de que los efectos magnéticos de las corrientes eléctricas aumentaban con las bobinas, así que empezó sus experimentos devanando de bobinas de alambre sin conectar en el mismo cilindro de madera. Una bobina estaba conectada a una batería y la otra a un galvanómetro (este mide tanto la dirección como el tamaño de la corriente eléctrica). Faraday quería ver si podía detectar una corriente en la bobina conectada al galvanómetro cuando fluía una corriente por la otra bobina conectada a la batería.

Los resultados de estos primeros experimentos fueron negativos, no detecto ninguna corriente en la segunda bobina. Sin dejarse intimidar, Faraday persistió al devanar bobinas más y más grandes. Finalmente, con bobinas alrededor de 61 metros de alambre, observo un efecto. Aun no había evidencia de una corriente continua en la segunda bobina, pero había una desviación muy breve y débil de la aguja del galvanómetro cuando conectaba la primera bobina a la batería. Había otra desviación momentánea en la dirección opuesta cuando interrumpía el contacto con la batería.

Faraday no había esperado este efecto, pero los experimentadores no pueden elegir que resultados obtener. Mediante experimentos posteriores, Faraday encontró que podía obtener una desviación considerablemente mayor (aunque todavía momentánea) si devana las 2 bobinas en un núcleo de hierro en vez de hacerlo en un cilindro de madera, Faraday devano 2 bobinas de ambos lados de un anillo de hiero soldado. Una bobina, la primaria, estaba conectada a una batería, la otra, la secundaria, a su galvanómetro, como se muestra en la figura 5.4.8. De nuevo, la aguja del galvanómetro se desviaba en una dirección, cuando el circuito primario estaba cerrado al hacer contacto con la batería en la dirección opuesta cuando el circuito primario estaba interrumpido.

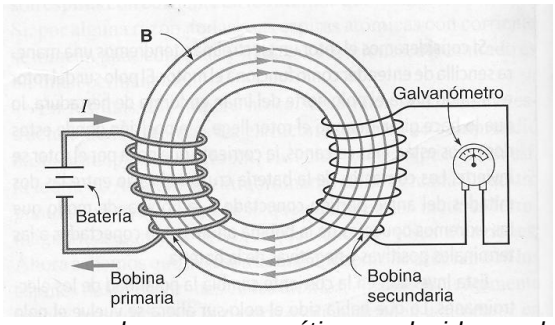



*Figura.5.4.8. Muestra como el campo magnético producido por la bobina primaria se canalizó a través de la bobina secundaria por el anillo de hierro utilizado en uno de los experimentos de Faraday.*

No se detecto corriente el la bobina secundaria cuando había una corriente continua en la bobina primaria. Solo si esta corriente principal se cambiaba cuando el circuito estaba cerrado o interrumpido, se observa una desviación, la intensidad de la desviación era proporcional al número de espiras de alambre devanadas en la bobina secundaria y la potencia de la batería usada con la bobina primaria. Faraday comenzó a plantear la idea de que era posible inducir una corriente eléctrica por medio de efectos magnéticos que cambian con el tiempo. En vez de hacerlo por la presencia de un estado estacionario de un imán o de una corriente eléctrica.
Faraday continúo con esta idea con muchos otros experimentos. Uno de ellos suponía mover una barra de imán permanente hacia adentro y hacia fuera de una bobina helicoidal de un alambre conectada al galvanómetro, como se muestra en la figura ¿?. Cuando el imán se movía hacia adentro, la aguja del galvanómetro se desviaba en una dirección. Cuando el imán se movía hacia fuera, la aguja se desviaba en la dirección opuesta. Cuando el imán no se movía, no ocurría ninguna desviación.

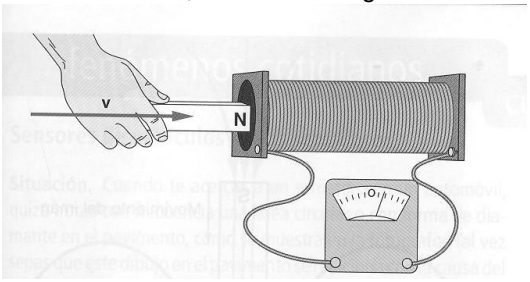



*Figura.5.4.9. Un imán movido hacía dentro o hacía fuera de una bobina helicoidal de alambre produce una corriente eléctrica en la bobina.*

Puede parecernos complicado de entender pero en principio la forma de producir energía eléctrica es simple.

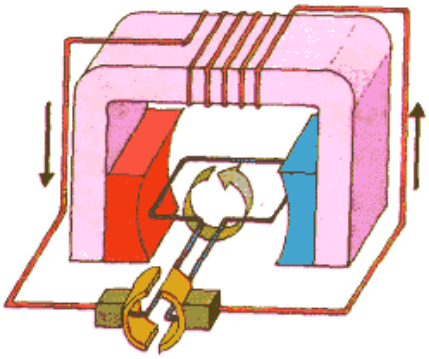
Por ejemplo: la fuerza que lleva el agua de los ríos, la cual se hace chocar contra unas aspas de una máquina llamada turbina y esta a su vez le trasmite fuerza mecánica a otra máquina llamada generador que es el que produce la energía eléctrica. A las centrales que producen energía eléctrica por este medio se les llama HIDROELÉCTRICAS.

Otro ejemplo: la presión que genera el vapor de agua se canaliza por medio de tuberías hasta las aspas de la turbina chocando con ellas y trasmitiéndole fuerza mecánica al generador. A las centrales que producen energía eléctrica por este medio se les llama TERMOELÉCTRICAS.

Estos dos ejemplos son los más importantes –hasta ahora- en materia de producción masiva de electricidad, todos los demás resultan menores.

Por otra parte, hasta ahora solo se conocen seis formas BÁSICAS de producir electricidad: por calor, por luz, por acción química, por fricción, por presión y por magnetismo. De las seis, la que produce más electricidad es la última, o sea por: MAGNETISMO.
Para que se produzca ELECTRICIDAD POR MAGNETISMO… son necesarias tres cosas: 1. Alambre conductor. 2. Un campo magnético. 3. Movimiento relativo entre el alambre y el campo magnético.

En esta figura puedes observar el alambre conductor (de cobre) formando lo que se llama una espira, el campo magnético producido por un imán (flechas) y el movimiento relativo puedes dárselo o bien a la espira, o bien al imán, siguiendo las manecillas del reloj o en contra de ellas.



El total de electricidad producido por este medio depende de: 1. La cantidad de alambre que exista dentro del campo magnético, 2. De la intensidad del campo magnético y, 3. De la velocidad relativa entre el campo magnético y el alambre.

En los tres casos hay límites.

Lo anterior es lo básico para entender la producción de energía eléctrica, sin embargo en práctica los generadores de las centrales eléctricas incluyen muchas partes y se parecen físicamente a los motores eléctricos e igual que ellos son de tamaño diverso.

***Ley de Faraday***

Los resultados de todos los experimentos de Faraday indican que una corriente eléctrica es inducida en una bobina o circuito cuando el campo magnético que pasa por el circuito esta cambiando. Como la cantidad de corriente que fluye el en el circuito depende de la resistencia de este circuito, en general, expresamos estos resultados en términos de voltaje inducido y no de la corriente. Sin embargo, para construir un enunciado cuantitativo que describa este efecto, debemos definir de algún modo cuanto del campo magnético pasa por el circuito. Este problema posteriormente fue resuelto al introducir el concepto flujo magnético. El flujo magnético esta relacionado con el número de líneas de campo magnético que pasa por el área delimitada por la espira de alambre. Para una espira simple de alambre que esta en un plano perpendicular al campo magnético, el flujo magnético es el producto del campo magnético B y al área A delimitada por la espira, como se muestra en la figura. En símbolos la definición de flujo se expresa como sigue:

$$\Phi = BA$$

La letra griega $\Phi$ es el símbolo normal usado para representar el flujo.

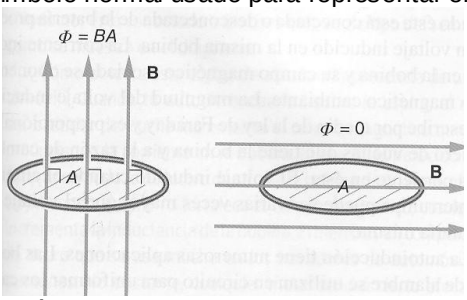



*Figura.5.4.10 El flujo magnético que pasa por la espira de alambre tiene su valor máximo cuando las líneas de campo son perpendiculares al plano de la espira. Es cero cuando las líneas de campo son paralelas al plano de la espira no cruzan el plano.*

Debemos dar una calificación importante a esta definición. El flujo máximo se obtiene cuando las líneas de campo pasan por el circuito en dirección perpendicular al plano del circuito. Si las líneas de campo son paralelas a este plano, no hay flujo por que estas líneas no pasan por el circuito, como se muestra en la figura anterior. Para tener en cuenta este hecho, usamos solo una componente de B que es perpendicular al plano de la espira para calcular el flujo.

Ahora podemos hacer un enunciado cuantitativo de la ley de Faraday que resume los resultados de sus experimentos:

**Un voltaje (fuerza electromotriz) es inducido en un circuito cuando un flujo magnético cambiante pasa por el circuito. El voltaje inducido es igual a la razón de campo del flujo magnético.** $\varepsilon = \Delta\Phi/t$

La razón de cambio de flujo se calcula dividiendo el cambio en el flujo $\Delta\Phi$ entre el tiempo t requerido para producir tal cambio. El proceso de inducir un voltaje como se describe en la ley de Faraday se llama electromagnético.

Cuanto mas rápido cambie el flujo magnético que pasa por el circuito, mayor será el voltaje inducido, lo cual puede observarse fácilmente en el experimento que supone el imán en movimiento. Si movemos, rápidamente el imán hacia fuera y hacia adentro de la bobina, obtenemos desviaciones mas pronunciadas de la aguja del galvanómetro que si lo movemos con lentitud. El flujo magnético que pasa por una bobina de alambre recorre cada espira, por lo tanto, el flujo total que fluye por la bobina es igual al número de espiras de alambre que tiene esta por el flujo que pasa por cada espira, o $\Phi = NBA.$ (una manera mas fácil de acordarte de esta relación es recordando la liga profesional de básquetbol estadounidense). Cuanto más vueltas de alambre tenga la bobina, mayor será el voltaje inducido.

Una bobina de alambre puede usarse para medir la intensidad de un campo magnético. El flujo magnético que pasa por la bobina puede reducirse rápidamente a cero ya sea retirando la bobina del campo o dándole un cuarto de vuelta de modo que las líneas de campo queden paralelas a plano de la bobina. Si conocemos el tiempo requerido para hacer este cambio, podemos obtener la intensidad del campo magnético al medir el voltaje inducido.

**Ley de Lenz**

¿Podemos predecir la dirección de la corriente inducida en la bobina? La regla para hacerlo, es la aplicación de la Ley de Lenz, que va de la mano con la ley de Faraday y se atribuye a Heinrich Lenz (1804-1865):

**La dirección de la corriente inducida generada por un flujo magnético cambiante produce un campo magnético que se opone al cambio en el flujo magnético original.**

Si el flujo magnético disminuye con el tiempo, el campo magnético producido por la corriente inducida tendrá la misma dirección que el campo externo original, oponiéndose así a la disminución. Por otra parte, si el flujo magnético aumenta con el tiempo, el campo magnético producido por la corriente inducida estará en dirección opuesta al campo externo original. Oponiéndose por consiguiente al aumento.

La ley de Lenz se ilustra en la figura siguiente. Cuando el imán se mueve hacia la bobina y el flujo aumenta con el tiempo, la corriente inducida esta en la dirección contraria a la de las manecillas del reloj. El campo magnético producido por esta corriente inducida es ascendente a través del área delimitada por la bobina, oponiéndose así al aumento en el campo descendente asociado con el imán en movimiento. La ley de Lenz también explica por qué la aguja del galvanómetro se desvió en direcciones opuestas cuando Faraday cerraba o abría el circuito primario en sus experimentos.

