

FÍSICA

noveno grado

FÍSICA

noveno grado

FÍSICA

noveno grado

M. Sc. Rosa María González Lastra

M. Sc. Zulema Pérez Gómez

Dra. C. Susana Acosta Hernández

Lic. Ramón de Jesús Loo Kim



Este material forma parte del conjunto de trabajos dirigidos al Tercer Perfeccionamiento Continuo del Sistema Nacional de la Educación General. En su elaboración participaron maestros, metodólogos y especialistas a partir de concepciones teóricas y metodológicas precedentes, adecuadas y enriquecidas en correspondencia con el fin y los objetivos propios de cada nivel educativo, de las exigencias de la sociedad cubana actual y sus perspectivas.

Ha sido revisado por la subcomisión responsable de la asignatura perteneciente a la Comisión Nacional Permanente para la revisión de planes, programas y textos de estudio del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas del Ministerio de Educación.

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright* y bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, así como su incorporación a un sistema informático.

Material de distribución gratuita. Prohibida su venta

Colaboradores:

- Lic. Juan José Llovera González, Dr. C. Profesor Titular Consultante
- Dra. C. Nelsy Perfecto Pérez Ponce de León
- M. Sc. Laura Alfonso González
- M. Sc. Alexis Gómez Zoque

Edición y corrección:

- M. Sc. Yemelys Rieche Barrueta

Diseño:

- Instituto Superior de Diseño: (ISDi)

Ilustración y cubierta:

- Camila Noa Clavero

Emplane:

- Elier Guzmán Lajud

© Ministerio de Educación, Cuba, 2025

© Editorial Pueblo y Educación, 2025

ISBN 978-959-13-5077-0 (Versión impresa)

ISBN 978-959-13-5080-0 (Versión digital)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN

Av. 3.ª A No. 4601 entre 46 y 60,

Playa, La Habana, Cuba. CP11300.

epueblo@epe.gemined.cu

ÍNDICE

1

Oscilaciones y Ondas mecánicas 1

- ▶ 1.1 Introducción 1
- ▶ 1.2 Oscilaciones y ondas mecánicas. Importancia del estudio de las oscilaciones y las ondas mecánicas para la vida, la sociedad y la tecnología 2
- ▶ 1.3 Oscilaciones periódicas 10
 - ▶ 1.3.1 Magnitudes que caracterizan a las oscilaciones 10
 - ▶ 1.3.2 Factores que determinan las características de las oscilaciones .. 24
- ▶ 1.4 Ondas mecánicas. Magnitudes que caracterizan a las ondas mecánicas 33
 - ▶ 1.4.1 Producción y propagación del sonido 44
 - ▶ 1.4.2 Fenómenos: absorción, reflexión y difracción del sonido ... 54
 - ▶ 1.4.3 Percepción del sonido por el hombre. Cualidades: tono, intensidad y timbre 62
- ▶ 1.5 Aplicaciones del ultrasonido. Contaminación ambiental por ruido 66

2

Electricidad y circuitos eléctricos 83

- ▶ 2.1 Introducción 83
- ▶ 2.2 Importancia de la electricidad en la vida del hombre 84
- ▶ 2.3 Electrización de los cuerpos 88
 - ▶ 2.3.1 Características principales de la interacción eléctrica 99
 - ▶ 2.3.2 Naturaleza de la electricidad. Campo eléctrico 107
- ▶ 2.4 Corriente eléctrica 123
 - ▶ 2.4.1 Circuito eléctrico 134
 - ▶ 2.4.2 Cambios producidos por la corriente eléctrica 140
- ▶ 2.5 Magnitudes básicas en los circuitos eléctricos 152
 - ▶ 2.5.1 Intensidad de la corriente eléctrica 153
 - ▶ 2.5.2 Tensión eléctrica 161

- ▶ 2.5.3 Resistencia eléctrica. Ley de Ohm para una porción de un circuito169
- ▶ 2.5.4 Potencia eléctrica187
- ▶ 2.5.5 Trabajo efectuado por la corriente eléctrica194
- ▶ 2.6 Circuitos eléctricos: serie y paralelo..... 196
- ▶ 2.7 Medición y ahorro de energía eléctrica.....212

3

Magnetismo e inducción electromagnética.....235

- ▶ 3.1 Introducción235
- ▶ 3.2 Importancia del magnetismo en la vida del hombre.....236
- ▶ 3.3 Imanes e interacciones magnéticas..... 238
- ▶ 3.4 Campo magnético.....246
 - ▶ 3.4.1 Campo magnético de la Tierra..... 256
- ▶ 3.5 Corriente eléctrica y magnetismo. Relación entre el campo magnético y la corriente eléctrica (experimento de Oersted).....260
 - ▶ 3.5.1 Características de la acción magnética de un conductor rectilíneo, una espira y una bobina por los que circula corriente eléctrica267
 - ▶ 3.5.2 Utilización práctica del efecto magnético de la corriente eléctrica268
- ▶ 3.6 Inducción electromagnética274
 - ▶ 3.6.1 Ley de inducción electromagnética de Faraday276
 - ▶ 3.6.2 Utilización práctica de la inducción electromagnética.....280
- ▶ 3.7 Ondas electromagnéticas284

4

Luz y dispositivos ópticos.....298

- ▶ 4.1 Introducción298
- ▶ 4.2 La luz y su importancia299
- ▶ 4.3 Dirección de propagación de la luz..... 302
 - ▶ 4.3.1 Propagación de la luz en medios homogéneos303
 - ▶ 4.3.2 Propagación de la luz en medios no homogéneos. Difracción de la luz308
- ▶ 4.4 Incidencia de la luz sobre los cuerpos316
 - ▶ 4.4.1 Visibilidad de los cuerpos316
 - ▶ 4.4.2 Independencia de los haces luminosos.....321
 - ▶ 4.4.3 Coloración de los cuerpos323
- ▶ 4.5 Regularidades en la reflexión y refracción de la luz329
 - ▶ 4.5.1 Reflexión de la luz. Leyes de la reflexión.....330
 - ▶ 4.5.2 Espejo plano. Formación de imágenes en espejos planos...335

▶ 4.5.3 Espejos esféricos. Formación de imágenes en los espejos esféricos	339
▶ 4.5.4 Refracción de la luz. Leyes de la refracción de la luz. Reflexión total interna	352
▶ 4.5.5 Lentes. Formación de imágenes por medio de lentes	358
▶ 4.6 Dispositivos ópticos. Su importancia y funcionamiento	367

Prólogo

Te damos la bienvenida a este libro de texto de Física, diseñado especialmente para estudiantes de noveno grado. En estas páginas te adentrarás en un fascinante viaje para comprender las leyes que rigen el universo. La Física no solo es una disciplina científica, sino también un puente entre la curiosidad humana y la sorprendente complejidad de la naturaleza.

A lo largo de este libro encontrarás una estructura que facilita la conexión entre conceptos teóricos y su aplicación práctica. Cada tema se presenta a través de ejemplos claros y accesibles, permitiéndote explorar fenómenos que van desde lo cotidiano hasta lo extraordinario; estimula así tu pensamiento crítico y tu creatividad. La práctica y la experimentación son pilares fundamentales en nuestro enfoque; por esta razón, hemos incluido actividades que te invitan a observar, preguntar y descubrir, lo que convierte el aprendizaje en una experiencia activa y significativa.

Cada capítulo inicia con una introducción que te orienta sobre los conocimientos previos necesarios y la relevancia del tema en el contexto de tu vida diaria y del mundo que te rodea. Al concluir cada unidad, encontrarás un espacio dedicado a la autoevaluación, donde podrás reflexionar sobre tu progreso y consolidar tus aprendizajes.

En cada epígrafe se pueden encontrar las secciones siguientes:

Conéctate con la historia: se exponen referentes históricos relacionados con el contenido a tratar, que te permitirán adquirir una cultura científica.

Reflexiona: presenta situaciones problemáticas prácticas o preguntas de interés que posibilitan la adquisición y reactivación del conocimiento, en las que debes aplicar todo el caudal de conocimiento que tienes para encontrarle una solución.

¿Sabías que...?: actualiza y enriquece el conocimiento con informaciones relevantes en el tema que se trata, expresadas brevemente: una noticia, un descubrimiento o una aplicación.

Recuerda que...: reafirma los contenidos (definiciones, leyes, procedimientos, etc.) adquiridos con anterioridad, que permiten la comprensión del nuevo contenido a tratar y forman parte del caudal de conocimiento acumulado para el pensamiento lógico.

¡Atención!: constituye una alerta de posibles errores que no se pueden cometer e ideas erradas que se tienen de algunos fenómenos.

Investiga: propone tareas para investigar y así enriquecer el conocimiento con el aprendizaje de nuevos procedimientos.

Saber más: aporta informaciones, procedimientos y aplicaciones de mayor nivel de complejidad, relacionadas con el contenido que se trata.

Física en acción: propone actividades experimentales extraclases, por lo general, para realizar con útiles del hogar o de tu entorno.

Experimenta y aprende: actividades experimentales que, en su gran mayoría, pueden ser realizadas en equipo, actividad práctica o trabajo de laboratorio.

Actividad: tareas de aprendizaje que te permitirán desarrollar habilidades en el tema tratado.

Ejercicio resuelto: actividades que se resuelven en el libro, para modelar un algoritmo o procedimiento de trabajo.

Un instante con la tecnología: propuestas de actividades que aparecen en el portal CubaEduca, o en otro sitio digital, y se orientan para resolver los ejercicios de autoevaluación que aparecen en el módulo.

Autoevalúate: actividades que aparecen al final del capítulo, donde puedes comprobar los conocimientos adquiridos.

Tarea: preguntas finales del epígrafe.

Tareas finales del capítulo: preguntas finales de cada capítulo.

Queremos agradecer sinceramente a todos los docentes y expertos que han colaborado en la creación de este material, en especial a M. Sc. Juan José Llovera González, M. Sc. Alexis Gómez Zoque, M. Sc. Laura Alfonso González, Dra. C. Nelsy Perfecto Pérez Ponce de León y M. Sc. Yamilé Marín Rodríguez. Su dedicación y compromiso han sido esenciales para asegurar que este libro no solo cumpla con los estándares educativos, sino que también inspire a jóvenes como tú a explorar el mundo de la Física con entusiasmo y curiosidad.

Este libro ha sido elaborado con esmero, con la esperanza de que sea una herramienta valiosa tanto para ti como estudiante, como para tus maestros y tu familia. Te invitamos a aprovechar cada página, a formular preguntas y a permitirte asombrarte por los misterios del universo.

Los autores

CAPÍTULO 1

Oscilaciones y Ondas mecánicas

1.1 Introducción

La Física estudia los cambios que ocurren en los sistemas que forman el universo. En octavo grado estudiaste uno de estos cambios: el movimiento mecánico, que está asociado al cambio de posición de un cuerpo respecto a otro que se toma como referencia.

El movimiento de un auto por una carretera, de la pelota después de ser bateada en un juego de béisbol, los satélites alrededor de la Tierra, las partículas que conforman los cuerpos, la circulación de la sangre por nuestro organismo, el ritmo cardíaco, el balanceo de un niño en un columpio, las partes de un tambor al golpear el cuero, el giro de un ventilador, las cuerdas de una guitarra al pulsarlas, entre otros, son movimientos mecánicos, pero entre estos existen grandes diferencias.

En este capítulo estudiarás un caso particular de los movimientos mecánicos que ocurren en diversas situaciones (fig. 1.1), como cuando te meces en un columpio.

El análisis de este tipo de fenómeno es de gran importancia, debido a la gran variedad de situaciones en las que tienen lugar, como es el caso de la construcción de diferentes sistemas arquitectónicos fundamentalmente en zonas sísmicas (edificios y puentes), en la fabricación de los instrumentos musicales, equipos de radio y televisión para la transmisión-recepción del sonido, así como el montaje de numerosos equipos médicos.

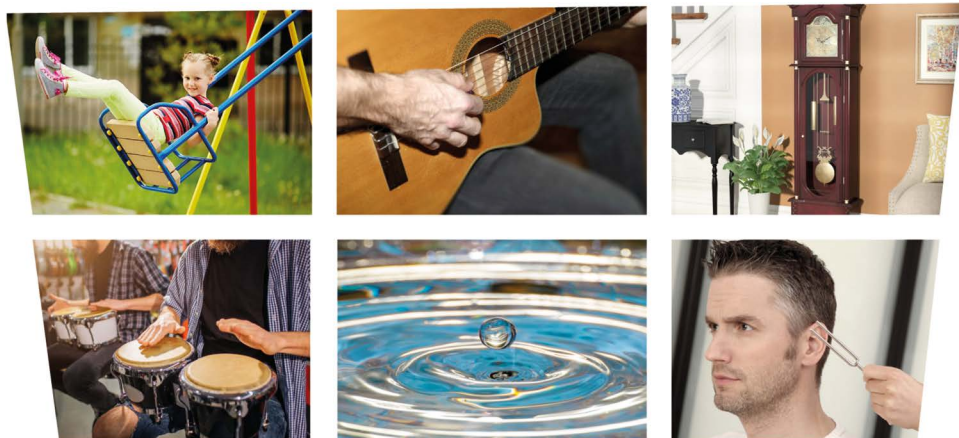


Fig. 1.1 Fenómenos y dispositivos en los cuales están presentes las oscilaciones y ondas mecánicas

El desarrollo de los temas relacionados con este tipo de movimiento mecánico te permitirá dar respuesta a preguntas relacionadas con situaciones de la vida cotidiana, que hoy no sabes a qué deben su ocurrencia.

¿Qué se debe tener en cuenta para la construcción de puentes y edificios en zonas sísmicas?

¿Por qué durante una descarga eléctrica primero se observa el relámpago y después se escucha el trueno?

¿Cómo se orientan los delfines?

¿Qué es el sonido?

¿A qué se debe que existan tantos sonidos diferentes?

El estudio del contenido de esta unidad te permitirá responder estas preguntas y muchas otras.

1.2 Oscilaciones y ondas mecánicas. Importancia del estudio de las oscilaciones y las ondas mecánicas para la vida, la sociedad y la tecnología

Estudiaste que los cuerpos, al cambiar de posición a lo largo del tiempo, modifican su estado mecánico, lo cual conoces como movimiento mecánico. Recuerda que, al moverse, los cuerpos describen una trayectoria. Por ejemplo, piensa en el recorrido de un auto por una carretera, en el despegue de un avión, o simplemente al dejar caer uno de los cuerpos de las medidas de masa que tienes en el laboratorio o al suspenderla de un cordel y girarla alrededor de nuestra mano.

Reflexiona

Si observas el movimiento de un columpio (fig. 1.2 a) o el que realiza el péndulo de un reloj similar al que aparece en la figura 1.2 b, ¿qué características presentan estos movimientos, qué los diferencian de otros estudiados anteriormente?



a



b

Fig. 1.2 Oscilaciones mecánicas: a) columpio; b) reloj de péndulo (foto tomada en la casa de Carlos Manuel de Céspedes en la provincia Granma)

Para responder esta interrogante, modela el movimiento del péndulo de un reloj con un cuerpo del conjunto de mecánica (B), suspendido de un cordel. Este cuerpo se desplaza de su posición de equilibrio (O), como aparece en la figura 1.3 y su movimiento será similar al del péndulo del reloj (a este tipo de sistema se le denominará **péndulo**).

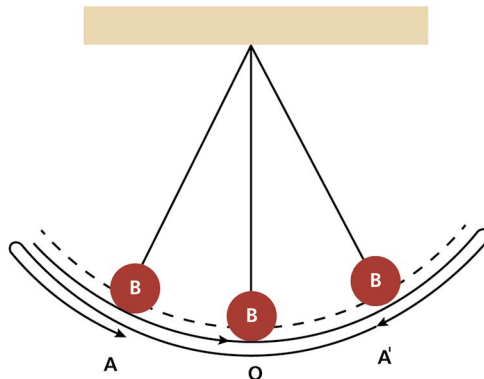


Fig. 1.3 Péndulo

Si observas la trayectoria seguida por el cuerpo B en su movimiento, te percatarás que describe un arco de circunferencia desde la posición inicial (A) hasta un punto determinado (A'), regresa nuevamente al lugar donde comenzó este movimiento (A) y se repite el recorrido.

Reflexiona

¿El movimiento modelado es rectilíneo?

Conoces que este movimiento no es rectilíneo porque su trayectoria es un arco de circunferencia; en este caso el cuerpo se mueve repetidamente de un lado a otro y describe una trayectoria curva.

Actividad

1. Cita ejemplos de cuerpos que se muevan con una trayectoria similar a la descrita anteriormente.

En tu cuerpo, los brazos se balancean al caminar. Cuando empleas una balanza de dos platos esta se mueve hasta que estén en equilibrio, permitiéndote realizar la lectura que indica la escala. Al mecerte en un columpio o en una hamaca (fig. 1.4), tú también experimentas este movimiento. Todos estos cuerpos realizan un movimiento de vaivén, por lo tanto, *vibran* y *oscilan*.

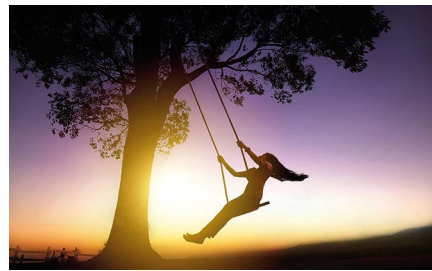


Fig. 1.4 Ejemplos de cuerpos que oscilan

Reflexiona

¿Crees que los valores de las magnitudes físicas también pueden oscilar?

En la gráfica de la figura 1.5 se muestra el consumo de energía eléctrica en kilowatts hora de un hogar en Cuba a lo largo de varios meses en el año 2023.

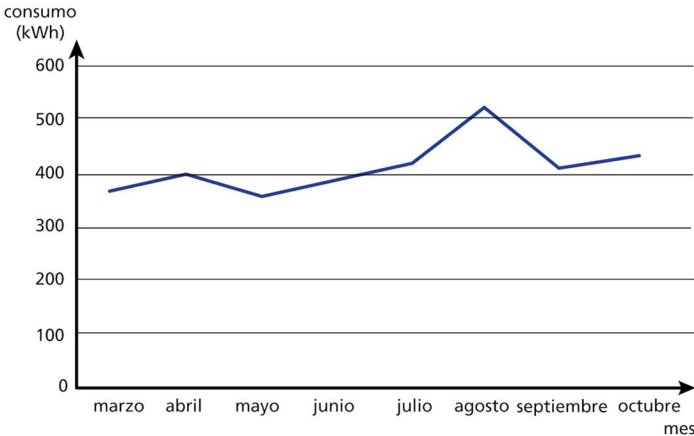


Fig. 1.5 Gráfica que representa el consumo de energía eléctrica en kilowatts hora de una casa a lo largo de los meses de marzo a octubre

Analiza la representación gráfica. En los meses de marzo a octubre el consumo de energía aumentó y disminuyó su valor varias veces, o sea, osciló.

Reflexiona

¿Qué magnitudes consideras que oscilan en el movimiento de un cuerpo que cuelga de un cordel y se balancea?

La posición varía constantemente de un lugar a otro, pero también otros valores de magnitudes cambian, como la energía potencial gravitatoria, la energía cinética y el valor de su velocidad.

Si analizas el péndulo que aparece en la figura 1.6, al mover el cuerpo hacia la izquierda (posición A) y mantenerlo en esa posición (cuerpo en reposo), su valor de energía potencial gravitatoria es máxima y la velocidad es cero, por tanto, su energía cinética también es cero. Ahora, al soltar el cuerpo, comienza a moverse, aumenta su velocidad, la cual alcanza su mayor valor en la posición B (posición de equilibrio). En este punto, la energía cinética será máxima, pero la energía potencial gravitatoria se hará cero (por no poseer altura con respecto al valor tomado inicialmente como nivel cero). El cuerpo no detiene su movimiento, sino que el valor de su velocidad comienza a disminuir hasta detenerse brevemente en la posición C, por lo que la energía cinética se hará cero y la energía potencial gravitatoria tomará un valor máximo nuevamente.

Este proceso se repetirá periódicamente en torno a la posición en que se encontraba el cuerpo antes de oscilar (posición *B*), conocida como **posición de equilibrio**, donde la fuerza resultante es nula y esto no significa que el cuerpo esté en reposo siempre que se encuentre en dicha posición, como se ha analizado con anterioridad. A partir de esta posición *B* se le suministra energía al sistema y comienza a oscilar alrededor de este lugar que tomamos como referencia.

Si analizas el movimiento realizado por el péndulo (fig. 1.6), te percatarás de que han oscilado las magnitudes: posición, velocidad, energía potencial gravitatoria y energía cinética.

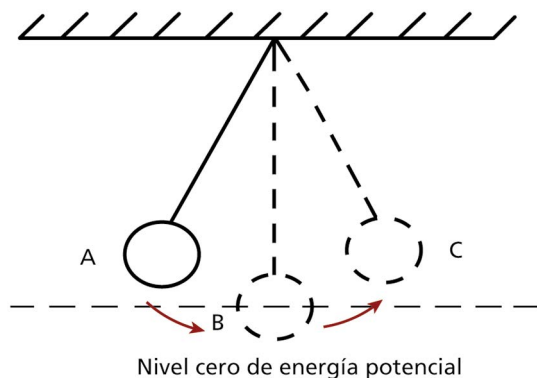


Fig. 1.6 Péndulo que oscila, donde se pueden analizar algunas magnitudes que están relacionadas con este movimiento que también oscilan

En general llamamos oscilaciones a los cambios que experimenta determinada magnitud, alrededor de cierto valor.

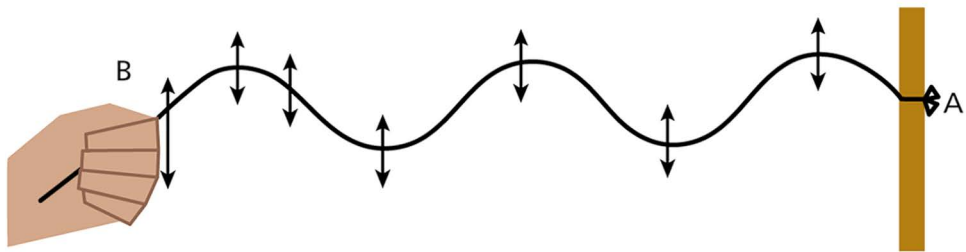
+ ¿Sabías que...?

En las antenas emisoras de radio y televisión se producen oscilaciones eléctricas en las que oscilan otras magnitudes distintas a las que se producen en el péndulo. Estas oscilaciones las estudiarás en capítulos posteriores.

En el mercado, el precio de los productos puede variar de acuerdo a su demanda o la fecha de vencimiento. El rango de notas que obtienes generalmente en el transcurso de los tres grados de la secundaria básica no es el mismo, por la complejidad del contenido de las asignaturas o tu preferencia. La temperatura durante el transcurso del día también cambia, en dependencia de la hora o las estaciones del año.

En todos estos ejemplos existen variaciones alrededor de un cierto valor promedio.

Analiza otros ejemplos. Si sujetas una cuerda (soga) por sus extremos (estirada horizontalmente) y por una de sus puntas se realiza un movimiento oscilatorio, o si tocas la superficie del agua con un dedo o dejas caer un cuerpo pequeño en un recipiente que contenga agua, ocurre lo que se muestra en la figura 1.7 a y b.



a



b

Fig. 1.7 Formación de ondas: a) en una cuerda;
b) el agua

Puedes apreciar que en ambos casos de la figura 1.7 a y b las oscilaciones provocan ondas y en el caso específico del agua estas ondas son superficiales, por tanto, estas oscilaciones se transmiten de un lugar a otro a través del agua.

Se denomina onda a la propagación de las oscilaciones de un lugar a otro.

Reflexiona

Observa a tu alrededor, ¿qué otros cuerpos realizan movimientos ondulatorios? (fig. 1.8).



Fig. 1.8 La hoja de un árbol toca la superficie del agua y ocurren movimientos ondulatorios

El movimiento ondulatorio en la naturaleza se puede apreciar, de cierta manera al observar algunas olas marinas, al percibir las vibraciones del suelo al paso de un vehículo pesado.

Los conocimientos sobre los movimientos oscilatorios y ondulatorios le han permitido al hombre crear dispositivos tales como: el martillo neumático (fig. 1.9 a), el limpiaparabrisas (fig. 1.9 b), los pistones de los motores de combustión, los equipos para describir los movimientos de algunos fenómenos naturales que ocurren en el interior de la Tierra.



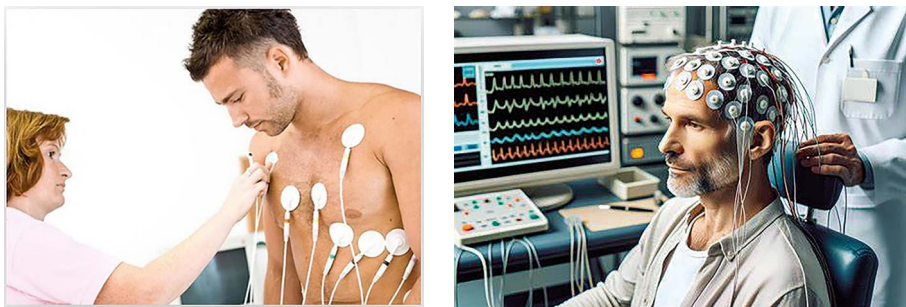
a



b

Fig. 1.9 Dispositivos: a) martillo neumático; b) limpiaparabrisas

También se crearon los sismógrafos, que permiten detectar, registrar y medir movimientos sísmicos, se pueden predecir riesgos y diseñar estructura



Este tipo de movimiento se puede observar en las cuerdas de una guitarra, la superficie de los instrumentos de percusión, determinadas piezas de los equipos de ultrasonido, como en ciertos equipos médicos utilizados para el tratamiento de enfermedades óseas, la limpieza de las piezas dentales, la destrucción de cálculos renales, entre otros.

1. Amarra un cordel de unos 2,0 m o 3,0 m a un clavo en una pared o muro y realiza un movimiento oscilatorio en el otro extremo del cordel (fig. 1.11). Si las ondas mecánicas son la forma en que se propagan las oscilaciones, identifica qué cuerpo oscila y cuál es la posición de equilibrio. Representa en tu libreta el movimiento que observaste de la cuerda.

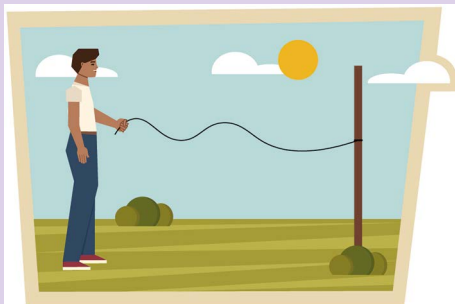


Fig. 1.11 Movimiento oscilatorio de un cordel que ocasiona la propagación de ondas a lo largo de la cuerda

Tareas

1. Menciona ejemplos de movimientos oscilatorios y ondulatorios. Explica las características que te permiten identificar cada tipo de movimiento.
2. Investiga acerca de los aspectos que se reflejan en la figura 1.12 en relación con la importancia del estudio de las oscilaciones y las ondas mecánicas. Realiza una búsqueda en internet en sitios confiables y actualizados, que te permitan profundizar en el tema.

Importancia del estudio de las oscilaciones y las ondas



Fig. 1.12 Algunos aspectos que permiten argumentar la importancia del estudio de las oscilaciones y las ondas mecánicas

1.3 Oscilaciones periódicas

Reflexiona

Los cuerpos que aparecen representados en la figura 1.13 a, b y c son sistemas que oscilan. ¿Qué tienen en común y en qué se diferencian sus modos de oscilación?



a



b



C

Fig. 1.13 Sistemas que oscilan: a) metrónomo¹; b) cuerdas de la guitarra; c) tambor

Si un péndulo oscila, su posición varía alrededor de cierto punto, se repite este proceso hacia un lado y otro; para que pueda oscilar fue necesario sacarlo de su equilibrio. Estas oscilaciones se repiten cada determinado intervalo de tiempo de tiempo y ocupa la misma posición al completar un ciclo o período.

Saber más

En el péndulo el valor de velocidad del cuerpo que cuelga varía, esto se debe a que sobre este actúa una fuerza resultante, donde intervienen dos fuerzas: la tensión del hilo (T) que siempre tira en dirección al punto de apoyo y la fuerza de gravedad (F_g). La combinación de esas dos fuerzas determina una fuerza resultante que siempre está dirigida hacia la posición de equilibrio. Sin esta condición el sistema no oscila de modo libre (fig. 1.14).

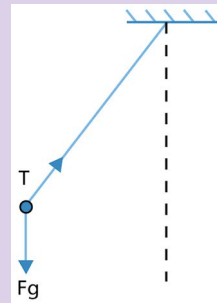


Fig. 1.14 Fuerzas que actúan sobre el cuerpo que cuelga del cordel

¹ Metrónomo: dispositivo utilizado por los músicos para mantener el ritmo; no es más que un péndulo invertido que emite un sonido en cada oscilación.

Si comparas cómo se mueven los cuerpos en los ejemplos mencionados anteriormente (fig. 1.13) y el péndulo, se puede concluir que estos cuerpos realizan oscilaciones periódicas: los valores de posición, velocidad, energía potencial y energía cinética de un péndulo se repiten en iguales intervalos de tiempo, mientras que los valores de temperatura ambiente y de demanda de electricidad, en general, no se comportan de ese modo, porque no son sistemas oscilatorios periódicos, los cuales pueden realizar oscilaciones no periódicas debido a su complejidad o a otros factores. La oscilación de una magnitud se denomina periódica cuando sus valores se repiten con las mismas características en iguales intervalos de tiempo.

Movimiento oscilatorio periódico es aquel en que los valores de la posición del cuerpo o de sus partes (o los valores de cualquier magnitud) varían alrededor de cierto valor y se repiten en iguales intervalos de tiempo.

Estudiarás las oscilaciones mecánicas periódicas porque son frecuentes en la vida práctica y su naturaleza es más sencilla de comprender.

Todas las oscilaciones no son periódicas, por ejemplo, la variación de temperatura en el transcurso de un día, los precios de los productos del mercado, la vibración de los platillos musicales que se emplean en las bandas de música (fig. 1.15). No toda variación de incremento y decrecimiento corresponde a un movimiento oscilatorio.



Fig. 1.15 Platillos musicales que se emplean en las bandas de música

En la figura 1.16 puedes apreciar la representación gráfica de algunas oscilaciones periódicas y no periódicas. En las oscilaciones periódicas, los cambios vuelven a repetirse en un mismo orden, de manera que cuando el cuerpo oscilante parte de la posición inicial y regresa a esta, se ha producido un ciclo.

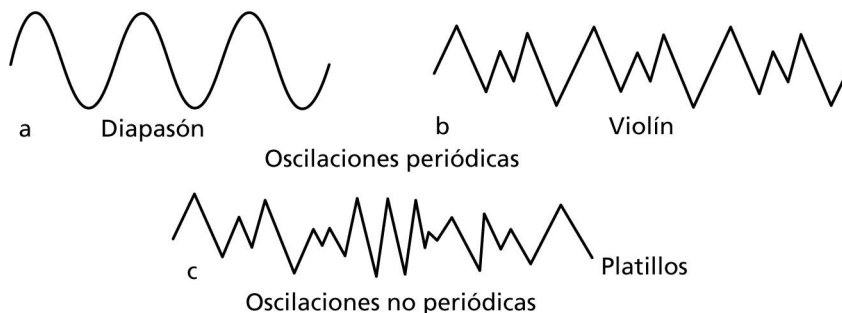


Fig. 1.16 Representación de oscilaciones periódicas y no periódicas

Oscilación completa o ciclo: proceso que ocurre entre el momento en que el cuerpo tiene determinada posición y velocidad hasta que dicha posición y velocidad vuelven a ser las mismas, tanto en sentido como en dirección del movimiento.

Actividad

- 1.** ¿Cuántos ciclos u oscilaciones completas se representan en las gráficas a y b de la figura 1.16?

En la figura 1.17 aparece un esquema que resume los contenidos que has abordado hasta el momento.

Oscilaciones	Movimiento de un cuerpo alrededor de cierta posición de equilibrio.
Periódicas	Si las oscilaciones se repiten en iguales intervalos de tiempo y con las mismas características, se denominan periódicas.
Ondas	Las ondas son oscilaciones que se transmiten de un punto a otro.

Fig. 1.17

1.3.1 Magnitudes que caracterizan a las oscilaciones

Los movimientos oscilatorios se diferencian, de acuerdo con los valores de las diversas magnitudes, que lo caracterizan.

Experimenta y aprende

1. Diseña una actividad experimental que te permita realizar el estudio de dos sistemas oscilatorios sencillos como el péndulo (fig. 1.18) y un sistema formado por un cuerpo suspendido de un resorte (fig. 1.19). Haz oscilar los sistemas. Analiza y responde:
 - a) Determina la distancia recorrida por los cuerpos desde la posición de equilibrio a la máxima separación de este.
 - b) Calcula cuántas veces se repite esa oscilación en una unidad de tiempo (fig. 1.20).
 - c) Determina el tiempo que demora un ciclo o de una oscilación completa en los dos casos.
2. Realiza el análisis de las incertidumbres en las mediciones que has realizado.

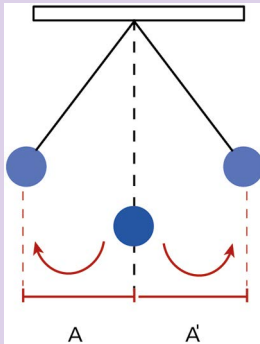


Fig. 1.18 Péndulo

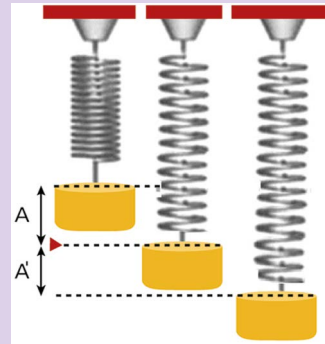


Fig. 1.19 Cuerpo suspendido de un resorte

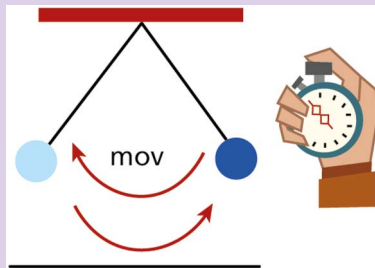


Fig. 1.20 Péndulo y cronómetro

¿Cómo se puede determinar la frecuencia de un movimiento oscilatorio?

Para determinar la frecuencia de las oscilaciones (se denota con una f) se calcula el cociente entre el número de oscilaciones completas (n) en determinado intervalo de tiempo (t):

$$f = \frac{n}{t} \quad (1)$$

La frecuencia es la razón entre el número de oscilaciones que ejecuta un sistema y el intervalo de tiempo durante el cual transcurren dichas oscilaciones.

Si con la ayuda de un cronómetro determinas que ocurren cinco oscilaciones en 4,5 s, ¿qué unidades de medida intervienen para calcular la frecuencia de las oscilaciones?

Analiza:

$$f = \frac{n}{t} = \frac{5 \text{ osc}}{4,5 \text{ s}} = 1,1 \text{ 1/s}$$

La frecuencia se expresa en la unidad que representa una oscilación por cada segundo ($\frac{1}{s}$), la cual se denomina *hertz* (Hz), en honor a Heinrich Hertz.

Por lo que el resultado anterior quedaría como:

$$f = 1,1 \text{ Hz}$$

Conéctate con la historia

Heinrich Hertz (fig. 1.21) (1857-1894). Físico alemán, fue el primero en crear un transmisor y un receptor de ondas electromagnéticas, hecho que constituyó la base de las comunicaciones modernas (telegrafía y telefonía inalámbricas, radio, televisión, entre otros).

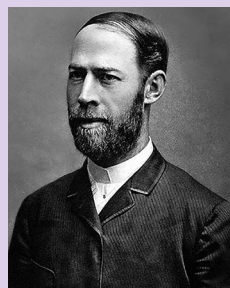


Fig. 1.21 Heinrich Hertz

Las oscilaciones de un péndulo o de un cuerpo que cuelga de un resorte como las analizadas hasta el momento tienen una frecuencia relativamente pequeña, de tan solo fracciones de *hertz* o varios *hertz*.

Reflexiona

¿Cómo determinar el período de oscilación de un péndulo o sistema formado por un cuerpo suspendido de un resorte, si utilizas un cronómetro?

Puedes intentar medir el tiempo que demora en efectuarse una oscilación completa, pero como el intervalo de tiempo es tan pequeño, la medición realizada tendría una incertidumbre grande, ¿cómo determinar este intervalo de tiempo con una menor incertidumbre en la medición?

Para calcular el período de las oscilaciones (T) se determina la razón entre el tiempo (t) correspondiente a determinado número de oscilaciones y el valor de la cantidad de las oscilaciones completas (n).

La ecuación queda expresada como:

$$T = \frac{t}{n} \quad (2)$$

si utilizas los datos anteriores donde el oscilador realiza cinco oscilaciones en un tiempo de 4,5 s; sustituimos los datos en la ecuación dos.

$$T = \frac{4,5 \text{ s}}{5 \text{ osc}} = 0,9 \text{ s}$$

La unidad básica en que se expresa la magnitud física período es el segundo (s).

La frecuencia de las oscilaciones y su duración están íntimamente relacionadas.

$$f = \frac{n}{t} \quad (1) \quad T = \frac{t}{n} \quad (2)$$

Si observas las ecuaciones para calcular la frecuencia (1) y período (2) se puede afirmar que una magnitud física se determina con el cálculo del recíproco de la otra, o sea:

$$f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f}$$

Mientras menor sea la duración, mayor será la frecuencia. Debido a esto, para caracterizar la rapidez con que se realizan las oscilaciones, es suficiente conocer el valor de una sola de estas magnitudes. Conocida una, inmediatamente puedes determinar la otra.

Ejercicios resueltos

1. Un oscilador periódico realiza 30 oscilaciones en 20 s, con una amplitud de 5 cm.
 - a) Determina la frecuencia de este oscilador.
 - b) ¿Qué valor tendrá el período de las oscilaciones de este equipo?
 - c) ¿Qué significado físico tienen los resultados obtenidos?
 - d) Representa en la gráfica de la figura 1.22 los valores de amplitud y período.

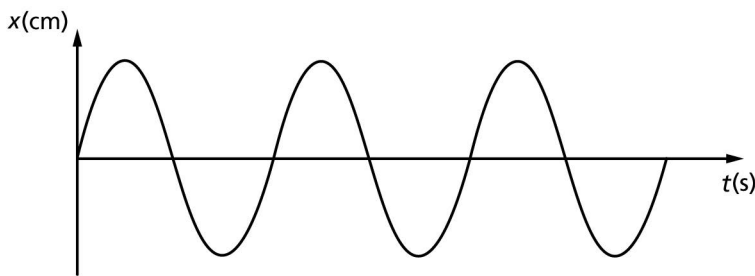


Fig. 1.22

Respuesta del inciso a

Datos:

$n = 30$ oscilaciones

 $t = 20 \text{ s}$ $f - ?$

$T - ?$

Solución:

$$f = \frac{n}{t}$$

Se sustituyen los valores conocidos de las magnitudes

$$f = \frac{30 \text{ osc}}{20 \text{ s}}$$

$$f = 1,5 \text{ Hz}$$

El resultado se expresa en *hertz* (Hz) ya que al operar con las unidades de medida se expresa como $\frac{1}{s}$ que es precisamente el Hz.