PROBLEMAS Y PREGUNTAS RESUELTOS

5.42.- Una bobina de alambre con 50 vueltas tiene un campo magnético uniforme de 0.4 T que pasa por la bobina perpendicular a su plano. La bobina encierra un área de $0.03m^2$. Si el flujo que pasa por la bobina se reduce a cero al retirarla de campo magnético en un tiempo de 0.25 segundos, ¿Cuál es el voltaje inducido por la bobina?

*La formula a ocupar es:*

$$\varepsilon = \frac{\Delta \Phi}{t}$$

*Donde* $\Phi = NBA$
*N = número de vueltas*
*B = campo magnético*
*A = Área*
*Entonces* $\Phi = (50*0.4\ T*0.03m^2) = 0.6\ Tm^2$
*Sustituyendo datos conocidos, tenemos que:*

$$\varepsilon = \frac{0.6\ Tm^2}{0.25\ s}$$

*Por lo tanto el resultado es:* $\varepsilon = 2.4\ V$

5.43.- Si miramos hacia abajo a la parte superior de una espira circular de alambre cuyo plano es horizontal y transporta una corriente en la dirección de las manecillas del reloj, ¿Cuál es la dirección del campo magnético en el centro del circulo

*El campo magnético está dirigido de manera perpendicular hacia el plano de la espira. Esto se deduce a partir de la regla de la mano derecha para el campo producido por una corriente eléctrica. Todas las aportaciones al campo de cada parte del alambre están dirigidas hacia el centro de la espira.*

5.44.- ¿un motor de CA requiere un conmutador de anillo partido para funcionar? Explica por qué.
*No, La dirección de una corriente alterna se invierte a si misma dos veces en cada ciclo, por lo que se elimina la necesidad del conmutador de anillo partido que se usa en un motor CD.*

5.45.- Una bobina cuadrada de alambre con lado 0.05 m, contiene 100 vueltas y está ubicada de forma perpendicular a un campo magnético uniforme de 0.6 T. Se saca la bobina de manera uniforme y ortogonal del campo magnético, le toma 0.1 segundos para que la bobina completa salga del campo. Determina La fem inducida.
*La formula a ocupar es:*

$$\varepsilon = \frac{\Delta \Phi}{t}$$

*Donde* $\Phi = NBA$
*N = número de vueltas*
*B = campo magnético*
*A = Área*
*Entonces* $\Phi = (100*0.6\ T*0.0025m^2) = 0.15\ Tm^2$
*Sustituyendo datos conocidos, tenemos que:*

$$\varepsilon = \frac{0.15\ Tm^2}{0.1\ s}$$

*Por lo tanto el resultado es:* $\varepsilon = 1.5\ V$

5.46.- Una bobina tiene un área de sección transversal de $0.1m^2$. Un campo, magnético de 3.5 T. ¿Cuál es el número de vueltas que tiene la bobina si esta tiene un flujo magnético de $17.85\ Tm^2$.
*Tenemos que el flujo se determina mediante* $\Phi = NBA$
*Donde:*

*N = número de vueltas*
*B = campo magnético*
*A = Área*
*Entonces* $\Phi / (BA) = N$
*Sustituyendo datos conocidos, tenemos que:* $N = 17.85\ \mathrm{Tm^2} / (3.5\ T * 0.1\mathrm{m^2})$
$N = 51$ vuelta

5.47.- Una bobina de 50 espiras de alambre que encierra un área de 0.015 $m^2$ tiene un campo magnético que pasa por su plano a cierto ángulo respecto al plano. La componente del campo perpendicular al plano es de 0.3 T y la componente paralela al plano es de 0.9 T. ¿Cuál es el flujo magnético que pasa por la bobina?
*La formula a ocupar es:* $\Delta\Phi = NB_2A - NB_1A$
*N = número de vueltas*
*B = campo magnético*
*A = Área*
*Entonces* $\Delta\Phi = (50 * 0.9\ T * 0.015\mathrm{m^2}) - (50 * 0.3\ T * 0.015\mathrm{m^2}) = 0.45\ \mathrm{Tm^2}$

PROBLEMAS Y PREGUNTAS PROPUESTOS
5.48.- El flujo magnético que pasa por una bobina de alambre cambia de 6 $Tm^2$ a cero en 0.25 segundos. ¿Cuál es la magnitud del voltaje medio inducido en la bobina durante este cambio?

5.49.- Una bobina tiene un área de sección transversal de 0.09$m^2$. Un campo, magnético de 1.3 T. ¿Cuál es el número de vueltas que tiene la bobina si esta tiene un flujo magnético de 10.3 $Tm^2$ .

5.50.-Una espira de alambre que encierra un área de 0.03 $m^2$ tiene un campo magnético que pasa por su plano a cierto ángulo respecto al plano. La componente del campo perpendicular al plano es de 0.4 T y la componente paralela al plano es de 0.6 T. ¿Cuál es el flujo magnético que pasa por la bobina?

5.51.- Una bobina de alambre de 60 vueltas y un área transversal de 0.02 $m^2$ esta colocada con su plano perpendicular a un campo magnético de magnitud 1.5 T. La bobina se retira rápidamente del campo magnético en 0.2 segundos. ¿Cuál es el valor medio del voltaje inducido en la bobina?

5.52.- Si el campo magnético producido por los imanes en un generador es constante, ¿el flujo magnético que pasa por la bobina del generador cambiara cuando esta este girando? Explica.

5.53.- En una estufa de inducción, una corriente CA pasa alrededor de una bobina que es el “quemador” (un quemador que nunca se calienta). ¿Por qué calentara una superficie de metal y no un contenedor de vidrio?

RESPUESTAS
*5.48.- $\varepsilon = 24\ V$*
*5.49.- N = 100 vueltas*
*5.50.- $\Delta\Phi = 0.006$* $\mathrm{Tm^2}$
*5.51.- $\varepsilon = 9\ V$*

*5.52.- Si, el flujo magnético cambia continuamente mientras la bobina gira debido a que el flujo que pasa por ella depende de su orientación respecto al campo. El flujo es cero cuando el plano de la bobina es paralelo al campo y tiene un valor máximo cuando el plano es perpendicular al campo.*
*5.53.- La corriente CA produce un campo magnético variable que pasa a través del fondo del sartén. Ese campo magnético variable induce una corriente en el fondo de la sartén y, puesto que ésta opone resistencia, la energía se transforma en energía térmica que calienta el cazo y su contenido. Un contendor de vidrio opone tan alta resistencia que poca corriente se induce y poca energía se transforma.*

## 5.5 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Si bien los experimentos de interferencia, difracción y polarización de la luz no dejaron dudas acerca de que la luz es un fenómeno ondulatorio, no fue hasta fines del siglo XIX cuando se llegó a comprender la naturaleza de la luz, al identificarla con las ondas electromagnéticas. Anteriormente a ello, se había pensado que la luz era también una onda elástica, similar al sonido, y por ello se supuso la existencia de una sustancia sutil que llenaba todo el espacio y a la que se llamó *éter*. Las ondas luminosas consistían en vibraciones que se propagaban en el éter. Por supuesto que la teoría del éter ha sido completamente desechada.

El descubrimiento, en 1888, de las ondas electromagnéticas se debe al científico alemán Heinrich Hertz (1857-1894) y, por ello, estas ondas se llamaron inicialmente ondas hertzianas. En realidad, la existencia de las ondas electromagnéticas fue predicha en 1864, por el notable físico inglés James C. Maxwell (1831-1879), profesor de la Universidad de Cambridge y director del laboratorio de Cavendish, basándose en consideraciones teóricas sobre las propiedades del campo electromagnético. Los experimentos de Hertz fueron desarrollados con el propósito de comprobar la teoría de Maxwell.

Es interesante señalar que, poco después del descubrimiento de las ondas electromagnéticas por Hertz, el físico italiano Guglielmo Marconi 81874-1937) logró, en 1894, transmitir señales a distancia utilizando ondas electromagnéticas, lo que en esa época se llamó telegrafía sin hilos.
Fueron, pues, los trabajos de Maxwell, Hertz y Marconi, que cubrieron un período de 30 años, los que sentaron las bases para los desarrollos de los sistemas modernos de radiocomunicación, que caracterizan en buena parte a la sociedad contemporánea y han cambiado radicalmente nuestro sistema de vida.

5.54. Ejercicio. Determine cuáles de los instrumentos siguientes dependen para su funcionamiento de la emisión o de la absorción de ondas electromagnéticas:

(1) lámpara eléctrica_____ ( )
(2) receptor de radio_____ ( )
(3) emisora de radio_____ ( )
(4) televisor_____ ( )

(5) horno de microondas_____ ( )
(6) estación de televisión_____ ( )
(7) radiocomunicación por satélite_____ ( )
(8) intercomunicador portátil_____ ( )

Recordemos que un campo eléctrico variable produce un campo magnético y, a la inversa, un campo magnético variable produce un campo eléctrico. Luego, cuando los campos eléctricos y magnéticos varían con el tiempo, los dos campos están estrechamente relacionados, constituyendo un campo *electromagnético*. Si en un lugar del espacio se produce una perturbación en un campo electromagnético, esta perturbación se propaga por todo el espacio circundante, constituyendo una *onda electromagnética* que es una combinación de un campo eléctrico y otro magnético, que oscilan continuamente y se regeneran entre sí, propagándose en el espacio.
Gran parte de los progresos tecnológicos del presente siglo están relacionados con nuestro conocimiento de las ondas electromagnéticas. En particular, la radio, la televisión, el radar y otros medios de comunicación están asociados con la transmisión de ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas tienen dos propiedades fundamentales, que son la *perpendicularidad* y la *mutua regeneración*. La primera se refiere al hecho de que, siempre que un campo magnético cambia, crea un campo eléctrico perpendicular a la *dirección del cambio*; y, análogamente, una modificación del campo eléctrico crea un campo magnético perpendicular a la dirección en que se produjo la modificación. Esta propiedad de perpendicularidad determina el *carácter transversal* de la onda electromagnética.
La segunda propiedad, de mutua regeneración, corresponde al hecho de que al cambiar, por ejemplo, el campo eléctrico, se produce un campo magnético que es también variable y, en consecuencia, da lugar a un campo eléctrico. Por tanto, los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética no son independientes, sino que están acoplados y constituyen un conjunto inseparable.

**Podemos detectar frecuencias mayores y menores que las de la luz visible.**

Los científicos han encontrado hechos muy interesantes al utilizar distintos tipos de película para fotografiar el espectro que forman las rejillas. La fotografía de un espectro no termina en la luz violeta al final del espectro visible, sino que va más allá, y demuestra la existencia de luz con una frecuencia más alta (y una longitud de onda más corta) que la violeta; ésta se llama *luz ultravioleta*. A bajas altitudes hay menos luz ultravioleta porque la atmósfera filtra parte de ella.
La película sensible al rojo también muestra que el espectro continúa a frecuencias más bajas (y longitudes de onda mayores) que las de la luz roja, o sea a la llamada *luz infrarroja*.

**El espectro electromagnético abarca un amplio rango de frecuencias**

Un electrón en movimiento produce efectos que son en parte eléctricos y en parte magnéticos. En una antena de radio los electrones oscilan rápidamente de un lado a otro y constituyen la fuente vibrante que produce una onda de radio. Como éstas son producidas por fluctuaciones en los campos eléctricos y magnéticos que provocan los electrones oscilantes, se llaman *ondas electromagnéticas*.

Se ha encontrado que la luz visible, la infrarroja y la ultravioleta, también están constituidas por ondas electromagnéticas y las producen electrones en movimiento. Los electrones son liberados de su posición en un átomo por el vigoroso movimiento de las moléculas a elevadas temperaturas. Algunas veces el movimiento los sacude, o bien se desprenden cuando los golpea la radiación ionizante. La diferencia básica entre los diversos tipos de radiación electromagnética se debe a su frecuencia y a su longitud de onda. Una onda de radio que se usa en las transmisiones comunes puede tener una longitud de onda de 400m, mientras que una onda de luz visible puede ser solamente de $3.8 \times 10^7$ m a $7.5 \times 10^7$ m de longitud de onda. Pero ambas recorren el vacío a la misma velocidad, $3.00 \times 10^8$ m/s.
Los rayos X y los gama también pertenecen al espectro electromagnético. Viajan a la misma velocidad que las otras ondas electromagnéticas, pero tienen una longitud de onda mucho más corta.

**Las radiaciones del espectro electromagnético producen una amplia gama de efectos.**
Aun cuando las ondas del espectro electromagnético son fundamentalmente iguales, producen diversos efectos y son producidos de diversos modos.
Las *ondas de radio* se crean por electrones que oscilan en un conductor, como por ejemplo, una antena. Estas ondas se pueden utilizar para transmitir señales a grandes distancias. Las ondas de radio también se pueden crear a partir de cargas que oscilan en estrellas lejanas y en el espacio interestelar, como en la Nebulosa del Cangrejo. Éstas ondas las puede detectar un radio telescopio.

Las *ondas infrarrojas* a menudo se llaman ondas térmicas. Todos los objetos que no se encuentran en el cero absoluto emiten estas ondas. Cuanto más caliente esté el objeto, menor será la longitud de onda de las ondas emitidas Estas ondas las absorben las moléculas y su energía aumenta la velocidad de éstas y eleva la temperatura. Las ondas infrarrojas son las que nos calientan al tomar el sol o cuando estamos cerca del fuego y también pueden afectar ciertos tipos de películas fotográficas.

La *luz visible* es la que percibe el ojo humano. Muchos animales tienen un rango de visión distinto. Por ejemplo, algunos insectos pueden ver la luz ultravioleta. La luz visible afecta la película fotográfica al producir cambios químicos y en parte, es la fuente de energía para la fotosíntesis en las plantas verdes.

La *luz ultravioleta* produce cambios químicos en la película fotográfica y también, provoca las quemaduras, el bronceado y la producción de vitamina D en la piel. No calienta la piel, lo que explica porqué nos podemos quemar sin darnos cuenta en un día frío. Cuanto mayor sea su longitud de onda, mejor bronceará la piel sin quemarla. La loción bronceadora elimina las longitudes de onda que provocan las quemaduras, pero permite que las otras lleguen a la piel. La luz ultravioleta se llama a veces “luz negra” porque no se puede ver. Algunas sustancias químicas y minerales brillan (fluorescencia) cuando están expuestas a esta luz.

Los *rayos X* se producen cuando un haz de electrones que viaja a gran velocidad al alto vacío, se detienen bruscamente al chocar con un blanco. La energía que pierden los electrones se convierte en la energía de los rayos X. Esto rayos son muy penetrantes y se pueden utilizar para tomar fotografías de huesos y órganos internos. Como dañan o matan las células vivas, se pueden usar para destruir células cancerosas, pero si se usan

inadecuadamente, pueden hacer que las células normales se conviertan en cancerosas. También pueden dañar las partes de las células reproductoras (genes y cromosomas) que controlan la herencia. Cuando esto sucede, los niños que nacen de personas expuestas a los rayos X pueden tener defectos orgánicos.

Los *rayos gama* se producen durante las trasformaciones nucleares. Son aún más penetrantes que los rayos X y también se usan en el tratamiento del cáncer. Al igual que los rayos X, pueden estimular la producción de células cancerosas y provocar cambios dañinos en los genes. Por ello los médicos utilizan los rayos X y gama con gran precaución.

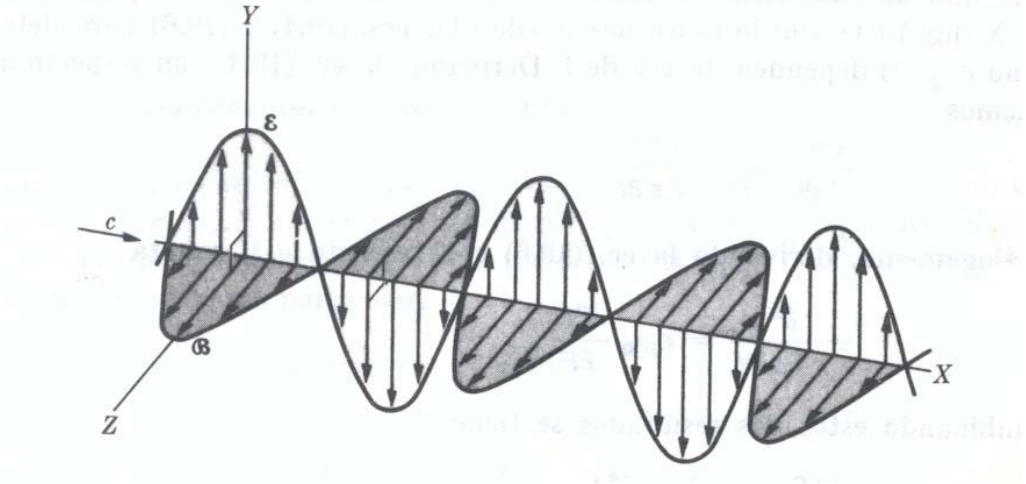
Espectro Electromagnético

| Tipo de radiación | Longitud de Onda en el aire o en el vacío (m) | Frecuencia (Hz) |
|---|---|---|
| Rayos Gamma | Menor que $10^{-10}$ | Mayor que $10^{18}$ |
| Rayos X | Menor que $10^{-8}$ | Mayor que $3 \times 10^{16}$ |
| Rayos ultravioleta | De $10^{-8}$ a $3.8 \times 10^{-7}$ | De $8 \times 10^{14}$ a $3 \times 10^{16}$ |
| Luz visible | De $3.8 \times 10^{-7}$ a $7.5 \times 10^{-7}$ | De $4 \times 10^{14}$ a $8 \times 10^{14}$ |
| Rayos infrarrojos | De $7.5 \times 10^{-7}$ a $10^{-3}$ | De $3 \times 10^{11}$ a $4 \times 10^{14}$ |
| Ondas de radio (incluyendo microondas) | Desde milímetros hasta miles de metros | Menor que $10^{13}$ |

La estrecha banda espectral que vemos los humanos suele denominarse luz y se fija el pequeño intervalo de radiación electromagnética entre 780nm y 390 nm. Lo que percibimos como colores de luz son las distintas regiones de frecuencia que se extienden continuamente desde unos $4 \times 10^{14}$ Hz para el rojo, pasando por el naranja, amarillo, verde y azul, hasta el violeta a unos $8 \times 10^{14}$ Hz. El ojo humano es más sensible al amarillo verdoso (por eso son tan comunes en las calles las luces amarillas) y su respuesta disminuye gradualmente tanto a las frecuencias más altas (azul, violeta, UV) como a las más bajas (naranja, rojo, IR).

Ondas electromagnéticas planas

Una onda electromagnética plana está constituida por un campo eléctrico y un campo magnético cuyas direcciones son perpendiculares entre sí y, además, perpendiculares a la dirección de propagación de la onda como se muestra en la figura siguiente.




Se ha determinado experimentalmente que la velocidad de propagación de una onda electromagnética en el vacío es

$$c = 2.99979 \times 10^8 \text{ m/s}$$

o aproximadamente, $c = 3 \times 10^8$ m/s. El hecho de que esta velocidad sea prácticamente igual a la de la luz ha llevado a la hipótesis de que la luz es una onda electromagnética.

Es posible demostrar que la velocidad de propagación *c* está dada por la relación

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \qquad (1)$$

en la que $\varepsilon_0$ y $\mu_0$ son la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética del vacío. Introduciendo los valores

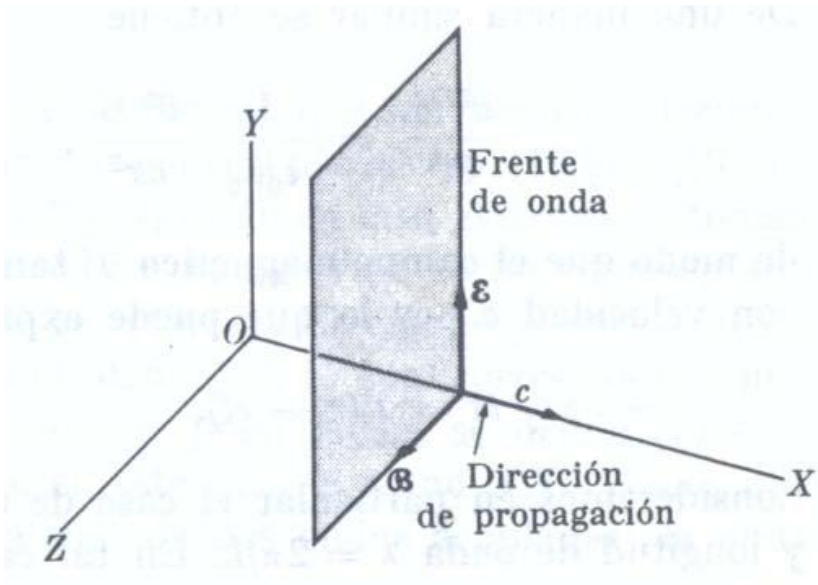
$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ y $\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6}$

De hecho, una vez escogido el valor de $\varepsilon_0$ , el valor de $\mu_0$ no es arbitrario y queda determinado por la relación (1), una vez que se mide el valor de *c*

En una onda electromagnética plana, las magnitudes del campo eléctrico y del campo magnético están relacionadas por la expresión

**E = cB (2)**

Cuando de trata de una onda electromagnética plana y armónica, los campos eléctricos y magnéticos oscilan en fase, como se ilustra en la figura siguiente. La onda representada está polarizada en un plano. Por definición, el plano de polarización de una onda electromagnética es el plano en que oscila el campo eléctrico. Obviamente el campo magnético oscila en un plano perpendicular al plano de polarización.




Si $\lambda$ es la longitud de onda y *f* la frecuencia de una onda electromagnética plana, ambas magnitudes están relacionadas con la velocidad de propagación

$$c = \lambda f \qquad (3)$$

La velocidad de una onda electromagnética que se propaga a través de una sustancia, tal como el aire, el agua, el vidrio, etc, es menor que en el vacío y está dada por

$$v = c / n \qquad (4)$$

siendo *n* el *índice de refracción* de la sustancia.

Aunque la velocidad de propagación de una onda electromagnética varía según la sustancia en la cual se propaga, la frecuencia permanece siempre la misma.

5.55. Pregunta. ¿Cómo varía la longitud de onda de una onda electromagnética al aumentar la frecuencia?¿Y al disminuirla?¿Cómo varía la longitud de onda al aumentar el índice de refracción de la sustancia en la cual se propaga?¿Y al disminuir el índice?

5,56. Ejercicio. Una onda electromagnética oscila con una frecuencia *f* . El valor máximo del campo eléctrico es $E_0$ . Escribir las expresiones que dan los campos eléctrico y magnético en un punto del espacio.

**Energía y momentum (cantidad de movimiento) de una onda electromagnética**

En una onda electromagnética, al igual que en una onda elástica, lo que se propaga es la energía y el momentum del campo electromagnético. Puede demostrarse que la energía que pasa, en la unidad de tiempo, a través de la unidad de área dispuesta perpendicularmente a la dirección de propagación, o sea, la *intensidad* de la onda electromagnética, es

$$\mathbf{I = \varepsilon_0 E B} \qquad \textbf{\textit{(5)}}$$

expresada en W / $m^2$. Asimismo, la radiación electromagnética, además de energía, posee momentum, demostrándose, según la teoría especial de la relatividad, que con la

energía electromagnética $u$ va asociado el momentum $u/c$. Luego, el momentum de una onda electromagnética que cruza la unidad de área en la unidad de tiempo es

$$p = I / c = (\varepsilon_0 E B) / c \qquad (6)$$

expresado en $J / m^3$ o $N / m^2$ . La dirección del momentum es la misma que la dirección de propagación.