Respuesta: La frecuencia del oscilador periódico es de 1,5 Hz.

Respuesta del inciso b

Primera variante:

Datos:

$$n = 30 \text{ osc}$$

$$t = 20 \text{ s}$$

$T = ?$

Solución:

$$T = \frac{t}{n}$$

$$T = \frac{20 \text{ s}}{30 \text{ osc}}$$

$$T = 0,6 \text{ s}$$

Respuesta: El período del oscilador es de 0,6 s.

Segunda variante:

Si conoces que entre la frecuencia y el período existe una relación inversa.

Datos:

$T = ?$

$$f = 1,5 \text{ Hz}$$

Solución:

$$T = \frac{1}{1,5 \text{ Hz}}$$

$$T = 0,6 \text{ s}$$

La respuesta al inciso c en el caso de una frecuencia de 1,5 Hz significa que el oscilador realiza 1,5 oscilaciones por cada segundo.

Un período de 0,6 s significa que el oscilador *demora* 0,6 s en realizar una oscilación completa.

Respuesta del inciso d

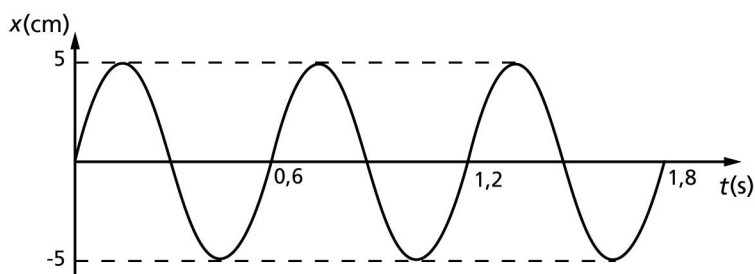


Fig. 1.23

2. Las máquinas de coser transforman el movimiento circular en un movimiento vaivén de la aguja, similar al oscilatorio de modo que en determinadas condiciones pueden aplicarse los conocimientos que aprendiste de este tipo de movimiento, como el siguiente. La aguja

- 

Fig. 1.25 Medición de las pulsaciones en la articulación de la muñeca

Tareas

- 22

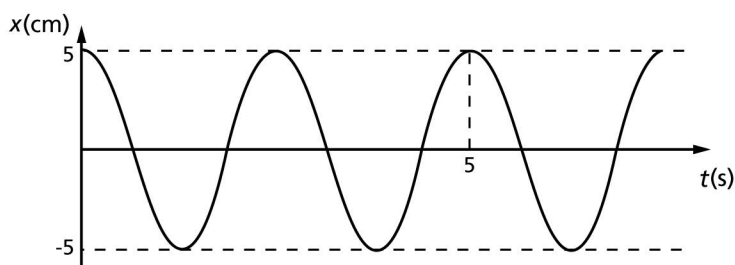


Fig. 1.27

5. Un sistema cuerpo-resorte oscila rítmicamente. La gráfica de la figura 1.28 muestra la forma en que ocurren estas oscilaciones al transcurrir el tiempo. Analiza la gráfica, con los datos que te ofrece, sin realizar cálculos, responde las preguntas siguientes:

- ¿Podría conocerse la separación que alcanza el cuerpo en la posición A? En caso de ser afirmativa tu respuesta, ¿cuál sería ese valor? Justifica el valor negativo de uno de los resultados.
- ¿Cuál es el valor de la frecuencia de oscilación?
- ¿Cuál es el valor del período de oscilación? Fundamenta tu respuesta.

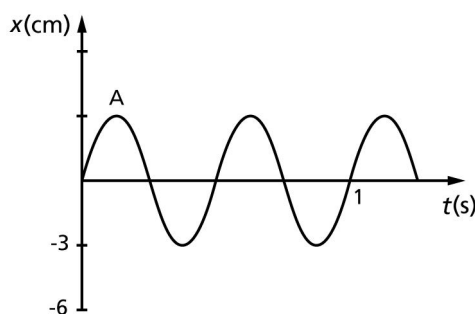


Fig. 1.28

1.3.2 Factores que determinan las características de las oscilaciones

Un jugador de baloncesto que realiza correctamente su *drible*, puede perder el control con facilidad.

Reflexiona

¿Qué relación guarda esta maniobra realizada en el baloncesto, con los contenidos aquí tratados? (fig. 1.29).

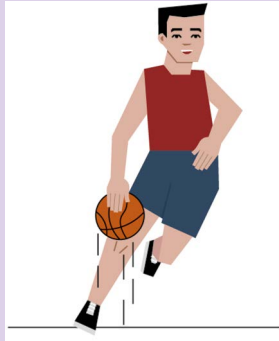


Fig. 1.29 Drible que realiza un jugador de baloncesto

Sabes calcular la frecuencia y el período de un sistema oscilatorio, un péndulo o un sistema cuerpo resorte, ¿influirán en estas magnitudes algunas características propias del sistema que oscila, tales como, la longitud del cordel, la masa del cuerpo que oscila, entre otras?

Experimenta y aprende

1. Diseña y realiza un experimento que te permita comprobar si existe o no dependencia entre la frecuencia y la amplitud con que oscila un péndulo (fig. 1.30).

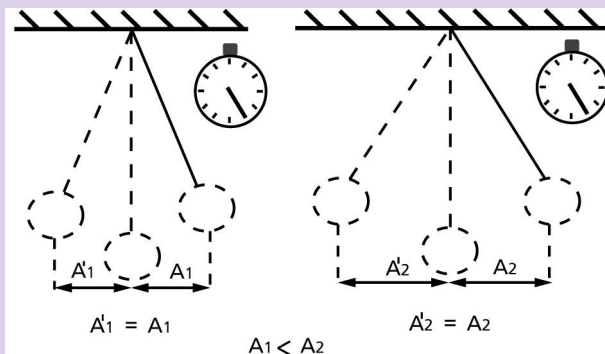


Fig. 1.30 En un péndulo, al aumentar la amplitud de oscilación, la frecuencia permanece constante

Para realizar la actividad experimental, debes inicialmente poner a oscilar el sistema y determinar la frecuencia, por ejemplo, en el primer caso con una amplitud de 3,0 cm y posteriormente una de 5,0 cm, siempre se mantiene en estos casos la misma masa del cuerpo que cuelga y la longitud del cordel, los resultados obtenidos los podrás recoger en la tabla 1.1.

Tabla 1.1

Amplitud (cm)	Frecuencia (Hz)
3	
5	

Los valores de frecuencia obtenidos, han sido muy aproximados o iguales, en dependencia de la incertidumbre en la medición.

¿A qué conclusiones puedes arribar de esta actividad experimental?

La frecuencia de las oscilaciones no depende de la amplitud si esta no es muy grande comparada con la longitud del péndulo.

Si realizas esta actividad experimental con un sistema cuerpo resorte obtendrás el mismo resultado, por lo que en ambos sistemas la frecuencia no depende de la amplitud.

¿Qué otros factores pueden modificar las magnitudes que lo caracterizan?

Experimenta y aprende

1. Diseña y realiza un experimento que te permita analizar la relación que existe entre la frecuencia y:
 - a) la masa de los cuerpos que cuelgan en un péndulo
 - b) la longitud del péndulo.

Si utilizas dos cuerpos, uno de 50 g y otro de 100 g (dos de 50 g) si se mantiene constante la longitud del cordel (distancia entre el punto de suspensión y el centro del cuerpo que cuelga) a unos 30 cm, la amplitud en ambos casos debe ser de aproximadamente 5,0 cm. Los resultados del experimento se recogerán en la tabla 1.2.

Tabla 1.2

Masa del cuerpo (g)	Frecuencia (Hz)
50	
100	

2. Emplea el mismo montaje que el representado en la figura. 1.31, mantén un mismo valor de masa (100 g) pero utiliza resortes con diferente grado de elasticidad (fig. 1.32), uno más rígido y otro más elástico.
3. Compara la frecuencia obtenida en los dos casos.



Fig. 1.32 Resortes con distinta elasticidad

En el primer caso no es necesario medir el tiempo pues te das cuenta a simple vista que mientras mayor es la masa del cuerpo que oscila menor es la frecuencia de oscilación, luego **la frecuencia en el sistema** formado por un cuerpo suspendido de un resorte **depende de la masa del cuerpo que oscila, para un mismo resorte cuanto mayor sea esta, menor es la frecuencia de oscilación.**

El segundo experimento te permite comprobar que cuando utilizas resortes de diferentes tipos se obtiene un sistema que realiza mayor número de oscilaciones que el otro en un mismo tiempo, al examinar con detenimiento los resortes notarás que uno es más rígido que el otro, incluso su grosor es diferente, luego **la frecuencia de las oscilaciones en el sistema** formado por un cuerpo suspendido de un resorte, **depende de las características del resorte.**

Las características de las oscilaciones dependen de los factores siguientes:

La frecuencia y, por tanto, el período depende de ciertas características propias del sistema: por ejemplo, de la longitud del péndulo; para los sistemas cuerpo-resorte de la masa del cuerpo suspendido, y de las propiedades elásticas del resorte. Para el caso de los flejes depende de su longitud y de las propiedades del material de que está hecho.

La amplitud depende de condiciones impuestas desde el exterior como por ejemplo la disposición inicial del sistema, por lo tanto, la energía de

las oscilaciones tiene una relación intrínseca con la amplitud. Por ejemplo, mientras mayor sea la amplitud con que se hace oscilar la cuerda de una guitarra o las ramas de un diapasón, mayor será la energía de las oscilaciones, lo cual se manifiesta en el hecho de que se originan sonidos cada vez más intensos.

Reflexiona

¿Por qué la amplitud de las oscilaciones en los sistemas oscilantes va disminuyendo paulatinamente?

Las oscilaciones que se efectúan por sí solas no duran indefinidamente, se amortiguan; su amplitud va decreciendo, por lo que la energía relacionada con el movimiento también disminuye, esta energía se transforma y se transmite al medio que rodea al sistema oscilante, rozamiento con el aire, fricción entre los cuerpos que oscilan, entre otros (energía disipada); este tipo de oscilaciones recibe el nombre de **oscilaciones amortiguadas**.

Para mantener estas oscilaciones se requiere transmitir constantemente energía al sistema, en ocasiones esto se hace por el hombre directamente, pero la mayoría de las veces se realiza con ayuda de determinados dispositivos, como por ejemplo, en los relojes antiguos de cuerda o batería, esto hace que la frecuencia del sistema oscilante dependa de un agente externo, a dichas oscilaciones se les denomina **oscilaciones forzadas** donde **para mantener un sistema oscilando es preciso restaurar la energía mecánica disipada y para esto se requiere de una fuerza externa** (fig. 1.33).



Fig. 1.33 Oscilación forzada

Cuando la frecuencia de la fuerza externa coincide con la frecuencia propia de oscilación de un sistema se produce el fenómeno conocido como resonancia, entonces se requiere poca energía para que la amplitud de estas crezca.

Investiga este hecho.

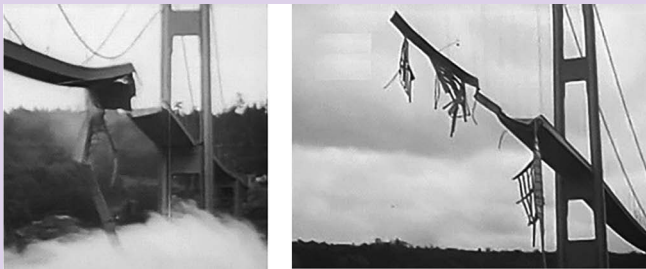


Fig. 1.34 Tacoma, relacionado con el fenómeno de la resonancia

En la actualidad se construyen puentes antisísmicos, pues las oscilaciones de la corteza terrestre provocan continuamente pérdidas humanas y materiales. El hombre ha usado el fenómeno de la resonancia a lo largo de

su existencia, en las industrias, algunas fábricas y sobre todo en equipos e instrumentos musicales.

Saber más

En la práctica, para construir diversos sistemas oscilantes, se debe tener en cuenta ciertas precauciones para que no se produzcan efectos adversos, por ejemplo, al situar tableros en la cama de un camión, o llevarlas en carretilla, si la carga sobresale mucho comienza a oscilar y puede voltearse o hacernos difícil su traslado, por lo que debes acomodarla para que las vibraciones sean mínimas.

Quando se transita por puentes colgantes de escasa solidez el paso de un grupo de personas no puede ser rítmico para evitar la resonancia mecánica entre la frecuencia del movimiento de las personas y la frecuencia propia de oscilación del puente; de ocurrir esto puede provocarse un incremento en la amplitud de las oscilaciones del puente y causar accidentes.

Te habrás percatado de que en ocasiones el paso de un auto en las cercanías de tu hogar hace que las tapas de las ollas y otros objetos comiencen a vibrar, la resonancia en ocasiones es la responsable de tal evento físico. En el caso de los jugadores de baloncesto, al driblear deben lograr igualar la frecuencia con que oscila la mano que golpea la pelota y la que oscila la pelota **al moverse entre la mano y el suelo**, si se logra igualar ambas frecuencias podrá dominar fácilmente el balón y controlarlo, si no se lo logra, perderá el control de la pelota.

Física en acción

1. Sujeta una regla plana de plástico o metal, sobre el borde de una mesa (fig. 1.35):

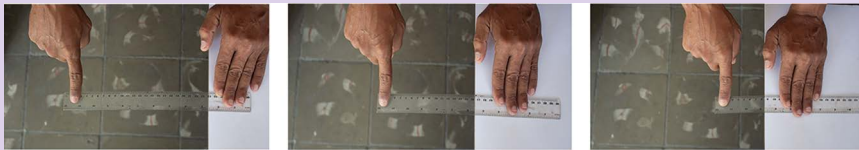


Fig. 1.35 La frecuencia con que oscila la regla varía al disminuir la longitud de la parte que oscila

- Coloca la regla de manera que sobresalga su mitad; hazla vibrar.
- Desplaza la regla de manera que sobresalga menos que la mitad de esta; hazla vibrar.

- c) Realiza la misma operación, pero en esta ocasión que sobresalga más de la mitad de la regla; hazla vibrar.
- d) Compara los sonidos en cada caso e intenta dar una explicación a lo ocurrido.
- e) Selecciona en cuál de los tres momentos puedes medir el número de oscilaciones y el tiempo en que ocurren estas oscilaciones con mayor facilidad y mide de forma directa estas dos magnitudes durante la oscilación. Determina la frecuencia y el período en este caso.
- f) Si se pudiera determinar la frecuencia y el período de la oscilación en los otros dos casos no seleccionados por ti, ¿qué ocurriría con estos valores comparados con los ya calculados? Justifica tu respuesta.

Tareas

1. ¿Cuáles son los factores que determinan la frecuencia con la que oscilan las cuerdas de una guitarra y la amplitud de sus oscilaciones?
2. En el patio de la casa puedes montar un columpio y cuentas con todos los materiales para hacerlo, pero quieres que los movimientos del columpio sean lo más rápido posible. ¿Qué debes hacer? Justifica tu idea.
3. Cuando te balanceas libremente en un sillón de la sala de tu casa, el período de las oscilaciones es de un segundo y medio, aproximadamente. Si otra persona de tu hogar tiene una masa el doble de la tuya, ¿cambiará dicha frecuencia? Verifica experimentalmente y explica lo ocurrido. (Al hacer oscilar el balance no debes actuar sobre él durante la medición del tiempo.)
4. Si se deja oscilar por sí solo un columpio, un cuerpo que cuelga de un resorte o un fleje, las oscilaciones se amortiguan, la amplitud de estas decrece poco a poco. Explica este hecho desde el punto de vista de la energía.
5. Menciona ejemplos en que la resonancia desempeña un papel positivo y casos en que es perjudicial.
6. En la figura 1.36 se representan las gráficas de la posición en función del tiempo para dos osciladores cuerpo-resortes, A y B, con resortes iguales, pero de masas colgantes diferentes. A partir de las gráficas, selecciona la respuesta correcta en cada caso:

Muchas oscilaciones pueden propagarse de un lugar a otro, proceso que se denomina onda, que representa la energía que se transmite de un sitio a otro más distante.

Como conoces, las oscilaciones están caracterizadas por tres magnitudes básicas: la amplitud, la frecuencia y el período.

Reflexiona

¿Qué magnitudes pudieran caracterizar a las ondas mecánicas?

Una onda consiste en la propagación de las oscilaciones, es natural que entre las magnitudes que la caracterizan estén la frecuencia, el período y la amplitud de los puntos del medio que oscilan.

Por otra parte, como las ondas mecánicas son oscilaciones que viajan de un lugar a otro también habrá que caracterizarlas por su velocidad de propagación.

¿De qué factores dependerán estas magnitudes en un movimiento ondulatorio?

Supón que haces oscilar una cuerda en uno de sus extremos, como muestra la figura 1.37.

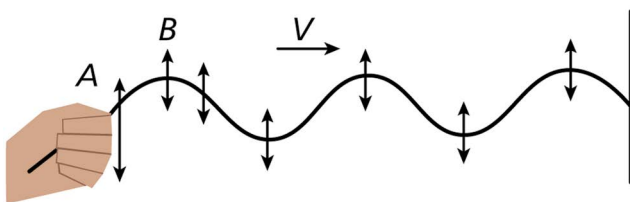


Fig. 1.37 Onda originada al hacer oscilar de forma continua el extremo de la cuerda por el movimiento de la mano hacia arriba y hacia abajo

Las oscilaciones efectuadas en el punto *A* se propagan hasta el punto *B* de modo que, este punto empezará a vibrar con iguales características que el inicial al transcurrir el tiempo y así, cada punto de la cuerda lo hará.

La frecuencia de la onda estará determinada por las características del emisor de las oscilaciones. Si se hace un análisis más detallado de lo ocurrido al propagarse las oscilaciones tendrás que:

- No ha ocurrido transporte de la sustancia que compone la cuerda (no son pedacitos de la cuerda que se mueven, pues esta queda intacta), cada punto de esta oscila perpendicular a la dirección de propagación de la onda en este ejemplo (fig. 1.37) de arriba hacia abajo en su lugar.

- Lo que se propaga son las oscilaciones, la energía, las ondas existen en el medio, o sea en ese medio existen oscilaciones que se propagan.

Entonces, ¿qué se transmite? Se trasmite la energía a través de la cuerda, la que provoca que cada punto de esta comience a vibrar. En todos los casos la energía se transforma, en el movimiento ondulatorio, en sonido si el movimiento realizado lo provoca, por ejemplo, el látigo que se usa con los animales en el circo, o en otro tipo de energía ratificando la ley de conservación y transformación de la energía.

En una onda se propaga energía no partículas.

La **frecuencia y el período** en el movimiento ondulatorio guardan una estrecha relación al igual que en el movimiento oscilatorio.

Frecuencia, amplitud y velocidad de la onda

Las variaciones de frecuencia que ocurren en el punto inicial se propagan hasta los diversos puntos de la cuerda. Por tanto, si quieres que un papalote haga zigzag en pleno vuelo debes mover la mano (el emisor) que sostiene el cordel para que las variaciones de frecuencia en ella se transmitan al cordel y lleguen al papalote.

La frecuencia en el movimiento ondulatorio lo constituyen el número de oscilaciones completas que realiza una onda en determinado intervalo de tiempo.

Reflexiona

Observa con detenimiento la propagación de las oscilaciones que se producen al tocar con el dedo la superficie de una masa de agua tranquila (fig. 1.38). ¿Qué le ocurre a la altura de las pequeñas olas así formadas a medida que se desplazan?



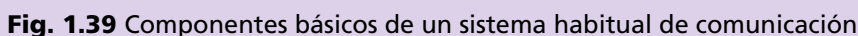
Fig. 1.38 Ondas mecánicas en el agua al tocar con el dedo la superficie

Incluso cuando la oscilación se propaga en una sola dirección, como, por ejemplo, en el caso de una cuerda (fig. 1.37), el número de puntos que participa no aumenta, sin embargo, su amplitud también disminuye; esto ocurre en el caso que el movimiento de la mano hacia arriba y hacia abajo sobre la cuerda se realice una sola vez. De modo similar a las oscilaciones de un péndulo o de un sistema cuerpo-resorte, las oscilaciones que se propagan de un lugar a otro se amortiguan.

Saber más

La energía y la información pueden transmitirse de un sitio a otro distante mediante ondas mecánicas, así la ocurrencia de un tsunami en un lugar remoto del océano puede propagarse hasta tierras cercanas y provocar un desastre. La explosión de una bomba puede provocar una onda de choque que barra parte de un poblado.

Quizás no te hayas percatado de que cuando ves la televisión u oyes la radio, o haces uso de tu celular para mandar o recibir archivos, es gracias a la transmisión de información a través de las ondas que estas pueden ser captadas y luego de decodificada esta señal, recibir el mensaje (fig. 1 39). Estas ondas no son mecánicas, son electromagnéticas, se profundizará en estas en próximos capítulos.



Si conoces dos de las magnitudes que intervienen en la ecuación, puedes hallar la tercera.

Ejemplos:

- ▶ Determinar la distancia aproximada a la que cae un rayo luego de oír el trueno.
- ▶ Determinar la profundidad de un pozo por el tiempo que demora en percibirse el sonido de una piedra lanzada al fondo.
- ▶ Medir el tiempo que requiere un tsunami o sismo en alcanzar las costas de un territorio, entre otros.

Velocidad de propagación de la onda: es la velocidad con que se transmiten las oscilaciones en un medio.

La amplitud y la frecuencia de la onda dependen del foco que emite las oscilaciones, mientras que su velocidad está determinada por el medio en que se propaga.

+ ¿Sabías que...?

Los aviones supersónicos (fig. 1.40) son aquellos que viajan a velocidades mayores que la del sonido, la huella dejada por estos aviones se forma por el vapor de agua que se condensa.



Fig. 1.40 Avión supersónico que deja una huella a su paso al viajar a velocidades iguales o superiores a la velocidad del sonido en el aire

El estudio de la velocidad de las ondas mecánicas ha permitido al hombre conocer las velocidades de propagación de diferentes tipos

Las mediciones de la velocidad de propagación de la onda electromagnética han permitido la conclusión de que su valor en el vacío no depende de la velocidad del cuerpo emisor que se toma como referencia, es una constante universal aproximadamente 300 000 km/s, hace unos años se tomó como valor de esta constante 299 792 458 m/s. ¡Impresionante verdad!

Reflexiona

Las oscilaciones y las ondas mecánicas están caracterizadas por el período.
¿Qué significado tienen en cada caso?

En los procesos oscilatorios el período representa el tiempo que transcurre en realizarse una oscilación completa, al propagarse estas oscilaciones (ondas mecánicas) también ocurren en un tiempo determinado.

Se denomina período de la onda al tiempo transcurrido en que se produce una oscilación completa, hasta que se genera la siguiente.

Si observas el recorrido que realiza la onda, similar a una huella plasmada en una hoja de papel verías que se producen sucesivas formaciones que asemejan crestas y valles, depresiones y puntos en los que la amplitud es cero, el período en estos casos corresponde al intervalo de tiempo transcurrido en que se repite una configuración y la siguiente.

En las gráficas que aparecen en la figura 1.41 puedes determinar el tiempo que demora la onda en alcanzar la misma configuración, o sea,

en efectuarse una oscilación completa. El período de la onda en la figura 1.41 a, es de 2 s y en la b, 5 s.

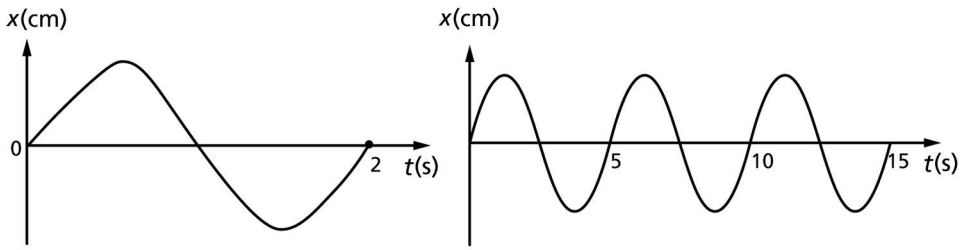


Fig. 1.41 Representación gráfica de ondas en diferentes medios

En ese tiempo, la oscilación que ya se ha emitido y la siguiente, la onda recorre una distancia la cual se denomina longitud de onda.

Se denomina longitud de onda a la distancia recorrida por la oscilación en la dirección de propagación, en el intervalo de tiempo de un período.

La longitud de onda se puede representar por la letra griega lambda (λ).

Generalmente la longitud de las ondas mecánicas se encuentra entre los rangos de varios metros hasta porciones sumamente pequeñas como los milímetros o menor como verás posteriormente en la figura 1.42, donde se observa ondas mecánicas concéntricas en la superficie del agua. Los círculos más brillantes corresponden a las crestas y los más oscuros a los valles. De ese modo se puede medir con cierta aproximación la longitud, tomando la distancia entre dos crestas sucesivas. También podría ser entre dos valles sucesivos.

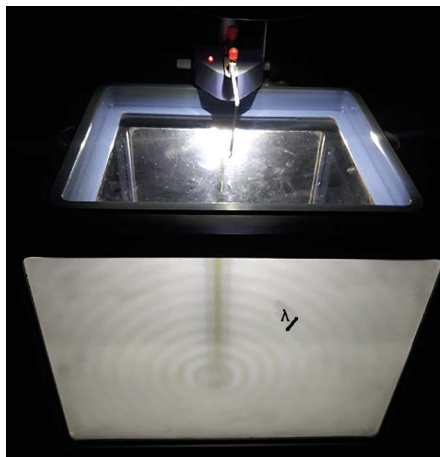


Fig. 1.42 Medición de la longitud de la onda mecánica en una cubeta de onda

¡Atención!

El período se expresa en unidades de tiempo y la longitud de onda en unidades de longitud, la cual no debe confundirse con la distancia recorrida (d) por la onda.

El período de la onda puede registrarse en un gráfico de posición en función del tiempo $x = f(t)$ de los puntos del medio donde se propaga la onda, sin embargo, para representar la longitud de onda se debe emplear un gráfico espacial $y = f(x)$ donde se representen las coordenadas de los puntos del medio en un instante dado. En el eje y se colocan, las sucesivas posiciones de la partícula que oscila (puntos), y en el eje x la distancia que recorre la oscilación, pues no hay movimiento de sustancia en el eje x (fig. 1.43).

Longitud de onda es la distancia entre: dos crestas sucesivas, dos valles o la longitud que recorre la onda en el tiempo que dura un período (fig. 1.43).

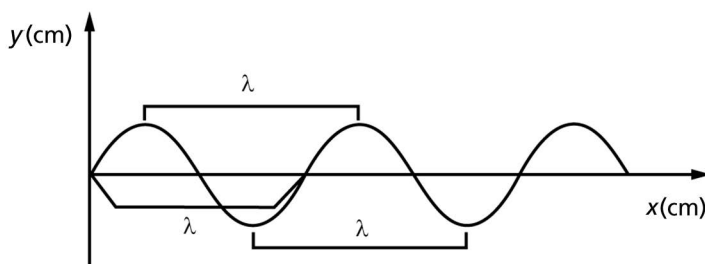


Fig. 1.43

Como sabes, en el tiempo de un período, la oscilación se propaga a cierta distancia, denominada **longitud de onda** de acuerdo con la ecuación $d = v \cdot t$, la relación entre la longitud de onda y el período es:

$$\lambda = v \cdot T \text{ (ecuación I)}$$

De ahí que la velocidad de propagación de la oscilación se determina por la ecuación,

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

λ representa la longitud de onda, v la velocidad de propagación de la onda y T el período de esta.

Otra posibilidad de determinar la longitud de la onda, es empleando el valor de la frecuencia:

Como $T = \frac{1}{f}$ (ecuación II), sustituyes la ecuación II en I:

$$\lambda = v \cdot T$$

$$\lambda = v \cdot \frac{1}{f}$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

La expresión anterior permite que, para un tipo de onda mecánica determinada cuya velocidad sea conocida (tabla 1.3), se calcule la longitud de onda a partir de la frecuencia, o a la inversa.

+ ¿Sabías que...?

Las emisoras radiales tanto analógicas como digitales suelen informar la frecuencia o la longitud de onda en que transmiten, así si deseas sintonizar tu emisora favorita y buscas en el dial o de forma digital una de estas cifras el proceso se efectúa más rápido.

Ejercicio resuelto

En un concierto realizado en el teatro Karl Marx, uno de los equipos de sonido genera una frecuencia de 1 200 Hz.

1. Determina la longitud de esta onda sonora.
2. Determina la distancia que recorre esta onda en dos segundos.

Datos

$$f = 1\,200 \text{ Hz}$$

$$V_{\text{del sonido en el aire}} = 340 \text{ m/s}$$

$$\lambda = ?$$

Ecuación

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{1\,200 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = \frac{340 \text{ m/s}}{1\,200 \text{ 1/s}}$$

$$\lambda = 0,28 \text{ m}$$

Respuesta: La longitud de esta onda sonora es de 0,28 m.

$t = 2 \text{ s}$

$d - ?$

$$d = v \cdot t$$

$$d = 340 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ s}$$

$d = 680 \text{ m}$

Respuesta: La distancia recorrida por la onda es de 680 m.

Física en acción

1. Coloca en el suelo una cuerda estirada de aproximadamente de 1,5 m de longitud, sostén una de sus puntas y sin levantarla realiza movimientos oscilatorios.
 - a) Efectúa las mediciones necesarias que te permitan completar la gráfica de la figura 1.44.

Nota: Realiza esta actividad experimental con ayuda de algunos de tus compañeros de aula.

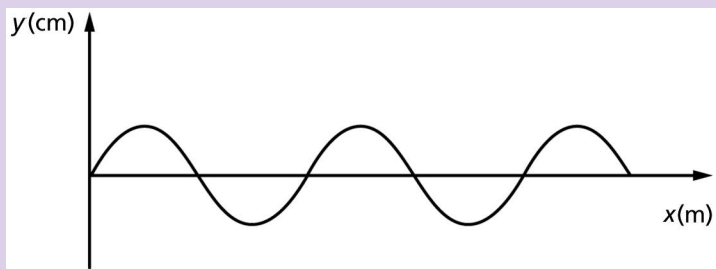


Fig. 1.44

Tareas

1. En un movimiento ondulatorio, ¿realmente qué es lo que se propaga?
2. Menciona ejemplos en los que la propagación de energía mediante ondas mecánicas sea beneficiosa y otros en que sea perjudicial.
3. Reflexiona sobre el posible interés que, para la ciencia, la tecnología, o la vida en general, puede tener medir la velocidad de propagación de las ondas mecánicas. Redacta un párrafo donde expreses tus ideas.
4. Utiliza los valores de frecuencia del ejercicio resuelto en este epígrafe para determinar la longitud de onda y la distancia recorrida por la onda, si el medio en el que se propaga el sonido es el agua.

1.4.1 Producción y propagación del sonido

Has estudiado que el sonido está asociado con las oscilaciones o vibraciones producidas en los cuerpos. Intenta dar una respuesta a las interrogantes siguientes.

Reflexiona

Los perros al igual que el hombre perciben el sonido con claridad, pero algunos cazadores disponen de un silbato que emite ondas mecánicas que son percibidas por los perros y no por los humanos, esto ocurre también en muchas especies de murciélagos que emiten y perciben ese *tipo de onda* (fig. 1.45), ¿a estas ondas mecánicas se les llamará sonido?



Fig. 1.45 Especies que perciben un tipo especial de ondas mecánicas: a) perros; b) murciélagos

Gracias a los sonidos el hombre conoce parte del mundo en el que vive, por medio del oído percibe constantemente información. El lenguaje es la forma más antigua de comunicación los animales emiten diferentes sonidos que constituyen señales de comunicación entre estos. Esto es posible gracias a la existencia de los fenómenos acústicos, los cuales determinan la producción, transmisión y los efectos que el sonido produce sobre los objetos que lo reciben.

Reflexiona

¿Qué condiciones deben cumplirse para que un cuerpo emita un sonido?

Realiza algunos experimentos sencillos, que te ayudarán a encontrar la respuesta a esta interrogante.

Experimenta y aprende

1. Utiliza un diapasón, con su percutor (fig. 1.46), un recipiente con agua y un soporte universal con una liga y realiza las acciones siguientes:

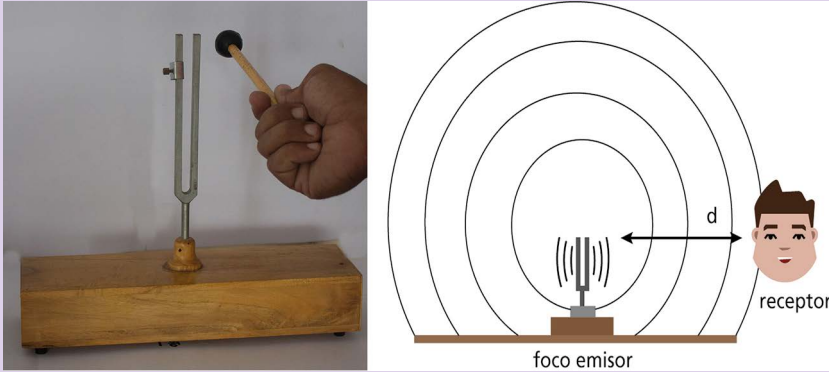


Fig. 1.46 Un diapasón al ser golpeado emite un sonido

- a) Golpea con un percutor sobre una de las ramas o lengüeta de un diapasón. ¿Qué ha ocurrido?
- b) Acerca el diapasón a un recipiente con agua y vuelve a golpear una de sus ramas, después introdúcelo en el recipiente (fig. 1.47). Observa lo que ocurre.

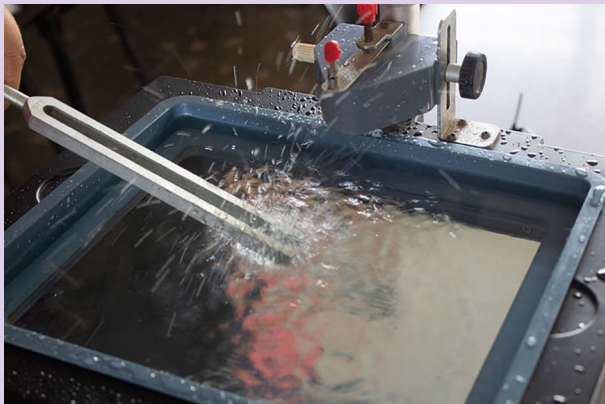


Fig. 1.47 Diapasón que después de ser golpeado se introduce en agua

- c) Sujeta una liga a un soporte (fig. 1.48), estira la liga y púlsela en su parte central. Estira la liga hasta lograr percibir un sonido (fig. 1.49).

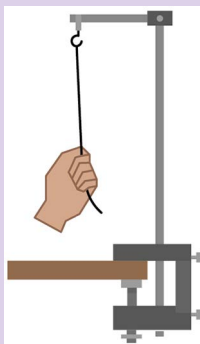


Fig. 1.48 Liga que se estira sujeta a un soporte

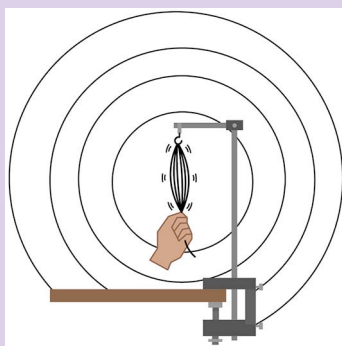


Fig. 1.49 Representación: al pulsar la liga esta emite un sonido

- d) Analiza cada una de las acciones realizadas en esta sección e intenta establecer una relación entre los sonidos y el movimiento oscilatorio.

Cuando se golpea el diapasón el sonido se escucha a cierta distancia. Al introducir el diapasón en el agua, se observan salpicaduras, lo que demuestra que la lengüeta está vibrando. En la última actividad te percatarás que la liga comienza a oscilar y emitir cierto sonido el cual varía cuando se estira. Si observas la liga se aprecia que oscila. En los dos casos se pueden decir que:

- ▶ Hay cuerpos que vibran y emiten sonidos.
- ▶ La liga cuando vibra a baja frecuencia no emite sonido, pero al aumentar este sí lo hace.
- ▶ Por lo tanto, un cuerpo se puede convertir en emisor de sonido cuando vibra.

Las vibraciones producidas en los cuerpos, están asociadas a las oscilaciones y al sonido.

Reflexiona

¿Por qué en un péndulo y un sistema cuerpo-resorte que oscila o una liga que vibra a baja frecuencia no se puede escuchar ningún sonido?

Esto se debe a que el oído humano es sensible (puede escuchar), solamente vibraciones que están comprendidas en el rango de 20 Hz a 20 000 Hz (20 kHz).

Las oscilaciones por debajo de 20 Hz no provocan una sensación de sonido para el oído humano, a dichas oscilaciones se le conocen como *infrasonidos*, las que están por encima de los 20 kHz tampoco provocan una sensación auditiva en el ser humano y son conocidas como *ultrasonidos*, los perros pueden captar los *ultrasonidos* aunque no los pueden emitir, esto ha permitido desarrollar silbatos para llamarlos sin ser escuchados por el hombre, en cambio muchas especies de murciélagos emiten y perciben ultrasonidos. El tímpano del hombre no está apto para percibir frecuencias superiores a 20 000 Hz.

Se denomina sonido a aquella parte de las oscilaciones a las que el oído humano es capaz de percibir.

La parte de la Física que se relaciona con el estudio de los sonidos se denomina acústica.

Reflexiona

Menciona algunas formas de producir sonidos (fig. 1.50). ¿De cuántas formas puedes producir sonido? ¿Qué tienen en común las formas mencionadas?



Fig. 1.50 Instrumentos musicales de percusión y de cuerda

Rozamiento con el cuerpo. Por ejemplo, cuando con el arco de un violín se rozan sus cuerdas.



Fig. 1.51 Producción de sonido: a) las cuerdas de la guitarra; b) los platillos y las baterías; c) el arco y las cuerdas del violín

Existen varias formas de originar un sonido (fig. 1.51), pero ¿cómo se produce en nuestros oídos la sensación sonora relacionada con una fuente de sonido que se encuentra a cierta distancia de nosotros?

En primer lugar, un cuerpo puede emitir sonido cuando vibra en un rango de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz, cuando esto sucede las oscilaciones afectan al medio en el cual se encuentran, por ejemplo, el aire. Observa en detalle este proceso.

Sujeta una lengüeta metálica o plástica a una mesa; si se saca de su posición de equilibrio (fig. 1.52) y se suelta, comenzará a vibrar, lo que provoca compresiones y enrarecimientos² del aire circundante próximo a esta, estas se transmiten de molécula a molécula a través de este medio.

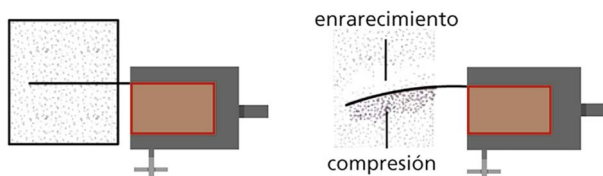


Fig. 1.52 Vibración de un fleje (regla de plástico o metal) que provoca la compresión y enrarecimiento del aire circundante próximo a esta

² Disminución de la presión o densidad del aire en una región determinada.

Estas compresiones y enrarecimiento del aire se propagan, generando oscilaciones en la presión del aire, de modo que:

Son las partículas que integran los medios las encargadas de transmitir el sonido.

+ ¿Sabías que...?

En las guerras independentistas nuestros mambises podían conocer con antelación la llegada de tropas españolas; se acostaban sobre la tierra y colocaban un oído en esta, el sonido producido por el galope de los caballos en el suelo viaja más rápido de lo que lo hace a través del aire y así, se preparaban con mayor antelación para un eventual ataque (fig. 1.53).

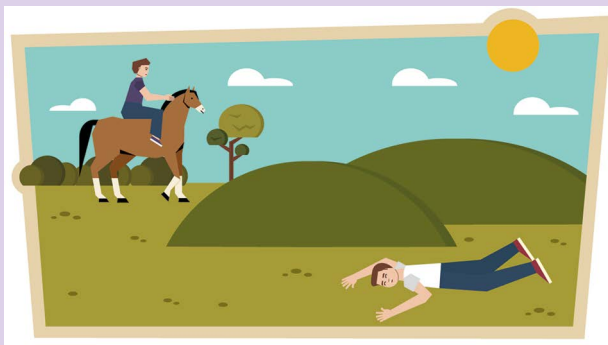


Fig. 1.53 El sonido producido por el galope de los caballos viaja más rápido por el suelo que en el aire



Fig. 1.54 Si apoyas el oído encima de una mesa y por el otro extremo das unos golpecitos suaves se oír el sonido que ha viajado a través de la mesa (sólido)

Reflexiona

Imagina que buceas en las profundidades del mar con otra persona y deseas llamar su atención sin tocarlo, ¿Cómo podrías lograrlo?

Si en un recipiente con agua introduces dos varillas de acero y haces interactuar una contra la otra, se puede escuchar un sonido (fig.1.55). De esta manera, podrás llamar la atención de alguien que bucea contigo si chocas dos piedras o conchas.



Fig. 1.55 La interacción entre dos varillas de acero dentro del agua provoca un sonido que llega a nuestros oídos

+ ¿Sabías que...?

Algunos animales perciben mejor el sonido en medios diferentes al aire, como, por ejemplo, el topo del desierto, del tamaño de una pelota de ping-pong, se entierra en la arena para percibir mejor el sonido emitido por sus futuras presas, respecto a la misma señal sonora transmitida por el aire. El tiburón percibe sonidos emitidos a más de un kilómetro de distancia. El oído de las tortugas marinas es muy sensible a las vibraciones transmitidas por el terreno y por el agua, pero no detecta los sonidos que se propagan por el aire.

En todos los casos analizados está presente un medio determinado donde se propaga el sonido (aire, agua, entre otros). ¿Qué ocurrirá cuando no exista un medio?

Experimenta y aprende

1. Coloca un timbre dentro de una campana de vacío y ponlo a funcionar (fig. 1.56).
 - a) ¿Puedes escuchar las vibraciones que emite?
 - b) Se extrae el aire que se encuentra dentro de la campana, ¿se escucha algún sonido, qué ha ocurrido?



Fig. 1.56 Timbre que se pone a funcionar dentro de la campana de vacío, con o sin aire

Inicialmente el sonido se percibe claramente, posteriormente al poner en marcha el equipo y extraer el aire que rodea al timbre dentro de la campana, notarás que el sonido se va debilitando hasta que ya no lo escuchas.

Cuando quitas el equipo y permites la entrada del aire, se escucha paulatinamente el sonido. ¿A qué conclusión puedes arribar?

Para que el sonido se transmita hace falta la presencia de un medio sólido, líquido o gaseoso. En el vacío no se transmite. Por lo que puedes concluir que:

El sonido son ondas mecánicas emitidas por los cuerpos al vibrar, que se propagan en un medio (sólido, líquido o gaseoso) y pueden ser captadas por el oído humano.

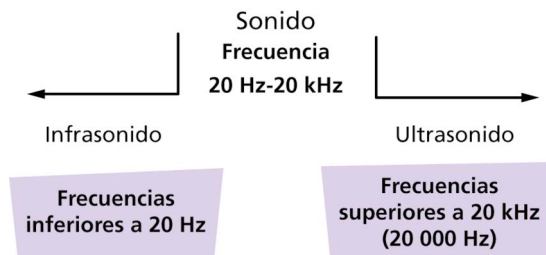


Fig. 1.57

A diferencia de las ondas sonoras, las de radio y luminosas (ondas electromagnéticas) no necesitan de un medio para su propagación, pueden hacerlo en el vacío el cual está desprovisto de sustancia, por ejemplo, en el espacio interestelar, donde apenas existe sustancia.

Las velocidades aproximadas de propagación del sonido en diferentes medios aparecen en la tabla 1.4.

Tabla 1.4

Estado de agregación	Medio	Velocidad (m/s)
Gaseoso	Aire (20 °C)	340
	Hidrógeno (0 °C)	1 286
	Oxígeno (0 °C)	317
	Helio (0 °C)	972
Líquido	Agua (25 °C)	1 493
	Agua de mar (25 °C)	1 533
Sólido	Aluminio	5 100
	Cobre	3 560
	Hierro	5 130
	Plomo	1 322
	Caucho vulcanizado	54

+ ¿Sabías que...?

Para la construcción de locales que necesitan determinadas características acústicas se utiliza el caucho vulcanizado, esto se debe a que la velocidad de propagación del sonido en este es inferior a los otros medios relacionados en la tabla 1.4, debido a su estructura molecular.

Si analizas la propagación de los sonidos según el estado de agregación correspondiente a cada medio, desde el punto de vista de las partículas que lo constituyen (tabla 1.4), puedes analizar que los sólidos transmiten los sonidos a mayor velocidad que en los otros estados de agregación; la causa es que en estos las partículas que lo constituyen están muy próximas y fuertemente ligadas entre sí.

Saber más

¿Qué sucede al llegar los sonidos hasta nuestros oídos?

Los sonidos son recogidos por el pabellón auditivo (1) (fig. 1.58) y conducidos por el canal auditivo (2) hasta llegar a una membrana muy delicada denominada membrana del tímpano (3) la cual vibra según la intensidad sonora a una frecuencia similar a la del emisor de sonido, luego estas oscilaciones se transmiten por medio de una cadena de huesecillos (4) hasta encontrarse con el nervio auditivo (5) que conduce el sonido convertido en impulso eléctrico hasta el cerebro donde se interpreta como sonido.

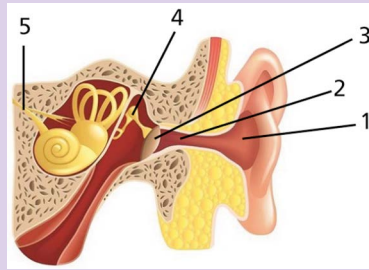


Fig. 1.58 Partes del sistema auditivo

Actividad

1. Te encuentras en condiciones de responder la primera reflexión de este epígrafe.

Física en acción

1. Construye un sencillo “teléfono”, que no utilice electricidad y sirva para comunicarse dos personas situadas entre sí a una distancia de unos pocos metros (fig. 1.59).

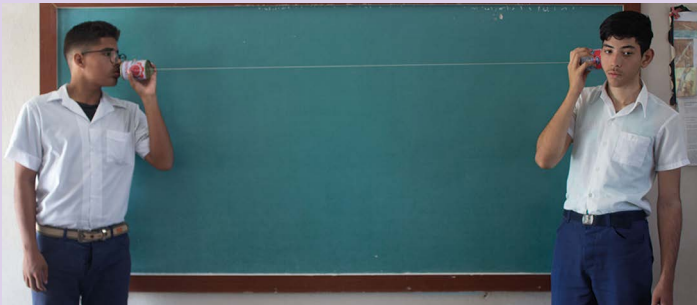


Fig. 1.59 Teléfono rústico

Tareas

1. Describe un experimento que muestre que las ondas sonoras no se transmiten por igual en todos los medios.
2. ¿Por qué en el vacío no se produce la transmisión del sonido?
3. Describe desde el punto de vista microscópico el proceso de transmisión del sonido en los sólidos.
4. Un péndulo y un sistema cuerpo-resorte oscilan y, sin embargo, no se escucha que produzcan sonido. ¿Cómo se explica esto?
5. Cuando se golpea un diapasón fuera de su caja el sonido que se produce es relativamente débil, sin embargo, si se apoya sobre la superficie de una mesa se intensifica el sonido. ¿Por qué ocurre esto?
6. El rango de frecuencias de las vibraciones audibles para el hombre (las que propiamente se denominan sonido) está entre 20 Hz y 20 kHz, aproximadamente. Calcula las longitudes de onda correspondientes a esas frecuencias para la propagación del sonido en el aire. Analiza las principales fuentes de incertidumbre en los resultados obtenidos.

1.4.2 Fenómenos: absorción, reflexión y difracción del sonido

Reflexiona

¿Por qué te tapas los oídos cuando ocurre un sonido intenso o ruido?

Absorción

Cuando se propaga el sonido en un espacio abierto su intensidad disminuye no solo debido a que la energía inicial de las oscilaciones se distribuye en una región cada vez mayor, sino también a que parte de esta se transforma en energía térmica del medio, la absorción depende de las propiedades del medio en que se propaga el sonido y de los obstáculos con que interactúan con este. A mayor frecuencia del sonido, mayor será la absorción y por tanto el amortiguamiento de la onda.

Las ondas de mayores frecuencias se atenúan o son *absorbidos* con mayor facilidad. Por ejemplo, mientras que la intensidad de un sonido de 20 000 Hz disminuye a la mitad luego de recorrer 50 km en el agua, o 5 m en el aire, una onda de 1 000 000 Hz disminuye su intensidad a la mitad luego de recorrer tan solo veinte metros en el agua, o unos pocos centímetros en el aire. Estos datos también ponen de manifiesto que todos los medios en los que se propaga la onda no *absorben* por igual el sonido, por ejemplo, el aire lo hace en mucha mayor medida que el agua.

La *distribución* de la energía al propagarse el sonido en todas direcciones, puede atenuarse con la utilización de conductores, por ejemplo, tuberías. Los primeros teléfonos, utilizados para la comunicación entre oficinas de un mismo edificio, se basaban en esta idea. Este método es utilizado en los estetoscopios (fig. 1.60) que emplean los médicos.



Fig. 1.60 Estetoscopio

La absorción consiste en que parte de la energía de la onda, o toda, es transmitida (absorbida) al medio sobre el cual incide o por el cual se propaga.

El diseño de un salón de conciertos o un teatro, con buenas condiciones acústicas, exige que, desde todos los puntos de este, los sonidos se perciban lo más uniformemente posible sin experimentar ecos, ni otros sonidos, sin alteraciones que interfieran en la audición proveniente de la fuente sonora.

En ocasiones ciertos sonidos muy intensos llegan a nuestros oídos e instintivamente te los tapas, logrando que el sonido se debilite.

Un obrero que rompe la calle por medio de un martillo neumático (fig. 1.61) está expuesto a sonidos ensordecedores que pueden provocarle daños a su organismo, si te percatas, ellos llevan puesto en sus oídos algo

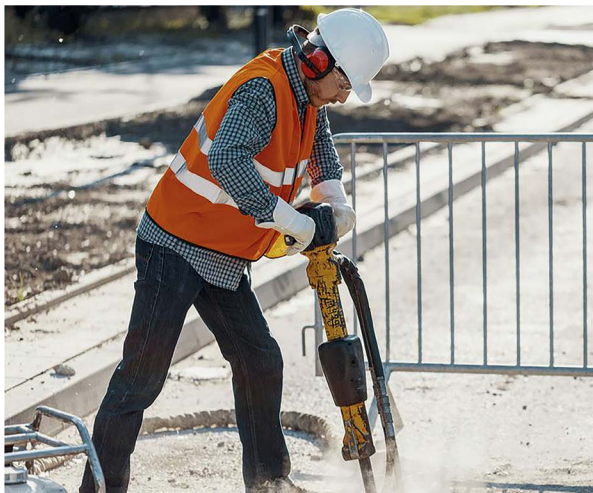


Fig. 1.61 Medidas tomadas por los trabajadores que utilizan el martillo neumático para evitar ser afectados por la contaminación por ruido

Para reducir los sonidos pueden emplearse varios métodos en los que se interponen entre la fuente sonora y el órgano de los sentidos de la audición algún medio que impida que estos te lastimen (fig. 1.61).

Los pisos de las salas de teatro o conciertos se cubren con alfombras, así como los butacones por medio de materiales mullidos para lograr un sonido de mejor calidad. En las cabinas de las emisoras de radio donde se encuentran los locutores o se graba un programa, se colocan entre esta sala y la de máquinas en la que se encuentran los equipos de grabación y de controles paredes de vidrio que absorben sonidos indeseados que puedan influir en las grabaciones o emisiones radiales.

En ocasiones al entrar a una cueva, en zonas montañosas o en lugares con determinadas características, puedes escuchar voces o ruidos hechos por nosotros cierto tiempo después de haberlos emitido, ¿cómo se produce este fenómeno? ¿Qué condiciones deben cumplirse?

Reflexión

Quando una onda incide sobre un cuerpo, una parte es absorbida y otra devuelta, reflejada (fig. 1.62 a). Si has provocado ondas mecánicas en la superficie del agua de un recipiente, seguramente habrás observado la reflexión de estas en sus paredes (fig. 1.62 b).

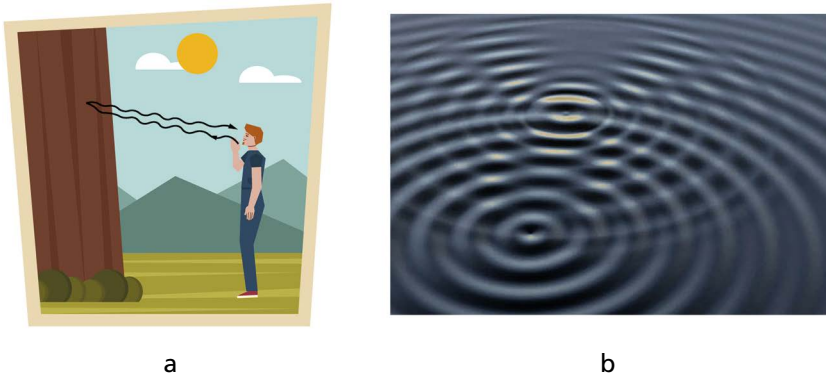


Fig. 1.62 Reflexión de las ondas: a) onda sonora; b) ondas en la superficie del agua

Si te paras frente a un muro, un edificio o una elevación extensa a una distancia superior a los 17 m, notarás un tipo particular de reflexión del sonido llamado eco. Al emitir un “aaah” prolongado, percibirás, al cabo de un breve tiempo, la repetición de este sonido un poco más atenuado. ¿Por qué ocurre esto? Recuerda que los sonidos, en su recorrido por el medio se atenúan al interactuar con los objetos que se encuentran a su paso, una parte de estos se absorbe y la otra parte es devuelta como eco (fig. 1.63).

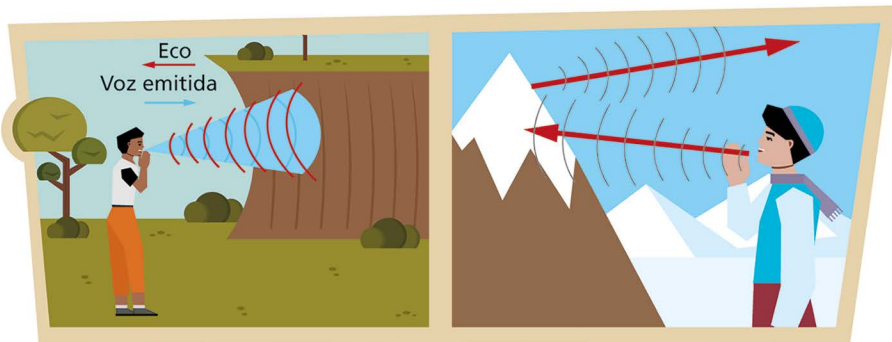


Fig. 1.63 Recorrido seguido por el sonido al interactuar con obstáculos

Si se percibe un sonido como eco debe existir una distancia mínima entre el emisor y el obstáculo. Para poder diferenciar el sonido original del eco se requiere que los cuerpos con los cuales se enfrenta la onda sonora se encuentren a una distancia mayor que 17 m, debido a que el sonido persiste en el oído humano durante una décima de segundo (0,1 s), tiempo en el cual el sonido viajará a razón de 340 m/s, en dependencia de las condiciones atmosféricas, una distancia:

$$d = v \cdot t, \text{ o sea, } d = 340 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ s}$$

Esto significa unos 34 m; 17 m de ida y 17 m de regreso y así se podrán percibir por separado el sonido directo y su eco (repetición), sin confundirlos.

Cuando esta distancia es menor que 17 m emites un sonido y su reflejo llega en un tiempo menor que el que ese sonido permanece en tu oído por lo que se superponen y no se percibe con claridad cuál fue el sonido emitido y el devuelto, lo cual indica que todo eco constituye un ejemplo de reflexión, pero no toda reflexión del sonido produce un eco.

La reflexión es la parte de la onda, que es devuelta por la superficie sobre la cual incide, generalmente con menor intensidad, debido a la absorción.

La reflexión tiene gran aplicación en la ciencia, la técnica y la naturaleza: los ecosondas y equipos de sonar son dispositivos que se emplean en los barcos para determinar las profundidades a que se encuentran los fondos acuáticos en un momento dado, tal vez habrás observado en alguna película o documental cómo se hacía esto en otros tiempos, se solía arrojar una soga con ciertos nudos separados a una distancia conocida y al llegar al fondo del mar se podía saber si estaba más o menos profundo. En la actualidad se puede conocer su profundidad emitiendo un sonido hacia el fondo marino y al reflejarse, en fracciones de segundos conocer exactamente la distancia de este. Si en el camino de ida el sonido intercepta una mancha de peces se puede determinar también si vale la pena arrojar las redes o si por el contrario es solo un pequeño cardumen^{*3}, ya que el sonar puede dejarse conectado y estudiar una zona más o menos amplia.

³ Cardumen: grupo cohesionado de peces.

Saber más

Los equipos de sonar constituyen sistemas de detección basados en la reflexión de las *ondas sonoras* bajo el agua mientras que los radares se fundamentan en la reflexión de las *ondas de radio* en el aire.

Los sonares emiten pulsos de ultrasonido mediante dispositivos sumergidos especiales y su eco es percibido por un micrófono sensible (hidrófono) (fig. 1.64).

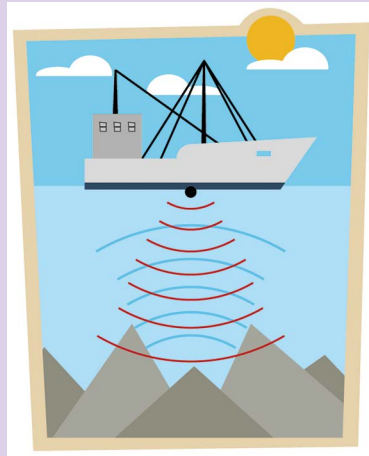


Fig. 1.64 Ecolocalización

Difracción

Reflexiona

Trata de explicar los hechos siguientes:

Se habla en el interior de una habitación con la puerta abierta el sonido se escucha en el exterior no solo justamente delante de la puerta, sino también en lugares a la izquierda y a la derecha de esta.

Quando hablas delante de una pared el sonido se escucha detrás de esta.

Otro fenómeno muy importante en la naturaleza relacionado con la propagación de las ondas mecánicas lo constituye la propiedad que poseen estas de bordear o contornear los cuerpos que encuentran a su paso.

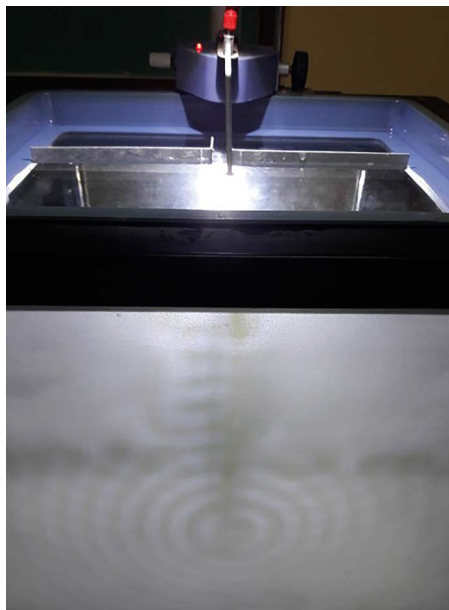
En el estudio de la reflexión de las ondas mecánicas has supuesto las superficies reflectoras muy grandes (paredes, edificaciones, elevaciones), sin embargo, las ondas mecánicas en su camino encuentran pequeños obstáculos, en comparación con la longitud de onda, en nuestro caso la del sonido.

Quando el obstáculo es mucho mayor que la longitud de la onda se produce la *reflexión* y si las dimensiones de este es menor o aproximadamente del mismo valor que la longitud de las ondas mecánicas, la *difracción* se produce de un modo muy evidente. Si los obstáculos son mayores que la longitud de onda, también ocurre, pero solo se aprecian a distancias mayores, por lo que se requiere en ese caso sonidos muy intensos.

Esto último lo puedes comparar con el efecto que se produce en el mar cuando, las olas contornean una roca que sobresale del agua.

Las ondas sonoras contornean fácilmente los objetos con que convivimos, tú puedes escuchar una conversación que tiene lugar en una habitación y encontrarte en otra parte de la casa. Esto ocurre porque las ondas sonoras experimentan la difracción al bordear las puertas, ventanas y otros objetos que se encuentran durante su propagación.

La difracción es la desviación de las ondas al pasar por el borde de un obstáculo o abertura; este fenómeno ocurre cuando las ondas mecánicas contornean los objetos que encuentran durante su propagación (fig. 1.65).



1. Diseña con tu equipo y algunos utensilios que tienes en el laboratorio, sencillos experimentos que te permitan demostrar la presencia de estos fenómenos (absorción, reflexión y difracción del sonido).
2. Confecciona tu propia hoja de trabajo para la actividad experimental y al finalizar se expondrán los resultados alcanzados.

Ahora puedes responder, por qué al ocurrir un sonido particularmente molesto instintivamente te tapas los oídos. Esto se debe a que de esa manera se reduce ese sonido, se manifiesta la absorción acústica, pero de todas formas escuchas el sonido gracias a la difracción del sonido, lo que menos intenso.

1. Sitúate a distancias diferentes de una pared o elevación y emite un sonido de pocas sílabas por ejemplo **oyeee**, ¿qué puedes percibir? ¿Se escucha el sonido de igual manera para las diferentes posiciones frente a la pared? Explica lo ocurrido basándote en los conocimientos adquiridos hasta el momento.

1. ¿Qué consideraciones debes hacer al utilizar la ecuación $d = v \cdot t$ para calcular la distancia que recorre una onda sonora en un medio determinado?
2. ¿Por qué es necesario estar situado a una distancia mayor que 17 m de una gran pared (por ejemplo, un edificio) para escuchar el eco?
3. Un barco con un equipo de ecosonda investiga la fauna y flora marinas, envía hacia el fondo marino ondas mecánicas y recibe el eco 4 s después. Determina la profundidad en este punto.
4. ¿Será posible que te comuniques por medio de sonidos emitidos por alguien que se encuentra al otro lado de una pared no muy alta? ¿Qué fenómeno se manifiesta?

5. ¿Cómo explicarías desde el punto de vista físico, la función que tienen en el estetoscopio los conductos que van de la cápsula auscultadora hasta los oídos?

1.4.3 Percepción del sonido por el hombre.

Cualidades: tono, intensidad y timbre

Cuando escuchas un sonido conocido, es fácil identificar quién o qué lo produce, con qué tonalidad se escucha y si el sonido es adecuado para nuestro gusto, esto se debe a determinadas cualidades que este presenta.

Reflexiona

Escucha con atención las voces de las personas que te rodean en el aula. ¿Qué comparación puedes establecer entre estas?

Seguramente dirán que algunas voces son más fuertes o intensas, débiles o menos intensas, que unas son más chillonas y otras más roncadas, así como disímiles características que pueden ser mencionadas.

En la vida cotidiana, especialmente los sonidos poseen frecuencia, período, amplitud, velocidad, longitud de onda y dependen del medio en el que se transmiten, pero se diferencian además atendiendo a tres cualidades según su percepción por los humanos que se llaman *tono*, *intensidad* y *timbre*.

Intensidad

Cuando hablas cerca de una persona lo debes hacer de forma moderada sin gritar, pero si necesitas ser escuchado en el aula por todos los compañeros, recitar un poema en el matutino de la escuela o al entonar el Himno de Bayamo, lo haces mucho más fuerte o intenso.

Reflexiona

¿A qué cualidad se hace referencia en estos casos? ¿De qué magnitud de las oscilaciones y las ondas mecánicas depende esta cualidad?

La cualidad que está relacionada con estos ejemplos mencionados es la **intensidad** del sonido. Pero si se quiere conocer las magnitudes relacionadas con esta cualidad debes colocar un osciloscopio a la salida de un generador de sonido y visualizar la forma que adoptan las ondas mecánicas de un sonido menos intenso y otro más intenso (fig. 1.66).



Fig. 1.66 Representación de las oscilaciones observadas en el osciloscopio de sonidos con diferente intensidad

Las investigaciones realizadas te permiten concluir que *la intensidad de los sonidos depende de la amplitud de las oscilaciones*.

La intensidad está relacionada con el volumen del sonido, o sea, con la energía que posee y, por tanto, está relacionada con la amplitud de la onda. Más energía, más amplitud, más intensidad.

Tono

Cuando escuches hablar a tus compañeros, profesores o familiares puedes darte cuenta de que unos hablan más “grueso” y otros más “fino”, generalmente la voz de las hembras es más aguda que la de los varones, la cual se considera grave (o gruesa). Averigua de qué depende el tono del sonido.

El osciloscopio muestra que para una misma intensidad del sonido, al variar la frecuencia, la amplitud de la señal permanece igual, pero varía el número de oscilaciones por unidad de tiempo (la distancia entre los picos de la onda varían) (fig. 1.67).



Fig. 1.67 Representación de las oscilaciones observadas en un osciloscopio al variar la frecuencia de la onda sonora

Podrás observar que los sonidos más “finos”, nombrados agudos, tienen mayor frecuencia de sus oscilaciones mientras que aquellos más “gruesos”, nombrados graves, presentan una frecuencia menor.

El tono corresponde a la frecuencia del sonido; a las frecuencias altas se les denomina sonidos agudos y cuando la frecuencia es baja se les denomina grave.

Esta misma escala se aplica para clasificar a los cantantes, y las voces de las personas. A cada nota musical corresponde una frecuencia, que la caracteriza o múltiplos de esta, por ejemplo, a la nota (La) pueden corresponder frecuencias de 220 Hz, 440 Hz y 880 Hz.

El tono de los sonidos depende de la frecuencia de sus oscilaciones.

Timbre

Experimenta y aprende

1. Un estudiante se coloca en la parte frontal del aula de cara a la pizarra, ahora indica a varios estudiantes que digan una frase sin alterar o modificar su voz. El que se encuentra frente a la pizarra, debe identificar a quién pertenece cada voz.

Este fenómeno permite a los músicos diferenciar los sonidos de variados instrumentos musicales, aunque toquen las mismas notas. Sin ser músicos, de la experiencia cotidiana conoces que cuando se tienen dos sonidos de la misma intensidad y mezcla de diferentes frecuencias emitidos por instrumentos musicales distintos en general producen en el oído sensaciones diferentes. Este resultado sugiere que en los sonidos debes tener en cuenta un tercer factor o cualidad que no depende de la amplitud (intensidad) ni de la frecuencia (tono). Por la voz puedes distinguir a personas conocidas o reconocer a los cantantes; incluso puedes diferenciar estados de ánimo según el colorido o matiz que le imprima el sujeto a la voz. Esta nueva cualidad es el timbre.

El timbre se debe a que los sonidos emitidos por los instrumentos musicales en muchos casos no son puros como los del diapasón, sino que están integrados por varios tonos distintos llamados armónicos. En dependencia de la cantidad de armónicos que acompañan al sonido, su timbre será diferente y se percibe de forma diferente.

4. ¿Qué cualidad del sonido te permite identificar solo por su voz a un cantante?
5. Analiza las situaciones siguientes y completa el espacio en blanco con la cualidad de sonido que se pone de manifiesto.
 - El _____ permite identificar los instrumentos que se escuchan en una orquesta.
 - El _____ permite identificar qué sonidos son graves y cuáles son agudos.
 - La _____ depende directamente de la energía de la onda.
 - El fenómeno sonoro que se pone de manifiesto es:
 - La _____ provoca el eco bajo determinadas condiciones.
 - La _____ que ocurre al moverse una onda sonora por una habitación es la causante de que al final del local se escuche este sonido más bajo.
 - La _____ es una de las causas de que se pueda escuchar un sonido fuera de una habitación.

1.5 Aplicaciones del ultrasonido. Contaminación ambiental por ruido

Reflexiona

La visión de los murciélagos es muy pobre, además de tener costumbres nocturnas y habitar lugares oscuros como las cuevas o cavernas, en estas condiciones deben orientarse sin tropezar con otros miembros de su especie o con las paredes, además de alimentarse ¿Cómo lo logran?

Como recordarás, los sonidos audibles están comprendidos en el rango de 20 Hz a 20 000 Hz y se emplean en la comunicación humana, en la música, entre otros, por encima de este valor se encuentran los ultrasonidos ¿dónde los puedes encontrar, qué características poseen y qué utilidad presentan?

La naturaleza ha dotado a algunos animales como los murciélagos de chillidos que pueden alcanzar entre los 34,5 kHz y los 39,6 kHz. Quizás en alguna ocasión habrás escuchado directamente algunos de estos chillidos, pero esos no corresponden a sonidos ultrasónicos pues estos se emiten con una frecuencia variable de corta duración que puede alcanzar los valores

La metalurgia emplea estas ondas de alta frecuencia para encontrar defectos sumamente pequeños y grietas en el interior de piezas metálicas que se utilizarán en la fabricación de aviones, máquinas y equipos que requieran buena solidez, naves cósmicas, turbinas de grandes generadores de electricidad que deben rotar a altísima velocidad y en las que el defecto más mínimo puede hacerlas desintegrar en su movimiento, entre otros ejemplos que puedes investigar.

Hacia 1900 el ultrasonido aún era una novedad, sin embargo, en los años de las décadas de 1960 y 1970 se había convertido en poderosa herramienta de la Física y la ingeniería, en rival de los rayos X en medicina y en un método de localización bajo el agua (sonar). Hoy se generan ultrasonidos con frecuencias de hasta miles de millones de *hertz*.

Los ultrasonidos pueden provocar acciones biológicas y fisiológicas. Las semillas expuestas a la acción de estos aumentan su poder germinativo, la leche sometida a la acción de los ultrasonidos se protege durante largo tiempo de la fermentación.

La primera imagen de tu hermanito o sobrino la puedes ver en las fotos tomadas al hacer un ultrasonido, hechos en el vientre materno, así pueden detectarse problemas en su formación o simplemente estudiar el desarrollo del feto a lo largo del embarazo, probablemente los padres querrán conocer de antemano si será hembra o varón y en los primeros meses de la gestación puede conocerse esto por esta vía y despejar la duda (fig. 1.70).



Fig. 1.70 Ultrasonido fetal

Los infrasonidos

¿Qué sucede con aquellas vibraciones inferiores a los 20 Hz? Por supuesto que estas no provocan sensación sonora en nuestros oídos, son los llamados infrasonidos y pueden ser emitidos por algunos animales como los elefantes para comunicarse entre sí, estos pueden captarlos a cientos de metros de distancia. Los motores de las máquinas que contienen pistones o que oscilan a escasas vibraciones por segundo constituyen también fuentes de este tipo de onda. Durante los tiempos de tormenta o mal tiempo se generan potentes ondas infrasonicas que a pesar de no ser audibles producen en ciertas personas sensaciones de dolor en sus articulaciones, en la espalda, etcétera.

Otras fuentes de infrasonidos lo constituyen las erupciones de los volcanes, los terremotos y tornados, los motores en funcionamiento, los aviones a reacción.

Se aplican en la detección de objetos debido a la escasa absorción de estas ondas mecánicas por el medio.

Los infrasonidos pueden alcanzar largas distancias cuando atraviesan objetos sólidos.

El cuerpo humano produce infrasonidos de baja potencia: cuando los músculos se contraen y se mueven unos contra otro, en el corazón en funcionamiento se producen con una frecuencia de unos 20 Hz, frecuencia límite de audición, este es escasamente escuchado por la mayoría de los seres humanos y que no debes confundir con los latidos que pueden ser auscultados por medio de los estetoscopios.

Aunque los infrasonidos no son conscientemente perceptibles pueden provocar estados de ansiedad, tristeza, temblores, ocasionan, además, mareos, náuseas y cefaleas.

Reflexiona

La contaminación ambiental es producida no solo por desechos vertidos al medio ambiente, sino también por energía dispersada en ella en forma de ondas. ¿Por qué puedes afirmar esto?

- ▶ Durante un paseo por tu ciudad te habrás enfrentado a la situación siguiente: se rompe la calle para mejorar las conexiones hidráulicas ¡qué ruido tan ensordecedor el del martillo neumático!
- ▶ Cuando concluye la clase varios estudiantes al pararse arrastraron sus sillas y comenzaron a gritar, pues no podían escucharse.
- ▶ El arribo de un avión al aeropuerto genera un gran ruido.

En estas situaciones se han producido sonidos molestos, que reciben el nombre de ruido, ¿cuáles características lo describen?

El ruido es un sonido inútil o no deseado (excesivo y molesto) que suele estar asociado a oscilaciones muy complejas y de muy alta intensidad, que no tienen orden ni regularidad (fig. 1.71).



Fig. 1.71 Contaminación por ruido

En la actualidad se considera también como ruido cuando el “volumen” de la música es muy alto, como el caso de ciertos autos en los que dentro de un espacio muy reducido se escucha un nivel de sonido ensordecedor y en los equipos de música que se escuchan en fiestas, entre otros ejemplos.

Los sonidos articulados muy intensos como los ruidos tienen efectos nocivos en el medio ambiente (fig. 1.72).

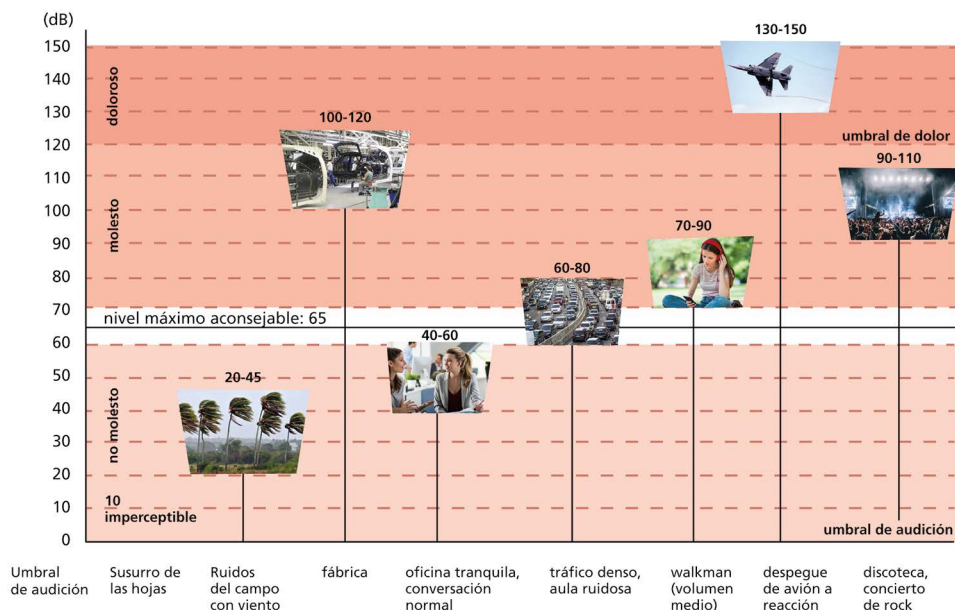


Fig. 1.72 Umbral de audición

Saber más

El decibel (dB) es una unidad empleada en acústica y en telecomunicaciones, que sirve para la comparación de niveles de potencia en acústica y tensión en electrónica.

Según estudios en el ser humano estos ruidos pueden provocar: nerviosismo, ansiedad, estrés, sordera, irritabilidad, mareos, elevación de la presión arterial, insomnio, vértigo, náuseas, y hasta vómitos.

Las explosiones que ocurren para construir presas o embalses de agua, en las guerras, en zonas altamente ruidosas como aeropuertos, provoca la huida de ciertas especies de animales sensibles a estos ruidos, que ocasionan dificultades a nivel de ecosistema.

Una práctica perseguida por la guardia costera en otros países consiste en provocar explosiones en el mar efectuadas por pescadores furtivos que las realizan con el objetivo de recoger de forma fácil los peces que flotan aturdidos en la superficie del mar, ¿cuál es el inconveniente de tal práctica?, que se destruye parte de la formación coralina en esa zona, además, existen

Cuando una situación ruidosa afecta al entorno se dice que esta provoca una contaminación ambiental por ruido.

Entre las diversas leyes para la protección y conservación de los ecosistemas la ley 81 de 1997 del “Medio ambiente” en nuestro país exige el uso de fuentes acústicas que no rebasen ciertos valores que puedan afectar tanto al hombre como al medio en general.

Física en acción

1. Identifica en tu comunidad o en casa las fuentes de contaminación por ruido, estima apoyándote en la figura 1.72 los decibeles aproximados en que es emitido ese ruido. Determina cuántos decibeles hay por encima de lo aconsejable.
 - a) ¿Qué acciones pudieras hacer para disminuir este tipo de contaminación?

Tareas

1. Los diversos equipos de ultrasonido utilizados en medicina, generan oscilaciones mecánicas que se transmiten a través del cuerpo humano. ¿Por qué no escuchas el “sonido” de tales oscilaciones?
2. Describe algunas aplicaciones del ultrasonido en la medicina y en la ingeniería.
3. Indaga qué es el sonar y cuál es el principio físico de su funcionamiento.
4. A la mayoría de las personas les agrada escuchar música, pero les molesta el ruido. ¿Cuál es la diferencia física entre el sonido musical y el ruido?
5. Menciona algunas fuentes de contaminación sonora del medio ambiente y el perjuicio que esto ocasiona.

Autoevalúate

- 1.** El corazón de un corredor de velocidad, en el momento de mayor carga de entrenamiento puede realizar 120 oscilaciones por minuto.

- 2.** Completa los espacios en blanco, con las palabras que aparecen al final en el ejercicio:

3. Marca con una equis (x) la respuesta más completa:

73

__Movimiento de vaivén de un cuerpo respecto a cierta posición de equilibrio.

__Perturbación sonora compuesta por un conjunto de sonidos de amplitud y frecuencia muy variadas, de muy alta intensidad, cuya mezcla deja de ser periódica.

__Aquella parte de las oscilaciones a las que el oído humano es capaz de percibir.

Tareas generales del capítulo

1. En la sala de concierto de un teatro se escuchan armoniosamente las combinaciones de los instrumentos musicales de una orquesta:

- ¿Cómo llamarías a esa armoniosa combinación que nuestro oído percibe? ¿Por qué?
- ¿Escucharías esta agradable combinación de sonidos si estuvieras sumergidos en el agua? Argumenta.