Ejemplos:

| 5.57. ¿Cuál es la frecuencia de la luz que tiene una longitud de onda de 380nm y cuál es su color? | | |
|---|---|---|
| $c = 3 \times 10^8$ m/s<br>$\lambda = 380$nm<br>$= 380 \times 10^{-9}$ m | *De la ecuación:* $c = \lambda f$<br>*Se despeja la f:* $f = c / \lambda$ | $f = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (380 \times 10^{-9} \text{ m}) = 0.0079 \times 10^{17}$ Hz<br>$f = 7.9 \times 10^{14}$ Hz<br>El color es casi violeta, ya que éste tiene una frecuencia de $8 \times 10^{14}$ Hz. |

| 5.58. El rango de frecuencias de las estaciones de radio varía desde 540 Kilohertz a 1600 Kilohertz. ¿Cuál es el rango de las longitudes de onda? | | |
|---|---|---|
| $f = 540$ kHz<br>$= 540 \times 10^3$ Hz<br><br>$f = 1600$ kHz<br>$= 1600 \times 10^3$ Hz | *De la ecuación:* $c = \lambda f$<br>*Se despeja la :* $\lambda = c / f$ | $\lambda_1 = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (540 \times 10^3 \text{ Hz}) = 0.00555 \times 10^5 \text{ m} = 0.555 \times 10^3 \text{ m} = 555$ m<br>$\lambda_2 = (3 \times 10^8 \text{ m/s}) / (1600 \times 10^3 \text{ Hz}) = 0.00187 \times 10^5 \text{ m} = 0.187 \times 10^3 \text{ m} = 187$ m<br>El rango de las longitudes de onda sería de 187 m a 555 m |

# UNIDAD 6. FÍSICA Y TECNOLOGÍA CONTEMPORÁNEAS

## 6.1 Cuantización de la materia y la energía.

### 6.1.1. Crisis de la física clásica y origen de la física cuántica.

La cuantización de la materia ha sido concebida por la humanidad desde la época de los griegos, con la idea “materia indivisible” (atómica) de Demócrito, hasta nuestros días, con la búsqueda ardua y fructífera del cuark top. Esta búsqueda de modelos de la materia ha sido acompañada, y en ocasiones estimulada, por modelos de cuantización de la energía. En otras palabras, los intentos de entender a la naturaleza ha llevado a concebir a la materia y a la energía como entes esencialmente cuánticos y relacionados como se demuestra en la teoría de la relatividad especial.

En una reunión de la Sociedad Alemana de Física, el 14 de diciembre de 1900, Max Planck leyó el trabajo “La teoría de la ley de distribución de energías del espectro normal”. Este trabajo atrajo poco la atención pero fue el precursor de una revolución en la Física. La fecha de su presentación se considera como el nacimiento de la Física cuántica, a pesar de que fue hasta un cuarto de siglo después, cuando Erwin Schrödinger y otros científicos desarrollaron la mecánica cuántica moderna, base del conocimiento y tecnología actual.

Muchos fueron los caminos que convergieron a este conocimiento y cada uno de los cuales mostró distintos aspectos de las fallas de la Física clásica. Los fenómenos relacionados con la teoría cuántica abarcan todas las disciplinas de la Física clásica: mecánica, termodinámica, mecánica estadística y electromagnetismo. Le necesidad de una mecánica cuántica, se manifestó por una contradicción sistemática de las leyes clásicas respecto a dichos fenómenos y la solución a esos conflictos se basó en las ideas cuánticas.

### 6.1.2 Cuantización de la energía y efecto fotoeléctrico.

Como en el caso de la teoría de la relatividad, la Física cuántica representa una generalización de la Física clásica, que incluye a las leyes clásicas como casos particulares. Así como la relatividad extiende el campo de aplicación de la Física a la región de altas velocidades, la Física cuántica lo extiende a la región de dimensiones pequeñas: y así como la relatividad se caracteriza por una constante universal de significado fundamental, la velocidad c de la luz, asimismo la Física cuántica se caracteriza por una constante universal de significado fundamental, la constante de Planck. Planck introdujo, en su trabajo de 1900, ésta constante para tratar de explicar las propiedades observadas en la radiación térmica. Más tarde Albert Einstein utilizó estás ideas cuánticas de la energía (fue el primer científico en usarlas) para explicar un fenómeno de interacción de la radiación con la materia (concebida cuánticamente). Este fenómeno es conocido como el efecto fotoeléctrico y tiene que ver con la expulsión de electrones, originalmente ligados al átomo, debido a la acción de paquetes de luz, los fotones.

Aunque Planck no lo concibió así, ahora se piensa que todas las ondas electromagnéticas, incluyendo las visibles, las que se conocen genéricamente como luz, tienen una naturaleza doble, dual, como le dicen los Físicos. Cuando las ondas electromagnéticas interactúan con la materia, con los átomos y las moléculas, estas se comportan como flujo de corpúsculos energéticos denominados fotones o cuantos de luz.

La energía de cada fotón es función de su frecuencia $\nu$(la frecuencia de la onda electromagnética) y como $\nu$ está relacionada con la longitud de onda $\lambda$, la energía también es función de $\lambda$. La energía *E* del cuanto de luz, del fotón es:

$$E = h\upsilon = h\frac{c}{\lambda} \qquad (6.1.1)$$

siendo h = 6.626 x $10^{-34}$ J s conocida como la constante de Planck que él mismo introdujo para explicar el fenómeno conocido como radiación de cuerpo negro y que más tarde se usaría para explicar un aspecto de la interacción de la radiación con la materia. Veamos.

El efecto fotoeléctrico es llamado así porque en él los fotones pueden arrancar electrones de una superficie metálica. Este problema era muy famoso e irresoluble hasta que Einstein, en 1905, lo resolvió usando las ideas cuánticas de Planck. Más tarde, en 1914 Millikan comprobó experimentalmente las ecuaciones que Einstein encontró. Cuando la radiación electromagnética, la luz, interacciona, incide con la materia, por ejemplo sobre una superficie metálica, desprenderá electrones de ella (bajo ciertas condiciones). Si un fotón de energía $h\nu$ colisiona con un electrón que se encuentra en la superficie del material, el fotón puede transferir toda su energía al electrón. A la energía mínima necesaria que debe tener el fotón para liberar al electrón Einstein le llamó función de trabajo, $W_{mín}$. Así entonces, la energía cinética máxima, $EC_{máx}$ , del electrón desprendido es, de acuerdo con Einstein:

$$EC = \frac{1}{2}mv_{Máx}^2 = h\upsilon - W_{mín} \qquad (6.1.2)$$

La energía E del fotón emitido se puede calcular si se determina la diferencia de potencial V que se necesita aplicar para detener el movimiento:

$$h\upsilon - W_{mín} = V_f e \qquad (6.1.3)$$

siendo $V_f$ el potencial de frenado y e la carga del electrón.

Otra manera en que la radiación electromagnética puede interactuar con la materia es cuando está se puede considerar como partícula no ligadas, libre. Este fenómeno lo estudio experimentalmente Compton en 1923. En este caso la energía de la radiación, o su ímpetu, puede cambiar debido a la colisión con la partícula libre. También, es posible que el fotón se deflecte en el proceso. Si un fotón con longitud de onda $\lambda$ choca con una partícula libre en reposo de masa m y se deflecta un ángulo $\phi$, entonces su longitud de onda cambia a un valor $\phi$'. La relación entre ambos valores angulares es:

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi) \qquad (6.1.4)$$

### 6.1.3 Espectros de emisión y absorción de gases.

La siguiente figura muestra un esquema de un aparato típico utilizado inicialmente para observar, registrar y medir los espectros atómicos. En este caso, la fuente de los espectros es una descarga eléctrica que pasa a través de una región que contiene un gas monoatómico (gas con un solo tipo de átomos). Debido a que esos átomos colisionan con electrones y con otros átomos, algunos de los átomos en la descarga quedan en un estado en el que su energía total es mayor que la energía de un átomo normal. Al regresar a su estado de energía normal los átomos liberan su estado de energía emitiendo radiación electromagnética. Ésta radiación se colima con una rendija y pasa a través de un prisma o de una rejilla de difracción en donde se descompone en su espectro de longitudes de onda para registrarse posteriormente en una placa fotográfica.

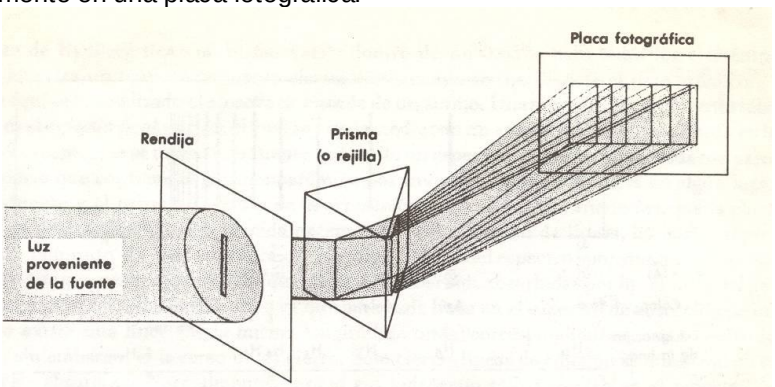



*Figura 6.1.1. Esquema de un dispositivo para medir espectros atómicos.*

La naturaleza del espectro observado se indica sobre la placa fotográfica. En contraste con el espectro continuo de la radiación electromagné la, por ejemplo, por la superficie de sólidos a alta temperatura, la radiación electromagnética emitida por átomos libres se concentra en un número de longitudes de onda discretas. A cada una de estas longitudes de onda componente se le denomina una línea porque sobre la placa fotográfica cada una de ellas deja una imagen de la rendija.

Espectros emitidos por diferentes tipos de átomos (de diferentes gases) muestra que cada uno de ellos tiene su propio espectro característico.

Los espectros atómicos son muy variados pero el más sencillo es el del hidrógeno por ser el átomo con el menor número de electrones, sólo uno.

La regularidad de las líneas espectrales del átomo de hidrógeno hizo que muchos investigadores buscaran, y encontraran, ecuaciones empíricas que representaran la longitud de onda de esas líneas espectrales.

Por ejemplo Balmer encontró, en 1885, que:

$$\lambda = 3646\frac{n^2}{n^2-4} \qquad (6.1.5)$$

siendo *n* un número entero mayor o igual a 3, es capaz de predecir las longitudes de onda para las primeras nueve líneas conocidas hasta entonces.

### 6.1.4 Modelo atómico de Bohr-

En 1910, en efervescencia revolucionaria mexicana, existía mucha evidencia experimental de que los átomos contienen electrones. La difracción de rayos X por átomos, el efecto fotoeléctrico, son evidencias experimentales que proporcionan una estimación de Z, el número de electrones en un átomo. Pero puesto que los átomos, usualmente, son neutros, se suponía que debían tener carga positiva en su interior.
Lo anterior y la gran cantidad de espectros atómicos conocidos fueron utilizados para que fueran desarrollados modelos atómicos que explicaran esos hechos experimentales.
En 1913 el físico danés Niels Bohr desarrolló un modelo que estaba en acuerdo cuantitativo con ciertos datos espectroscópicos (entre ellos el del hidrógeno).
Este modelo atómico considera a los electrones como partículas con carga negativa girando circularmente alrededor de un núcleo central con protones (partículas positivas) y neutrones (partículas neutras) en su interior.
Dicho modelo considera que el electrón gira en una orbita que es de longitud su longitud de onda de Broglie. En otras palabra, gira en una onda circular de radio r tal que:

$$mv_n r_n = \frac{nh}{2\pi} \qquad (6.1.6)$$

n es un número entero y el término del lado izquierdo es el momento angular del electrón en su órbita "enésima", $v_n$ es la velocidad del electrón, m su masa y h la constante de Planck, $6.63 \times 10^{-34}$ Js.
Puesto que el electrón gira en una órbita circular, la fuerza centrípeta que mantiene en órbita al electrón es producida por la atracción eléctrica entre el núcleo (positivo) y el electrón (negativo):

$$\frac{mv_n^2}{r_n} = k\frac{e^2}{r^2} \qquad (6.1.7)$$

De donde se encuentra que:
Los radios de las órbitas estables son:

$$r_n = (0.053nm)n^2 \qquad (6.1.8)$$

La energía de un átomo en su estado cuántico "enésimo" (cuando el electrón está en su "enésima órbita):

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}eV \qquad (6.1.9)$$

Los anteriores valores son ciertos para átomos con un solo electrón. Para núcleos con carga Ze, orbitados por un solo electrón (átomos hidrogenoides), se tiene, correspondientemente:

$$r_n = (0.053nm)\left(\frac{n^2}{Z}\right) \quad \text{y} \quad E_n = -\frac{13.6Z}{n^2}eV \qquad (6.1.10)$$

siendo Z el número atómico del núcleo.