2. ¿Cuántas veces por período, la oscilación de un péndulo pasa de energía potencial gravitatoria a energía cinética, y de energía cinética a energía potencial gravitatoria? acompaña tu explicación con una representación en tu libreta.

3. Lee detenidamente y responde:

Un péndulo A tarda 2 s en realizar 15 oscilaciones periódicas, mientras que otro péndulo B demora 3 s en realizar el mismo número de oscilaciones. Clasifica en verdadero (V) o falso (F) las proposiciones siguientes y justifica las que consideres falsas.

- ☐ El péndulo que oscila con menor frecuencia es el A.
☐ El período de oscilación del péndulo B es de 0,2 s.
☐ El péndulo A es de mayor longitud que el péndulo B.
☐ Si se aumenta la amplitud de la oscilación, la frecuencia y el período se mantienen iguales.
☐ Al aumentar la masa del cuerpo del péndulo A y lo pones a oscilar la frecuencia disminuye.

4. El esquema (fig. 1.73) representa la forma que adopta una cuerda, fija por su extremo a la pared al hacerla oscilar. Identifica las proposiciones falsas y conviértelas en verdadera.

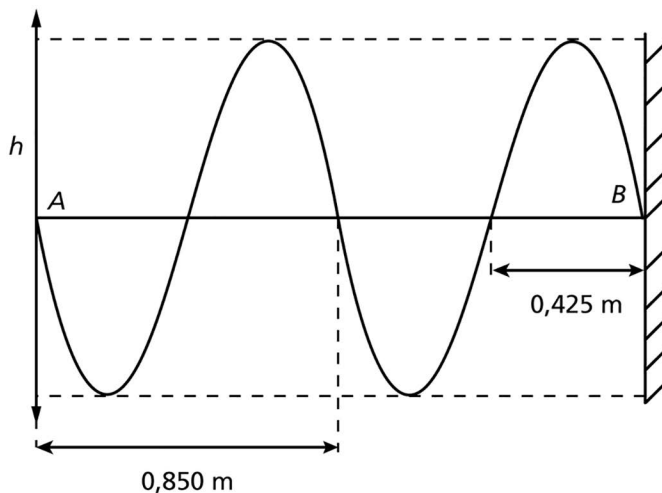


Fig. 1.73

- 75

- b) El sonido que emite el fleje y que llega a nuestros oídos depende de la energía de la oscilación. ¿Qué cualidad del sonido se pone de manifiesto? Justifica.
- c) ¿Esta cualidad con qué característica de las oscilaciones se relaciona?
- d) Si se escucha un eco al incidir estas ondas sonoras sobre las paredes, ¿cuál de los fenómenos sonoros estudiados está relacionado con lo ocurrido? Justifica.
- e) Al incidir esta onda sobre la superficie una parte se refleja ¿Qué ocurre con la otra parte de la onda?
- f) Cuando se ponen a oscilar un columpio, un cuerpo que cuelga de un resorte, o un fleje, la amplitud de las oscilaciones decrece poco a poco. Explica este hecho desde el punto de vista de la energía.
- g) Si aumentas la parte saliente del fleje y lo pones a oscilar, ¿qué ocurrirá con el período de las oscilaciones comparándolo con los resultados anteriores? (fig. 1.74).

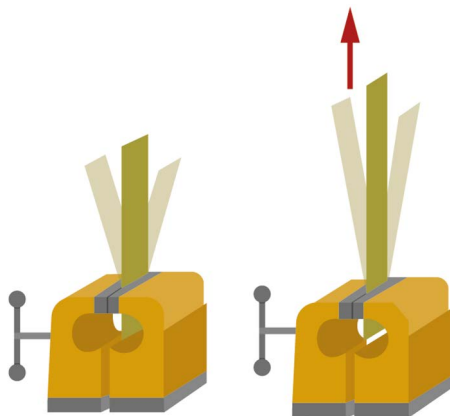


Fig. 1.74 Oscilación de un fleje con diferentes longitudes

- 8. Un péndulo A tarda un segundo en realizar una oscilación y un péndulo B demora cuatro segundos. ¿Cuál de estos oscila con menor período y cuál posee una mayor longitud?
- 9. Cierta equipo genera sonido con una frecuencia de 1 000 Hz. ¿Cómo será el valor de la frecuencia de las oscilaciones, en el aire y en el agua, comparado con el emitido por el equipo?, ¿y la longitud de onda? Calcula los valores de longitud de onda en cada caso.

18. Párate frente a una pared alta y ancha e intenta determinar la distancia a que se encuentra, para esto utiliza el principio de la eco-localización.
19. Se sabe que la duración de una descarga eléctrica atmosférica (rayo) es de tan solo fracciones de segundo. ¿Por qué entonces el sonido que la acompaña (trueno) se prolonga un tiempo mucho mayor?
20. Un observador escuchó el silbido de una locomotora detenida después de 1,5 s de haber advertido el humo blanco que sale de su silbato. ¿A qué distancia se hallaba el observador de la locomotora, en el instante de la emisión de la señal sonora?
21. ¿Cuál se mueve más rápido, un automóvil que viaja a una velocidad de 120 km/h o el sonido cuya velocidad es de 340 m/s?
22. Un hombre que tiene apoyado un oído sobre un raíl de acero percibe el sonido de un martillazo, medio segundo después de ser golpeado el raíl.
 - a) ¿A qué distancia de él se golpeó el raíl?
 - b) ¿Cuánto tiempo después de producido el martillazo recibe el hombre el sonido a través del aire?
 - c) ¿Cuáles serán las longitudes de onda de este sonido cuya frecuencia es de 440 Hz, en el aire y en el acero?
 - d) Calcula el rango de longitudes de onda correspondientes a la propagación del sonido en el acero.
23. ¿Cuál cualidad del sonido te permite identificar los sonidos graves y agudos de los distintos instrumentos? Argumenta tu respuesta.
24. En un parque de diversiones se encuentran dos niños, uno de ellos se monta en un columpio y el otro empuja repetidamente el columpio y observa que este se aleja y posteriormente regresa después que lo empuja, si esto lo realiza 10 veces en 12 s.
 - a) ¿Qué tipo de movimiento oscilatorio se pone de manifiesto? Argumenta.
 - b) Determina el tiempo que tarda el columpio en realizar cada viaje de vaivén.

30. La velocidad de propagación de la onda sonora en el agua es de 1 500 m/s.

- ¿Cuál será la longitud de onda si su frecuencia es de 20 Hz?
- Cuando escuchas esta onda sonora en el aire, puedes identificar qué o quién produce el sonido debido a una cualidad. ¿A cuál nos referimos? Justifica.
- Si comparas la velocidad de propagación de la onda de este sonido en el agua con la velocidad en el aire puedes notar la diferencia ¿De qué depende la velocidad de su propagación?
- Si se emite otro sonido con las mismas características que el anterior en una habitación con la puerta abierta este se escucha en el exterior no solo justamente delante de la puerta, sino también en lugares a la izquierda y a la derecha de esta, explica este fenómeno físico.

31. Un péndulo que se mueve libremente se desplaza pasando por las posiciones uno, dos y tres como se ilustra en la figura 1.75.

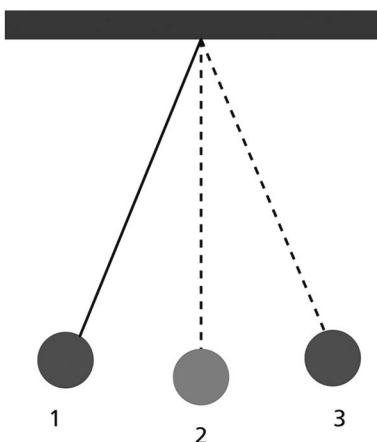


Fig. 1.75

- ¿Cuál de las posiciones representadas en la figura 1.75 es la de equilibrio?
- ¿Qué forma de energía posee en la posición dos?
- ¿En cuál de las posiciones adquiere la mayor energía cinética?
- Se analizan 10 oscilaciones en 15 s. Determina el período de las oscilaciones.
- ¿Qué tipo de oscilación se pone de manifiesto?

36. Un grupo de estudiantes en una secundaria básica ensayan con una guitarra la presentación del matutino de la escuela.

- a) Uno de los estudiantes se percata de que, al pulsar una cuerda de la guitarra de longitud (L) emite un sonido, pero si se pone un dedo para acortar la longitud de la cuerda, la frecuencia del sonido emitido varía. Justifica este hecho.
- b) Si la cuerda realiza 220 oscilaciones en un segundo, ¿cuánto tiempo demora la cuerda en realizar una oscilación completa?
- c) Si se quiere lograr que la guitarra emita sonidos más intensos, ¿qué acción debe hacer el estudiante? Argumenta tu respuesta.

CAPÍTULO 2

Electricidad y circuitos eléctricos

2.1 Introducción

En nuestros días es difícil imaginarse la vida de la humanidad sin el empleo de la energía eléctrica. El nivel de desarrollo de un país está muy relacionado con la capacidad que tenga este de generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica. En la figura 2.1 se muestran algunos equipos que es imposible que existieran si la humanidad no hubiera aprendido a generar esta forma de existencia de la energía.



Fig. 2.1 Equipos relacionados con la energía eléctrica

El papel que desempeña en la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente los fenómenos estudiados por la Física relacionados con la electricidad y sus aplicaciones constituyen los nuevos conocimientos a los que se dedicará este capítulo.

2.2 Importancia de la electricidad en la vida del hombre

En la asignatura Ciencias Naturales de la Educación Primaria se comenzaron a estudiar los diferentes tipos de energía; en octavo grado se profundizó en el estudio de las diferentes formas de energía y en las vías mediante las cuales se transforma y transmite esta energía; además, se planteó la ley para la transformación y conservación de la energía.

Reflexiona

¿Por qué preocuparse en ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía, si de todos modos la energía se conserva?

En los primeros siglos de nuestra era las fuentes luminosas las constituían los faroles de brea, las antorchas, las velas de cera, lámparas de aceite, en general sobre base de grasa animal, resinas o madera, hoy son las diferentes lámparas que conoces que existen en la actualidad (fig. 2.2 a). El Sol, las estrellas y las brújulas se han utilizado desde la antigüedad para orientarse en la Tierra, en la actualidad se emplean los GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en idioma inglés) como los que aparecen en la figura 2.2 b).



Fig. 2.2 Avances tecnológicos

Reflexiona

Imagina cómo sería la vida de los seres humanos sin la utilización de la electricidad. Para esto, puedes apoyarte en la figura 2.3. Menciona ejemplos de las actividades que realizas en tu hogar, en el entorno y en el centro de estudio donde empleas la electricidad.

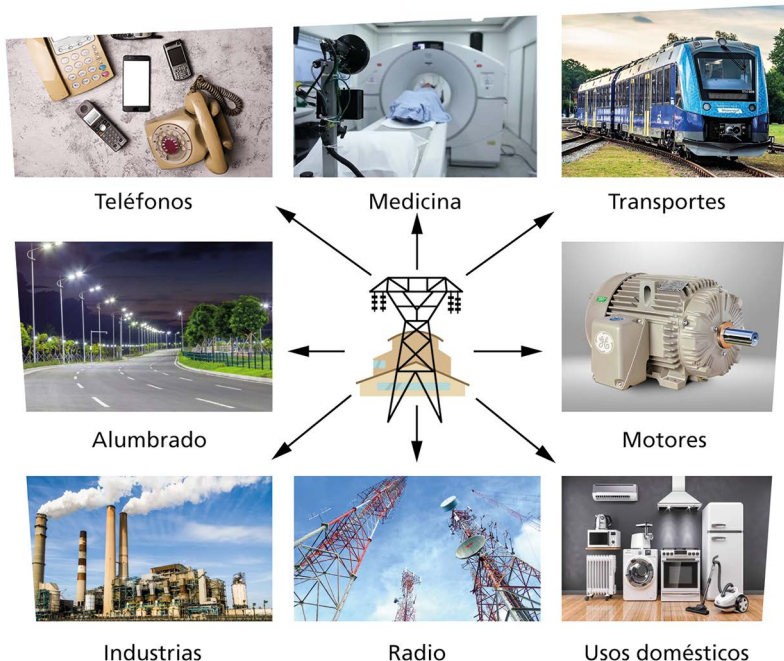


Fig. 2.3 Actividades realizadas por el hombre en las que se involucra la electricidad

Innumerables son los cambios o procesos originados por el ser humano que se relacionan con la electricidad; en más de dos siglos de aplicaciones (fig. 2.4) prácticas como rama de la ciencia y la tecnología ha influido más en la vida de los seres humanos que cualquier otra rama de la física.

Conéctate con la historia

En 1882 se utilizó una central eléctrica para el alumbrado de unas 1 000 lámparas en la ciudad de Londres, lo cual fue ideado por Thomas Alva Edison (gran inventor y científico). Los primeros refrigeradores domésticos, utilizados en la década de 1850, eran armarios que contenían bloques de hielo y los primeros aires acondicionados, empleados en esa misma época, consistían en bloques de hielo sobre los cuales se hacía incidir aire.

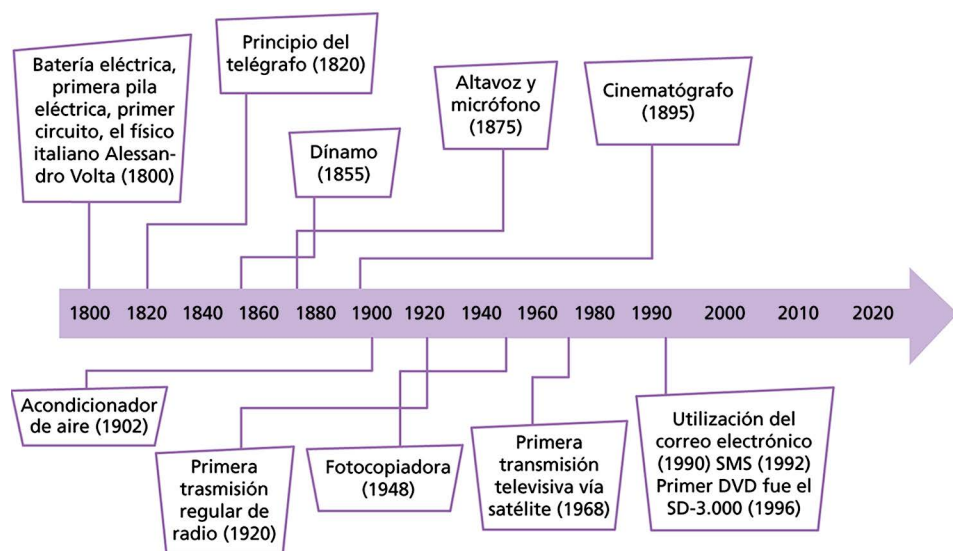


Fig. 2.4 Descubrimientos, invenciones y aplicaciones relacionados con la electricidad

Saber más

En Cuba el teléfono comenzó a utilizarse en La Habana en septiembre de 1881. El siete de septiembre de 1889 se inauguró oficialmente, en Cárdenas, el alumbrado eléctrico. La radio se inauguró en octubre de 1922 y la televisión, el 24 de octubre de 1950. Compara las fechas de los descubrimientos científicos de la figura 2.4 con su implementación en Cuba. ¡Interesante verdad!

Para nuestro país es fundamental que todo el proceso vinculado con la generación y el consumo de energía eléctrica, se realice de forma eficiente y racional, debido a que no posee grandes recursos económicos y naturales, además de las consecuencias que trae para el medio ambiente este derroche de energía y de todo tipo de recurso natural. Esto adquiere gran relevancia, si se tiene en cuenta que la política del gobierno revolucionario, siguiendo el Programa del Moncada, se ha encaminado a llevar la energía eléctrica a la totalidad de los asentamientos poblacionales.

El Estado ha invertido en la construcción de centrales eléctricas, montaje de grupos electrógenos y las líneas de transmisión para llevar la electricidad a los lugares más alejados, incluso a los de más difícil acceso, como la

Realiza una investigación sobre los descubrimientos, invenciones y aplicaciones relacionados con la electricidad que ocurrieron en los siglos XVIII, XIX y XX, que no han sido mencionados y compara las fechas de su aplicación en Cuba con la de su descubrimiento.

Estás en condiciones de responder la interrogante inicial del epígrafe, que se refería a la razón de por qué preocuparse en ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía, si de todos modos la energía se conserva.

Conoces que la mayor parte de la producción de electricidad implica la producción de grandes cantidades de vapor de agua mediante la combustión de combustible fósil como el petróleo, proceso que provoca graves consecuencias para la salud de los seres vivos, y para la preservación de los diferentes ecosistemas a escala planetaria. Esta es una poderosa razón para preocuparse por ahorrar y explotar eficientemente los recursos energéticos.

En octavo grado estudiaste que en general, de toda la energía inicial disponible, los sistemas emplean solo una parte de esta en producir los cambios deseados (energía útil), la otra parte se degrada (energía disipada), pues se emplea en producir otros cambios para los cuales no se dispuso la energía inicial.

Utilizar menos energía significa no solo economizar el portador energético, sobre todo si este es no renovable, sino, además, reducir los recursos necesarios para hacer funcionar los sistemas de transformación y transmisión de la energía, en los cuales, como sabes, una parte es aprovechada (energía útil) y la otra es empleada en transformaciones no necesarias (energía disipada o degradada). Esto implica que al consumir la energía eléctrica esta no se destruye, se reduce su capacidad para realizar trabajo útil, este es uno de los motivos por los cuales todos deben contribuir al empleo más racional y eficiente de cualquiera de las fuentes de energía que se utiliza.

Física en acción

1. Recopila los recibos de pago de electricidad de los meses de julio, agosto y septiembre de tu hogar.
2. Compara el consumo eléctrico que aparece en el recibo de los dos primeros meses recopilados con el recibo del mes de septiembre.
3. Analiza las causas de los diferentes valores que presentan los recibos en relación con el consumo eléctrico en los tres meses y reflexiona si has contribuido a reducir el consumo respecto a otros meses del año y qué puedes hacer para minimizar estas diferencias.

Nota: Puedes utilizar la aplicación actual para realizar el pago de electricidad, como transfermóvil.

Tareas

1. Si conoces que para producir 1 kWh de energía eléctrica en una termoeléctrica cubana se emiten unos 80 g de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, calcula con los valores recopilados en la sección anterior de "Física en acción", ¿cuánto gas de ese tipo contribuyeron a emitir a la atmósfera en estos tres meses?
2. Selecciona uno de los descubrimientos relacionados con la electricidad que ocurrieron en los tres últimos siglos antes del actual (fig. 2.4) e investiga si aconteció algún hecho relevante de la historia universal en la fecha aproximada en que ocurría este descubrimiento y si existió alguna relación entre estos hechos. Puedes utilizar algún medio informático que tengas a tu alcance.
3. Indaga en qué consiste la Tarea Vida, cuál es el objetivo y las metas que se corresponden a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible relacionado con la energía.
 - a) Redacta un texto donde se explique qué acciones se han propuesto en nuestro país para contribuir al cumplimiento de las metas que responden al objetivo siete de dicha agenda.

2.3 Electrización de los cuerpos

En el invierno cuando la temperatura son muy bajas los vellos de la piel se erizan al quitarse el abrigo o manta y, en ocasiones, puedes escuchar

chasquidos que se emiten por la fricción entre tu camisa o blusa y el abrigo o si te encuentras en la oscuridad puedes observar chispas al separar las dos prendas de vestir. Asimismo, en ocasiones el pelo de tu cabeza se pega al peine cuando está seco y te peinas.

Reflexiona

¿Por qué ocurrirá el fenómeno de las situaciones mencionadas y el que observas en la figura 2.5?



Fig. 2.5 Fenómeno de la electrización

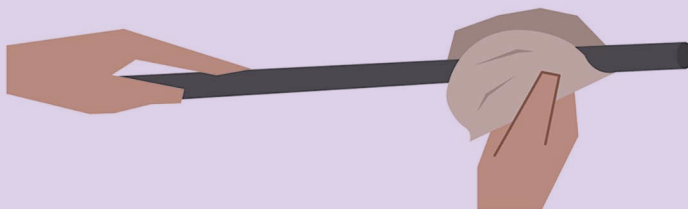
Desde pequeño te has relacionado con los fenómenos eléctricos, puede que hasta por descuido hayas tenido experiencias negativas que están relacionadas con la corriente eléctrica: si has sufrido alguna sacudida al tocar indebidamente algún equipo eléctrico con corriente eléctrica, entonces es porque has servido de “puente a tierra” en el sistema.

Te propongo realizar acciones similares a las hechas por los griegos para explicar algunos fenómenos relacionados con la electrización de los cuerpos, con el uso de materiales que estén a tu alcance.

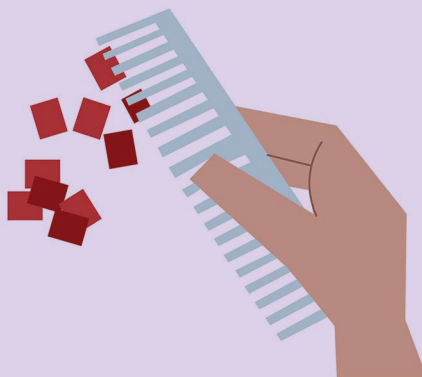
Experimenta y aprende

1. Corta una hoja papel en pequeños pedazos.
2. Frota con papel o tela de seda un peine, una varilla de vidrio, una regla plástica y una varilla metálica (fig. 2.6 a).

3. Después de frotar cada uno de los objetos anteriores acércalo a los pequeños pedazos de papel (fig. 2.6 b)
4. Describe lo que sucede con los papelitos al acercarlos cada uno de los objetos.



a



b

Fig. 2.6 a) Electrización por frotamiento
b) interacción entre un cuerpo electrizado y pequeños papeles

Puedes decir que algunos cuerpos después de ser frotados (peine, regla plástica, varilla de vidrio) atraen notablemente a otros cuerpos (ligeros) que antes no los atraían. Los efectos observados en los experimentos realizados reciben el nombre de **interacción electrostática** y los cuerpos en estos casos que atraen a otros cuerpos se dice que se han **electrizado**, o que se han **cargado eléctricamente**, o han adquirido **carga eléctrica**.

Como primera conclusión puedes plantear que:

Un cuerpo se puede electrizar o cargar eléctricamente cuando, después de ser frotado, adquiere la propiedad de atraer a otros cuerpos.

El caso particular de los llamados **fenómenos electrostáticos** que son los relacionados con los cuerpos cargados en los cuales las partículas que portan las cargas no se desplazan distancias considerables en el interior del propio cuerpo o al pasar de un cuerpo a otro, tiene una gran importancia como base para el estudio de los fenómenos electromagnéticos y por sus múltiples aplicaciones en la ciencia y la técnica.

Recuerda que...

En la asignatura Química en octavo grado estudiaste que cada átomo se compone de un núcleo y una envoltura. En el núcleo se encuentran protones (p^+) y neutrones (n), mientras que en la envoltura se haya uno o más electrones (e^-). La cantidad de neutrones es, en muchos casos, igual o mayor que la de protones.

La carga eléctrica de los protones es positiva y la de los electrones negativa, en tanto los neutrones no tienen carga. El número de electrones en la envoltura de un átomo es igual al de protones en su núcleo, por lo que el átomo es eléctricamente neutro. La envoltura del átomo es la región que rodea al núcleo, es aproximadamente 100 000 veces mayor que este, los electrones se mueven en esta envoltura formando una “nube” de partículas con carga eléctrica negativa (fig. 2.7). El núcleo, a pesar de ser muy pequeño con respecto a la envoltura, concentra casi toda la masa del átomo.

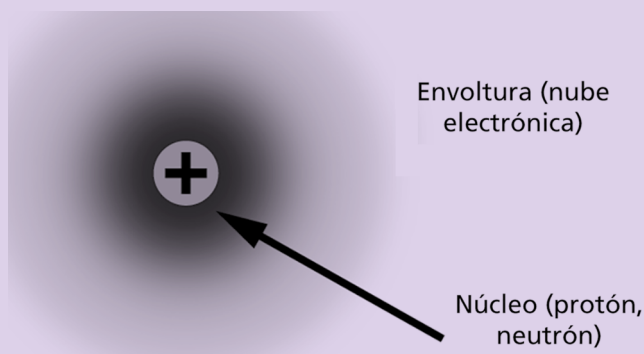


Fig. 2.7 Átomo

Es fácil electrizar varillas de vidrio, ebonita (material plástico preparado con caucho endurecido por la adición de azufre), plástico y otros materiales, al ser frotados con cuerpos hechos de un material distinto al de la varilla (fig. 2.8 a).

En estos casos (fig. 2.8 b) la electrización es por *frotación*.



Fig. 2.8 a) Varilla de ebonita y agitador de vidrio;
b) electrización por frotamiento

Experimenta y aprende

1. Frota de manera simultánea por uno de sus extremos dos varillas de vidrio con seda, dos reglas plásticas y dos láminas de nailon o de acetato con papel.
2. Cuelga una varilla de cada material por su centro de forma que quede en posición horizontal y acerca en cada caso la varilla del mismo material.
3. Aproxima una varilla de un material con otra de otro material, hasta realizar todas las combinaciones posibles, deben garantizar que se hayan frotado primero, o sea, que estén electrizados.
4. Describe lo sucedido entre las varillas en cada caso.

Reflexiona

¿Qué papel desempeña el frotamiento durante la electrización de los cuerpos?

La electrización por frotamiento se debe en realidad al contacto de los cuerpos, al frotar un cuerpo con otro, lo que haces es aumentar las partes en contacto entre los cuerpos, lo que contribuye a aumentar el número de puntos de contacto. Esta fricción provoca que disminuya la humedad debido al aumento de la temperatura, aunque si se hace un buen contacto también se electrizan los cuerpos, este contacto permite el intercambio de electrones de un cuerpo a otro.

Saber más

En la práctica en algunas instalaciones industriales donde se emiten partículas contaminantes a la atmósfera, se emplean filtros electrostáticos¹ para su captura. Mediante la electrización se logra atraer porciones de hollín y otras sustancias contaminantes que son retenidas en estos y luego desechadas convenientemente, esto permite escapar una menor cantidad de contaminantes al medio ambiente (fig. 2.9).



Fig. 2.9 Empleo de filtros electrostáticos en las industrias para reducir las emanaciones de partículas contaminantes a la atmósfera

Los cuerpos electrizados adquieren la propiedad de atraer visiblemente a otros cuerpos; por la interacción entre estos no puede diferenciarse el tipo de carga eléctrica adquirida por un cuerpo, o sea, de una varilla de vidrio frotada con seda, de la regla plástica frotada con papel, entre otras. Las varillas al ser electrizadas atraen pequeños pedazos de papel, cuando acercas otros cuerpos que se han electrizado observas diferentes manifestaciones, por ejemplo: las dos varillas de vidrio, las dos reglas plásticas y las láminas de nailon son del mismo material, no se atraen, sino se repelen. Si acercas la varilla de vidrio electrizada a la regla plástica o a las láminas de nailon electrizadas, estas se atraen.

Reflexiona

¿Son diferentes las cargas que adquieren los cuerpos de distintos materiales al ser electrizados?

¹ Filtros electrostáticos: dispositivos cargados eléctricamente.

Si aproximas dos láminas de acetato o de nailon que han sido frotadas con papel, observas que estas se repelen (fig. 2.10). En estos casos puedes decir que, los cuerpos a los que se han transmitido tipos de electricidad igual, se repelen mutuamente.

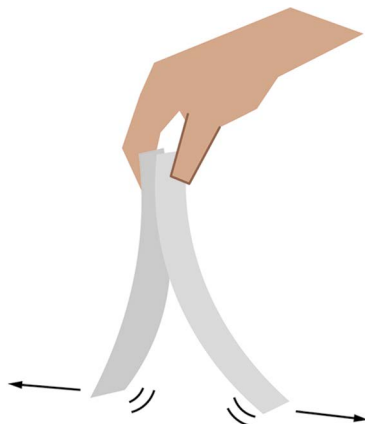


Fig. 2.10 Cuerpos electrizados del mismo material (láminas de acetato)

Acerca ahora la varilla de vidrio que fue frotada con una tela de seda a una pequeña regla plástica frotada con un papel, que cuelga de un cordel, observa qué ocurre, (fig. 2.11). Se puede observar que los cuerpos se atraen, lo mismo ocurre si acercas una varilla de vidrio que fue frotada con una tela de seda y una varilla de plástico o ebonita frotada con papel.

En estos casos puedes decir que, *los cuerpos a los que se les ha transmitido tipos de carga eléctrica diferente, se atraen mutuamente.*

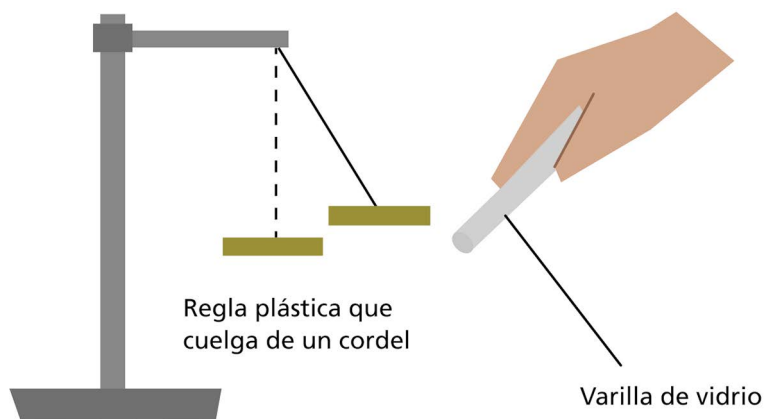


Fig. 2.11 Interacción entre dos cuerpos electrizados

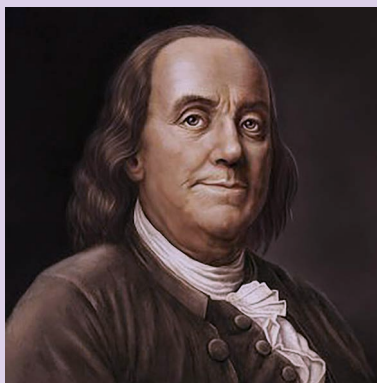


Conéctate con la historia

Según cuenta la historia, los antiguos griegos conocían que al frotar con piel un trozo de resina fósil que llamaban electrón (en la actualidad se conoce como ámbar, resina fósil transparente de color amarillo, producida por árboles que crecieron en la Tierra hace cientos de miles de años), esta adquiría la propiedad de atraer a otros cuerpos de materiales ligeros como: pajas, plumas de aves. Mucho después, más de 2 000 años, el físico y médico inglés William Gilbert (fig. 2.12 a), quien vivió entre los años 1544 y 1603 en Londres, Inglaterra, encontró que existen otros muchos materiales que también poseen esa propiedad. Benjamin Franklin (fig. 2.12 b), (1706-1790) político, escritor y científico norteamericano, después de realizar experimentos con diferentes materiales propuso denominar a las cargas eléctricas positivas y negativas, clasificación que fue un gran avance en la comprensión de los fenómenos eléctricos.



a



b

Fig. 2.12 a) William Gilber, b) Benjamin Franklin

Múltiples experimentos realizados por diferentes científicos y las demostraciones anteriores con los cuerpos de materiales iguales y diferentes, nos permiten llegar a la conclusión de que solo existen dos tipos de carga eléctrica.

La carga eléctrica obtenida por el vidrio (diamante, la amatista, la esmeralda) frotado con seda se denomina **positiva (+)** y si la clasificas de acuerdo con el tipo de material del que está constituido el cuerpo se denomina **vítrea**.

La carga obtenida por la regla de plástico (ebonita, plexiglás, ámbar, caucho, resina) al frotarse con papel, se llama **negativa (-)** y si la clasificas de acuerdo con el tipo de material del que está constituido el cuerpo se denomina **resinosa**. Estas denominaciones son convencionales y se han mantenido hasta nuestros días.

De ese modo, los experimentos han demostrado que existen dos tipos de cargas eléctricas, que convencionalmente se les denominó: **positivas y negativas** (fig. 2.13).



Fig. 2.13 Dos tipos de cargas eléctricas, negativa (-) y positiva (+)

Si analizas las interacciones entre estos cuerpos electrizados puedes decir que, los cuerpos electrizados interactúan de diferentes modos de acuerdo con el tipo de electricidad o de carga eléctrica que posea cada uno.

Ley

Ley cualitativa de las interacciones eléctricas

Los cuerpos electrizados con el mismo tipo de carga eléctrica (de un mismo signo), se repelen y los electrizados con diferente tipo de carga eléctrica (signos diferentes), se atraen.

En la figura 2.14 a se representan las interacciones eléctricas entre cuerpos que poseen iguales tipos de electricidad o de carga eléctrica, los cuales *se repelen*.

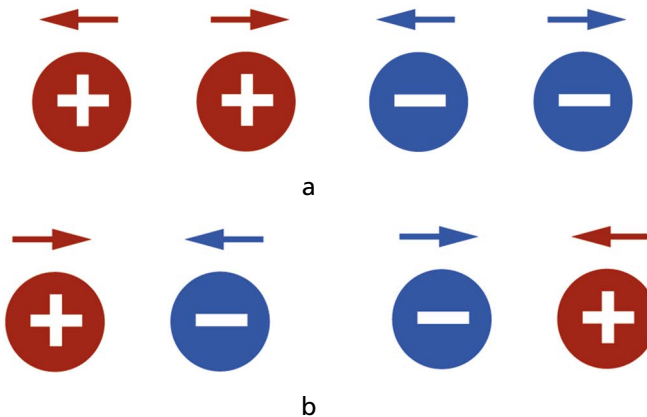


Fig. 2.14 Representación de las interacciones entre cargas eléctricas:
a) entre cargas iguales, las cuales se repelen;
b) entre cargas diferentes, las cuales se atraen

En la figura 2.14 b se representan las interacciones eléctricas entre cuerpos que poseen diferentes tipos de carga eléctrica los cuales *se atraen*.

Saber más

Para determinar si un cuerpo está cargado eléctricamente e, incluso, en algunos casos saber qué tipo de carga posee se emplea un instrumento que se denomina electroscope, así como el electrómetro que además de detectar si el cuerpo está cargado mide la carga eléctrica. Analiza con tu profesor cómo está constituido y su funcionamiento (fig. 2.15).



Fig. 2.15 Electroscope

Estás en condiciones de responder la pregunta de la reflexión inicial; la niña que se observa en la imagen (fig. 2.5) se encuentra bajo los efectos de tener su cuerpo cargado eléctricamente, en su cabeza cada cabello adquiere carga y ejerce una fuerza de repulsión sobre los demás, que resulta en el erizamiento que se observa. Lo mismo ocurre con los ejemplos expuestos en el inicio del epígrafe, si te ocurre un fenómeno similar te permitirá afirmar que estás en presencia del fenómeno de la electrización.

Física en acción

1. Acerca un cuerpo electrizado (regla plástica, peine, pedazo de tubería plástica) a un chorro fino de agua que caiga por la llave de agua (fig. 2.16 a), ¿qué ocurre? Justifica lo ocurrido.
2. Toma dos globos inflados, frota uno contra otro, amárralos a una cuerda e intenta unirlos, posteriormente, después de frotarlos nuevamente acerca uno de los globos a los pedacitos de papel (fig. 2.16 b), ¿qué ocurre, por qué sucede esto?

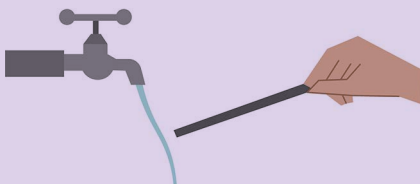
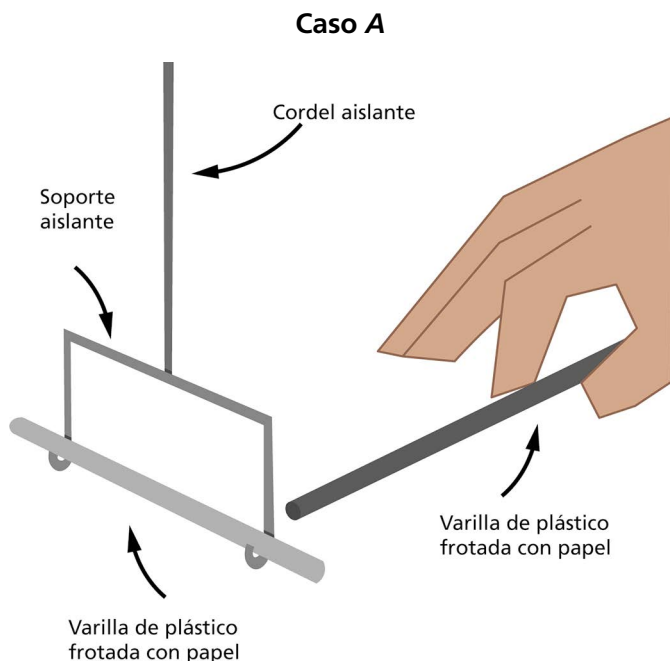


Fig. 2.16 Ejemplos de electrización:

- a) chorro fino de agua que es atraído por una varilla electrizada;
b) globo electrizado que atrae pequeños papeles

Tareas

1. Cita ejemplos de fenómenos eléctricos similares a los que se describen en el texto. ¿Qué característica común está presente en todos estos?
2. ¿Qué experimento realizarías para demostrar que un cuerpo que ha sido frotado adquiere carga eléctrica?
3. ¿Cómo demostrar que la carga eléctrica que adquiere una varilla de vidrio frotada con seda es distinta a la carga que adquiere una varilla de plástico frotada con papel?
4. ¿Qué sucede si dos varillas de plástico se electrizan con papel y se aproximan una a la otra? Justifica basándote en la ley correspondiente.
5. Identifica en los dos casos que se representan en la figura 2.17 (caso A y B) qué tipo de carga eléctrica posee cada uno de los cuerpos y el tipo de interacción. ¿En qué te basaste para tu selección?



Caso B

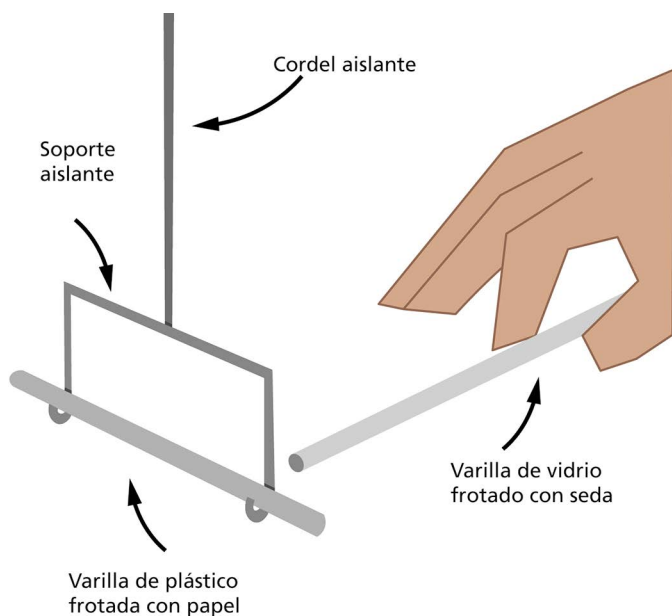


Fig. 2.17 Interacción entre cuerpos electrizados

2.3.1 Características principales de la interacción eléctrica

Después de haber realizado algunos experimentos en el epígrafe anterior, te debes haber percatado de que algunos cuerpos, aunque los frotas fuertemente, no se electrizan.

Reflexiona

¿Por qué unos cuerpos se electrizan al ser frotados y otros no?

Para responder esta pregunta realiza algunas actividades experimentales que te permitirán responderla. Frota nuevamente la varilla de metal y acércala a pequeños pedazos de papel. ¿Qué ha ocurrido?

Existen materiales que tienen la propiedad de distribuir su carga por toda su superficie y transferirla a otros cuerpos, por ejemplo, los metálicos. Si se frota la varilla metálica con las manos esta distribuye la carga eléctrica por toda su superficie y la transfiere del cuerpo humano a la Tierra, si lo haces con el guante esta no pasa a tierra pues el guante evita que esto ocurra.

Algunos materiales **conducen la electricidad** mejor que otros, los plásticos habituales conducen muy mal la electricidad, sin embargo, el cuerpo humano conduce la electricidad regularmente y los metales son muy buenos conductores de la electricidad. Por esta razón, es posible que una persona pueda mantener electrizado un cuerpo de plástico que sostenga con la mano, mientras que uno metálico no (fig. 2.18).

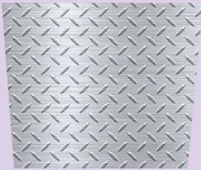
Saber más

Una de las características que diferencian a los conductores (metales) y los aisladores (plásticos, vidrios, porcelanas, entre otros), se basa en su capacidad para conducir la electricidad. Todos los materiales no distribuyen la carga eléctrica a través de su superficie, solamente los conductores en equilibrio electrostático mantienen la carga eléctrica en su superficie exterior.

Clasificación de los materiales de acuerdo con capacidad o no de conducir las cargas eléctricas

CONDUCTORES

Permiten el movimiento de las cargas eléctricas a través de ellos.



Ejemplos: los metales

AISLANTES

Retienen las cargas eléctricas sin permitir su desplazamiento hacia otras partes del cuerpo o a otros cuerpos.



Ejemplos: el caucho, los plásticos, el vidrio, la porcelana, la mica y el papel

SEMICONDUCTORES

Su capacidad de conducir las cargas eléctricas es mayor que la de los aislantes y menor que la de los conductores.



Ejemplos: el silicio, el germanio

Fig. 2.18 Distintos materiales, conductores, aislantes y semiconductores



Fig. 2.19 Interacción entre una varilla electrizada y los aros metálicos

Si a uno de los aros le acercas una varilla previamente electrizada, puede ser de vidrio o de plástico; observa que en los dos casos ocurre lo mismo. Se *atraen* y posteriormente se *repelen*.

¿Qué explicación puedes dar a la interacción que ocurre entre la varilla y los aros metálicos?

Realiza un experimento similar al anterior.

Experimenta y aprende

1. Acerca una varilla plástica electrizada a un tubito de papel metálico que cuelga y es enrollado de un cordel aislante. Describe lo observado.
2. Acerca ahora una varilla de vidrio electrizada al papel metálico. ¿Qué ocurre?

Cuando acercas una de las varillas (de plástico o de vidrio), al cilindro de metal (fig. 2.20) este es atraído por la varilla en los dos casos, por **inducción electrostática**, solo inicialmente. (Sobre este tipo de electrización

profundizaremos más adelante). Transcurrido un breve tiempo, se pone en **contacto** el cilindro de metal y cada una de las varillas y se repelen.

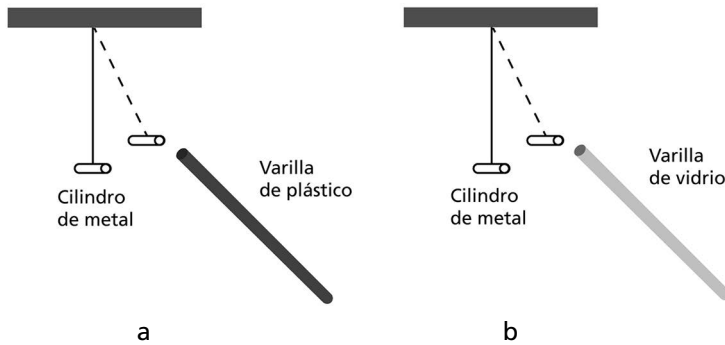


Fig. 2.20 Interacción entre cuerpo metálico neutro con varillas de distinto material electrizadas (a y b)

Lo descrito anteriormente evidencia que el cilindro de papel metálico adquiere el mismo tipo de carga eléctrica que la varilla al ponerse estos dos cuerpos en **contacto**. El cilindro de papel metálico (buen conductor de la electricidad) y debidamente aislado, se electriza, por lo que adquiere el mismo tipo de carga que la varilla. Entre estos dos cuerpos electrizados existe una fuerza de repulsión, hecho que se justifica por la ley cualitativa de las interacciones eléctricas estudiada en el epígrafe anterior.

Si la varilla de plástico es la que se acerca al cilindro de papel metálico y se ponen en contacto, y los dos cuerpos quedan cargados negativamente (fig. 2.21 a, b y c), se repelen (fig. 2.21 d), si es la varilla de vidrio, los dos cuerpos al ponerse en contacto quedan cargados positivamente y también se repelen.

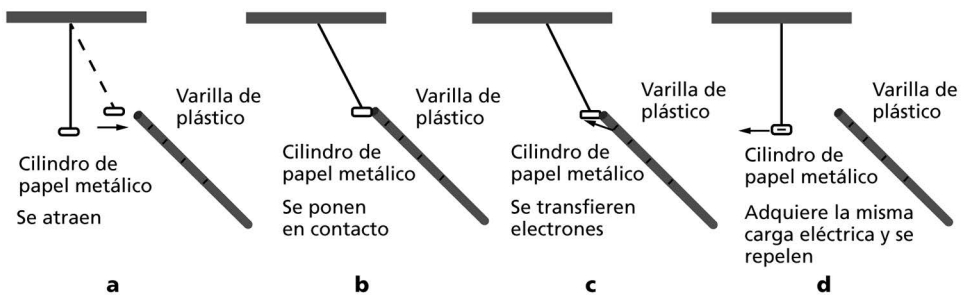


Fig. 2.21 Representación sobre la interacción entre varilla electrizada y cuerpo buen conductor neutro

Si un cuerpo neutro adquiere electrones de otro cuerpo posee una cantidad excesiva de electrones en comparación con la cantidad de protones, en estos casos está cargado negativamente.

En cambio, si un cuerpo neutro pierde electrones, tendrá una mayor cantidad de protones que electrones, en este caso está cargado positivamente.

Cuando una varilla de ebonita se frota con un paño de lana se carga negativamente, mientras que el paño de lana queda cargado positivamente. En este caso, los átomos del paño de lana retienen menos los electrones que están en su composición que los átomos de la varilla de ebonita, por eso los electrones pasan del paño de lana a la varilla de ebonita. De este modo el paño de lana tiene carencia de electrones, en tanto que la varilla de ebonita tiene exceso de estos.

Todos los cuerpos están compuestos por átomos y estos son neutros pues poseen la misma cantidad de protones (+) en el núcleo que de electrones (-) en la envoltura. El cuerpo que se carga negativamente posee exceso de electrones y se carga positivamente si existe defecto de estas partículas.

Analiza el caso en el que se atrae inicialmente el cilindro de papel metálico con cualquiera de las varillas, si la interacción es entre un cuerpo neutro y un cuerpo electrizado (fig. 2.24 A).

Los electrones se pueden desplazar con cierta facilidad dentro del átomo, por lo que, al acercar la varilla de plástico, con un exceso de carga eléctrica negativa, al cilindro de papel metálico, los electrones en este se alejan ligeramente del extremo más cercano a la varilla, queda ese extremo con carga positiva. (fig. 2.24 B). Por esta causa se manifiestan fuerzas de atracción entre el cilindro de metal y la varilla de plástico (por inducción).

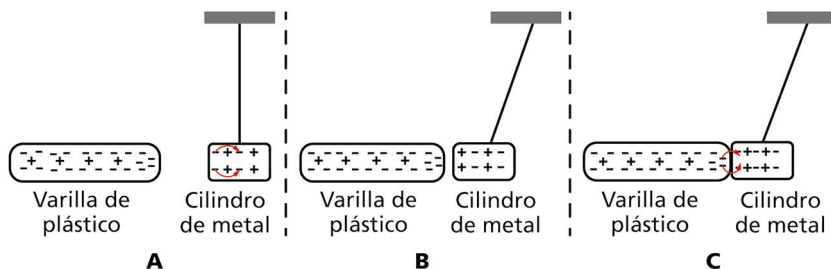


Fig. 2.24 Modelo de la atracción entre varilla de plástico electrizada y cuerpo buen conductor, neutro

En el siglo **xvi** William Gilbert encontró que otros muchos materiales tenían la propiedad de atraer a otros cuerpos al ser frotados, y por eso los denominó “**eléctricos**”, es decir, semejantes al electrón (al ámbar). En sus ensayos Gilbert halló que una serie de materiales no adquirían la propiedad de atraer otros cuerpos al ser frotados y denominó a tales materiales no eléctricos. Durante los siglos **xvi**, **xvii** y **xviii** otros muchos científicos también se ocuparon de la electrización, entre ellos Newton, el cual, desde 1675 y hasta principios del siglo **xviii**, llevó a cabo múltiples experiencias de este tipo.

En todas estas actividades experimentales realizadas te pudiste percatar de que los cuerpos que se han electrizado, con el tiempo vuelven a estar neutros, ¿cómo pudieras explicar este efecto?

En Cuba la humedad del aire (la cantidad de vapor de agua que contiene el aire), suele ser muy alta, lo cual dificulta apreciar la electrización de los cuerpos.

La electrización de los cuerpos puede lograrse con mayor facilidad cuando:

- ▶ colocas los materiales que se van a utilizar previamente al Sol,
- ▶ realizas las actividades experimentales a la luz del Sol o en una habitación con aire acondicionado,
- ▶ calientas previamente los materiales en una fuente de calor.

Estas acciones permiten disminuir la humedad del aire, la cual provoca que los cuerpos electrizados pierdan con facilidad su electrización por ser medianos conductores de la electricidad. Sin embargo, aún en condiciones de alta humedad se electrizan bien las láminas de acetato al ser frotadas con papel, también las reglas y bolígrafos plásticos. En los países fríos donde la humedad relativa es baja estas experiencias son mucho más comunes y fáciles de realizar.

Física en acción

1. Frota un globo inflado con una prenda de lana o con tu pelo y acércalo a la pared, a tu pelo nuevamente o puedes dejarlo subir, que se pegará en el techo. Lo curioso es que al cabo de cierto tiempo se despegará de donde estuvo adherido. ¿Por qué sucede esto? Apóyate en la figura 2.25.



Fig. 2.25 El globo cariñoso

Tareas

1. ¿Por qué puedes electrizar una tira recortada de una bolsa de nailon o plástico, frotándola con un papel, y no así una varilla de metal que sujetas con la mano?
 - a) ¿Qué pudieras hacer para intentar electrizar una varilla metálica?
2. En los esquemas de la figura 2.26 se representan cuerpos electrizados que interactúan.
 - a) Completa en el esquema, el tipo de carga eléctrica que posee cada uno de los cuerpos según el movimiento que se indica o representa el movimiento de estos, si se tiene en cuenta los tipos de carga eléctrica de los cuerpos que interactúan. Justifica cada caso.

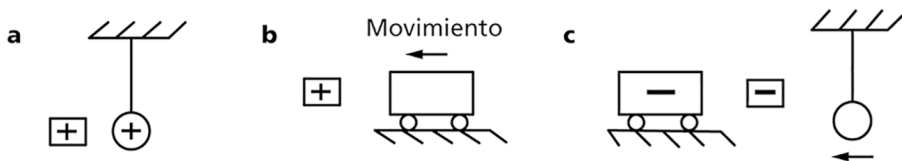


Fig. 2.26

-
- The diagram shows two pendulums, A and B, suspended from a horizontal bar. Pendulum A is on the left, with a shorter string and a smaller yellow bob. Pendulum B is on the right, with a longer string and a larger yellow bob. A blue rod is positioned vertically between the two bobs. Dashed vertical lines indicate the equilibrium positions for each pendulum.

d) Explica qué le ocurrirá al péndulo A al transcurrir un tiempo relativamente largo.

En octavo grado estudiaste que las fuerzas que se manifiestan entre los cuerpos son el resultado de la interacción entre estos.

Reflexiona

Los tiburones tienen la habilidad de localizar a sus presas, aunque estas se encuentren totalmente escondidas en el fondo del océano. ¿Por qué esto es posible?

107

Estudiaste que puede producirse interacción entre los cuerpos, sin que exista contacto directo, como es el caso de la interacción que se produce entre la Tierra y los cuerpos que se encuentran en sus proximidades, interacción que se lleva a efecto a través del campo gravitatorio. En general vimos que la Tierra interactúa con los cuerpos a través del campo gravitatorio mediante la fuerza de gravedad, además conoces que entre las moléculas y los átomos que son partículas que integran los cuerpos se manifiestan fuerzas de atracción y repulsión, sin necesidad de que estas partículas estén en contacto directo, ya que como sabes, están separadas a cierta distancia todo el tiempo.

Los experimentos realizados nos evidencian que la electrización de los cuerpos se manifiesta en el hecho de que estos ejercen fuerzas sobre otros cuerpos, las cuales pueden ser de **atracción** o de **repulsión** (fig. 2.28). Estas fuerzas se manifiestan estando los cuerpos separados, por ejemplo, al acercar una varilla de plástico electrizada a otra.

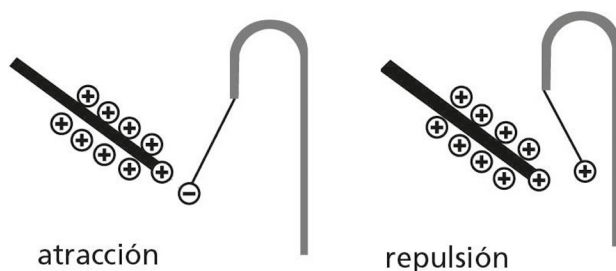


Fig. 2.28 La electrización de los cuerpos se manifiesta en el hecho de que estos ejercen fuerzas sobre otros cuerpos

En cada uno de los ejemplos se manifiesta la acción de los cuerpos electrizados sobre otros.

Reflexiona

¿Cómo se transmite la acción de un cuerpo electrizado a otro? ¿La acción de un cuerpo electrizado se transmite a otro cuerpo instantáneamente?

Si se acercan dos cuerpos electrizados, sin estar en contacto estos se atraen o se repelen, por lo que resulta lógico pensar que estas interacciones se producen mediante el aire que los circunda, los experimentos al vacío demuestran que las **interacciones eléctricas** se transmiten sin que

exista el aire u otro tipo de sustancia, necesitan de un **medio** para realizarse. Es conocido que la Tierra atrae a los cuerpos mediante el campo gravitatorio y entre estos existe cierta distancia.

En todos los experimentos realizados sobre electrización, existe una distancia entre los cuerpos que interactúan. Detengámonos en los que se ilustran en la figura 2.28. A pesar de mediar una distancia entre el cuerpo suspendido y la varilla electrizada, existen fuerzas de atracción y de repulsión, en dependencia del tipo de carga eléctrica que poseen estos cuerpos.

¿Por qué sucede esto?

La región que rodea a un cuerpo electrizado, adquiere la propiedad de ejercer fuerzas sobre otros cuerpos cargados eléctricamente, aspecto que no ocurre en la región que rodea a los cuerpos eléctricamente neutros. Esa propiedad se expresa en Física mediante el concepto de **campo eléctrico**. La fuerza con que el campo eléctrico actúa sobre el cuerpo cargado eléctricamente, recibe el nombre de **fuerza eléctrica**.

De lo anterior y de numerosas investigaciones se puede concluir que en todo el espacio que rodea a un cuerpo electrizado existe un **campo eléctrico** de la misma manera que se habla de un campo gravitatorio al espacio que rodea a la Tierra.

Aunque aparentemente no percibimos directamente el campo eléctrico por nuestros sentidos, sí puedes conocer de su existencia por los efectos que se manifiestan en los cuerpos próximos a este, incluido el tuyo.

Si se toman dos cuerpos electrizados y los acercas uno al otro, la fuerza entre estos aumenta, **no instantáneamente**. Los experimentos realizados a grandes distancias demuestran que las interacciones necesitan de un tiempo para transmitirse; este es muy breve para distancias relativamente pequeñas. En las naves espaciales que son dirigidas y controladas desde la Tierra, las señales de radio que envía una nave que se acerca al planeta Marte demoran aproximadamente cinco minutos en recibirse en la Tierra, en este caso la distancia es tan grande que el tiempo en transmitirse la acción es apreciable aun con instrumentos ordinarios.

Los cuerpos electrizados tienen asociado un campo eléctrico a través del cual se transmiten las fuerzas que se ejercen entre estos.



Conéctate con la historia

El eminente científico británico Michael Faraday (1791-1867), defendió sus ideas acerca del campo frente a la opinión de científicos de mayor preparación que él en la época, como Andrés María Ampere. De simple encuadernador de libros, se convirtió en uno de los hombres de ciencia más relevantes del siglo XIX y aún hoy asombra el alcance de su pensamiento científico, dado su bajo nivel académico.

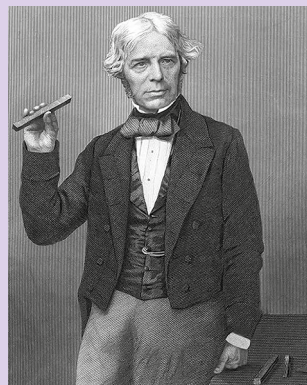


Fig. 2.29 Michael Faraday

El **campo eléctrico** es el encargado de las interacciones entre los cuerpos electrizados.



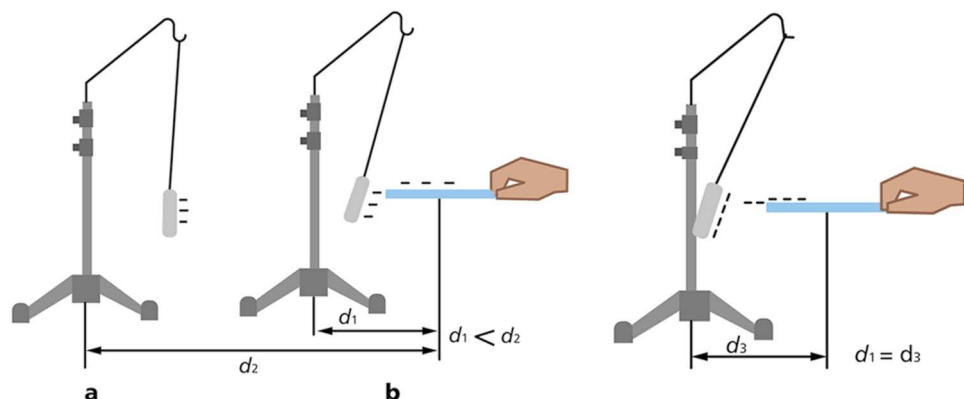
¿Sabías que...?

Los tiburones logran descubrir a sus presas porque detectan los débiles campos eléctricos producidos por sus contracciones musculares, esto se debe a la sensibilidad de los tiburones a los campos eléctricos ya que su cuerpo está lleno de canales que contienen una sustancia gelatinosa, un campo eléctrico, aunque débil genera una carga eléctrica que fluye por estos canales y dispara una señal en el sistema nervioso del tiburón, lo que provoca la orientación adecuada para encontrar a su presa.

Las interacciones eléctricas **no se transmiten instantáneamente**, sino emplean un **tiempo** muy corto y apenas perceptible por el hombre, pues la **velocidad** a la que ocurre es de aproximadamente **300 000 km/s en el vacío**.

Experimenta y aprende

1. Electriza una varilla de plástico y acércala a otra varilla de plástico también electrizada que cuelga de un cordel ambas frotadas con papel (fig. 2.30).
 - a) Acerca la varilla de plástico a la varilla que cuelga del cordel a una distancia de aproximadamente tres centímetros. Estima la distancia a la que se separa la varilla que cuelga de su posición inicial.



Numerosas investigaciones realizadas nos permiten plantear que **la acción del campo eléctrico del cuerpo electrizado depende de la distancia a la que se encuentren los cuerpos que interactúan con este y de la cantidad de carga que tenga cada uno de los cuerpos electrizados** (fig. 2.30).

El descubrimiento de la dependencia con la distancia a la que se encuentran los cuerpos electrizados y de la cantidad de carga que tenga cada uno estos, se debe al físico francés Charles Agustín Coulomb (1736-1806). Se recuerda por haber descrito de manera matemática la ley de atracción y repulsión entre cuerpos cargados eléctricamente. En su honor la unidad de carga eléctrica lleva el nombre de coulomb (C). Fue el primer científico en establecer las leyes cuantitativas de la electrostática, además de realizar muchas investigaciones sobre: magnetismo, rozamiento y electricidad.

Actividad

1. Busca la tabla periódica de tu libro de texto de Química. Anota los números atómicos de los elementos siguientes: hidrógeno, helio, oxígeno, sodio, silicio y cloro. Compare estos números atómicos y dibuja el diagrama de distribución electrónica de estos elementos químicos.

La ciencia ha propuesto varios modelos que permiten formar una imagen del átomo en la que los electrones (partículas con carga eléctrica negativa) se encuentran en movimiento a gran velocidad en torno a un núcleo en el cual se hallan partículas con carga eléctrica positiva (los protones) y otras sin carga eléctrica (los neutrones), como estudiaste en la asignatura Química. Muchas de las propiedades físicas y químicas de las sustancias son consecuencias de la forma en que los electrones ocupan esta última capa. El conjunto de capas de electrones que rodean al núcleo se denomina envoltura electrónica. Los átomos que tienen pocos electrones (uno; dos o tres) en su capa más externa, los retienen débilmente, mientras que los que poseen un número mayor los retienen con mayor fuerza. Dicha fuerza es tanto mayor cuanto más próximo a ocho electrones hay en la capa externa y menos capas tiene el átomo. Por esta causa, en determinadas condiciones los primeros pueden perder con facilidad los electrones, mientras que los que tienen cinco o más electrones en su última capa pueden capturar electrones adicionales (los que tienen cuatro no son propensos ni a capturar ni ceder electrones).

Aquellos átomos que han perdido uno o varios electrones dejan de ser neutros y predominan en estos la carga positiva, entonces se denominan cationes o iones positivos. Los átomos a los que se les agrega uno o varios electrones adquieren carga negativa en exceso y se convierten en aniones o iones negativos (fig. 2.31).

La explicación de los fenómenos sobre la electrización, analizados hasta el momento y que sirve de base para todo el estudio posterior de los fenómenos eléctricos y electromagnéticos, ocurre en la propia naturaleza de la estructura de la sustancia, donde al frotar un cuerpo se suministran o quitan electrones a los cuerpos que quedan electrizados. Por efecto del frotamiento se produce intercambio de electrones entre los cuerpos que se frotan y se electrizan.

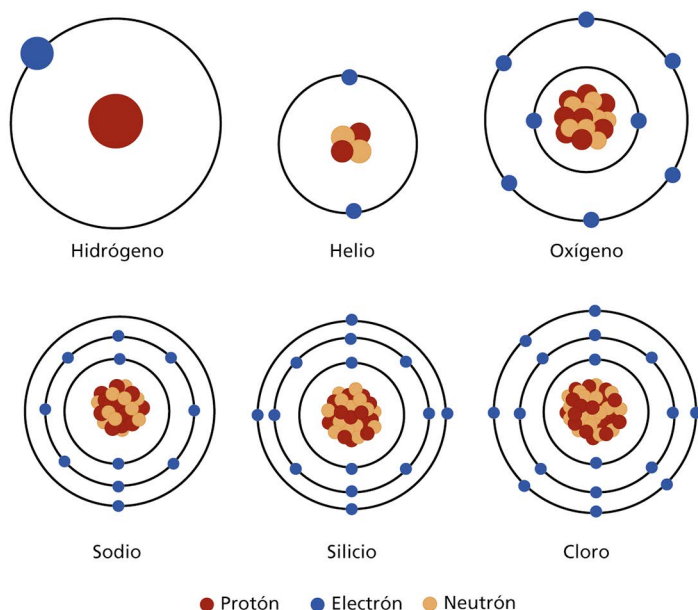


Fig. 2.31 Representación de átomos de diferentes sustancias

Reflexiona

¿Cómo pudieras explicar la electrización de los cuerpos, si sabes que en el interior de estos hay electrones y protones?

En los cuerpos sólidos cristalinos, los átomos se distribuyen en un orden estrictamente determinado, por todo su volumen, forma una red espacial en la que los átomos quedan ubicados muy cerca unos de otros.

En el caso de los metales, los átomos poseen pocos electrones en su capa más externa, los cuales están débilmente enlazados a su núcleo, por lo que existe un número elevado de electrones libres que pueden desplazarse en su interior con cierta facilidad. Estos electrones reciben el nombre de libres o de conducción y son los responsables de la conducción de la corriente eléctrica en los materiales.

En el caso de los aisladores no hay posibilidad de encontrar electrones libres en la sustancia como es el caso del vidrio, el plástico y el papel entre muchas. Otras sustancias forman iones como en el caso del cloruro de sodio (NaCl) en estado sólido, en los que la fuerza de atracción eléctrica entre sus iones le confiere gran estabilidad, que al disolverse en agua son

conductores debido a la separación de sus iones. En condiciones normales los gases como, por ejemplo, el aire, son aisladores, a altas temperaturas, por lo general no lo son.

Reflexiona

¿Cómo se explica desde el punto de vista de la estructura interna de los cuerpos, la atracción que ejerce un cuerpo electrizado sobre uno neutro?

El conocimiento de la estructura y el comportamiento de los componentes del átomo, así como las características de las sustancias aisladoras y de las sustancias conductoras permite explicar los fenómenos de la electrización de diferentes tipos de sustancias.

Los protones, por estar ubicados en los núcleos de los átomos que integran a los cuerpos sólidos, no se pueden desplazar con la misma facilidad que los electrones, los únicos capaces de trasladarse de un átomo a otro, o a través de la estructura de los cuerpos, son los electrones libres.

Analiza qué sucede cuando electrizamos una varilla plástica. Sabes que, al frotar la varilla con papel, esta se carga negativamente y el papel positivamente, estos dos cuerpos son aisladores, por tanto, no tienen electrones libres, atraen a los electrones de la última capa con diferente intensidad.

En la varilla plástica los núcleos de los átomos atraen con mayor fuerza a los electrones de su última capa, comparados con el papel en la cual los núcleos de los átomos no atraen con tanta fuerza a los electrones de su última capa.

Si se pone en contacto la varilla con el papel, en la zona de contacto, los núcleos de los átomos del plástico atraen (arrancan) electrones de la capa más externa de los átomos del papel, como consecuencia se produce una transferencia de electrones de los átomos del papel a los de la varilla de plástico, los cuales los retienen en su última capa sin posibilidad de que puedan desplazarse libremente por el interior de su estructura por ser materiales no conductores de la electricidad. Esta es la razón de que en la varilla de plástico la carga eléctrica es negativa en la zona de contacto (capta electrones), mientras que el papel adquiere una carga igual, positiva (cede electrones). En los dos cuerpos la carga adquirida permanece aislada en esa zona de contacto sin poder trasladarse de esta (fig. 2.32).

Cuando una varilla de plástico es frotada con un papel, se transfieren electrones del papel a la varilla, debido a la conservación de la carga, cada electrón añade carga negativa a la varilla plástica, y una cantidad igual de carga positiva queda atrás en el pedazo de papel (fig. 2.32).

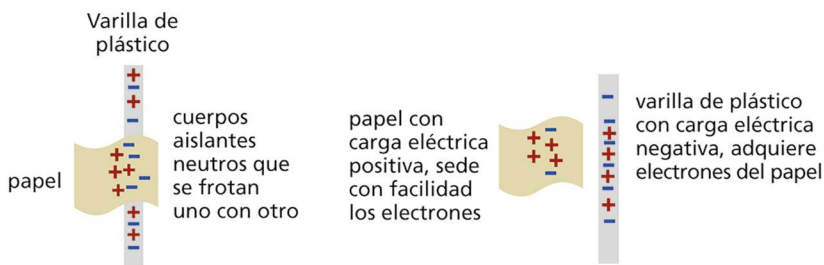


Fig. 2.32 Modelo de electrización por frotamiento

Reflexiona

Durante el proceso de electrización no se crean cargas eléctricas, solo ocurre una redistribución de estas, o sea, se transfieren de un cuerpo a otro.

Los cuerpos electrizados expuestos al aire libre se descargan paulatinamente debido a que ceden o captan electrones del aire que los rodea. Si la atmósfera contiene un alto grado de humedad este proceso se acentúa o incluso hace imposible la electrización de los cuerpos, debido a que sobre su superficie se forma una película delgada de humedad que interactúa con los electrones que se van a transferir de un cuerpo al otro. Las superficies en contacto deben estar libres de polvo, grasa o suciedad que puedan ocasionar la imposibilidad de cargarlos eléctricamente.

¿Qué ocurre al tratar de electrizar un cuerpo metálico debidamente aislado?

Toma un papel metálico y enróllalo formando un tubito o cilindro metálico, cuélgalo de un cordel aislante (fig. 2.33.a).

Si le acercas al tubito metálico neutro una varilla cargada negativamente (con exceso de electrones), sin tocarlo, la varilla cargada negativamente repele los electrones libres del metal, los que se mueven hacia el extremo más alejado del tubito (fig. 2.33 b). Como resultado, el extremo del cilindro más cercano a la varilla queda con carga eléctrica positiva (por déficit de electrones). El cilindro en su conjunto sigue siendo neutro, ya que no ha ganado ni perdido electrones, solo se ha redistribuido su carga. En este caso la electrización es por **inducción**. Las cargas en el cilindro se separan temporalmente debido a la influencia de la varilla cargada, por esta forma de electrización se le llama también por **influencia**. Si se aleja la varilla del cuerpo metálico los electrones vuelven a su distribución original.

Debido a la atracción entre la varilla y el tubito metálico se tocan, los electrones excedentes de la varilla pasan al tubito y ocurre una electrización por **contacto** (fig. 2.33 c), los dos cuerpos con cargas del mismo tipo se repelen y el tubito se aleja de la varilla (fig. 2.33 d).

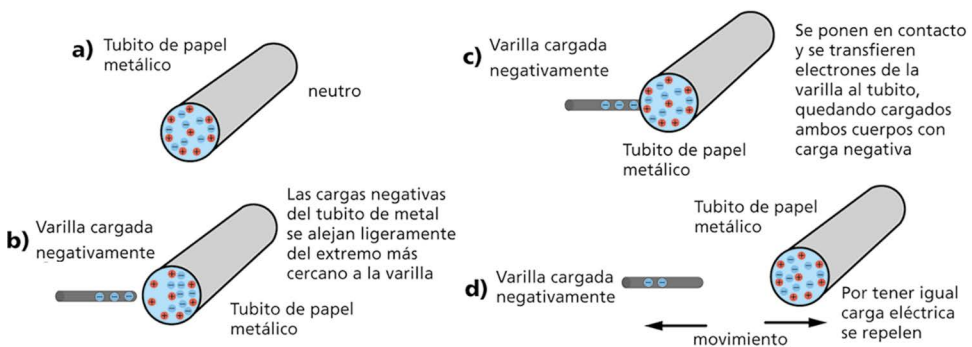


Fig. 2.33 Modelo simplificado para ilustrar el proceso de atracción de un material conductor con un cuerpo electrizado previamente

Estos electrones no se quedan localizados en la zona de contacto, como sucede con los aisladores, sino que se distribuyen entre los átomos que forman el cuerpo (tubito de papel metálico) y no escapan a la tierra porque el cordel no es conductor de la carga eléctrica y el papel metálico queda electrizado negativamente y se repelen.

Si se transfiere carga eléctrica de una esfera metálica electrizada (1) a otra esfera neutra (2) igual a la primera, la carga se dividirá en dos partes iguales. Si la esfera no cargada eléctricamente, tiene mayor tamaño que la primera, más de la mitad de la carga pasará a la esfera (2). Mientras mayor

La esfera terrestre es muy grande en comparación con los cuerpos que se encuentran sobre esta. Por eso un cuerpo cargado negativamente al ponerse en contacto con la Tierra, cede a esta prácticamente toda su carga de modo que se convierte en un cuerpo eléctricamente neutro. Por el contrario, si el cuerpo está cargado positivamente, pasará carga de la Tierra al cuerpo neutralizándolo eléctricamente.

En la vida cotidiana los camiones (fig. 2.34) que deben transportar líquidos inflamables van cargándose eléctricamente por la fricción con el aire y el roce interior del líquido con el tanque, mientras que las gomas están hechas a base de caucho que impide que esta carga en aumento vaya a Tierra, lo que puede provocar una descarga eléctrica en forma de chispa que inflame el combustible. ¿Cómo evitar que ocurra una explosión a causa de una posible chispa que pueda producirse ocasionalmente? Quizás hayas notado que de la parte metálica trasera del camión cuelga una cadena hasta tocar el suelo y es arrastrada por este a medida que se desplaza por las calles. Su finalidad es la de permitir que la carga eléctrica acumulada por fricción en el camión pase a Tierra o se neutralice según sea el caso, de modo que el sistema camión combustible va “descargándose” continuamente.

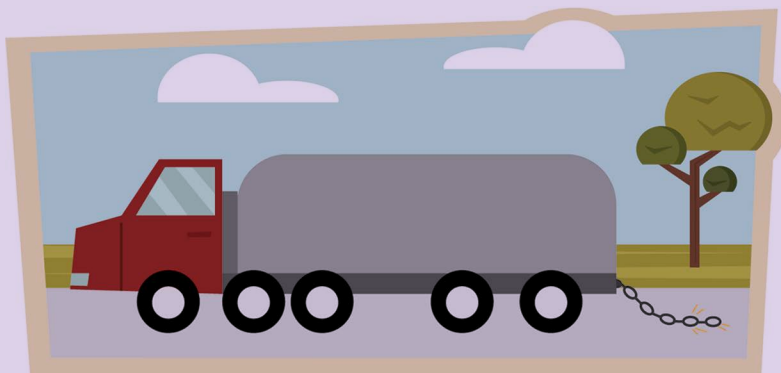


Fig. 2.34 Camión que arrastra por el suelo o pavimento una cadena que permite que la carga eléctrica acumulada por fricción en el camión se neutralice

Actividad

1. La figura 2.35 muestra la interacción que se produce entre un péndulo metálico (A) aislado por un cordel de seda y una varilla de ebonita (B) que se ha frotado con un pedazo de papel.

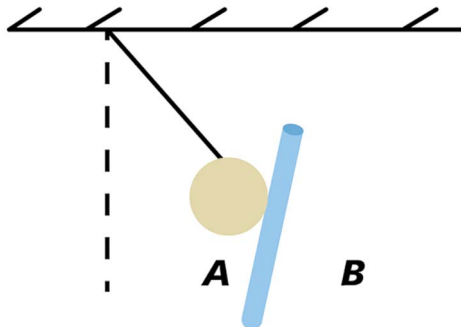


Fig. 2.35

- ¿Qué tipo de carga eléctrica posee la varilla?
- ¿Qué tipo de interacción se producirá entre estos cuerpos, transcurrido un tiempo? Fundamenta tu respuesta.
- ¿Qué medio hace posible estas interacciones?
- ¿En qué condiciones eléctricas queda la esfera (A) al retirar la varilla?
- ¿Qué ocurre al tocar con el dedo la esfera?

Saber más

Un ejemplo de electrización que no puedes dejar de mencionar es el que ocurre al apagar un televisor de cañón electrónico (como el del Panda). Normalmente durante su funcionamiento la parte frontal del tubo de pantalla está bombardeada por electrones emitidos por el cañón electrónico (parte posterior) los que al llegar a este producen una iluminación que se traduce en imágenes. Luego de este recorrido los electrones son enviados por un proceso electrónico la "tierra" del equipo. Si en el momento de apagarlo acercas un brazo a la pantalla notarás que los vellos se erizan y si la habitación está oscura podrás observar pequeñas chispitas saltar de esta a tus dedos si la distancia es pequeña. Te aconsejamos no repetir el proceso de encendido y apagado para no dañar este útil equipo. Esta forma de electrización no corresponde a las estudiadas anteriormente (la producida por contacto, fricción o la de inducción), en este caso se corresponde al bombardeo de electrones, es otra forma de adquirir cargas eléctricas.

Investiga

Realiza una búsqueda sobre el principio de funcionamiento de las impresoras que se usan en la actualidad y debate con tus compañeros en el aula cómo lo estudiado hasta el momento ha sido útil para comprender su funcionamiento.

Física en acción

1. ¿Qué sucederá si acercas una varilla electrizada a un huevo vacío?
(fig. 2.36)

Materiales:

Un huevo al que se le ha extraído cuidadosamente todo su interior, a través de un pequeño orificio.

Un pedazo de tubería plástica previamente electrizada (puede ser peine plástico, bolígrafo plástico, o material similar).

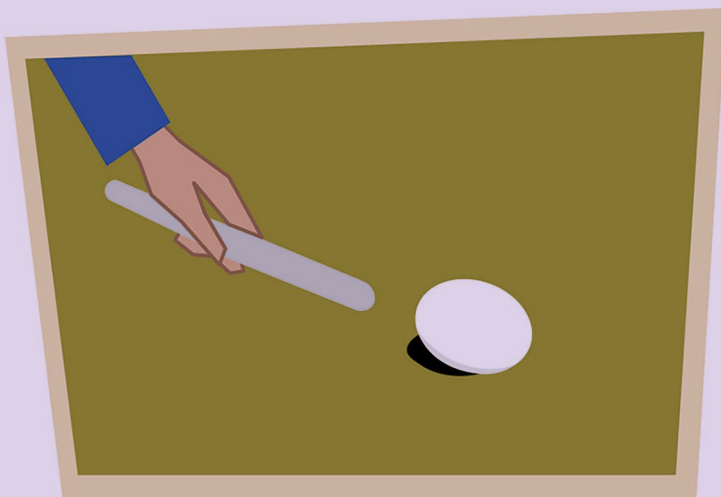


Fig. 2.36 La varita mágica

2. Acerca el cuerpo plástico previamente electrizado a dos centímetros aproximadamente del huevo vacío, repite la actividad, en este caso se aleja un poco más el cuerpo plástico.
3. Repite la actividad, esta vez electriza el cuerpo levemente y posteriormente intensifica la electrización frotando más fuertemente, acerca el cuerpo plástico en los dos momentos, a la misma distancia
4. Observa lo ocurrido en todos los casos, explica con tus palabras lo ocurrido basándote en lo estudiado en este epígrafe.

Tareas

1. Realiza la actividad experimental siguiente:

Medios: regla de 1,0 m o cualquier regla grande u objeto similar liso, bombillo o cualquier cuerpo esférico pulido (para que la fuerza de rozamiento sea mínima) y una varilla cargada eléctricamente. Coloca la regla encima del bombillo en equilibrio estático (fig. 2.37).