En el modelo atómico de Bohr, cuando un átomo cae desde un nivel energético a otro menor se emite un fotón. Este fotón tiene la energía perdida por el átomo en su transición al estado más bajo de energía. La longitud de onda $\lambda$ y la frecuencia $\nu$ del fotón se determina de la ecuación:

$$h\upsilon = \frac{hc}{\lambda} = energía.perdida.por.el.sistema \qquad (6.1.11)$$

En este contexto atómico, las líneas espectrales de la sección anterior, se originan cuando el átomo decae desde estados altos hasta estados bajos.

Por ejemplo, la serie de Balmer se origina cuando el átomo decae desde el estado altos de energía hasta estados con n = 2. La transición del estado con n = 3 hasta el estado con n = 2produce un fotón de energía:

$$\Delta E_{3,2} = 10.2eV \qquad (6.1.12)$$

Esta energía es la que corresponde a una longitud de onda de 656 nm, la asociada a la primera serie de la línea de Balmer:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right), \qquad \text{con n = 3, 4, ...} \qquad (6.1.13)$$

Si el átomo va de estado de energía bajos a estados de energía altos entonces quiere decir que absorbe luz, pero sólo para ciertos fotones, sólo aquellos que lo llevarán a niveles de energía permitidos.

**6.1.5 Naturaleza dual de la materia.**

Así como se observó un carácter corpuscular de la radiación electromagnética, también se observó una característica opuesta de la materia: Se observó que la materia presentaba, en ciertas condiciones, características ondulatoria. Esto que primero fue una especulación teórica del Físico Luis de Broglie (la presentó como su tesis doctoral en 1926), se comprobó un poco después, en 1927, por Davidsson y Germer en USA y por G. P. Thomson en Escocia. Se puede decir que a Thomson el padre se le otorgó el premio Nobel de Física (en 1906) por demostrar en 1897 que el electrón es una partícula y a Thomson hijo se le otorgó el premio Nobel (en 1937) por demostrar en 1927 que el electrón es una onda.

Pues bien, según Luis de Broglie, una partícula que se mueve con un ímpetu *p* tiene asociada una longitud de onda λ, llamada onda de de Broglie, dada por:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \qquad (6.1.14)$$

Esto quiere decir, entre otras cosas, que un haz de partículas se pude difractar e interferir. Esto fue lo que hizo Thomson, difractó electrones y obtuvo un patrón de difracción: eso demostró el carácter ondulatorio de la materia. Los electrones que usó fueron de nergía muy grande. El carácter ondulatorio de un balón de fútbol pasa desapercibido porque su energía, aún en un tiro de penal, es muy baja para que se perciba ese carácter ondulatorio que de Broglie predijo.

Ejemplos

1. *Calcule la energía E de un fotón de luz azul cuya longitud de onda es de 450 nm.*

De acuerdo a la ecuación de Planck:

$$E = h\upsilon = h\frac{c}{\lambda} = \frac{(6.63x10^{-34}Js)(3x10^{8}m/s)}{450x10^{-9}m} = 4.42x10^{-19}J = 2.76eV$$

Una unidad muy usada en Física cuántica es el electrón Volt (eV) y 1eV= $1.60x10^{-19}$ J.

2. *¿Emitirá fotoelectrones una superficie de cobre, con una función de trabajo de 4.4 eV, si se ilumina con luz visible?.*

La longitud de onda umbral λ está dada por:

$$\lambda_u = \frac{hc}{W_{mín}} = \frac{(6.63x10^{-34}Js)(3x10^8 m/s)}{4.4(1.60x10^{-19})J} = 282nm$$

La luz visible está entre 400nm y 700nm. Por lo tanto la luz visible no puede desprender electrones de la superficie de cobre.

3. *¿Qué longitud de onda emite un átomo de hidrógeno cuando cae del estado n = 5 hasta el estado n = 2?*

Puesto que: $E_n = -\frac{13.6}{n^2}eV$

entonces: $E_5$ = -0.54eV y $E_2$ = -3.40eV.

Y:

$$\Delta E_{5,2} = 2.86eV$$

Como 1240 nm corresponde a 1 eV entonces, λ, la longitud de onda del fotón emitido es:

$$\lambda = \left(\frac{1eV}{2.86eV}\right)(1240nm) = 434nm$$

## 6. 2 La Relatividad Especial

6.2.1 Límites de aplicabilidad de la mecánica clásica y origen de la física relativista.

La teoría de la relatividad es una teoría física que describe el movimiento de los cuerpos cargados con velocidad constante (la teoría especial formulada en 1905) y con aceleración constante (la teoría general de la relatividad formulada en 1916). Albert Einstein (1879-1955) físico alemán, fue el creador de dichas teorías y su trabajo es un ejemplo de claridad de pensamiento y trabajo. Esta teoría se aplica a los movimientos con velocidades cercanas a las de la luz, c = 300 000 km/s. En esa región de velocidades la mecánica que formuló Newton no se aplica. Si se aplicará entonces tendríamos situaciones que no suceden o no se han observado tales como que existan objetos que se mueven más rápido que la luz en el vacío. La teoría de la relatividad especial nos dice cómo estudiar esos movimientos y también nos decie que sucede en esos casos.

**Postulados de la relatividad especial y sus consecuencias.**

Einstein,, desde muy joven, se cuestionaba acerca del porqué de los fenómenos naturales y de cómo podíamos conocer su explicación. Ese conocimiento del fenómeno implicaba manejar y transmitir información, por ello se planteó la pregunta de cómo transmitir información y qué tan rápido podía ésta transmitirse. Así, la línea de trabajo siguió fue ver como se podría transmitir la información y el creyó que la velocidad de la luz ponía una limitante en la rapidez de información. Para poder contestar dicha pregunta investigó el movimiento electrodinámico de los objetos cargados. Y como punto de partida consideró dos hipótesis:

- *Todas las leyes de la física son las mismas en todos los marcos de referencia con movimiento uniforme.*
- *La rapidez de la luz en el espacio libre tiene el mismo valor, independientemente del movimiento de la fuente o del observador.*

Estas dos hipótesis cambiaron de manera radical los conceptos que por siglos habían permanecido inmutables por siglos: el espacio y el tiempo.
En efecto, como consecuencia de aplicar estos dos postulados a la descripción, desde un sistema en reposo S, del movimiento de un cuerpo que se mueve con velocidad constante en un sistema de referencia S', encontró las siguientes relaciones para el tiempo t y la longitud L medida el sistema S' y $t_0$ y $L_0$ en S.

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad (6.2.1)$$

$$L = L_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \qquad (6.2.2)$$

siendo c la velocidad de la luz en el espacio libre y v la velocidad con que se mueve S' respecto a S. Y el término

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} < 1 \qquad (6.2.3)$$

puesto que v<c.

Es decir, conforme los objetos se mueven a través del espacio tiempo, tanto el espacio como el tiempo sufren cambios en su medida*; ¡los relojes en movimiento funcionan con mayor lentitud y la longitud de los objetos parecen contraerse si los movemos a velocidades parecidas a la velocidad c de la luz!*

6.2.2 Equivalencia entre la masa y la energía y sus consecuencias prácticas.

Y la sorpresa no quedó ahí, otras consecuencias de dichos postulados fue la relación entre masa m y velocidad v del objeto en movimiento:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad (6.2.4)$$

y la relación entre masa y energía E, la cual iba a cambiar de manera radical no sólo el aspecto energético mundial sino la paz y sobrevivencia mundial, como lo demostró la creación y uso de la energía atómica.

$$E = mc^2 \qquad (6.2.5)$$

Una vez estudiado esta situación, Einstein se abocó al estudio del problema más general que este, a saber el movimiento con aceleración constante. Esto es justo el caso gravitacional terrestre y, más aún, el caso del movimiento de las estrellas y galaxias. Cabe mencionar que en ese mismo año de 1905 Einstein publicó otros trabajos que tenían que ver con la naturaleza microscópica de la materia.
Para el caso de sistemas acelerados, Einstein supuso que las observaciones hechas en un sistema de referencia acelerado no pueden distinguirse de las que se hacen

en un sistema de referencia gravitacional newtoniano. A esto le llamó el principio de equivalencia y lo extendió a los fenómenos ópticos y electromagnéticos.
Así entonces, la teoría general de la relatividad concibe a la gravitación como un fenómeno geométrico. En este punto de vista, la presencia de materia curva al espacio tiempo. La presencia de objetos poco masivos, como la Tierra, curva poco al espacio tiempo, pero objetos más masivos, como el Sol, curvan apreciablemente al espacio tiempo.
Einstein predijo que las mediciones de la luz de las estrellas al pasar cerca del sol indicarían una desviación en un ángulo de 1.75 segundos de arco, suficiente para ser medida. Aunque las estrellas no son visibles cuando el Sol está en el cielo, la deflexión de la luz de las estrellas puede observarse durante un eclipse de Sol. En todos los casos en que se han realizado dichas mediciones la deflexión de la luz de las estrellas ha apoyado la predicción de Einstein.

Estos resultados han cambiado la concepción que la ciencia tiene de la naturaleza de la atracción gravitacional y origen del cosmos mismo.

Así entonces, en la teoría de la relatividad especial, el momento lineal *p* de una partícula de masa en reposo $m_0$ y rapidez *v* es:

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = mv \qquad (6.2.6)$$

**Si ahora, esa partícula es disparada en la dirección x con una velocidad u, con respecto a la nave desde la cual es lanzada, y si esta nave que se mueve en la misma dirección con una velocidad v, medida por un observador situado en la Tierra, entonces la velocidad de la partícula que registra ese observador (en reposo y situado en la Tierra) no es v + u, sino que es:**

$$\frac{v+u}{1+(vu/c^2)} \qquad (6.2.7)$$

Note que si $u = v = c$, entonces la velocidad registrada por el observador, en la Tierra, ¡es *c, la velocidad de la luz en el vacío*!

Ejemplos:

1. *Si queremos que un objeto tenga una masa aparente 1% mayor que su masa en reposo ¿qué tan rápido se debe mover?*

   Puesto $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$ entonces $1-\left(\frac{v}{c}\right)^2 = \left(\frac{m_0}{1.01m_0}\right)^2 = .9803$ de donde v = 0.14c=4.2 x $10^7$ m/s

2. *Un electrón se mueve con rapidez relativista perpendicularmente a un campo magnético de 0.20 T. Su trayectoria es circular, con radio 15 m. Determine:*
   *2.1 El momento,*
   *2.2 La rapidez,*
   2.3 *La energía cinética del electrón*.

En situaciones no relativistas, la fuerza magnética $F_m$ = qvB igual en sentido contrario a la fuerza centrípeta $F_c = mv^2/r$:

Es decir:
$F_m = F_c$, por lo tanto:
$p = qBr$

En el caso relativista, podemos usar este resultado y obtener que:
$p = (1{,}60x10^{-19}C)(0.20T)(15m) = 4.8x10^{-19}kgm/s$

Ahora, como p, el momento relativista es:

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

despejamos v/c y obtenemos ( si se usa el desarrollo binomial $\frac{1}{\sqrt{1+x}} = 1-\frac{1}{2}x$ cuando x<<1):

$$\frac{v}{c} = \frac{1}{\sqrt{1+3.23x10^{-7}}} \approx 1-\frac{1}{2}3.23x10^{-7} = .99999984$$

Y, finalmente, la energía cinética relativista, EC, es (usando que $\frac{1}{1+x} = 1-x$, para x<<1):

$$EC = (m-m_0)c^2 = m_0c^2 = \left[\frac{1}{\sqrt{1-(v^2/c^2)}}-1\right] = m_0c^2\left[\frac{1}{\sqrt{1-(1-3.23x10^{-7})}}-1\right] = m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{3.23x10^{-7}}}-1\right) =$$

$$(m_0c^2)(1.76x10^3) = 1.44x10^{-10}J = 9x10^8eV = 900MeV$$

3. *Dos gemelos tienen 25 años de edad cuando uno de ellos sale en un viaje espacial a una velocidad que se puede considerar constante. El gemelo viajero lleva un reloj preciso que cuando llega a la Tierra le indica que tiene 31 años. Su gemelo que permaneció en la Tierra tiene 43 años. ¿A que velocidad viajó el gemelo en su nave?*.

**El reloj de la nave indica que el viaje duró sólo un tiempo t'= 6 años, mientras que el reloj de la Tierra señala que el tiempo t =18 años. De la relación**

$$t' = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

se encuentra:

$$\frac{v^2}{c^2} = 1-\frac{t'^2}{t^2} = 1-0.111$$

por lo que v será:

$v = 0.943c = 2.83x10^8 m$

4. *En un cohete espacial un tripulante sostiene su regla de un metro. Se dispara la nave y pasa por la Tierra, paralelamente a su superficie. ¿Qué observa el tripulante (que va en la nave) cuando la regla se gira de la posición paralela a la posición perpendicular, con respecto al movimiento de la nave?.*

Para el tripulante de la nave, la regla permanece inmutable, no detecta un cambio en su longitud porque con respecto a él, la regla no tiene movimiento de traslación. Sin embargo, para un observador parado en la Tierra la regla mide $\frac{1m}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ cuando la regla está en una posición paralela la movimiento del cohete, y será de un metro, según el observador en Tierra, cuando está perpendicular al movimiento de ella.

## 6.3 Aplicaciones de Física Contemporánea

### 6.3.1 física nuclear

Una reacción nuclear ocurre cuando dos núcleos chocan y dos o mas de otros núcleos se producen (o partículas), en este proceso como en la radiactividad, ocurre la transmutación de los elementos.

En la fisión un núcleo pesado tal como el uranio se divide en dos núcleos de tamaño intermedio. Después de ser golpeado por un neutrón. El U-235 es fisionable por neutrones lentos, mientras algunos núcleos fisionables requieren neutrones rápidos. Mucha energía se libera en la fisión debido a que la energía de amarre por nucleón es mas baja para núcleos pesados que para núcleos de tamaño intermedio, así la masa de un núcleo pesado es mas grande que la masa total de los productos de su fisión. El proceso de fisión libera neutrones de tal manera que una reacción en cadena es posible. La masa crítica es la masa mínima necesaria de combustible para sostener una reacción en cadena. En un reactor o bomba nuclear, se necesita un moderador para alentar a los neutrones liberados.

El proceso de fusión, en el cual núcleos pequeños se combinan para formar otros mas grandes, también libera energía. No ha sido posible aún construir un reactor de fusión para generar energía eléctrica, debido a la dificultad para contener al combustible a las altas temperaturas requeridas.

6.3.2 Radioisótopos

Radiactividad, desintegración espontánea de núcleos atómicos mediante la emisión de partículas subatómicas llamadas partículas alfa y partículas beta, y de radiaciones electromagnéticas denominadas rayos X y rayos gamma. El fenómeno fue descubierto en 1896 por el físico francés Antoine Henri Becquerel al observar que las sales de uranio podían ennegrecer una placa fotográfica aunque estuvieran separadas de la misma por una lámina de vidrio o un papel negro. También comprobó que los rayos que producían el oscurecimiento podían descargar un

electroscopio, lo que indicaba que poseían carga eléctrica. En 1898, los químicos franceses Marie y Pierre Curie dedujeron que la radiactividad es un fenómeno asociado a los átomos e independiente de su estado físico o químico. También llegaron a la conclusión de que la pechblenda, un mineral de uranio, tenía que contener otros elementos radiactivos ya que presentaba una radiactividad más intensa que las sales de uranio empleadas por Becquerel.

Una partícula alfa se compone de dos protones y dos neutrones. Por tanto, es la misma que un núcleo de helio. Cuando un núcleo presenta decaimiento alfa, se emite una partícula alfa con energía y el núcleo se transmuta en otro en el núcleo de otro elemento., pues se pierden dos protones.

Una partícula beta es simplemente un electrón.

Una "partícula" gamma es un cuanto de energía electromagnética. El núcleo no cambia durante el decaimiento gamma.

**6.3.3 Decaimiento Radioactivo**.

Conforme un material emite radiación, se transmuta, es decir, se convierte una sustancia diferente de la original, a este proceso se le decaimiento radioactivo. Por ejemplo el elemento químico radio decae a plomo.

Con el descubrimiento de la radioactividad, se estudio que factores influían en la emisión de partículas: presión, temperatura, etc. Para sorpresa de los investigadores ninguno de estos factores influía en la velocidad con la cual un material radiactivo decae, pues sólo depende del número atómico y del número de masa, es decir, del isótopo en cuestión.

La vida media es el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de los núcleos de una muestra de un isótopo radiactivo.

El decaimiento radioactivo es descrito por la siguiente ecuación.

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

en donde $N$ es la cantidad de material radioactivo al tiempo t y $N_0$ es la cantidad de material radioactivo inicial, $\lambda$ es la constante de vida media. Aquí hay que aclarar que $\lambda$ y el tiempo de vida media $t_{1/2}$ no es lo mismo, aunque si están relacionadas.

$$t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda}$$

Ejemplo

Una muestra de $^{90}$Sr (estroncio-90) tiene una actividad de 100 mCi. ¿Cuánto tiempo tardará su actividad en disminuir a 25 mCi?

*Solución*

Considerando que la actividad radioactiva es directamente proporcional a la cantidad de material radioactivo y consultando una tabla de vidas medias de algunos elementos, la del $^{90}$Sr es de 28 años. Por lo tanto, después de la primer vida media (28 años) la muestra decae a la mitad, es decir 50 mCi. En el siguiente período de vida media vuelve a caer a la mitad, es decir, 25 mCi. En consecuencia, el tiempo que tarda en disminuir en 25 mCi es de 56 años.

**6.3.4 Nuevas tecnologías y nuevos materiales**.

a).- Láseres

Láser, dispositivo de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación. Los láseres son aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherente; su

frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X. Un haz de luz es coherente cuando sus ondas, o fotones, se propagan de forma acompasada, o en fase. Esto hace que la luz láser pueda ser extremadamente intensa, muy direccional, y con una gran pureza de color (frecuencia). Los máseres son dispositivos similares para microondas.

b).- Fibra óptica
Fibra óptica, fibra o varilla de vidrio —u otro material transparente con un índice de refracción alto— que se emplea para transmitir luz. Cuando la luz entra por uno de los extremos de la fibra, se transmite con muy pocas pérdidas incluso aunque la fibra esté curvada.

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico (*ver* Óptica), de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debida a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

La aplicación más sencilla de las fibras ópticas es la transmisión de luz a lugares que serían difíciles de iluminar de otro modo, como la cavidad perforada por la turbina de un dentista. También pueden emplearse para transmitir imágenes; en este caso se utilizan haces de varios miles de fibras muy finas, situadas exactamente una al lado de la otra y ópticamente pulidas en sus extremos.

c).- superconductores
Superconductividad, fenómeno que presentan algunos conductores que no ofrecen resistencia al flujo de corriente eléctrica (*ver* Electricidad). Los superconductores también presentan un acusado diamagnetismo, es decir, son repelidos por los campos magnéticos. La superconductividad sólo se manifiesta por debajo de una determinada temperatura crítica $T_c$ y un campo magnético crítico $H_c$, que dependen del material utilizado

Por su ausencia de resistencia, los superconductores se han utilizado para fabricar electroimanes que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía. Los imanes superconductores se han utilizado en estudios de materiales y en la construcción de potentes aceleradores de partículas. Aprovechando los efectos cuánticos de la superconductividad se han desarrollado dispositivos que miden la corriente eléctrica, la tensión y el campo magnético con una sensibilidad sin precedentes.

Cosmología, estudio del Universo en su conjunto, en el que se incluyen teorías sobre su origen, su evolución, su estructura a gran escala y su futuro. Al estudio más específico del origen del Universo y de sus sistemas astronómicos como el Sistema Solar, se le suele llamar cosmogonía.

**6.3.5 cosmología, origen y evolución del universo.**

Modelos del Universo

Con el descubrimiento de E. Hubble en la primera mitad del siglo XX, del corrimiento al rojo de la luz de las Galaxias y al dar a conocer la ley que lleva su nombre. Interpretando de forma correcta este corrimiento como consecuencia del alejamiento de las galaxias entre sí.

$$v = H\,d$$

en donde *v* es la velocidad de la galaxia, *d* es la distancia y *H* es la constante de Hubble.

Se cambió el paradigma de un Universo estático por el un Universo dinámico. También se planteó la posibilidad de que el Universo pudiera tener un origen, tal y como lo plantea la Teoría de la Gran Explosión

De acuerdo con la teoría generalmente aceptada de la Gran Explosión, el Universo se originó entre hace 10.000 y 20.000 millones de años atrás y se ha ido expandiendo desde entonces. El futuro del Universo es incierto: la expansión podría ser limitada (Universo cerrado), contrayéndose el Universo sobre sí mismo, o podría ser infinita (Universo abierto), en cuyo caso el Universo seguirá expandiéndose siempre. En el caso límite entre estas dos posibilidades (Universo plano), tampoco cesará la expansión.

## 7 Bibliografía


- Gamow, George. Biografía de la física. Ed. Alianza Editorial.
- Cetto, Ana María Et al. El mundo de la Física. Ed. Trillas, México, 1997.
- Hecht, Eugene. Física I. Álgebra y trigonometría. México, 2000. International Thomson Editores
- Hewitt, Paul. Física conceptual. México, 1999, Ed. Pearson
- Zitzewitz, Paul W. Neff, Robert y Davis, Mark. Física Principios y
- problemas. México, 1995, Mc Graw - Hill
- Bueche Frederick, J Fundamentos de Física . Tomo II, México 1991, Mc Graw Hill.
- Hecht, Eugene. Física I. Álgebra y trigonometría. México, 2000. International Thomson Editores
- Hewitt, Paul. Física conceptual. México, 1999, Pearson
- Zitzewitz, Paul W. Neff, Robert y Davis, Mark. Física !. Principios y problemas. México, 1995, Mc Graw - Hill

PREGUNTAS Y PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Un cohete espacial viaja de izquierda a derecha con una velocidad cercana a la de la luz, entre dos focos que parpadean de forma simultánea para un observador que se encuentra en la Tierra. Para un observador que se encuentra en el cohete observará que:

a. Los focos parpadean de forma simultánea
b. Ve el flash del foco de la izquierda primero
c. Ve el flash del foco de la derecha primero
d. Ve el flash del foco de la derecha después.