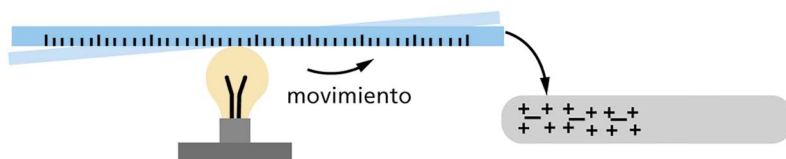


Fig. 2.37

- a) Acerca la varilla electrizada a la regla. ¿Qué ocurre con la regla? Justifica lo observado.
2. ¿En qué se diferencia el espacio que rodea a un cuerpo electrizado, del espacio que rodea al mismo cuerpo cuando no está electrizado?
3. En el esquema de la figura 2.38 se representa una varilla de vidrio frotada con seda que interactúa con dos péndulos electrizados (1 y 2). Selecciona la respuesta más completa:

- a) ¿Qué tipo de carga eléctrica tiene la varilla?

___ positiva ___ negativa ___ neutra

- b) ¿Qué tipo de carga eléctrica tienen los péndulos?

___ 1 y 2 negativa ___ 1 y 2 positiva ___ 1 positiva y 2 negativa

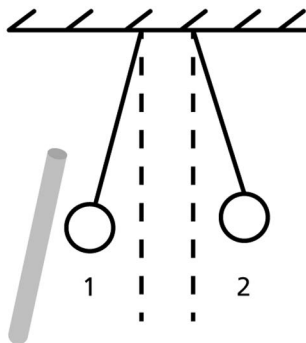


Fig. 2.38

- 5.1 ¿Qué tipo de carga tiene la varilla?
- 5.2 ¿Qué tipo de carga tienen las esferas *A* y *B* con relación al tipo de interacción? Fundamenta tu respuesta.
- 5.3 ¿Qué le ocurre a la intensidad de la interacción de las esferas *A* y *B* con la varilla si esta se aleja? Justifica tu respuesta.
6. Compara los aspectos esenciales que caracterizan la atracción eléctrica y la gravitatoria.
7. Explica la atracción de un cuerpo electrizado sobre otro neutro a partir de la estructura interna de los cuerpos, si este es:
- un cuerpo metálico
 - un cuerpo plástico o pequeños papeles.
8. Observa el esquema de la figura 2.40 que representa la interacción entre dos esferas de vidrio *A* y *B* cargadas eléctricamente y responde:
- ¿Qué tipo de carga eléctrica tienen los cuerpos *A* y *B*? Justifica tu respuesta.
 - ¿Dónde será mayor la intensidad del campo eléctrico que rodea a la varilla, en *A* o en *B*? Justifica tu respuesta.

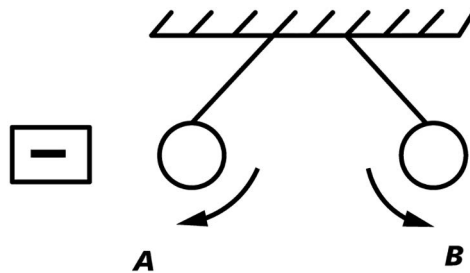


Fig. 2.40

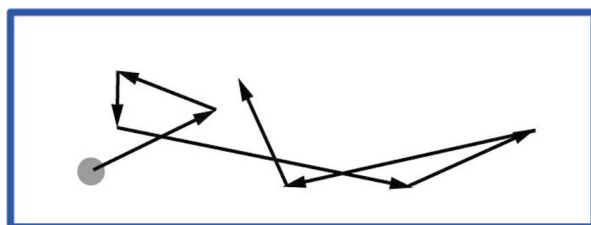
9. Se tienen cuatro péndulos electrizados y aislados que interactúan entre sí de modo que el péndulo *A* repele al *B*, al mismo tiempo que el *A* atrae al *C* y este último repele al *D*. Si el péndulo *D* se electrizó al ponerlo en contacto con una varilla de vidrio después de ser frotada con un paño de seda (**concurso**):

- ## 2.4 Corriente eléctrica

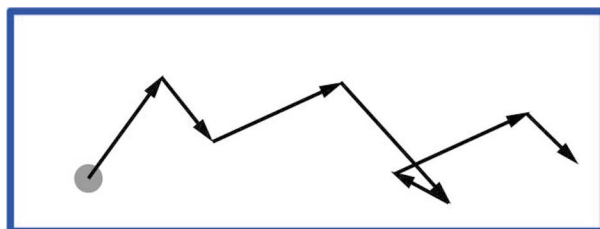
¿Será correcto decir que se ha ido la luz cuando hay un apagón?

123

Corriente eléctrica es el movimiento de partículas portadoras de carga eléctrica (electrones, iones u otras partículas cargadas) en determinada dirección y sentido (fig. 2.41).



a



b

Fig. 2.41 Representación esquemática de: a) el movimiento desordenado de las partículas de un sólido metálico; b) el movimiento de la partícula al circular corriente eléctrica

En la tabla 2.1 se relacionan estados de agregación de las sustancias y sus portadores de carga.

Tabla 2.1

Estado de agregación del conductor	Portadores móviles de cargas
Sólidos (metal)	electrones
Líquidos	iones positivos y negativos
Gases	iones positivos y negativos

Investiga

Investiga sobre el descubrimiento del pararrayo y su funcionamiento. ¿En qué consiste el "rayo"?

Saber más

El mástil metálico en la parte superior del edificio *Empire State*, el rascacielos más alto del mundo por más de 40 años hasta 1972, con 443,2 m de altura, (fig. 2.42) actúa como pararrayos. El edificio es azotado por rayos hasta 500 veces al año.



Fig. 2.42 Edificio Empire State

Las partículas de los cuerpos están en constante movimiento desordenado, los electrones y los iones de los materiales conductores también lo están. Este movimiento desordenado es el **movimiento térmico de las partículas**.

La corriente eléctrica es el movimiento del conjunto de las partículas en una dirección y sentido definido (**movimiento ordenado**).

Reflexiona

¿A qué velocidad se moverán estos electrones al poner en funcionamiento una linterna? ¿Será instantáneo el movimiento de estas partículas o necesita de un tiempo?

La velocidad de **traslación** del movimiento de los electrones en un conductor metálico es pequeña, de aproximadamente algunos milímetros por segundo. De esta forma se mueven los electrones libres de un átomo a otro impulsados por el campo eléctrico al accionar el interruptor.

Sin embargo, como el campo eléctrico se propaga dentro de un conductor metálico a una velocidad muy grande, del orden aproximadamente

de los 300 000 km/s (varía de acuerdo con el medio), prácticamente al accionar el interruptor los electrones libres comienzan a moverse casi instantáneamente a todo lo largo del conductor. Precisamente la velocidad de propagación del campo eléctrico a lo largo del circuito es la que determina que, al cerrar el interruptor, los equipos eléctricos comiencen a funcionar casi simultáneamente con el cierre del circuito (incluso el pequeño retardo que a veces se nota, se debe a otros factores).

Reflexiona

¿Cómo puedes generar corriente eléctrica? ¿Qué condiciones tendrán que existir para que circule una corriente eléctrica? Sugiere algún procedimiento para “producir” corriente eléctrica.

Supón que se tienen dos varillas electrizadas, una de plástico (cargada negativamente) y otra de vidrio (cargada positivamente) separadas a cierta distancia. Ahora une ambas varillas por medio de un conductor metálico. Durante un tiempo muy breve circulará una corriente eléctrica de una varilla a la otra hasta ocurrir un equilibrio de las cargas en este sistema (fig. 2.43).

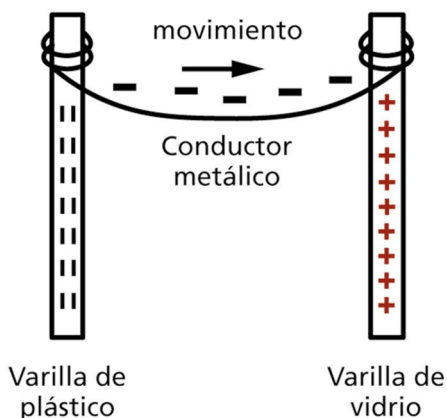
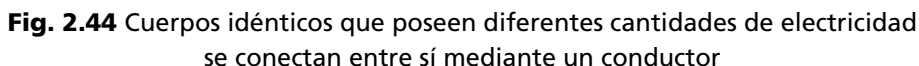


Fig. 2.43 Varillas electrizadas unidas por medio de un conductor metálico

El montaje del circuito como el que se muestra en las figuras 2.44 a y b, permite generar corriente eléctrica si utilizas dos cuerpos, uno de estos con cierto exceso de cargas eléctricas con respecto al otro. Los cuerpos se ponen después en contacto directo o se conectan entre sí mediante un conductor.



Para que circule la corriente eléctrica por un conductor es necesaria la existencia de un campo eléctrico que actúe sobre las partículas cargadas del conductor.

¿Cómo generar corriente eléctrica continuamente?
¿Cómo lograr que una corriente eléctrica de mayor duración sea capaz de poner en funcionamiento un bombillo, por ejemplo, cinco horas?

127

se denominan fuentes o generadores (fig. 2.45). Ejemplos de estos son, las habituales pilas, baterías y celdas solares, y los generadores utilizados en las centrales eléctricas.

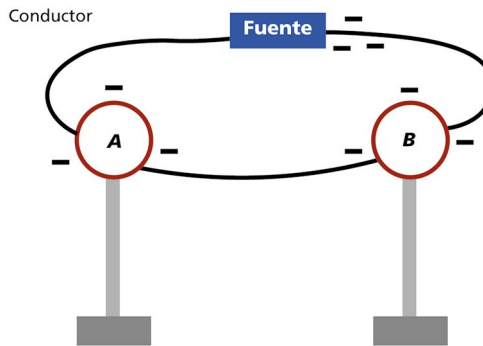


Fig. 2.45 Fuente de corriente eléctrica conectada con conductores a dos cuerpos, uno con exceso de electricidad con respecto al otro

La función de las fuentes o generadores es provocar un exceso de carga eléctrica (electricidad) en cierta parte de un circuito en relación con otra que provoca, un campo eléctrico a través de él y restablecer continuamente la energía potencial electrostática que se transforma en energía de la corriente eléctrica.

Las fuentes de corriente eléctrica son dispositivos capaces de mantener un campo eléctrico de mayor duración donde se necesita establecer una corriente eléctrica. En estas se acumulan las partículas con carga eléctrica negativa en el polo negativo y las positivas en su polo o extremo opuesto. Al unir mediante un conductor los extremos circula una corriente eléctrica debido al campo eléctrico.

Análogamente con el campo gravitatorio, en el cual un cuerpo a cierta altura sobre una superficie posee energía potencial gravitatoria que puede transformarse en energía cinética, es necesario que un agente realice trabajo para que el movimiento continúe. Esto ocurre cuando el cuerpo alcanza la superficie, realiza el trabajo y es trasladado de nuevo a la altura inicial.

La fuente de energía eléctrica tiene esa misma función, pero con un proceso muy diferente al gravitatorio, como se explica a continuación.

La acumulación de cargas eléctricas en los polos se realiza a expensas de la energía química (en pilas y acumuladores), la energía generada en centrales eléctricas (como hidroeléctricas) y de la energía solar (celdas fotoeléctricas) (fig. 2.46). Estas restablecen continuamente la energía potencial eléctrica que constantemente pasa a otra forma en los consumidores. Los tomacorrientes

que usualmente empleas en tu casa o escuela no constituyen fuentes de corriente eléctrica, son tomas cuya energía proviene de una fuente de electricidad que se encuentra más distante, por ejemplo, una termoeléctrica.



Fig. 2.46 Fuentes de corriente eléctrica, acumulador, pilas, baterías, dinamo, tendido eléctrico

Reflexiona

Menciona los tipos de pilas y baterías que conoces. ¿Cómo funciona cada una de estas desde el punto de vista de la energía?

Pilas secas (fig. 2.47), pilas de los relojes, los acumuladores o baterías, las pilas recargables, las pilas o celdas solares. Todos estos tipos de pilas y baterías pueden clasificarse en dependencia del tipo de energía que emplean para restablecer la energía eléctrica entre sus terminales: energía química o de enlace de las moléculas y átomos; luminosa; térmica.



Fig. 2.47 Pilas utilizadas en el hogar

Pilas electroquímicas

\$ Conéctate con la historia

Durante los siglos XVIII y XIX se idearon varios mecanismos basados en la electrización por frotamiento denominados máquinas electrostáticas que permitían mantener un campo eléctrico un tiempo relativamente mayor, debido a las pérdidas por rozamiento, y la poca eficiencia de estas máquinas, no se generalizó como fuentes habituales de corriente eléctrica. En el año 1800 fue inventada por Alejandro Volta la primera pila eléctrica.

El fundamento de las pilas electroquímicas es la electrización de los metales al entrar en contacto con los electrólitos. Todos los metales tienden a disolverse en los electrólitos. Si se introduce, por ejemplo, una lámina de zinc en agua acidulada con ácido sulfúrico, pasan iones de zinc a este, queda la lámina cargada negativamente (el zinc, si es puro, reacciona con el ácido solo inicialmente, pues pronto los iones de hidrógeno forman alrededor de él una capa aisladora). Si en el electrólito se introduce una lámina de cobre, apenas pasan iones a la disolución.

Por eso, si el zinc y el cobre se unen mediante un conductor (lo cual ocurre en algunas pilas comerciales de 1,5 V) se produce una corriente eléctrica. En este caso, la energía para el funcionamiento continuo de la pila se obtiene mediante la reacción química, la cual solo tiene lugar cuando el cobre y el zinc se conectan entre sí, en una disolución generalmente pastosa (fig. 2.48).

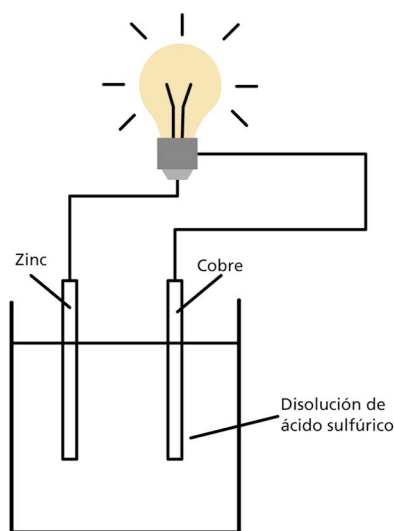


Fig. 2.48 Reacción química, donde el cobre y el zinc se conectan entre sí, en una disolución generalmente pastosa

La primera aplicación de la pila solar fue en las naves espaciales (fig. 2.49). En la actualidad se utilizan en calculadoras de mano y en paneles solares que pueden abastecer de corriente eléctrica a pequeñas localidades, en el laboratorio cuentan con el carrito solar (fig. 2.49) y en Cuba tiene una amplia utilidad sobre todo en lugares montañosos. Su utilización es cada vez más extendida, por ejemplo, en las señalizaciones del tránsito pueden jugar un papel importante, pues el funcionamiento de la señal luminosa no depende de un posible corte de la corriente eléctrica por déficit o por una avería. En general hoy se construyen para recargar una amplia gama de equipos (radios, reproductores de música, linternas y lámparas, entre muchas otras).

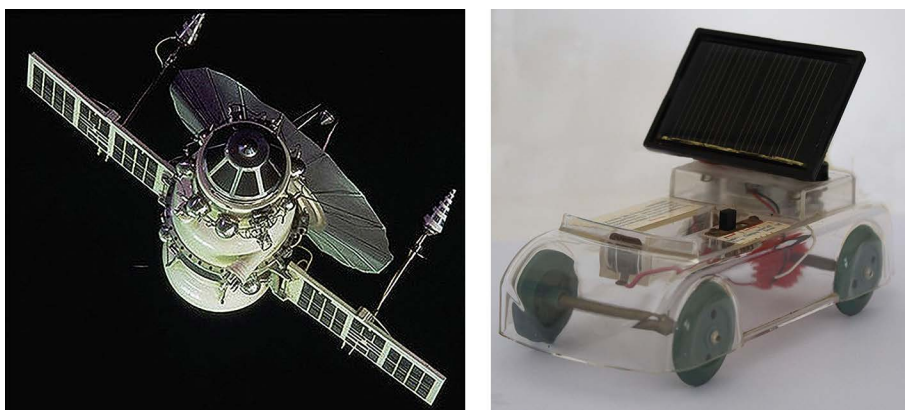


Fig. 2.49 Paneles solares en naves espaciales y el carrito solar de nuestros laboratorios

Indaga acerca de diversas aplicaciones de las celdas solares en la actualidad.

Además de las pilas electroquímicas, el empleo de celdas solares se ha extendido notablemente, al incidir la radiación solar en estas se produce la transformación de energía luminosa en eléctrica. Su uso se extiende desde aplicaciones en la vida diaria como en las calculadoras con celdas

solares incorporadas, radios, paneles solares en escuelas donde no llega la red eléctrica en lugares muy intrincados y de difícil acceso, y diversos centros de trabajo hasta novedosas técnicas ecológicas como autos que en el futuro transitarán por nuestras calles con su parte superior convertida en un panel solar.

En el cosmos funcionan durante años satélites espaciales como el telescopio espacial Hubble cuya principal fuente de energía se obtiene de celdas solares y se acumula mediante baterías o acumuladores.

En las pilas, la energía necesaria para mantener la corriente eléctrica se obtiene mediante reacciones químicas, elevación de temperatura, radiación. La región de la pila donde se acumula carga positiva se denomina terminal (o polo) positivo y la región donde se acumula carga negativa, terminal (o polo) negativo.

+ ¿Sabías que...?

Quizás hayas oído o conocido que ciertas personas llevan un marcapasos en su cuerpo. Este dispositivo es altamente costoso en nuestro país, ya que debe comprarse en el exterior, y en estos momentos se nos dificulta obtenerlo directamente del país productor. Sin embargo, se coloca gratuitamente a los pacientes necesitados. Este dispositivo permite un funcionamiento más efectivo del corazón y funciona con una batería que debe durar un tiempo considerable, ya que no sería conveniente cambiarla anualmente, y someter a las personas a continuas cirugías.

Otras fuentes de corriente eléctrica están constituidas por los acumuladores (fig. 2.50), los cuales tienen una gran utilización en la técnica moderna.



Fig. 2.50 Acumuladores

Reflexiona

Intenta realizar un diagrama del circuito eléctrico (fig. 2.51) de una linterna.

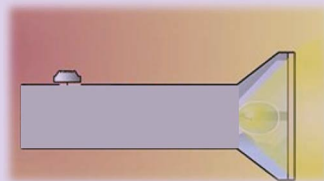


Fig. 2.51 Linterna

Para realizar este diagrama es necesario que reflexiones acerca de cómo llega la electricidad (la energía eléctrica) al bombillo de la linterna e intenta precisar los elementos principales que intervienen.

Experimenta y aprende

1. Si analizas una linterna común (fig. 2.52), ¿cuáles son las partes que la conforman?

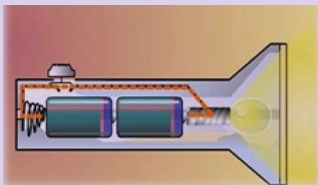


Fig. 2.52 Linterna común

2. Utiliza la maleta del set de electricidad (fig. 2.53), intenta seleccionar los dispositivos necesarios para realizar un montaje que se corresponda con el de una linterna. ¿Consideras que tienes todo lo necesario?



Fig. 2.53 Set de electricidad

Compara el sistema eléctrico realizado por ti con el que aparece en la figura 2.54 e intenta rectificar los posibles errores cometidos.

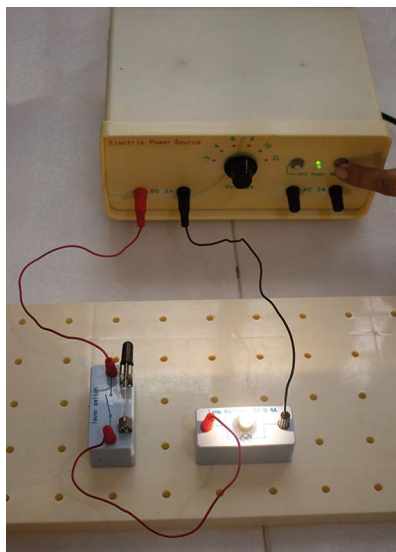


Fig. 2.54 Montaje de un circuito eléctrico sencillo

Reflexiona

¿Qué entiendes por circuito eléctrico?

Como puedes observar este sistema eléctrico está formado por un conjunto de componentes, la fuente de corriente eléctrica, el interruptor, el bombillo y los conductores, este sistema es un caso de circuito eléctrico.

Analiza diferentes equipos eléctricos utilizados diariamente e intenta precisar los elementos principales que intervienen.

Uno de los dispositivos más importante en las diversas instalaciones eléctricas son las **fuentes de corriente eléctrica**, al cual dedicamos un epígrafe. La energía eléctrica que generan estas fuentes es aprovechada por otros componentes para iluminar, calentar u otra necesidad, a estos se les suele denominar **receptores o consumidores de corriente eléctrica** y en estos se transforma la energía eléctrica en otros tipos. Ejemplos de consumidores pueden ser las lámparas o bombillos, los motores, timbres, cocinas eléctricas entre otros.

La energía eléctrica puede regularse y según las necesidades puede circular por estos equipos o no. Aquel elemento que permite controlar el paso de la corriente eléctrica recibe el nombre de **dispositivo de control**,

- ## Tarea

-

Fig. 2.56

- 139

Tabla 2.3

Fuentes de corriente eléctrica	Dispositivos de control	Consumidores

2.4.2 Cambios producidos por la corriente eléctrica

En el epígrafe anterior estudiaste que el movimiento ordenado de las cargas eléctricas da origen a la **corriente eléctrica** y que para que ocurra es necesario una fuente de corriente, la cual puede ser pilas, baterías, celdas solares, o los generadores utilizados en las centrales eléctricas, entre otros dispositivos. La simple observación de lo que te rodea, te permite conocer las diferentes consecuencias que la corriente eléctrica provoca.

Reflexiona

¿Cómo puedes comprobar si existe corriente eléctrica cuando llegas a casa o conectas la plancha al tomacorriente y quieres determinar si la temperatura es la adecuada?

Cuando quieres saber si existe corriente eléctrica en un lugar y tienes cerca un interruptor conectado a un equipo, lo que haces es accionar el interruptor. Para saber si la plancha está caliente, la tocas ligeramente o simplemente la pasa por una prenda para determinar si la temperatura es la adecuada. Esto quiere decir que te vales de los **efectos** que provoca el paso de la corriente eléctrica por un consumidor para conocer su existencia.

Experimenta y aprende

1. Retoma el montaje realizado de la linterna e intenta determinar qué efectos se ponen de manifiesto.

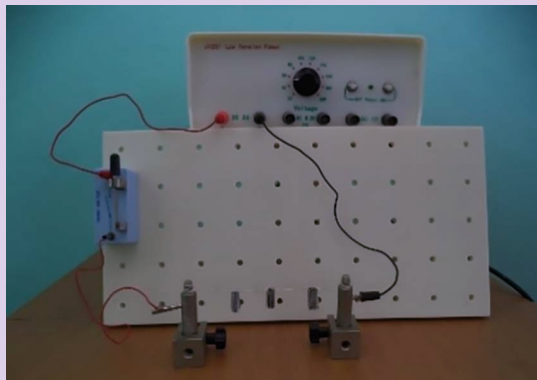


Fig. 2.57 Circuito eléctrico para demostrar el efecto térmico

En el primer caso es muy sencillo de determinar el **efecto luminoso**, pues al cerrar el interruptor en el circuito puedes ver cómo el bombillo se prende e ilumina. En la vida cotidiana este efecto provocado por la corriente eléctrica es muy común, al entrar a nuestro cuarto y accionar el interruptor que permite que el bombillo sea, incandescente, ahorrador o led, ilumine; al encender el televisor y hasta en los celulares. El efecto luminoso de la corriente eléctrica se manifiesta a través de la emisión de luz en los diferentes dispositivos.

En el segundo caso, al inicio cuando no se cierre el interruptor las tirillas finas de papel que cuelgan del alambre se mantienen intactas, al cerrar el interruptor y dejar pasar corriente eléctrica por el conductor se puede observar que al transcurrir un breve tiempo las tirillas empiezan a quemarse, ¿cuál es la causa? Puedes concluir que al pasar corriente eléctrica por el conductor este se calienta, o sea se manifiesta el **efecto térmico** de la corriente eléctrica. Lo mismo ocurre con la primera actividad experimental al cerrar el interruptor al transcurrir un tiempo si tocas el bombillo este se calienta por lo que se manifiesta en este caso no solo el efecto luminoso sino también el térmico.

El efecto térmico tiene extraordinaria aplicación tecnológica, en las cocinas eléctricas que poseen un elemento calefactor, en los cautines con los que se realizan soldaduras ligeras, en equipos electrónicos, un principio

similar lo utilizan los equipos de pirograbado en madera, la plancha eléctrica, las duchas eléctricas y los secadores para pelo.

Los electrones libres en los metales al trasladarse bajo la acción del campo eléctrico chocan con los átomos o moléculas del conductor y le transmiten parte de su energía, aumenta el movimiento térmico de las partículas, por lo que aumenta la energía interna del conductor, este se calienta y ocurre la transformación de la energía eléctrica en calorífica (fig. 2.58).



Fig. 2.58 Equipos donde se emplea el efecto térmico

— Saber más

El calentamiento de los conductores eléctricos debe su cuantificación a los científicos James P. Joule y Emile Lenz al concluir que este fenómeno por el cual, si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en energía térmica (movimiento térmico de la sustancia) debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan y se eleva su temperatura.

El efecto térmico se manifiesta a través de la variación de las temperaturas en los dispositivos (resistores de planchas, calentadores y calentamiento de los conductores eléctricos).

Saber más

Al circular corriente eléctrica a través de un líquido (electrolito) también ocurre un calentamiento de este, en este caso el movimiento de los iones es el responsable. Este efecto es aprovechado en los calentadores de inmersión sin elemento calefactor (constituido por dos cilindros o dos placas metálicas aisladas entre sí separadas a una pequeña distancia) y en los vaporizadores (fig. 2.59) empleados para desobstruir las vías respiratorias superiores a los que se les puede agregar una pequeña porción de mentol y mantener un ambiente ligeramente húmedo y cálido.



Fig. 2.59 Vaporizador

Los efectos luminoso y térmico de las descargas eléctricas atmosféricas ocurren desde antes de la existencia del hombre, en los que se puede ver el efecto luminoso que producen a través del relámpago y también el efecto térmico al incendiar los árboles sobre los cuales impactan, en ocasiones, sin saber que son producidos por una gigantesca corriente eléctrica.

Experimenta y aprende

1. Monta un circuito con una fuente de corriente eléctrica, un bombillo, un interruptor, conductores de efecto punta y dos recipientes con agua uno de estos con sal.
 - a) Introduce los conductores de punta en el recipiente con agua (fig. 2.60 a y b).

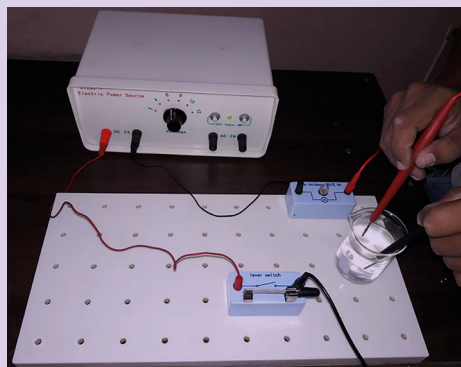
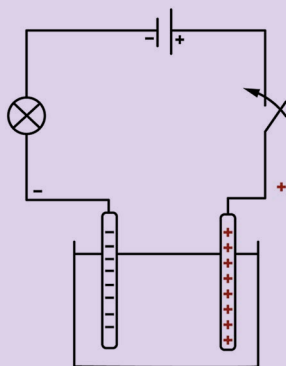


Fig. 2.60

2. Repite la actividad, en este caso con el recipiente que contiene agua con sal (fig. 2.61 a y b). Compara los resultados obtenidos.

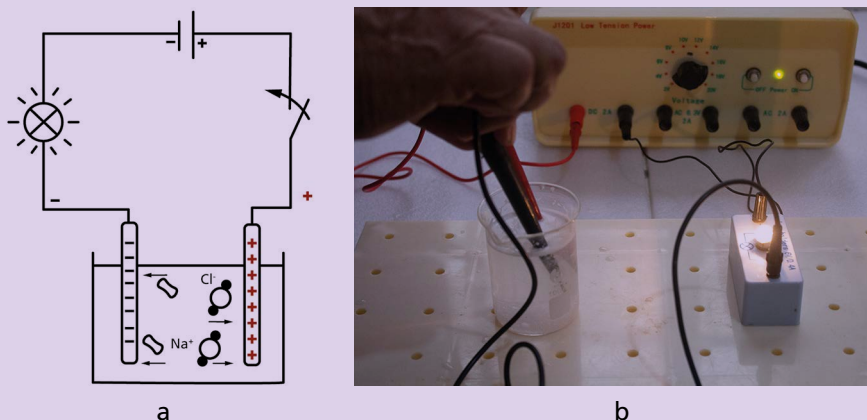


Fig. 2.61 Experimento para demostrar el efecto químico

En el primer circuito al cerrar el interruptor se observa que el bombillo no ilumina, en cambio al introducir el conductor de punta en la disolución con sal, se logra que el bombillo alumbre.

En el segundo caso en la disolución, los iones de la sal, tanto aniones como cationes, se desplazan hacia los electrodos de signos contrarios, lo que provoca la acumulación de estos iones en los electrodos. Este fenómeno genera el paso de la corriente eléctrica y se conoce como **efecto químico**. Este efecto se aprovecha en la industria para obtener metales puros a partir de sus sales. En este mismo fenómeno se basa el niquelado y cromado de piezas metálicas para protegerlas contra la corrosión, a esta técnica se le conoce como galvanoplastia. El **efecto químico** se manifiesta en las disoluciones acuosas, ácidos, y álcalis³ más conocidos como **electrólitos**.

Saber más

La galvanoplastia o electro plateado es el proceso basado en el traslado de iones metálicos desde un ánodo⁴ hasta un cátodo⁵ en un medio

³ Álcalis: sustancia que presenta propiedades alcalinas, en disolución acuosa aporta iones OH^- al medio.

⁴ Ánodo: es un electrodo con carga positiva en el que se produce una reacción de oxidación.

⁵ Cátodo: es un electrodo con carga negativa en el que se produce una reacción de reducción.

1. Selecciona una bobina, o sea, un conductor enrollado varias veces en torno a un núcleo.
2. Introduce un cuerpo ferroso en la bobina.
3. Acerca la bobina con el cuerpo ferroso a pequeños clavos o tornillos como se ilustra en la (fig. 2.62), ¿qué ocurre con estos?
4. Cierra el circuito y acerca nuevamente la bobina con el cuerpo ferroso a pequeños clavos o tornillos, ¿qué ocurre ahora?



Fig. 2.62 Experimento para demostrar el efecto magnético

En el primer caso no se produce ningún efecto (fig. 2.62 a), al cerrar el circuito se logra que circule una corriente eléctrica por la bobina, al acercarla a los cuerpos metálicos (clavos o tornillos), verás que los atrae (fig. 2.62 b), en este caso se manifiesta el **efecto magnético** de la corriente eléctrica, si se abre el circuito dejan de ser atraídas. Este efecto se aprovecha en la construcción de electroimanes los que tienen aplicación en el extremo de grúas para levantar materiales ferrosos, relés, electroimanes para recoger chatarra. En cabezales de grabación y borrado magnético, timbres, entre otros.

⁶ Acidulado: sustancia aditiva que se utiliza para modificar la acidez.

Saber más

El efecto magnético lo descubrió, en 1820, el físico y químico danés Hans Christian Oersted (1777-1851) (fig. 2.63), al parecer casualmente, mientras realizaba algunas experiencias durante una conferencia. La experiencia, conocida como experimento de Oersted (fig. 2.64), consiste en lo siguiente: si sobre una aguja magnética orientada con el campo magnético de la Tierra (brújula), se coloca, paralelamente a esta, un conductor con corriente eléctrica, entonces, la aguja se desvía. El experimento pone de manifiesto que la corriente eléctrica provoca sobre la aguja un efecto similar al de un imán. Si el conductor con corriente aislado se enrolla alrededor de un cuerpo ferroso (electroimán), entonces el efecto magnético se refuerza.



Fig. 2.63 Hans Christian Oersted

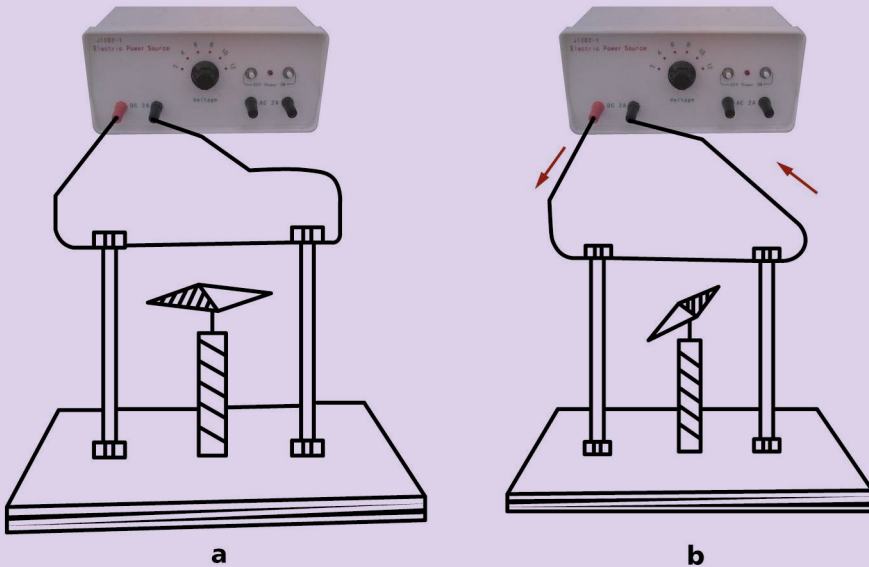


Fig. 2.64 Experimento realizado por Christian Oersted

Puedes resumir que hasta el momento has estudiado cuatro efectos de la corriente eléctrica: **el térmico, el luminoso, el magnético y el químico** (fig. 2.65).



Fig. 2.65 Efectos de la corriente eléctrica: el térmico, el luminoso, el magnético y el químico

Reflexiona

Si en el caso del bombillo que se encuentra conectado a una fuente de corriente eléctrica invertimos la conexión a los extremos de esta y no se notan cambios, significará esto que, ¿se moverán los electrones en algún sentido preferente o este puede ser arbitrario?

Realiza el experimento de Oersted e invierte las conexiones, ¿qué ocurre?

El efecto producido varía, la aguja magnética se desvía hacia el lado opuesto. De forma similar, al invertir la conexión en los terminales de un electroimán (fig. 2.62), aunque este continúa con la atracción de los cuerpos de metal ferroso, su polo norte pasa a ser sur y a la inversa, lo que puede comprobarse con ayuda de una brújula. El efecto químico también depende del sentido de la corriente eléctrica. Por ejemplo, en la electrólisis (descomposición de una sustancia debido al paso de la corriente eléctrica) de una disolución de cloruro de sodio en agua, después de invertir la conexión a los extremos de la fuente, donde se libera dicloro, se liberará dihidrógeno y viceversa, si se tiene en cuenta la conexión.

El sentido de la corriente eléctrica no influye en el funcionamiento de ciertos equipos y dispositivos, digamos, en el de un bombillo o una hornilla eléctrica. Es decisivo en muchas otras situaciones de la vida práctica: durante la electrólisis, al cargar una batería recargable, al colocar las pilas en el mando de un televisor, entre otros.

La corriente eléctrica en los metales tiene un “sentido real”, que es el verdadero sentido de movimiento de los electrones (portadores de carga) y el *sentido convencional*, tomado por razones históricas.

En el circuito conectado a la fuente de corriente eléctrica el flujo de partículas con carga eléctrica toma un sentido o el contrario si se invierte la conexión en los terminales o polos de esta.

En algunos casos el sentido de la corriente eléctrica determina el efecto de esta, como en el efecto magnético y el efecto químico durante la electrólisis si se invierte la conexión en los terminales de la fuente de corriente eléctrica, deja de ocurrir el cromado o niquelado de una pieza.

En la mayoría de los casos estudiados la corriente eléctrica fluye del terminal o polo negativo (exceso de partículas con carga eléctrica negativa) al positivo (defecto de partículas con carga eléctrica positiva) mediante un campo eléctrico.

Convencionalmente se adoptó por **sentido de la corriente eléctrica** el del terminal (o polo) **positivo** de la fuente al **negativo**, (o sea en sentido contrario al movimiento de los electrones, partículas con carga negativa), convenio que se mantiene hasta nuestros días.

+ ¿Sabías que...?

La existencia del electrón y el protón se conoció mucho después de haber establecido este convenio.

De este modo, aunque en un conductor metálico los electrones se muevan del polo negativo de la fuente al positivo, el sentido convencional de la corriente eléctrica es el contrario: del terminal positivo al negativo.

En las fuentes de corriente eléctrica estudiadas hasta el momento puedes comprobar que en sus terminales o polos se mantiene el mismo tipo de electricidad por lo que al conectarlos a un circuito eléctrico la corriente siempre fluye en un mismo sentido.

Se denomina **corriente directa** a aquella en la cual el flujo de partículas con carga se realiza en un **solo sentido**.

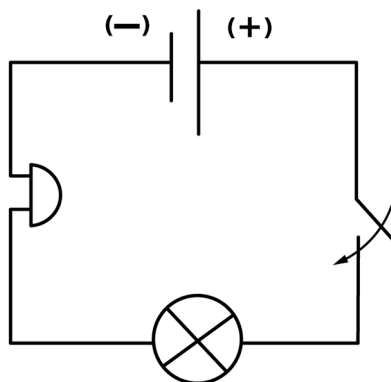


Fig. 2.66 Representación de un circuito eléctrico con una fuente de corriente directa, con sus bornes negativos y positivos

Para representar el sentido convencional de la corriente eléctrica, se utilizan flechas que indiquen la dirección y el sentido de la corriente eléctrica (fig. 2.67).

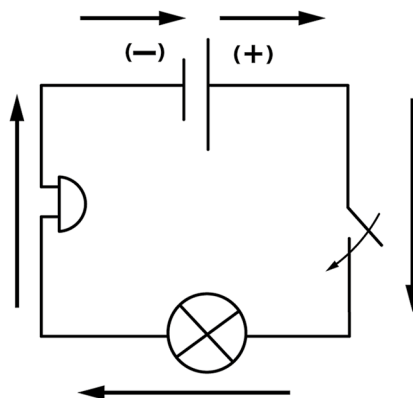


Fig. 2.67 Representación de un circuito eléctrico donde se muestra el sentido convencional de la corriente eléctrica del borne positivo al negativo

¿Existirá alguna diferencia entre la corriente eléctrica proporcionada por las pilas y los acumuladores y la que se obtiene de los tomacorrientes habituales de la red eléctrica?

Una pila o una batería producen **corriente continua**, cuya característica fundamental es que los portadores de carga eléctrica fluyen siempre en el mismo sentido (fig. 2.68).