2. Una nave espacial parte de la Tierra con una velocidad igual al 80% de la velocidad de la luz. Cuando han transcurrido 20años en la Tierra, ¿qué tiempo ha pasado para un observador en la nave espacial?

a. 7.2 años
b. 12 años
c. 20 años
d. 33.3 años

3. Una persona realiza un viaje espacial a la estrella Proxima Centaury y han transcurrido 5 años en la Tierra, pero para él sólo ha transcurrido 1 día. ¿cuál fue la velocidad con la viajó?

a. 0.985 c
b. 0.999 94 c
c. 0.999 989 c
d. 0.999 999 85 c

4. Una persona realiza un viaje espacial a la estrella Proxima Centaury y han transcurrido 5 años en la Tierra, pero para él sólo ha transcurrido 1 día. ¿cuál fue la distancia entre la Tierra y la estrella, para el viajero espacial?

a. 5 años luz
b. 4.99 años luz
c. 0.01 años luz
d. 0.002 7 años luz

5. Si viajas a 1360 km/h y transcurre una hora. ¿Qué tiempo habrá pasado para un observador en reposo?

a. 1 hora
b. 1 hora + 1 s
c. 1 hora + 2 ms
d. 1 hora + 2 ns

6. Una nave espacial que viaja 0.6c dispara un pulso láser ¿cuál es la velocidad del pulso medido desde la Tierra?

a. 1.6 c
b. 0.4 c
c. 1 c
d. 0.6 c

7. Un mesón tiene una masa de $2.4x10^{-28}$ kg ¿cuál es la energía relativista correspondiente?

a. $1.60\ x10^{-11}$ J
b. $2.16\ x10^{-11}$ J
c. $1.60\ x10^{-10}$ J
d. $2.16\ x10^{-10}$ J

8. El mesón tiene una vida media de $0.84x10^{-16}$ s ¿Cuál será la vida media que se mediría en el laboratorio cuando el mesón viaja a una velocidad de 0.9c?

a. $0.84\ x10^{-16}$ s
b. $0.37\ x10^{-16}$ s
c. $1.90\ x10^{-16}$ s
d. $4.40\ x10^{-16}$ s

9. Una planta nuclear convierte 0.002 % de su combustible nuclear en energía. 10 kg de combustible nuclear ¿cuánta energía pueden producir?

a. 500 kWh
b. $1.5 \times 10^6$ kWh
c. $5 \times 10^6$ kWh
d. $1.8 \times 10^6$ kWh

10. Calcula el factor en la contracción en la longitud de una nave espacial que viaja a una velocidad del 10% de la velocidad de la luz. **Resp 0.995**

11. Se tienen dos relojes sincronizados, uno de los cuales se deja en la Tierra y otro se coloca en una nave espacial que es lanzada a una velocidad de **0.4c**, si en el reloj que permanece en la Tierra han transcurrido 4 h ¿qué retraso tiene el reloj de la nave espacial? **Resp 0.33 h o 20 min**

12. Un electrón cuya masa en reposo es de $9.1\times10^{-31}$ kg ¿cuál es su masa relativista si se mueve con una velocidad de **0.5c**? **Resp $10.5\times10^{-31}$ kg**

13. Explica la simultaneidad de acontecimientos según la Teoría de la Relatividad Especial

14. Indica cuál es el primer postulado de la Teoría de la Relatividad Especial

15. La frecuencia umbral para cierto metal es de $2.5\times10^{14}$ Hz ¿cuál es el valor de la función de trabajo? **Resp $1.66\times10^{-19}$ J**

16. Para observar el efecto fotoeléctrico en una placa metálica hay que iluminarla con una longitud de onda de 650 nm o menor (1 nm = $1\times10^{-9}$ m), calcula la energía cinética que posee un electrón cuando la placa se ilumina con una luz de longitud de onda de 450 nm **Resp $3.06\times10^{-19}$ J**

17. La longitud de onda de De Broglie de una partícula es de $3\times10^{-12}$ m ¿cuál es la cantidad de movimiento de la partícula? **Resp $2.2\times10^{-22}$kg m/s**

18. Calcula la longitud de onda de De Broglie de un electrón ($m=9.1\times10^{-31}$ kg ) que mueve con una velocidad de $5\times10^{5}$ m/s. Ignora los efectos relativistas.
**Resp 1.45 nm**

19. Encuentra la longitud de onda de De Broglie de un electrón que tiene una energía cinética de 500 eV (1 eV= $1.60\times10^{-19}$ J) **Resp $7.76\times10^{-11}$ m**

20. Calcula los tres primeras longitudes de onda de la serie de Balmer.

21. Encuentra el radio de la primera órbita del electrón en el átomo de hidrógeno según el modelo de Bohr **Resp 0.053 nm**

22. Encuentra el cambio energético de un electrón en el átomo de hidrógeno que pasa del nivel cuántico 4 al nivel cuántico 3. Da tu respuesta en eV y en J
**Resp -0.66 eV, $-1.06\times10^{-19}$ J**

23. Encuentra la longitud de onda de la radiación que emite un electrón del átomo de hidrógeno al pasar del nivel energético n=3 a n = 2
**Resp 657 nm, $6.57\times10^{-7}$ m**

24. Se sabe que la vida media de cierto material radioactivo es de 4 años. Encuentra cuanto tiempo debe de transcurrir para que sólo quede una cuarta parte del material radioactivo original. **Resp**

# 8 Examen de autoevaluación

UNIDAD 4: FENÓMENOS ONDULATORIOS MECÁNICOS

1. El número de ondas que pasan por un punto fijo de referencia en un segundo se le conoce como:
   a) periodo
   b) longitud de onda
   c) amplitud
   d) fase
   e) frecuencia

2. Las ondas se pueden clasificar como:
   a) elásticas e inelásticas
   b) mecánicas y termodinámicas
   c) transversales y longitudinales
   d) sonoras y mecánicas
   e) luminosas y obscuras

3. La energía de una onda aumenta si aumenta su:
   a) longitud de onda
   b) frecuencia
   c) fase
   d) periodo

4. Radio UNAM transmite en el 96.1 MH de tu FM. ¿Cuál es la longitud de onda su señal?
   a) 3.12 mm
   b) 3.12 nm
   c) 3.12 Km.
   d) 3.12 cm
   e) 3.12 m

5.- Es una perturbación física de un medio elástico: la onda...
a) mecánica b) eléctrica c) automática d) magnética e) electrónica

6.- Número de ondas que pasan por un punto específico en cada segundo,...
a) presencia b) sonoridad c) periodo d) intensidad e) frecuencia

7.- Es el valor máximo de elongación en una onda, ...
a) velocidad b) amplitud c) frecuencia d) longitud e) período

8.- Es una forma especial de la reflexión del sonido, ...
a) timbre b) tono c) eco d) ultrasonido e) ritmo

9.- Los sonidos producidos por instrumentos musicales dan como resultado este tipo de ondas. Ondas...
a) circunstanciales b) estacionarias c) transversales d) electromagnéticas e) gravitacionales

10.- Son las ondas sonoras en el intervalo de 20 a 20 000 Hz, ...
a) ultrasónicas b) infrasónicas c) suprasónicas d) sonido audible e) ruido

11.- Es la cualidad del sonido que nos permite diferenciar los sonidos graves de los agudos….
a) timbre b) tono c) ritmo d) eco e) intensidad

12.- Cuando una onda es desviada por los bordes de un objeto, le ocurre una:
a) polarización b) reflexión c) refracción d) interferencia e) difracción

13.- Un mosquito produce un molesto zumbido de 600 Hz. ¿¿qué longitud de onda produce?
a) 1.764 m b) 0.566 m c) 204 000 m d) 340 m e) 600 m

14.- La nota do central tiene una longitud de onda de 1.328 m. ¿Cuál es su frecuencia?
a) 1328 Hz b) 452 Hz c) 340 Hz d) 256 Hz e) 0.0039 Hz

15.- Al encontrarnos detrás de un salón, escuchamos lo que se dice dentro de él, por la propiedad de las ondas llamada:
a) polarización b) refracción c) reflexión d) difracción e) interferencia

16.- Cuando lanzas una piedra a un lago se generan ondas en la superficie del agua las cuales provocaran el movimiento de una boya que se encontraba originalmente en reposo, esto se debe a que las ondas tienen:
a) Inercia y rotación b) Torca y Momento de inercia c) energía y masa d) Ímpetu y energía e) Masa e Impulso

17.- Dos características de un fenómeno ondulatorio son:
a) La frecuencia y el periodo b) La masa y la velocidad c) La fuerza y la aceleración d) La velocidad y el tiempo

18.- En una onda la distancia de cresta a cresta se llama:
a) Frecuencia b) Fase c) Amplitud de onda d) período e) Longitud de onda.

19.- La reflexión difusa de la luz se produce en:
a) Espejos b) Lentes c) Superficies no pulidas d) Superficies pulidas e) prismas de vidrio

20.- La forma en que se transfiere energía, es a través de una:
a) La fuerza b) Aceleración c) Onda d) Reflexión.

21.- Cuando una cuerda tiene la mitad de un grueso y la otra mitad de otro grueso menor al enviar un pulso, éste es afectado por una:
a) Reflexión b) Refracción c) Difracción d) Polarización.

22.- el tiempo que tarda en pasar una onda respecto a un punto de referencia, se conoce como:
a) Frecuencia b) Periodo c) Amplitud d) Velocidad de propagación.

23.- Es el tipo de pulso que hace vibrar las partículas del medio, con la misma dirección de propagación:
a) Lineal b) Torsional c) Transversal d) Longitudinal.

24.- Cuando una fuente emisora se mueve, se aprecia que hay un cambio de frecuencia que puede ser mayor o menor. Este fenómeno se conoce como:
a) Refracción del sonido b) Efecto polarización c) Difracción del sonido d) Efecto Dopler.

25.- Cuando una voz muy aguda llega a romper un cristal, se dice que es porque hubo:
a) Reflexión b) Refracción c) Resonancia d) Dispersión.

26.- Cuando la frecuencia de una onda aumenta, entonces la onda tendrá:
a) Más energía b) Menos energía c) Mayor color d) Menor color.

UNIDAD 5. FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

27.- Son ejemplos de radiación electromagnética, excepto:
a) Calor b) Ondas de radio c) Radiación ultravioleta d) Sonido

28.- Qué propiedad común caracteriza a las ondas electromagnéticas:
a) Frecuencia b) Velocidad c) Tono d) Periodo

29.- Es el tipo de onda que hace vibrar las partículas del medio con la misma dirección de propagación de la onda:
a) Longitudinal b) Transversal c) Plana d) Esférica

30.- Ondas utilizadas para transmitir la señal de T.V. :
a) Ondas de radiofrecuencia b) Rayos Gamma c) Radiación ultravioleta d) Espectro visible

31.- La longitud de onda de la luz amarilla de una llama de sonido es de 589 nm calcule la frecuencia:
a) $5.09X10^{14}$ H2 b) 5.89 H2 c) 5.09 KH2 d) 589 H2

~~a)~~32.- La luz solar se siente caliente porque tiene:
a) rayos gama b) rayos X c) rayos ultravioleta d) rayos infrarrojos e) rayos beta

33.- El sol broncea la piel por los
a) rayos gama b) rayos X c) rayos ultravioleta d) rayos infrarrojos e) rayos beta

34.- El orden correcto de colores en el espectro visible, de la mayor longitud de onda a la menor es
a) a) Violeta, azul, amarillo, verde, naranja, rojo.
b) b) Rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta.
c) c) Rojo, amarillo, naranja, verde, violeta, azul.
d) d) Verde, azul, violeta, naranja, amarillo.
e) e) Amarillo, naranja, rojo, verde, violeta.

~~a)~~35.- ¿Cuál es el color de una luz monocromática que tiene una longitud de onda de 750 nm?
~~c)~~a) violeta b) verde c) rojo d) amarillo e) azul

36.- De las siguientes radiaciones, ¿cuáles están ordenadas según su longitud de onda?
a) ondas de radio, rayos X, rayos gama, luz visible, infrarroja, ultravioleta.
b) Rayos gama, rayos X, ultravioleta, luz visible, infrarroja, ondas de radio.
c) Luz visible, ultravioleta, infrarroja, ondas de radio, rayos gama, rayos X.
d) Rayos X, ondas de radio, infrarroja, luz visible, ultravioleta, rayos gama.
e) Infrarroja, ultravioleta, rayos gama, rayos X, luz visible, ondas de radio.

37.- Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el espectro electromagnético es correcta?
a) El espectro electromagnético sólo abarca un rango pequeño de frecuencias.
b) Las distintas radiaciones electromagnéticas viajan a diferentes velocidades en el vacío.
c) Las ondas sonoras son parte del espectro electromagnético.
d) Los diversos tipos de radiación electromagnética difieren en su frecuencia y su longitud de onda.
e) Las ondas mecánicas son de la misma naturaleza que las ondas electromagnéticas, sólo difieren en sus frecuencias.