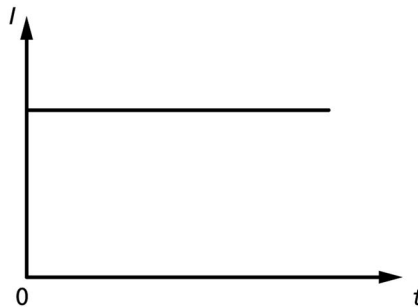


Fig. 2.68 Representación gráfica del comportamiento de la corriente directa

La corriente eléctrica producida por las pilas, acumuladores y otros generadores, como los utilizados hasta el momento, se denomina *directa* (CD). Estas fuentes de corriente eléctrica mantienen en sus terminales el mismo tipo de electricidad, positiva o negativa, por lo que, al conectarlos a un circuito, fluyen los portadores de carga siempre en un mismo sentido.

No solo existe la corriente directa, pues en el caso de que conectes el televisor o un ventilador a la fuente de corriente del circuito eléctrico nacional que se encuentra en la mayoría de los hogares, centro de estudio y trabajo, puedes observar que, aunque se invierten los terminales de los tomacorrientes en estos casos no afecta su efecto, lo que se debe a que la corriente eléctrica varía su sentido constantemente de manera oscilatoria. Los generadores de las termoneucleares, termoeléctricas, entre otros, producen **corriente alterna**, caracterizada porque fluye alternativamente en uno y otro sentido (fig. 2.69).

Se denomina **corriente alterna** a aquella que varía su sentido constantemente y de manera oscilatoria.

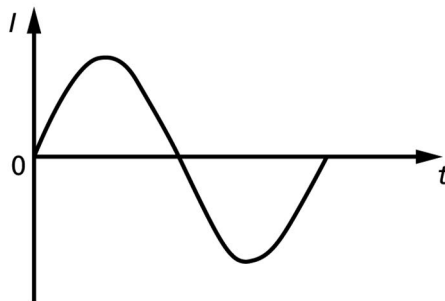


Fig. 2.69 Representación gráfica del comportamiento de la corriente alterna

Investiga

Realiza una búsqueda sobre los generadores fotovoltaicos y eólicos.

En los tomacorrientes de la red eléctrica que se encuentran en tu hogar, centros de trabajo y estudio, uno de los terminales sí es 110 V (el comúnmente llamado “vivo”) o dos si es de 220 V varía constantemente de positivo a negativo y viceversa, con cierta rapidez. En consecuencia, cuando se conecta algún equipo al tomacorriente, la corriente eléctrica producida realiza oscilaciones, alternando entre un sentido y el otro. De ahí que esta corriente se denomine *alterna* (CA). En los países europeos se utiliza como corriente alterna habitual una cuya frecuencia es de 50 Hz, en nuestro país la frecuencia de esta es de 60 Hz lo cual significa que varía su sentido 60 veces en un segundo. En la actualidad se fabrican equipos tanto industriales como domésticos que funcionan indistintamente con una y otra frecuencia.

Se utilizará, al representar la corriente alterna en un circuito, el símbolo que aparece en la figura 2.70 a. Además, la figura 2.70 b muestra uno de los tomacorrientes de corriente alterna.



a



b

Fig. 2. 70 Elementos de corriente alterna: a) símbolo de la corriente alterna en un circuito; b) tomacorriente de corriente alterna

Física en acción

1. Confecciona un listado de los equipos electrodomésticos de tu casa que aprovechan para su funcionamiento:
 - a) el efecto térmico,
 - b) el efecto magnético.
- 1.1. Identifica con cuál frecuencia trabaja cada uno de estos.

Tareas

1. ¿Cómo se puede conocer la existencia de la corriente eléctrica en un circuito?
2. Indaga acerca de importantes inventos relacionados con cada uno de los efectos de la corriente eléctrica que estudiaste en este epígrafe.
3. ¿Cuál es el sentido que se adopta para la corriente eléctrica? ¿Cómo se denomina? Investiga, ¿cuál es el sentido real de la corriente eléctrica en los metales, electrólitos, gases y los semiconductores?
4. En la figura 2. 71 se representan dos circuitos. Analiza y responde:
 - a) Representa el sentido de la corriente (convencional) en cada uno de los circuitos eléctricos.
 - b) Identifica cada uno de los elementos representados.
 - c) ¿Qué efecto se pone de manifiesto en el consumidor?
 - d) ¿Influirá en el funcionamiento del consumidor el sentido en que circula la corriente eléctrica? De ser afirmativa tu respuesta, argumenta.

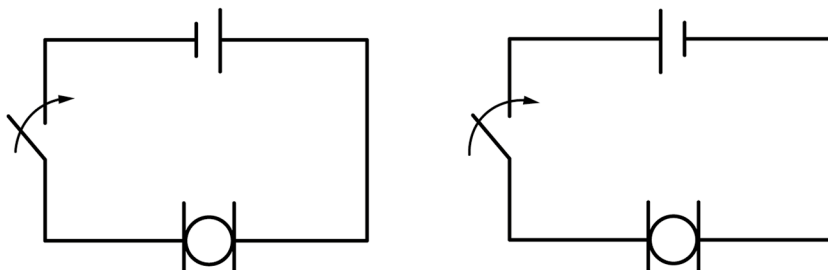


Fig. 2.71

2.5 Magnitudes básicas en los circuitos eléctricos

Reflexiona

Los equipos eléctricos poseen una placa (etiqueta con datos), figura 2.72, donde aparecen varios valores de magnitudes físicas que están relacionadas con su funcionamiento. Sabes a qué magnitudes se refieren estos datos.



Fig. 2.72 Placa o etiqueta con los datos de un equipo eléctrico (TV panda)

Existe un conjunto de magnitudes relacionadas con la electricidad que deben tenerse en consideración al diseñar un dispositivo eléctrico.

2.5.1 Intensidad de la corriente eléctrica

Estudiaste los efectos de la corriente eléctrica, y pudiste observar diferentes manifestaciones y la dimensión que alcanza estos efectos.

Reflexiona

¿De qué dependerá que una plancha eléctrica pueda estar más o menos caliente en determinado tiempo y una lámpara suministrar más o menos luz?

Para dar respuesta a esta interrogante, analiza que al circular corriente eléctrica por el conductor, en unos casos circula un mayor número de partículas cargadas que en otros en igual tiempo en dependencia de la fuente de electricidad utilizada y las características concretas del circuito, por lo que la intensidad de los efectos producidos por la corriente eléctrica depende de la cantidad de partículas portadoras de carga eléctrica que se mueven orientadamente en la unidad de tiempo a través de la sección transversal (fig. 2.73 a) de un conductor. Dicha cantidad se denomina **intensidad de corriente eléctrica**.

Si le realizaras un corte transversal imaginario al conductor, podrías representarlo como se muestra en la figura 2.73 b y c.

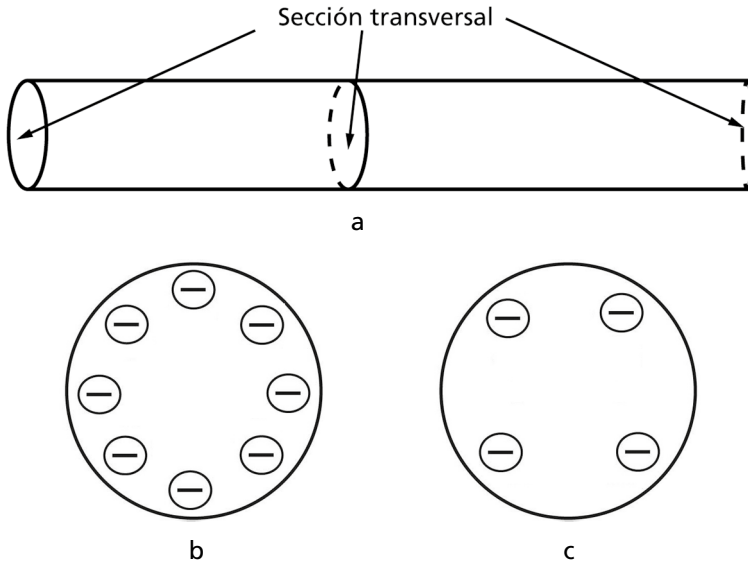


Fig. 2.73 Representación de la intensidad de corriente eléctrica en:
a) conductor con cortes transversales imaginarios; b) mayor intensidad de corriente eléctrica; c) menor intensidad de corriente eléctrica

La vista de la sección transversal de un conductor con corriente eléctrica, en el primer caso (fig. 2.73 b), representa mayor intensidad de corriente eléctrica y en el segundo (fig. 2.73 c) hay una menor intensidad de corriente eléctrica.

De este modo, puede decirse que los efectos de la corriente eléctrica dependen de su intensidad. Dicha conclusión, es parcial pues existen otras magnitudes de las que dependen ciertos efectos de la corriente eléctrica y no solo de su intensidad. La intensidad de la corriente eléctrica es una **magnitud física** que caracteriza este fenómeno en los conductores.

Por lo que la **intensidad de la corriente eléctrica**, no es más que la **razón entre la cantidad de carga que pasa por la sección transversal de un conductor y el tiempo que demora en atravesarla**.

Atención

El concepto de intensidad no se refiere a cualquier movimiento de las partículas cargadas, sino al movimiento orientado, este movimiento de las partículas puede ser oscilatorio y el desplazamiento muy pequeño, mucho menor, por ejemplo, que un milímetro por segundo.

también directa (CD) cuya característica fundamental es que fluye siempre en el mismo sentido se puede representar como aparece en la figura 2. 74.

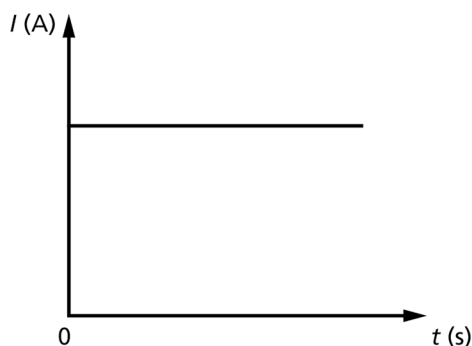


Fig. 2.74 Representación gráfica del comportamiento de la corriente directa

En el caso de la corriente eléctrica que llega a los hogares, como la corriente eléctrica varía su sentido constantemente de manera oscilatoria y produce **corriente alterna**, se puede representar como aparece en la figura 2.75.

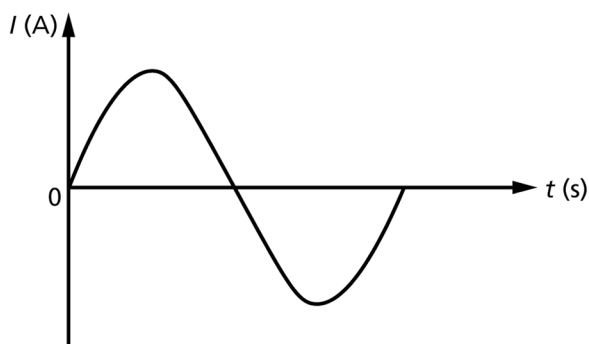


Fig. 2.75 Representación gráfica del comportamiento de la corriente alterna



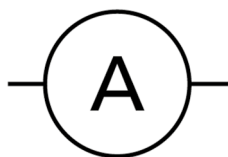
Conéctate con la historia

André-Marie Ampere. Fue un matemático y físico francés, generalmente considerado como uno de los descubridores del electromagnetismo. Es conocido por sus importantes aportes al estudio de la corriente eléctrica y el magnetismo, que contribuyeron, junto con los trabajos del



Fig. 2.76

Para medir la **intensidad de la corriente** en un circuito eléctrico se emplea un instrumento denominado **amperímetro**. Su símbolo de representación en los circuitos es el que aparecen la figura 2.77 a y los instrumentos que permiten medir la intensidad de la corriente eléctrica en el laboratorio se encuentran representados en la figura 2.77 b.



a



b

Fig. 2.77 Símbolos e instrumentos para medir la intensidad de corriente eléctrica:

- a) símbolo del amperímetro;
- b) instrumentos de medición de la intensidad de corriente eléctrica

Experimenta y aprende

1. Diseña una actividad experimental donde se mida la intensidad de la corriente eléctrica en diferentes partes de un circuito eléctrico, con la ayuda de un amperímetro (fig. 2.78 a y b).

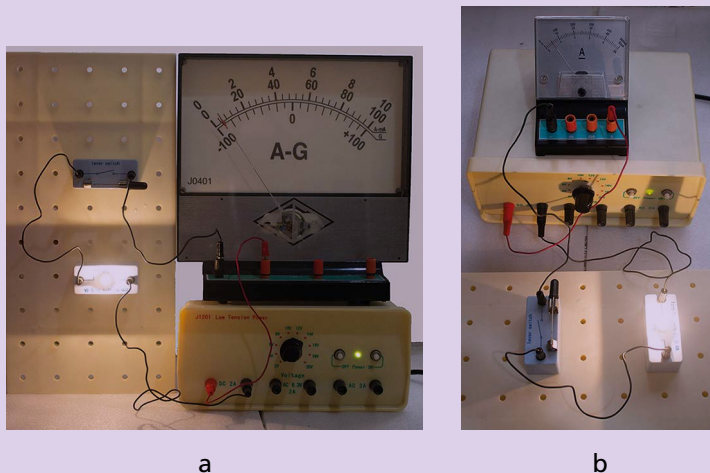


Fig. 2.78 Montaje y equipos para medir la intensidad de corriente eléctrica: a) circuito sencillo con un amperímetro; b) equipos utilizados en laboratorio

Los amperímetros se conectan en los circuitos en una conexión conocida como **en serie**, donde el terminal que representa el negativo se conecta al conductor que viene desde el polo negativo de la fuente y el terminal que representa el positivo a la parte positiva de la fuente, esto significa que debes intercalar uno a continuación de otro cada elemento por lo que en una conexión donde hay varios componentes debes abrir una parte del circuito y colocar el amperímetro y su indicación tendrá el mismo valor independientemente del lugar donde se conecte, sea antes o después de los consumidores. Nunca se conectan directamente a la fuente si no hay un consumidor de por medio (fig. 2.79).

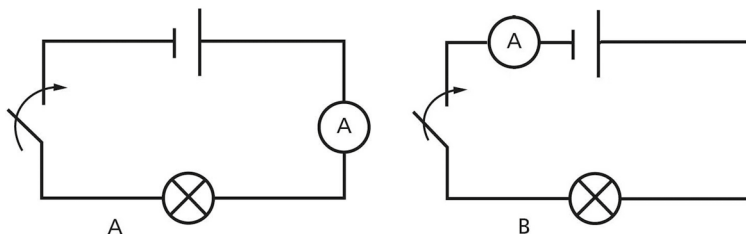


Fig. 2.79 Representación de la conexión de un amperímetro a un circuito eléctrico

Investiga

Indaga con tu profesor sobre el efecto de la corriente eléctrica que está presente en el amperímetro.

En la vida cotidiana, la ciencia y la técnica pueden encontrarse disímiles valores de intensidad de la corriente eléctrica. La tabla 2.4 relaciona algunos valores de intensidad que pueden ser de tu interés.

Tabla 2.4

Hecho o dispositivo de interés	Valores aproximados
Impulso nervioso	10 μA
Led común	20-30 μA
Valor a partir del cual es peligrosa para el organismo humano	0,1 A
Bombillo incandescente	0,5 A
Bombillo de linterna	0,8 A
Bombillo del alumbrado de 100 W	0,9 A
Motor para elevar agua en una casa	5 A
Hornilla eléctrica	5-9 A
Límite permisible en un fusible para una vivienda	30 A
Motor de arranque de un auto	30-75-100 A
Descarga eléctrica atmosférica	20 kA
Valores más bajos de corriente eléctrica que pueden ser detectados (63 electrones por segundo)	10^{-17} A

Saber más

En los hospitales es posible ver cómo se revive a un paciente con la utilización de un desfibrilador (fig. 2.80). Las paletas del desfibrilador se aplican sobre el pecho del paciente y se hace pasar una descarga eléctrica a través de la cavidad torácica, el objetivo en esta maniobra es restaurar el patrón rítmico normal del corazón.



Fig. 2.80 Desfibrilador

Física en acción

1. Confecciona una tabla donde relaciones dos o tres equipos eléctricos de tu hogar y su correspondiente valor de intensidad con los datos que aparecen en la tabla 2.4. En caso de no aparecer en la tabla puedes realizar una búsqueda tanto en libros de consulta como fuentes digitales. Determina en cada caso aproximadamente cuántos electrones atraviesan la sección transversal del conductor metálico cuando circula corriente eléctrica en cada segundo. Compara los resultados obtenidos.

Tareas

1. Observa cuidadosamente las escalas que aparecen en la figura 2.81 correspondientes a un amperímetro.
 - a) Determina la menor división de la escala en cada uno de los instrumentos de la figura 2.81.
 - b) Realiza la lectura indicada en cada uno de estos instrumentos.
 - c) ¿Podría medirse con el segundo instrumento la medición del primer instrumento?

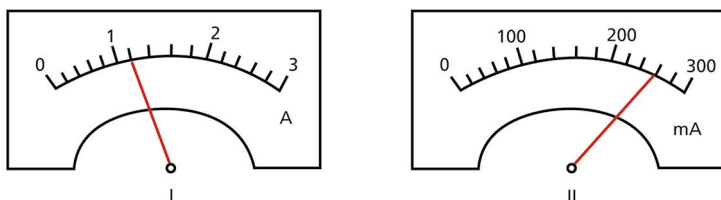
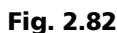


Fig. 2.81

2. Un amperímetro se conectó a un circuito tal como se representa en la figura 2.82 a, la indicación del instrumento fue de 0,5 A. Selecciona en cada caso la respuesta correcta.
 - a) ¿Cuál será la indicación del amperímetro si se conecta al mismo circuito, de la forma que muestra la figura 2.82 b?
 ____ 5 A ____ 0,5 A ____ no se sabe
 - b) Si quieres expresar el valor de la intensidad de la corriente eléctrica en mA, el resultado sería:
 ____ 5 mA ____ 0,05 mA ____ 500 mA
 - c) El amperímetro es un instrumento que su funcionamiento está relacionado con el efecto:
 ____ térmico ____ luminoso ____ magnético



- ### 2.5.2 Tensión eléctrica

Reflexiona

The top diagram shows a circuit with a battery, a light bulb, and a variable resistor. The bottom diagram shows a similar circuit but with two batteries in series, resulting in a brighter light bulb.

161

Para que circule corriente eléctrica no basta la existencia de electrones libres, es necesaria la presencia de un campo eléctrico.

Reflexiona

¿Cuál es la función del campo eléctrico?

El campo eléctrico tiene que realizar trabajo para desplazar las cargas eléctricas a través del circuito.

¿Cuáles son los factores de que depende este trabajo?

En primer lugar, dependerá de la cantidad de cargas que tiene que desplazar.

La cantidad de cargas eléctricas en movimiento está asociada a la intensidad de la corriente eléctrica, por tanto, el trabajo del campo eléctrico depende de la intensidad de la corriente.

Puedes observar que la lámpara que ilumina menos se ha conectado a una batería y la de mayor iluminación a la red de alimentación de una casa (fig. 2.83). ¿Qué significa esto?

El trabajo del campo eléctrico depende también de otra magnitud física denominada tensión eléctrica o diferencia de potencial y que caracteriza la capacidad del campo eléctrico para realizar el trabajo de desplazar las cargas eléctricas entre dos puntos del campo.

El campo eléctrico ejerce fuerza sobre las partículas cargadas, de modo que al mover una partícula o cada una de estas a cierta distancia realiza trabajo. Para una distancia dada ese trabajo depende solo del campo eléctrico, por lo tanto, la mayor o menor cantidad de trabajo que este realiza depende solo de sí mismo. Para caracterizar esa propiedad del campo se asumió el concepto de tensión eléctrica también llamado diferencia de potencial, porque ese trabajo depende de la energía potencial electrostática.

Se denomina tensión eléctrica a la magnitud que mide la energía potencial eléctrica, que, en promedio, le corresponde a cada una de las partículas en exceso de una parte del circuito respecto a otra.

Por lo que se puede plantear que la tensión eléctrica es la razón entre el trabajo que debe realizar el campo eléctrico sobre las partículas cargadas al pasar de un punto a otro del circuito y la cantidad de carga que se mueve.

La **tensión eléctrica** se representa con la letra U , el trabajo que realiza el campo eléctrico, W (magnitud física conocida desde octavo grado), y



a



b

Fig. 2.85 Medición de la tensión eléctrica: a) símbolo del voltímetro; b) instrumentos que permiten medir la tensión de la corriente eléctrica

Experimenta y aprende

1. Diseña una actividad experimental donde se mida la tensión de la corriente eléctrica en diferentes partes de un circuito eléctrico (fig. 2.86), con la ayuda de un voltímetro.

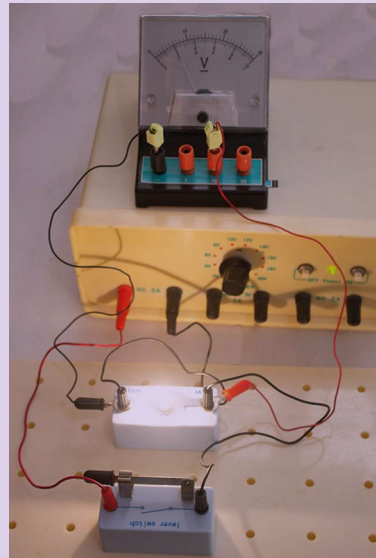
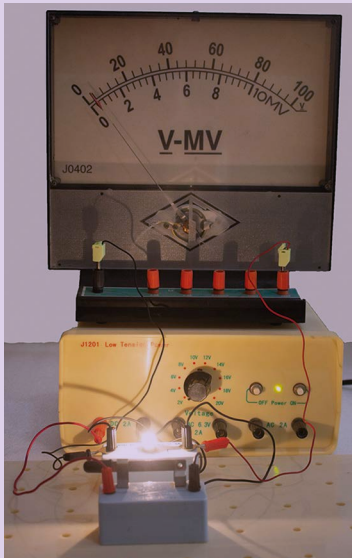


Fig. 2.86 Montaje de un circuito eléctrico donde se mide la tensión eléctrica

En la práctica es usual emplear unidades menores o mayores que el volt, como son el milivolt (mV) y el kilovolt (kV).

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}$$

+ ¿Sabías que...?

165

La tabla 2.5 recoge algunos valores usuales de tensión en la vida cotidiana.

Tabla 2.5

Hecho o dispositivo de interés	Valores aproximados
Valor medido en un electrocardiograma	5,0 mV
Pila recargable	1,2 V
Pila común de linterna	1,5 V
Batería de celular	3,7 V
Acumulador de auto	12 V
Valor a partir del cual es peligrosa para el organismo humano	36 V
Red eléctrica de las viviendas	110-220 V
Valor que puede generar el pez anguila eléctrica	600 V
Generador de una central eléctrica	26 kV
Líneas de transmisión de una red de energía eléctrica	138-765 kV
Descarga eléctrica atmosférica	Hasta 1 000 000 kV

Saber más

La electromiografía (fig. 2.88) es una técnica importante para diagnosticar enfermedades neurológicas y neuromusculares, en un músculo, de la mano se inserta una aguja fina que tiene dos electrodos y un voltímetro sensible para medir la diferencia de potencial entre los electrodos, de esta forma el médico puede conocer la actividad eléctrica de los músculos.

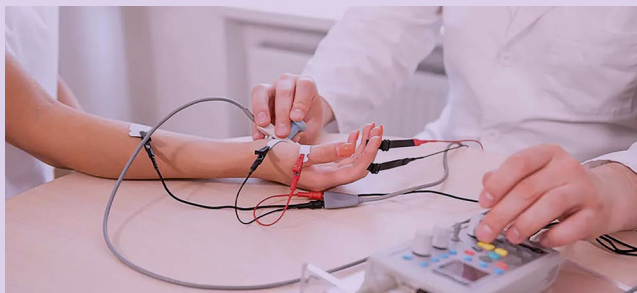


Fig. 2.88 Electromiografía

- ## Tareas

-

167

- 3.4 ¿Serán iguales las lecturas del instrumento A1 y A2? Fundamenta tu respuesta.
- 3.5 Si mantienes los mismos dispositivos en el circuito y aumenta el valor de la lectura de A2, ¿qué le ocurrió a V1 y qué le ocurrirá a A1? Fundamenta tu respuesta.
4. El esquema de la figura 2.90 representa un circuito eléctrico.
- 4.1 Señala el sentido convencional de la corriente eléctrica.
- 4.2 ¿Qué efecto de la corriente eléctrica se pone de manifiesto en los consumidores?
- 4.3 ¿Qué le ocurrirá a la tensión en el motor de la porción de A1 si la lectura de este aumentara?

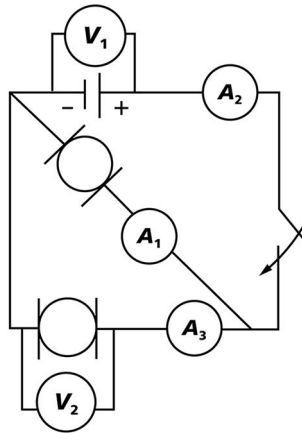


Fig. 2.90

5. Analiza las escalas de los voltímetros representados en la figura 2.91 y realiza la lectura de los valores de tensión indicados:

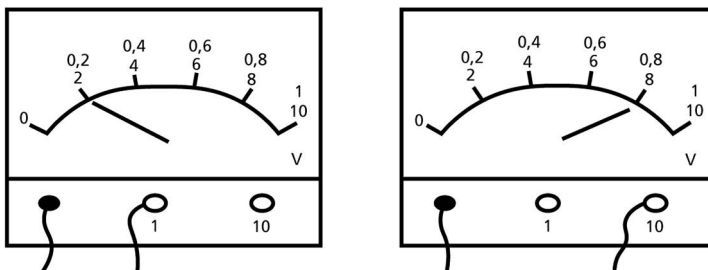


Fig. 2.91

2.5.3 Resistencia eléctrica. Ley de Ohm para una porción de un circuito

Conoces que los efectos producidos por la corriente eléctrica se manifiestan con mayor o menor intensidad según la variación de las magnitudes que caracterizan la corriente en un circuito eléctrico. La intensidad de corriente en los consumidores depende de la tensión aplicada a sus terminales.

Reflexiona

¿Qué le ocurrirá a la intensidad de la corriente eléctrica en un conductor si se varía la tensión en los extremos de este? ¿Cómo lograrlo si en las fuentes de corriente eléctrica solo puede variar la tensión eléctrica que se va a suministrar?

Sabes que la corriente eléctrica es el movimiento dirigido de las partículas cargadas por la acción del campo eléctrico. Mientras más intenso es el efecto del campo eléctrico sobre las partículas, mayor es la corriente eléctrica en el circuito. El efecto del campo eléctrico se caracteriza por una magnitud física, la tensión, por lo que la intensidad de la corriente tiene una relación de proporcionalidad con la tensión, lo cual puedes comprobar mediante la actividad experimental siguiente.

Experimenta y aprende

1. Realiza el montaje de un circuito con los elementos representados en la figura 2.92 a, utiliza consumidores A y B (fig. 2.92 b) y un reóstato (fig. 2.92 c). Trabaja con las tensiones de 1 V, 2 V y 3 V respectivamente.
2. Coloca en el circuito el consumidor A en los terminales a-b y cierre el interruptor, se desliza el cursor del reóstato de manera que se logre las tensiones 1 V; 2 V y 3 V respectivamente, realiza las lecturas del amperímetro, anota en la tabla 2.6.
3. Realiza la actividad nuevamente, coloca el consumidor B en los terminales a-b. Realiza la lectura nuevamente y anote los resultados en la tabla 2.6.
4. Determina la razón entre los valores obtenidos, de tensión e intensidad, en los casos A y B. Analiza los resultados.

Tabla 2.6

Resistor A

Resistor B

Medición	Tensión	Intensidad	U/I	Tensión	Intensidad	U/I
1						
2						
3						

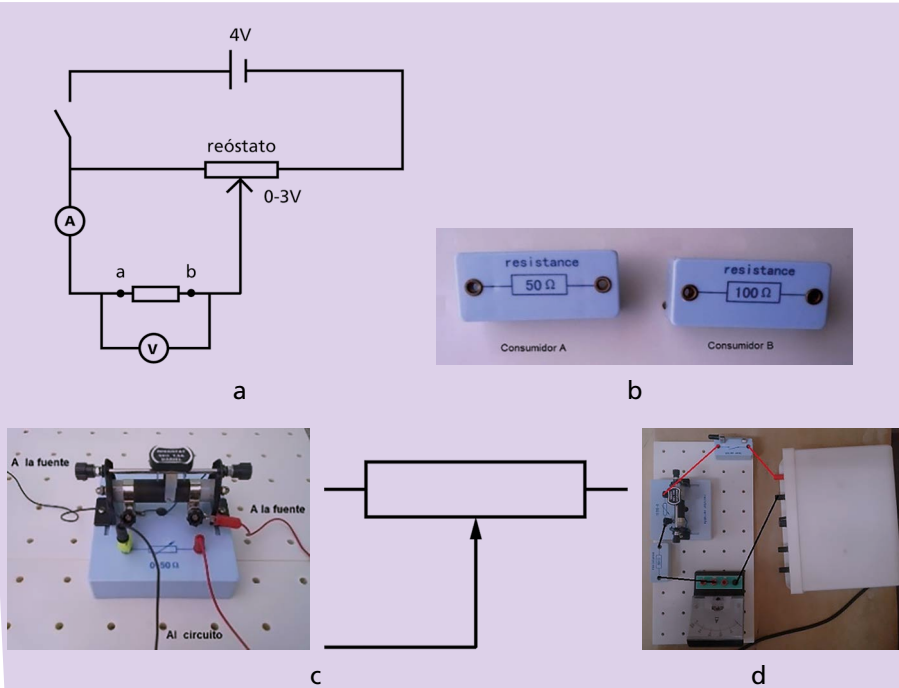


Fig. 2.92 Representación de: a) un circuito eléctrico con reóstato; b) resistores; c) reóstato y su símbolo; d) montaje de un circuito eléctrico con reóstato

El resultado obtenido de $\frac{U}{I}$, es constante para los distintos valores de tensión en cada consumidor, si comparas el resultado debe coincidir con el valor escrito en el consumidor (fig. 2.92 b). Se comprueba que entre la intensidad y la tensión existe una relación de proporcionalidad directa debido a que el cociente es constante. Cualquier aumento o disminución de la tensión provoca una acción semejante en la intensidad porque esta depende de la tensión eléctrica como se planteó con anterioridad. Si se aumenta la tensión en un conductor entonces la intensidad aumentará también.

Los resultados obtenidos deben ser aproximados a los que aparecen al completar la tabla 2.7, en caso de no coincidir, se debe analizar la incertidumbre en la medición realizada debido a diferentes factores, tanto por el instrumento utilizado, su calibración, como por el propio resistor que no tenga en realidad la resistencia eléctrica señalada.

Tabla 2.7

Resistor A

Resistor B

Medición	Tensión	Intensidad	U/I	Tensión	Intensidad	U/I
1	1 V	0,02 A	50	1 V	0,01 A	100
2	2 V	0,04 A	50	2 V	0,02 A	100
3	3 V	0,06 A	50	3 V	0,03 A	100

Se representan los resultados obtenidos en una gráfica para los resistores A y B como aparecen en la figura 2.93.

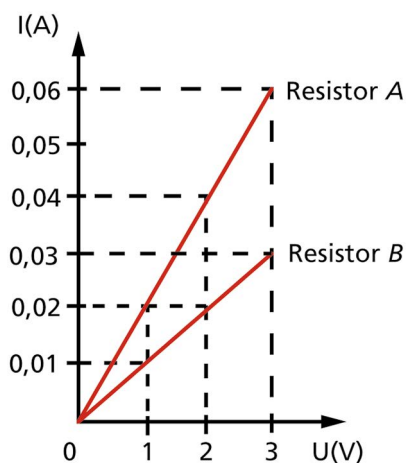


Fig. 2.93 Gráfica donde se relacionan los valores de intensidad de la corriente eléctrica y la tensión eléctrica para los resistores A y B

La gráfica en los dos casos son líneas rectas que comienzan en el origen de coordenadas, lo cual confirma que entre la tensión y la intensidad de la corriente eléctrica existe una relación de proporcionalidad directa (a medida que aumentan los valores de la tensión, aumenta los valores de intensidad de la corriente eléctrica).



Conéctate con la historia

El comportamiento de estas magnitudes se analiza de manera experimental. George Simon Ohm (fig. 2.94) (1789-1854) físico y matemático alemán que aportó a la teoría de la electricidad la Ley de Ohm, conocido principalmente por su investigación sobre las corrientes eléctricas. Estudió la relación que existe entre la intensidad de una corriente eléctrica,

su fuerza electromotriz y la resistencia eléctrica, formulando en 1827 la ley que lleva su nombre. También se interesó por la acústica, la polarización de las pilas eléctricas y las interferencias luminosas. La unidad de resistencia eléctrica, el Ohm, recibe este nombre como reconocimiento a su trabajo.

Fig. 2.94 George Simon Ohm



En su honor, este resultado experimental se conoce con el nombre de ley de Ohm para una porción de circuito, la cual establece que **existen materiales que bajo determinadas condiciones tienen una resistencia eléctrica constante (elementos óhmicos, como los metales)**. En estos materiales la intensidad de la corriente es directamente proporcional a la tensión a que sean sometidos.

Reflexiona

Conoces la estrecha relación entre la intensidad de la corriente y la tensión eléctrica, ¿por qué si están sometidos a las mismas variaciones de tensión, los resultados de las mediciones en estos casos no son iguales?

Como puedes observar en la figura 2.93, cada dispositivo cumple que la relación entre la tensión y la corriente eléctrica es una magnitud constante, pero diferente para cada uno de estos. Este es un hecho esencial en Física, pues indica que estás en presencia de alguna nueva propiedad que puede caracterizarse mediante una magnitud física.

Como se aprecia, para los mismos valores de tensión, por el dispositivo B siempre circula menos intensidad de corriente, de modo que puedas afirmar que la propiedad a que se hizo referencia antes, está relacionada con la oposición o resistencia que el dispositivo ofrece al paso de la corriente eléctrica.

Comprobaste que la intensidad de la corriente en un conductor depende de la tensión en sus extremos, pero la intensidad no solo depende de la tensión, sino también de las propiedades del propio conductor (o consumidor).

Retoma los valores que determinaron las razones $\frac{U}{I}$ para cada conductor en el experimento anterior.

Para el receptor (consumidor) de corriente eléctrica A, $50\ \Omega$ y para el B $100\ \Omega$, los valores permanecieron constantes a pesar de ocurrir variaciones en la tensión e intensidad.

En los conductores metálicos en los cuales la temperatura sea aproximadamente constante, la relación entre la tensión y la intensidad de la corriente que circula a través de estos, es un valor constante al que denotará por resistencia R .

La resistencia eléctrica es la magnitud física que caracteriza la oposición de los medios al paso de la corriente eléctrica.

Esta constante para cada caso (R) es una magnitud física denominada resistencia eléctrica.

El origen de esta magnitud radica en que los portadores de carga (ejemplo electrones) al moverse interactúan con los átomos o los iones que componen el material, produce produce el mismo efecto que el de la fuerza de rozamiento, o sea, frena el movimiento de los electrones.

Recuerda que...

Las partículas que constituyen los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos: electrones o iones, se mueven desordenadamente. Esto tiene lugar, aunque no haya corriente eléctrica, este movimiento recibe el nombre de movimiento térmico y no favorece el paso de la corriente eléctrica, sino que disminuye el flujo de esta por los conductores ofrece resistencia a su paso. En la práctica se emplean dispositivos llamados resistores los cuales se fabrican de diversas sustancias con el propósito de regular la intensidad de la corriente y la tensión en diferentes partes de los circuitos.

Se adoptó como unidad de resistencia eléctrica, la que existe en un conductor cuando al aplicársele una tensión de un volt entre sus extremos, circula por él una corriente con una intensidad de un ampere. A esta unidad se denominó Ohm en honor a George Simon Ohm y se denota con la letra griega omega (Ω).

$$1 \text{ ohm} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampere}}$$

$$1\Omega = 1 \frac{V}{A}$$

En la práctica además del Ohm se utilizan unidades de resistencia múltiplos de esta como el kilohm y el megohm.

$$1 \text{ kilohm (k}\Omega\text{)} = 1\,000 \, \Omega = 10^3 \, \Omega$$

$$1 \text{ megohm (1M}\Omega\text{)} = 1\,000\,000 \, \Omega = 10^6 \, \Omega$$

La resistencia eléctrica puede ser medida directamente mediante un instrumento denominado óhmetro u ohmímetro, la cual puede determinarse si se conoce la intensidad de la corriente y la tensión en los extremos del dispositivo.

Generalmente los resistores que se utilizan en los equipos electrónicos actuales poseen muy pequeñas dimensiones, algunos menores que 0,5 cm, ¿cómo anotar en tan reducido espacio valores de resistencia eléctrica de varios miles de Ohm o incluso millones de Ohm?

Si analizas con cuidado los resistores utilizados en la sección “Experimenta y aprende” (fig. 2.92 b) verás que en estos se han trazado unos anillos de colores, los cuales representan cifras de resistencia para los cuales existe un código de colores internacionalmente convenido (fig. 2.95).



Fig. 2.95 Resistores para los cuales existe un código de colores

+ ¿Sabías que...?

Es habitual escuchar las expresiones: la resistencia de la cocina, la resistencia de la plancha; en realidad estos equipos electrodomésticos utilizan un conductor apropiado generalmente de nicromo u otra aleación capaz de soportar una corriente intensa sin destruirse para transformar la energía eléctrica en energía calorífica, otros dispositivos que los poseen son los cautines (fig. 2.95) y los secadores de pelo.

Todos los conductores poseen resistencia eléctrica, incluso las disoluciones (salinas, básicas y ácidas), pues esta propiedad es general para todas las sustancias.

El cuerpo humano por su parte, posee aproximadamente una resistencia eléctrica de más de $3\,000 \, \Omega$ entre los puntos de contacto seco, como es el caso de las manos y los pies.

En ocasiones se necesitan resistores cuyo valor de resistencia pueda variarse sin tener que sustituirlos en el circuito, para esto se utilizan los llamados resistores variables, como los que se muestran en la figura 2.96.

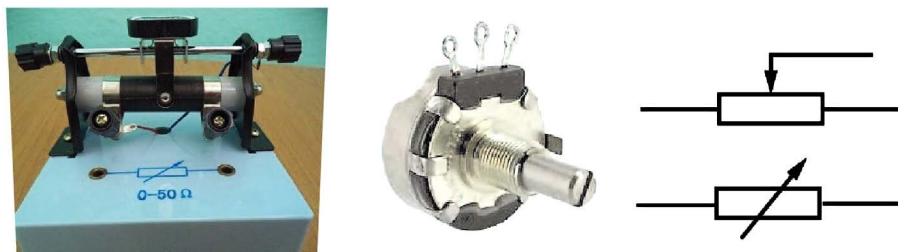


Fig. 2.96 Resistores variables, su representación

El análisis de la gráfica que aparece en la figura 2.93 en la que se relacionan las magnitudes físicas, intensidad de la corriente y tensión eléctrica representa una función lineal, entonces se puede determinar el cociente entre el valor de las magnitudes en cada punto de la recta ($\frac{U}{I}$) que es el valor de la resistencia eléctrica; este resultado es el mismo en cada punto, luego la ecuación de la recta sería:

$$U = R \cdot I$$

Al despejar la magnitud de la intensidad se obtiene la expresión matemática que corresponde a la ley de Ohm, donde el valor de intensidad de la corriente eléctrica es igual al cociente entre el valor de la tensión eléctrica y el valor de la resistencia eléctrica, que es una constante.

$$I = \frac{U}{R}$$

¿Puedes emplear la ley de Ohm para determinar cualquiera de las magnitudes involucradas en la expresión anterior, por ejemplo, en una cocina

eléctrica o una plancha eléctrica en funcionamiento a pesar de que ambas se calientan?