38.- Encuentre la longitud de onda de la luz roja con una frecuencia de $4.0 \times 10^{14}$ Hz.
~~c)~~a) $0.75 \times 10^{-10}$ m b) $0.75 \times 10^{-8}$ m c) $7.5 \times 10^{-7}$ m d) $7.5 \times 10^{-3}$ e) $7.5 \times 10^{3}$ m

39.- ¿A qué velocidad se debe mover una partícula para que m = 2m0?.
~~c)~~a) $2.8 \times 10^{8}$ m/s b) $2.0 \times 10^{8}$ m/s c) $2.08 \times 10^{8}$ m/s d) $2.008 \times 10^{8}$ m/s e) $0.28 \times 10^{8}$ m/s

~~a)~~40.- Calcula la energía en reposo de un electrón, es decir, la energía equivalente a su masa en reposo, $9.11 \times 10^{-31}$kg.
~~c)~~a) 5 MeV b) 50 MeV c) .512 Mev d) 512 MeV e) 51.2 MeV

41.- Un cohete espacial se mueve a una velocidad de 0.92c cuando la ve un observador sobre la Tierra. Esta persona y los ocupantes de la nave hacen funcionar la alarma de sus relojes idénticos para que suenen después de que hayan pasado 6 horas. De acuerdo con los observadores de la Tierra, ¿cuánto marcará el reloj de la Tierra cuando suene la alarma del reloj de la nave?.
~~c)~~a) 6 h b) 12 h c) 153.5 h d) 15.35h e) 15.3 h

42.- Por un alambre pasa una corriente continua de 2.5 A. El alambre esta conectado a una pila. Pero después de 4 minutos, de repente cesa la corriente, por haber desconectado el alambre. ¿cuánta carga paso por el circuito?
a) 600 C b) 10 C c) 1.6 C d) 0.625 C e) 0 C

43.- ¿Cuál es el rango aproximado de longitudes de onda de la luz visible?

44.- ¿De qué color es la longitud de onda más pequeña?¿La más larga?¿De qué colores son la mayor y la menor frecuencia?

45.- Enumere los siguientes tipos de radiación ordenados según su longitud de onda: rayos gama, rayos infrarrojos, ondas de radio, rayos ultravioleta, luz visible, rayos X. ¿Por qué se llaman estas radiaciones ondas electromagnéticas?

46.- ¿Cuál es la velocidad de una onda de radio en el aire?

Con formato: Numeracióny viñetas

47.- ¿Qué tipos de radiaciones afectan la película fotográfica?
a) Sonido b) Infrarojos c) Ultravioleta d) Sísimica

UNIDAD 6. FÍSICA Y TECNOLOGÍA CONTEMPORÁNEAS

~~a)~~48.- ¿Cuál es la energía de un fotón de luz azul con longitud de onda 450 nm?. Expresa el resultado en J?.
~~c)~~a) $44x10^{-19}$ J b) $4.4x10^{-19}$ J. c) $0.4x10^{-19}$ J. d) $0.04x10^{-19}$ J. e) $.44x10^{-19}$ J.

49.- ¿Cuál es la función de trabajo de una superficie de metal de sodio si la longitud de onda umbral fotoeléctrica es de 680 nm?.
~~c)~~a) 1.82 eV b) 82.1 eV c) 28.2eV d) 18.2 eV 8.21eV

50.- ¿Cuál es el ímpetu de un fotón de 500 nm de longitud de onda?
~~c)~~a) 123 x $10^{-27}$ kg m/s b) .123 x $10^{-27}$ kg m/s c) .0123 x $10^{-27}$ kg m/s d) 12.3 x $10^{-27}$ kg m/s e) 1.23x $10^{-27}$ kg m/s

51.- ¿Cuál es la longitud de onda de de Broglie de un electrón que ha sido acelerado por una diferencia de potencial de 9kV?.
~~c)~~a) $1.3x10^{-11}$ m b) 13 $x10^{-11}$ m c) $13.13x10^{-11}$ m d) $131x10^{-11}$ m e) $113x10^{-11}$ m

~~a)~~52.- Una línea espectral en el espectro del átomo de hidrógeno tiene una longitud de onda de 821 nm. ¿Cuál es la diferencia de energía entre los dos estados que dan esta línea?.
~~c)~~a) 5 eV b) 0.15 eV c) 1.05 eV d) 10.5 eV e) 1.5 eV

53.- Cuál es la energía de un fotón de luz azul con longitud de onda 450 nm?. Expresa el resultado en J?.
~~c)~~a) $44x10^{-19}$ J b) $4.4x10^{-19}$ J. c) $0.4x10^{-19}$ J. d) $0.04x10^{-19}$ J. e) $.44x10^{-19}$ J.

54.- Cuál es la función de trabajo de una superficie de metal de sodio si la longitud de onda umbral fotoeléctrica es de 680 nm?.
~~c)~~a) 1.82 eV b) 82.1 eV c) 28.2eV d) 18.2 eV e) 8.21eV

55.- ¿Cuál es el ímpetu de un fotón de 500 nm de longitud de onda?
~~c)~~a) 123 x $10^{-27}$ kg m/s b) .123 x $10^{-27}$ kg m/s c) .0123 x $10^{-27}$ kg m/s d) 12.3 x $10^{-27}$ kg m/s e) 1.23x $10^{-27}$ kg m/s

56.- Cuál es la longitud de onda de Broglie de un electrón que ha sido acelerado por una diferencia de potencial de 9kV?
~~c)~~a) $1.3x10^{-11}$ m b) 13 $x10^{-11}$ m c) $13.13x10^{-11}$ m d) $131x10^{-11}$ m e) $113x10^{-11}$ m

57.- Una línea espectral en el espectro del átomo de hidrógeno tiene una longitud de onda de 821 nm. ¿Cuál es la diferencia de energía entre los dos estados que dan esta línea?
~~c)~~a) 15 eV b) 0.15 eV c) 1.05 eV d) 10.5 eV e) 1.5 eV

58.- ¿A qué velocidad se debe mover una partícula para que $m = 2m_0$?
~~c)~~a) $2.8 x10^8$ m/s b) $.0 x10^8$ m/s c) $2.08 x10^8$ m/s d) $2.008 x10^8$ m/s e) $0.28 x10^8$ m/s

59.- Calcula la energía en reposo de un electrón, es decir, la energía equivalente a su masa en reposo, 9.11 x $10^{-31}$kg.
~~c)~~a) 5 MeV b) 50 MeV c) .512 Mev d) 512 MeV e) 51.2 MeV

60.- Un cohete espacial se mueve a una velocidad de 0.92c cuando la ve un observador sobre la Tierra. Esta persona y los ocupantes de la nave hacen funcionar la alarma de sus relojes idénticos para que suenen después de que hayan pasado 6 horas. De acuerdo con los observadores de la Tierra, ¿cuánto marcará el reloj de la Tierra cuando suene la alarma del reloj de la nave?
~~c)~~a) 6 h b) 12 h c) 153.5 h d) 15.35h e) 15.3 min.

61.- ¿A qué velocidad se debe mover una partícula para que $m = 2m_0$?
~~c)~~a) $2.8 x10^8$ m/s b) $2.0 x10^8$ m/s c) $2.08 x10^8$ m/s d) $2.008 x10^8$ m/s e) $0.28 x10^8$ m/s

62.-Calcula la energía en reposo de un electrón, es decir, la energía equivalente a su masa en reposo, 9.11 x $10^{-31}$kg.
~~c)~~a)5 MeV b) 50 MeV c) .512 Mev d) 512 MeV e) 51.2 MeV

63.-Un cohete espacial se mueve a una velocidad de 0.92c cuando la ve un observador sobre la Tierra. Esta persona y los ocupantes de la nave hacen funcionar la alarma de sus relojes idénticos para que suenen después de que hayan

Con formato: Numeracióny viñetas

pasado 6 horas. De acuerdo con los observadores de la Tierra, ¿cuánto marcará el reloj de la Tierra cuando suene la alarma del reloj de la nave?

~~e)~~a) 6 h b) 12 h c) 153.5 h d) 15.35h e) 15.3 min.

64.- Las siguientes partículas corresponden al decaimiento beta

~~e)~~a) Protones b) Neutrones c) Electrones d) Partículas alfa e) Fotones

65.- Un isótopo es.....

a) Núcleo de un mismo elemento con distinto número de electrones
b) Núcleo de un mismo elemento con distinto número de protones
c) Núcleo de un mismo elemento con distinto número de neutrones
d) Núcleo de un mismo elemento pero con distinta carga eléctrica
e) Núcleo de un mismo elemento pero masas iguales

66.- Si el yodo – 131 tiene una vida media de 8 días, una muestra que tiene una actividad de 128 mCi ¿Cuánto tiempo tardará su actividad en disminuir a 8 m Ci ?

~~e)~~a)8 días b) 16 días c) 24 días d) 32 días e) 40 días

67.- ¿Porqué los neutrones son tan buenos proyectiles para producir reacciones nucleares

a) tienen mucha masa y no tienen carga que evita que los desvíen
b) tienen poca masa y no tienen carga que evita que los desvíen
c) tienen mucha masa y poca carga que evita que los desvíen.
d) tienen mucha masa y mucha carga que ayuda a que no los desvíen
e) tienen poca masa y poca carga que ayuda a no ser desviados.

68.- La energía luminosa emitida por el sol viene de un proceso que se lleva a cabo en el interior llamado:

~~e)~~a) Fisión Nuclear b) Fosforescencia c) Magnetización d) Fusión Nuclear e) Radiactividad

69.- Cierto isótopo tiene dos horas de vida media. Si cuenta con una muestra de 100,000 de éstos núcleos ¿Cuántos permanecerán después de 10 horas?

a) 6250 b) 3125 c) 12500 d) 50000 e) 1563

70.- El proceso nuclear que se lleva a cabo en el interior de las estrellas es:

a) Fisión b) Fusión c) Ni fisión ni fusión d) Fusión y Fisión

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

Con formato: Numeración y viñetas

RESULTADOS DEL EXAMEN DE AUTOEVALUACIÓN

| Pregunta | Respuesta correcta | Tu respuesta | | Pregunta | Respuesta correcta | Tu respuesta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.- | **E** | | | 36.- | **A** | |
| 2.- | **C** | | | 37.- | **D** | |
| 3.- | **B** | | | 38.- | **B** | |
| 4.- | **E** | | | 39.- | **A** | |
| 5.- | **A** | | | 40.- | **C** | |
| 6.- | **E** | | | 41.- | **E** | |
| 7.- | **B** | | | 42.- | **A** | |
| 8.- | **C** | | | 43.- | 400 a 700 nm | |
| 9.- | **B** | | | 44.- | Desde violeta hasta rojo | |
| 10.- | **D** | | | 45.- | Consultar guía | |
| 11.- | **A** | | | 46.- | $3x10^8$ m/s | |
| 12.- | **E** | | | 47.- | **B** | |
| 13.- | **B** | | | 48.- | **B** | |
| 14.- | **D** | | | 49.- | **A** | |
| 15.- | **D** | | | 50.- | **E** | |
| 16.- | **D** | | | 51.- | **A** | |
| 17.- | **A** | | | 52.- | **E** | |
| 18.- | **E** | | | 53.- | **C** | |
| 19.- | **C** | | | 54.- | **D** | |
| 20.- | **C** | | | 55.- | **E** | |
| 21.- | **B** | | | 56.- | **C** | |
| 22.- | **B** | | | 57.- | **C** | |
| 23.- | **D** | | | 58.- | **B** | |
| 24.- | **D** | | | 59.- | **E** | |
| 25.- | **C** | | | 60.- | **D** | |
| 26.- | **A** | | | 61.- | **B** | |
| 27.- | **D** | | | 62.- | **C** | |
| 28.- | **B** | | | 63.- | **E** | |
| 29.- | **A** | | | 64.- | **D** | |
| 30.- | **A** | | | 65.- | **B** | |
| 31.- | **A** | | | 66.- | **D** | |
| 32.- | **D** | | | 67.- | **A** | |
| 33.- | **C** | | | 68.- | **D** | |
| 34.- | **A** | | | 69.- | **B** | |
| 35.- | **B** | | | 70.- | **B** | |