Un tiempo después de cerrar el circuito no varía la temperatura, este proceso tiende a estabilizarse y la temperatura del conductor se mantiene constante en el tiempo, el campo eléctrico cede continuamente energía al conductor; sin embargo, la energía interna de este último se mantiene constante, el conductor entrega a los cuerpos circundantes determinada cantidad de calor por lo que dicha ecuación puede emplearse en esos casos.

Las líneas de transmisión eléctrica transportan energía de los generadores de corriente eléctrica a los hogares, centros de estudio y trabajo. La energía se transfiere a una tensión muy elevada, en ciertos casos hasta cientos de miles de volts. A pesar de que las líneas de transmisión (conductores) resulten muy peligrosas, la elevada tensión tiene como resultado una menor *pérdida* de energía (energía disipada), debido a la resistencia en los alambres o conductores (fig. 2.97).



Fig. 2.97 Líneas de transmisión eléctrica

- Si se supone que la temperatura permanece constante en el consumidor entonces

Solución

Si empleas la ecuación que relaciona la tensión, la intensidad y la resistencia en una porción de circuito eléctrico.

$$I = \frac{U}{R}$$

Se sustituye los valores

$$I = \frac{60 \text{ V}}{20 \text{ }\Omega}$$

$$I = 3 \text{ A}$$

Respuesta: La intensidad de la corriente que circula por el consumidor es de 3 A.

- ## Datos

Solución

Aplica la ecuación que relaciona la tensión, la intensidad y la resistencia en una porción de circuito eléctrico.

$$I = \frac{U}{R}$$
$$U = I \cdot R$$

$$U = 0,2 \text{ A} \cdot 50 \Omega$$

$$U = 10 \text{ V}$$

Respuesta: La tensión que existe entre los extremos de este bombillo es de 10 V.

Factores de los que depende la resistencia eléctrica

Reflexiona

Observa con atención las conexiones eléctricas que llevan la corriente eléctrica hasta tu hogar, en los equipos dentro de tu hogar, así como las que se emplean en las actividades experimentales realizadas en clase. ¿Qué diferencias encuentras entre los conductores empleados para esto (fig. 2.98)?

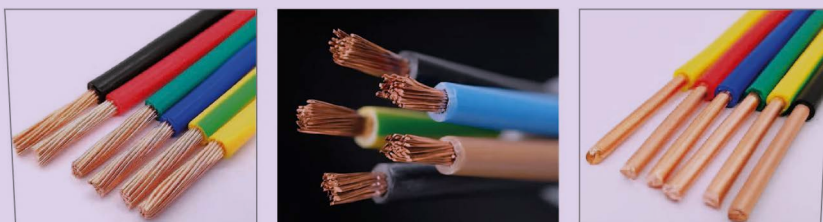


Fig. 2.98 Diferentes tipos de conductores

Estudiaste que los conductores metálicos poseen resistencia eléctrica, al determinar su valor para diferentes conductores has visto que no han sido los mismos. La resistencia de *A* es de $50\ \Omega$ y la resistencia de *B* es de $100\ \Omega$ (fig. 2.92 b). ¿A qué se debe esto? ¿Por qué los conductores tienen diferentes resistencias eléctricas?

Si observas los conductores metálicos empleados en las instalaciones eléctricas de tu casa, en las líneas telefónicas, etc. verás que en estos las dimensiones no son iguales: los hilos telefónicos son más finos que los empleados en los bombillos que nos iluminan y los conductores que son empleados por la Empresa Eléctrica para llevar la electricidad hasta nuestros metro contadores son, por lo general, más gruesos que los utilizados en las instalaciones eléctricas en el interior de las viviendas. Además, en casi todos los casos que observas a diario, el conductor metálico empleado es de cobre.

Todo esto te sugiere que la resistencia eléctrica de los conductores metálicos puede estar relacionada con las propias dimensiones de estos, así como de la sustancia que los constituye.

Primero se analizó la dependencia de la resistencia eléctrica de un conductor metálico cilíndrico con sus dimensiones. Para esto se utilizaron tres conductores de un material llamado Constantán⁷ (aleación de cobre

⁷ Constantán: aleación de cobre y níquel, con resistencia eléctrica constante en un rango de temperatura amplio, se utiliza en la fabricación de monedas.

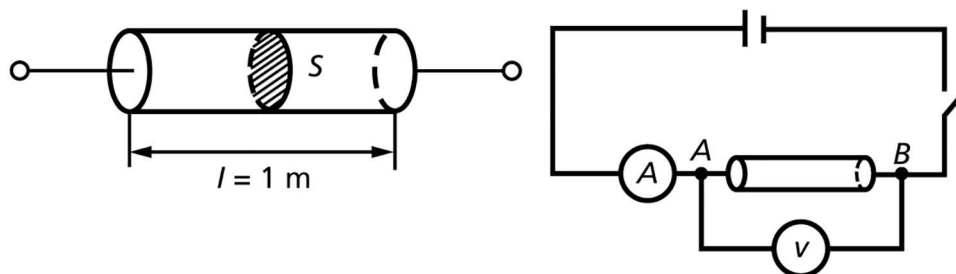


Fig. 2.99 Comprobación de la dependencia de la resistencia eléctrica con la longitud del conductor

Al aplicar entre los puntos *A* y *B* del circuito eléctrico, una tensión de 4 V y medir la intensidad de la corriente que circula por cada conductor metálico se registraron los valores que aparecen en la tabla 2.8.

Tabla 2.8

I (m)	U (V)	I (A)	R (Ω)
1	4,0	0,6	6,7
2	4,0	0,3	13,3
3	4,0	0,2	20,0

En dependencia de la resistencia de los conductores con su longitud (fig. 2.100), se puede notar que entre estas dos magnitudes existe una relación de proporcionalidad directa, lo cual significa que, si la longitud de un conductor se incrementa y se mantiene constante su temperatura, la sustancia que lo compone y el área de su sección transversal; su resistencia eléctrica se incrementa en la misma proporción. Por lo que este es un ejemplo del cumplimiento de una ley más general que consiste en que la resistencia de un conductor es proporcional a su longitud.

Mientras mayor sea la longitud de un conductor, mayor será su resistencia eléctrica.

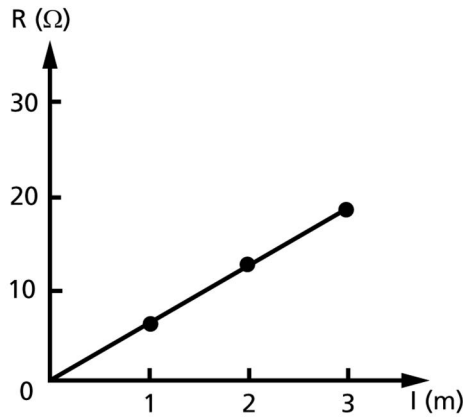


Fig. 2.100 Representación de la gráfica de resistencia eléctrica en función de la longitud de un conductor

Posteriormente se analizó la dependencia que existe entre la resistencia de un conductor metálico y el área de su sección transversal (S). Se utilizaron tres conductores de igual longitud y material, con áreas de diferentes secciones transversales (S , $2S$ y $3S$) (fig. 2.101).

En el circuito, se intercaló cada conductor en el orden indicado en la figura 2. 101. Circuito que permitió determinar la dependencia entre el área de la sección transversal de un conductor y la resistencia eléctrica.

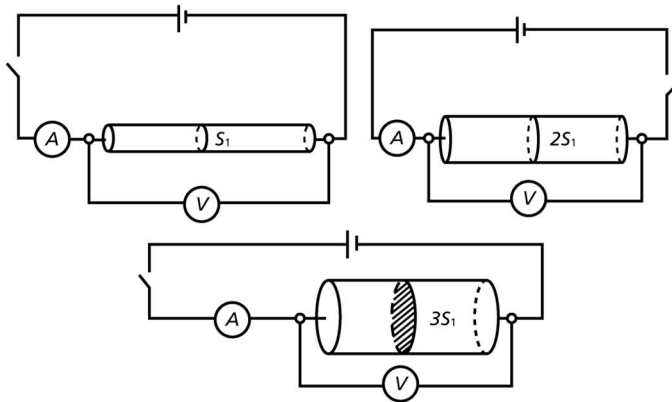


Fig. 2.101

En los extremos de los conductores al aplicar una misma tensión de 4 V, la intensidad de la corriente eléctrica que circuló por cada uno fue diferente: mayor en los casos en el que la sección transversal era mayor,

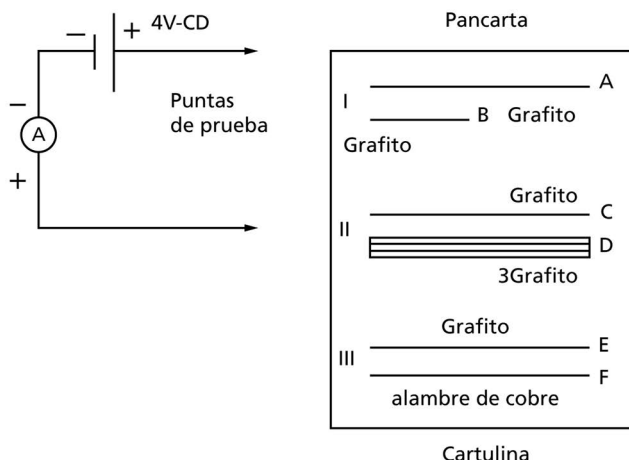


Fig. 2.103

- I- Dos grafitos (A y B) con la misma sección transversal, pero longitud diferente
- II- Cuatro grafitos, con igual longitud, tres de estos unidos (D) para formar un conductor con mayor sección transversal.
- III- Un grafito (E) y un conductor de cobre (F), con igual sección transversal y longitud.

Tarea

1. Realiza la lectura de los datos técnicos de algunos equipos eléctricos de tu hogar con ayuda de otra persona; efectúa los cálculos necesarios para comparar los valores de resistencia de cada uno. Apóyate de las tablas 2.4 y 2.5.
2. Expresa en Ohm (Ω) los valores de resistencia eléctrica de cada uno de los resistores que se muestran en la figura 2.104.

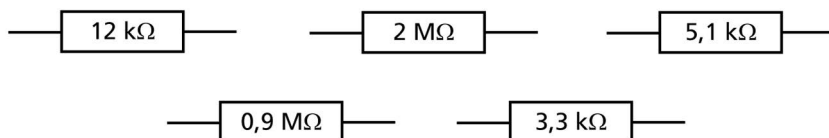


Fig. 2.104

3. Completa la tabla 2.10, referida a un experimento realizado con un consumidor conectado a una fuente de corriente eléctrica a temperatura constante.

Tabla 2.10

U (V)	I (A)
20	0,4
40	
	0,9
	1,2

4. En un bombillo de linterna con una tensión aplicada de 3,5 V, la intensidad de la corriente eléctrica que circula es de 0,28 A. Halla la resistencia del filamento del bombillo en estas condiciones.
5. Determina el valor que indican los instrumentos cuyo valor se desconoce en cada una de las porciones de circuito representadas en la figura 2.105.

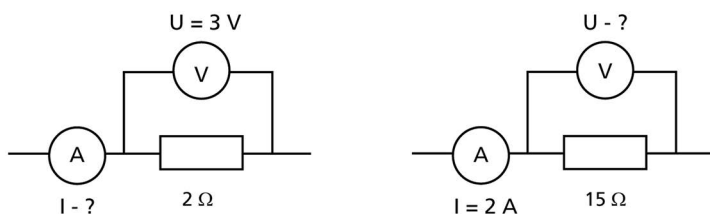


Fig. 2.105

6. La gráfica de la figura 2.106 muestra la dependencia entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión de dos conductores diferentes. ¿Cuál de los conductores posee mayor resistencia eléctrica? ¿Por qué?

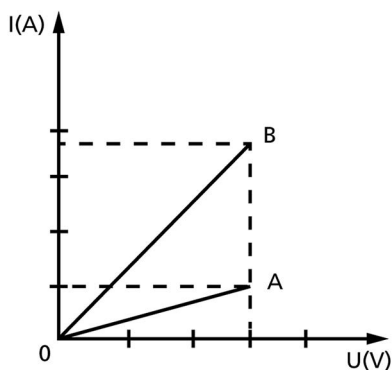
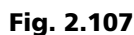


Fig. 2.106

- 10.** La figura 2.108, representa un circuito eléctrico.
- Señala el sentido convencional de la corriente eléctrica.
- ¿Qué efecto de la corriente eléctrica se pone de manifiesto?
 - Calcula la resistencia en el circuito si la tensión es de 12 V y la intensidad es de 3.0 A.



- c) Coloca instrumentos que te permitan comprobar los valores proporcionados en el inciso anterior.

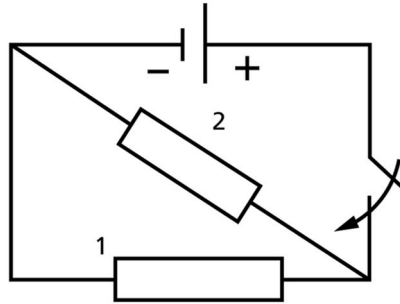


Fig. 2.108

11. La figura 2.109 representa un circuito eléctrico.

- ¿Cuáles son sus componentes?
- Señala el sentido convencional de la corriente eléctrica.
- Si el instrumento V se lee $0,5\text{ V}$ y en A se lee $0,1\text{ A}$, ¿qué resistencia posee el consumidor?
- Representa en el circuito otra forma de conectar los instrumentos que te permita obtener los mismos resultados.

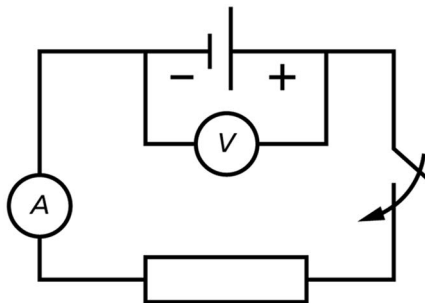


Fig. 2.109

12. En el laboratorio de Física el profesor orienta realizar el montaje de un circuito como el representado en la figura 2.110.

- Menciona los componentes que conforman este circuito eléctrico.
- Señala en el circuito eléctrico representado el sentido convencional de la corriente eléctrica.
- ¿Qué efecto de la corriente eléctrica se pone de manifiesto en el consumidor?

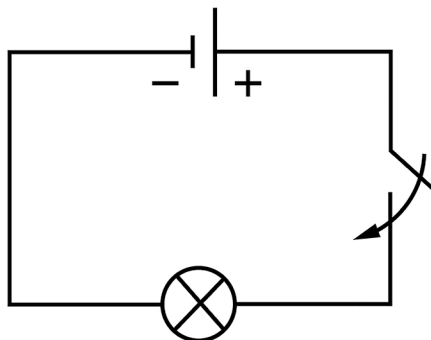


Fig. 2.110

2.5.4 Potencia eléctrica

2

En días lluviosos en ocasiones ocurren fuertes descargas eléctricas atmosféricas (rayos) (fig. 2.111), a veces estos pueden destruir árboles y parte de algunas edificaciones, ¿qué es lo que los hace tan mortíferos, la tensión o la intensidad de la corriente que los caracteriza?



Fig. 2.111

Los valores usuales de tensión e intensidad que puede llegar a alcanzar un rayo, tanto uno como el otro valor son realmente grandes.

Como has visto anteriormente, la función de las fuentes o generadores de electricidad es transformar algún tipo de energía (interna, como en las pilas electroquímicas; cinética, como en las turbinas de las centrales; radiación, como en los paneles solares; etcétera), en energía potencial eléctrica. A su vez en los diversos consumidores su función es transformar esta

energía potencial en algún otro tipo de energía (de radiación luminosa, como en las lámparas eléctricas; cinética, como en los motores, etcétera).

En octavo grado estudiaste que la rapidez con que ocurren las transformaciones de energía se caracteriza mediante el concepto de potencia

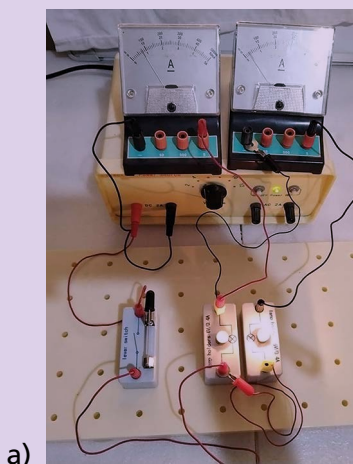
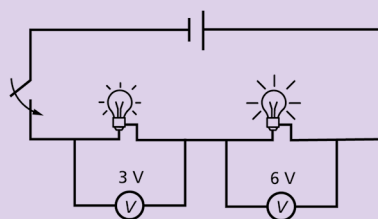
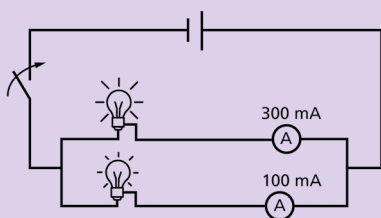
($P = \frac{E}{t}$, donde E es la energía transformada en el tiempo t).

¿Cuáles son los factores de que depende la potencia eléctrica?

Analiza un circuito constituido por una fuente de corriente eléctrica, un consumidor cualquiera y un interruptor.

Experimenta y aprende

1. Realiza el montaje de un circuito en el que los consumidores son bombillos distintos (fig. 2.112 a y b).
2. Conecta los bombillos como aparece en la figura 2.112 a y analiza el comportamiento de las magnitudes tensión e intensidad de la corriente eléctrica para cada uno de los bombillos. Anota los resultados.
3. Conecta los bombillos uno a continuación del otro, como muestra la figura 2.112 b, y analiza el comportamiento de las magnitudes de tensión e intensidad de la corriente eléctrica para cada uno de los bombillos.



a)



b)

Fig. 2.112

Las observaciones y experiencias realizadas conducen a la conclusión de que, **mientras mayores sean la intensidad de corriente (I) que pasa por un consumidor y la tensión en sus terminales (U), mayor será la potencia (P), o rapidez con que transforma energía eléctrica en otro tipo de energía.**

Sabes que:

$$U = \frac{W}{q} \quad (I)$$

Despejar W en (I)

$$W = q \cdot U \text{ (II)}$$

Systituir II en

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{U \cdot q}{t} \text{ (III)} \quad \text{O} \quad P = U \cdot \frac{q}{t}$$

Como $I = \frac{q}{t}$ (IV)

Systituir IV en III

$$P = U \cdot I$$

Esto sugiere que para calcular la potencia puede utilizarse la ecuación:

$$P = U \cdot I$$

189

Si la tensión es igual, la **potencia** eléctrica de distintos consumidores es mayor mientras mayor es la **intensidad** de la corriente eléctrica.

En octavo grado estudiaste que la unidad de potencia en el sistema internacional (SI) es el watt en honor a James Watt (1736-1839).



Conéctate con la historia

James Watt (1736-1819). Nació en Gran Bretaña, fue ingeniero mecánico, contribuyó al desarrollo de la máquina de vapor, concibió la propulsión de barcos a vapor, en su honor se denominó watt a la unidad de potencia.

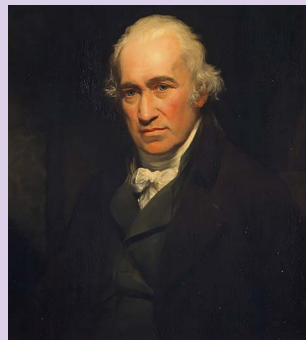


Fig. 2.113

La potencia eléctrica es una **magnitud física** cuya unidad de medida es el watt (**W**) y $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$. Para medirla se emplea un instrumento llamado **vatímetro**.

En la práctica frecuentemente se utilizan múltiplos y submúltiplos del watt,.

$$1 \text{ w} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$$

$$1 \text{ miliwatt (1 mW)} = 0,001 \text{ W}$$

$$1 \text{ kilowatt (1 kW)} = 1 \text{ 000 W}$$

$$1 \text{ megawatt (1 MW)} = 1 \text{ 000 000 W}$$

Atención

Al trabajar con las unidades de tensión e intensidad debes tener presente que deben ser el volt y el ampere (en el SI) para así obtener la unidad fundamental de potencia o sea el watt, puedes luego expresarla en una unidad múltiplo o submúltiplo de esta e incluso trabajar con valores expresados en notación científica.

Ejercicio resuelto

1. Determina aproximadamente, la potencia que puede tener una descarga eléctrica atmosférica. Apóyate de las tablas 2.4 y 2.5.

CAPÍTULO 2

Datos:

Ecuación: $P = U \cdot I$

$$I = 20\,000\text{ A}$$

$$P = 1\,000\,000\,000\text{ V} \cdot 20\,000\text{ A}$$

$$U = 1\,000\,000\,000\text{ V}$$

$$P = 20\,000\,000\,000\,000\,\text{W}$$

$P - j?$

$$P = 2 \cdot 10^{13} \text{ W}$$

$$P = 2\,000\,000\,000\text{ MW}$$

$$P \equiv 2 \cdot 10^7 \text{ MW}$$

R/: La descarga eléctrica atmosférica desarrolla una potencia de $2 \cdot 10^7$ MW.

Puedes concluir que, en un rayo, su efecto tan destructivo lo caracteriza su elevada potencia de corriente eléctrica.

En la tabla 2.11, se muestra valores de potencia de algunos equipos eléctricos.

Tabla 2.11

Dispositivo o instalación eléctrica	Valores aproximados de potencia
Auricular	5 m W
Led común	30 m W
Bombillo de linterna	5 W
Lámpara ahorradora	10 W
Tubos fluorescentes	20-40 W
Lámparas de filamento	25-100 W
Ventilador común	60 W
Televisor	50-100 W
Televisor plasma	88 W
Refrigerador	180 W
Lavadora	360 W
Plancha eléctrica	1 000 W
Hornilla eléctrica	600-1 000 W
Acondicionador de aire BK-1500	1,5 kW
Split	1,05 kW
Primeras centrales eléctricas (1882)	12 k W
Mayores centrales eléctricas	1 300 MW

+ ¿Sabías que...?

Las rayas eléctricas (fig. 2.114) dan electrochoques para aturdir a sus presas y ahuyentar a sus predadores, las descargas son producidas por células planas llamadas electroplacas que provoca una tensión de 8 V hasta 220 V aproximadamente causando una corriente eléctrica impresionante de 30 A por unos cuantos milisegundos. En la antigua Roma los médicos la utilizaban como terapia, colocando la raya sobre los pacientes para curar dolores de cabeza y gota.



Fig. 2.114 Rayas eléctricas

Física en acción

1. Calcula la potencia desarrollada por la raya, con los valores que aparecen en la sección ¿Sabías que...?, e investiga la potencia de algunos equipos de tu hogar y con los datos recogidos, compara los valores de potencia de estos equipos con los que provoca la raya.

Tareas

1. Calcula la potencia de:
 - a) Un pez torpedo eléctrico cuando genera una tensión de 50 V y una intensidad de corriente eléctrica de 4,4 A.
 - b) Una batería de auto de 12 V cuando genera una corriente eléctrica de 30 A.
- 1.1 Compara los valores obtenidos.
2. Diseña un experimento para hacer el estudio energético de:



Fig. 2.115

- Un bombillo incandescente (fig. 2.115 a) de 100 W
- Un bombillo ahorrador (fig. 2.115 b) de 20 W

a) Compara los resultados obtenidos.

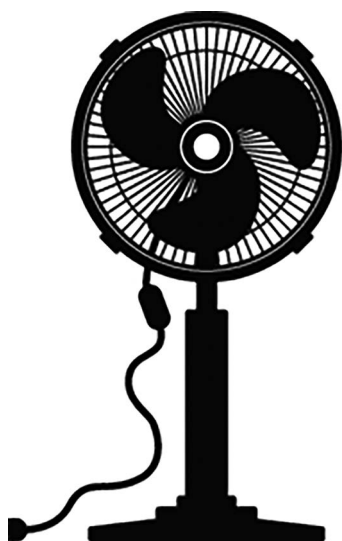
b) Analiza las implicaciones del empleo de los bombillos ahorradores para la economía del país, centros de trabajo, escuela y familia.

Observaciones:

En el diseño del experimento debes realizar el análisis energético con el empleo de la ecuación:

$$P = \frac{E}{t}$$

3. Calcula la energía consumida por una plancha cuya potencia es de 1 000 W y se mantiene funcionando durante 10 min.
4. El bombillito de una bicicleta desarrolla una potencia de 3,0 W y la intensidad de la corriente eléctrica producida por una dinamo cuando está conectada a este bombillo es de 0,5 A.
 - a) Calcula la tensión a la que es sometido este bombillito.
5. En la figura 2.116 se muestran algunos de los datos que aparecen en la placa de un ventilador. Si consideras los datos de la placa, ¿cuál es el valor de la intensidad de la corriente que circula por el ventilador?



110 V	45 W
-------	------

Placa de datos del ventilados

Fig. 2.116 Ventilador

2.5.5 Trabajo efectuado por la corriente eléctrica

Reflexiona

A tu juicio, ¿cuál de las lámparas siguientes “gasta” mayor electricidad, una de 60 W funcionando durante una hora o una de 20 W durante una jornada de ocho horas seguidas?

Conoces que la potencia de la corriente eléctrica es la razón entre la cantidad de energía transformada y el tiempo en que esto ocurrió, o sea, que cuanto mayor es la potencia de la corriente al circular por un conductor, mayor es su efecto y por tanto debe haber un mayor consumo de electricidad, ¿cómo influye el tiempo en que está funcionando?

En un circuito eléctrico cerrado, la energía eléctrica se puede transformar en otros tipos de energía ver figura 2.117 (mecánica, calorífica, luminosa, entre otras) y durante esta el campo eléctrico realiza trabajo para desplazar las cargas eléctricas por estos, vinculada al trabajo está la potencia eléctrica, la cual caracteriza la rapidez con que se realiza un trabajo.

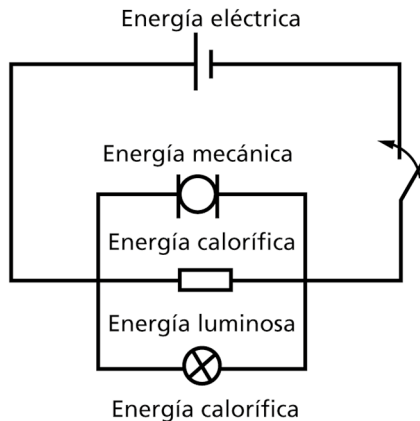


Fig. 2.117

La ecuación general de la potencia permite investigar de qué depende el trabajo que realiza la corriente eléctrica cuando circula por un consumidor.

$$P = \frac{W}{t} \quad (I)$$

$$W = P \cdot t \text{ (II)}$$
$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$$
$$1 \text{ MWh} = 1\,000\,000 \text{ Wh} = 3\,600\,000\,000 \text{ J}$$
$$W = 20 \text{ W} \cdot 8 \text{ h} = 160 \text{ W} \cdot \text{h}$$

195

1. Con los conocimientos adquiridos hasta el momento puedes llegar a la conclusión de que en tu casa, siempre que sea posible, se deben sustituir los bombillos ahorradores por bombillos LED.
 - a) Representa el esquema y reúne con tu equipo los medios necesarios para construir un circuito eléctrico sencillo en la próxima clase, que te permita realizar las mediciones necesarias para los dos tipos de bombillos donde puedas demostrar la veracidad de este cambio de bombillos.
 - b) Revisa los datos técnicos de cada bombillo y con las mediciones realizadas determina ¿cuál de los dos bombillos ilumina más?

1. Menciona algunos consumidores de tu hogar que a pesar de tener poca potencia funcionan sin utilidad alguna, sé crítico.
2. Analiza cómo podrías contribuir al ahorro de energía eléctrica, al utilizar:
 - a) las “luces” en tu hogar,
 - b) el televisor,
 - c) el cargador de un celular.
3. Determina el trabajo que desarrolla la corriente eléctrica en un aire acondicionado (tabla 2.11) cuando funcionan desde las 10 p.m. hasta las 6 a.m. del otro día.

Las conexiones en serie y paralelo se estudiaron en epígrafes anteriores al conectar un amperímetro o un voltímetro, ¿qué características tienen estos tipos de conexión?

Experimenta y aprende

1. Monta un circuito eléctrico con varios consumidores los cuales se conectarán en diferentes posiciones, utiliza los instrumentos para medir intensidad y tensión para determinar el comportamiento de los valores de estas dos magnitudes en dependencia de cómo se conecten los consumidores.

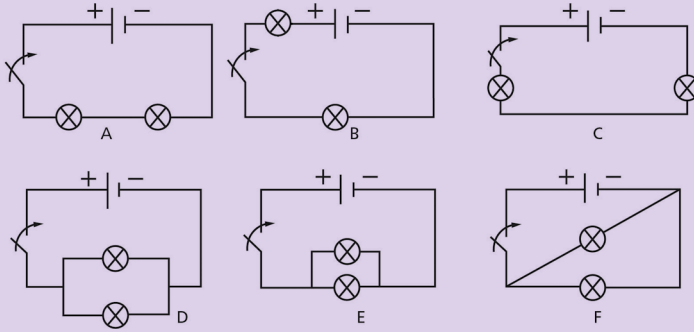


Fig. 2.119

Si analizas el paso de la corriente eléctrica en cada uno de los circuitos eléctricos formados observas que en los tres primeros circuitos la corriente sigue un solo camino, en cambio, en los tres restantes al llegar a un punto determinado la corriente hace varios recorridos a la vez, se ramifica y se desvía.

El circuito en el cual la corriente eléctrica sigue un solo camino o recorrido obligatoriamente se le llama **circuito en serie**, y aquel en el cual la corriente eléctrica toma varios caminos, **circuito en paralelo**, como ocurre en la conexión del voltímetro a los extremos de un consumidor.

Analiza primeramente la conexión en serie.

¿Qué sucede al quitar un bombillo de uno de los portalámparas del circuito de la figura 2.119 a, b y c?

Se interrumpe el paso de la corriente y, por tanto, no circula esta. Lo mismo sucede si a uno de estos se le funde el filamento.

Quizás has pensado que pudiera presentarse la situación siguiente (fig. 2.120).

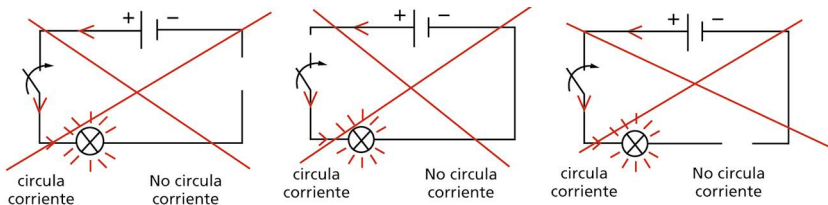


Fig. 2.120

de los bombillos, los amperímetros indican que no circula corriente eléctrica. Por tanto, puedes plantear que:

En un circuito en serie, la intensidad de la corriente eléctrica es la misma en todas sus partes.

$$I = I_1 = I_2$$

Experimenta y aprende

1. Realiza el montaje del circuito, esta vez con los resistores de $50\ \Omega$ y $100\ \Omega$ conectados en serie (fig. 2.122).
 - a) Mide la tensión en los extremos de los resistores (V), anota los resultados.
 - b) Mide nuevamente la tensión en cada uno de los terminales de los resistores (V_1 y V_2). Anota los resultados.
 - c) Compara el valor de la tensión entre a y d con la suma de las dos anteriores. ¿A qué conclusión puedes llegar?

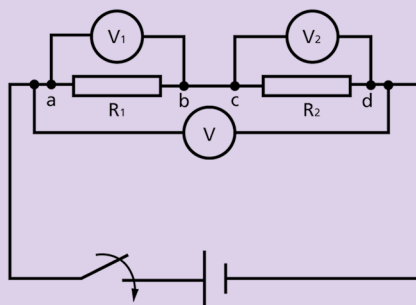


Fig. 2.122

Se comprueba que la tensión entre los extremos de R_1 y R_2 es igual a la suma de la tensión existente entre a y d.

En la conexión de consumidores en serie, la tensión aplicada a la conexión es igual a la suma de las tensiones que hay en cada uno de los consumidores que componen el circuito:

$$U = U_1 + U_2$$

Si empleas la ecuación que relaciona la tensión, la intensidad y la resistencia en una porción de circuito eléctrico, puedes hallar una expresión que te permita conocer qué le ocurre a la resistencia total del circuito en una conexión en serie, y proceder a su cálculo.

Como $I = \frac{U}{R}$ se despeja la tensión (U)

$$U = I \cdot R \text{ (I)}$$

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 \text{ (II)}$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 \text{ (III)}$$

Como $U_T = U_1 + U_2$ (IV)

Se sustituye I, II y III en IV

$$I \cdot R = I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2$$

Como $I_T = I_1 = I_2$, se divide cada uno de los términos de la igualdad por I ,

$$\frac{I \cdot R}{I} = \frac{I_1 \cdot R_1}{I} + \frac{I_2 \cdot R_2}{I}$$

Y se obtiene que:

$$R_T = R_1 + R_2$$

Cuando dos o más consumidores están conectados en serie, la resistencia total del circuito es igual a la suma de las resistencias de cada uno de los consumidores conectados a este.

+ ¿Sabías que...?

La suma de las resistencias que forman una porción del circuito en serie tiene gran utilidad en la práctica, esta característica permite sustituir un resistor con un valor dado y que no contamos con este en ese momento, por dos o más resistores cuya suma sea igual al valor equivalente, lo mismo sucede con resistores cuyo valor no se fabrican industrialmente.

Si conectas dos consumidores en serie, estos se comportan como si aumentara la longitud del conductor, y como la resistencia es directamente proporcional a la longitud, la resistencia del circuito es mayor que cuando existe un solo conductor.

Ejercicio resuelto

1. Dos lámparas de resistencia $R_1 = 15 \, \Omega$ y $R_2 = 60 \, \Omega$ están conectadas en serie. Si la tensión en los bornes de la fuente de alimentación es de 6 V (fig. 2.123), determina:
- a) la resistencia total del circuito;

- b) la intensidad de la corriente eléctrica en el circuito;
 c) la tensión en cada una de las lámparas.

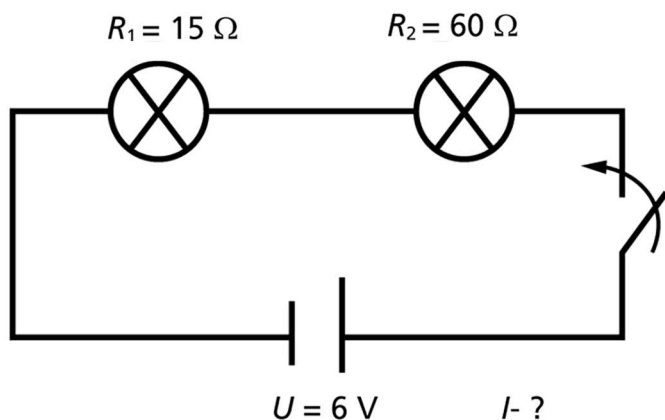


Fig. 2.123

Datos:

$$R_1 = 15 \Omega$$

$$R_2 = 60 \Omega$$

$$U = 6 \text{ V}$$

$$R = ?; I = ?; U_1 = ? \text{ y } U_2 = ?$$

Solución:

- a) Como las lámparas están conectadas en serie:

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$R_T = 15 \Omega + 60 \Omega$$

$$R_T = 75 \Omega$$

Respuesta: La resistencia total del circuito es de 75Ω .

- b) Como la intensidad de la corriente eléctrica en el circuito es la misma en todas partes, puedes determinar su valor con la ecuación que relaciona la tensión, la intensidad y la resistencia en una porción de circuito eléctrico:

Al sustituir los valores tienes: $I = \frac{U}{R}$

$$I = \frac{6 \text{ V}}{75 \Omega}$$

$$I = 0,08 \text{ A}$$

Respuesta: La intensidad de la corriente eléctrica en el circuito es de $0,08 \text{ A}$.

- c) La tensión en los extremos de cada lámpara se puede determinar mediante cualquiera de estas dos variantes:

por lo que en el caso de una de las ramas que están conectadas en serie (fig. 2.124) al dañarse un componente, se apagan todos los de ese tipo de conexión, la otra rama sigue su funcionamiento y esto ocurre porque están conectados en paralelo.

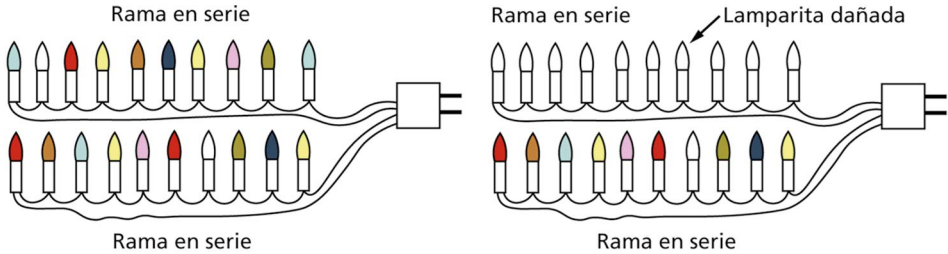


Fig. 2.124

En nuestros hogares el tipo de conexión que forman las luces en los diversos locales que la componen, el refrigerador, la cocina eléctrica y todos los equipos electrodomésticos presentan conexiones en paralelo de lo contrario tendrían que estar funcionando todos a la vez.

Analiza las características que presentan las magnitudes básicas de la corriente eléctrica en este tipo de conexión en paralelo.

Experimenta y aprende

1. Monta un circuito como el representado en la figura 2.125.
 - a) Cierra el circuito y realiza la lectura de cada uno de los amperímetros. Anota los resultados obtenidos.
 - b) Desconecta una de los bombillos. Observa lo que ocurre.

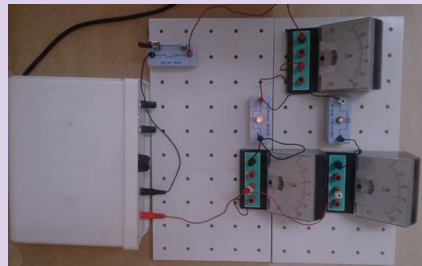
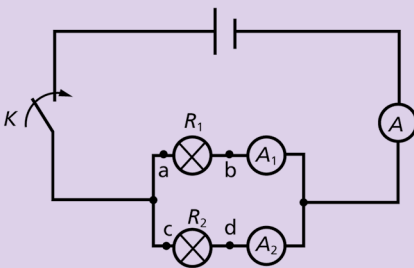


Fig. 2.125

Si se cierra el interruptor k ambas lámparas se iluminan lo que indica que la corriente eléctrica circula por ambas y los amperímetros registrarán

Obtendrás:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} \text{ ecuación III}$$

Ya conoces que:

Se sustituye I, II, y III en la ecuación IV

Y como

Divide los términos de la igualdad por U,

obtendrás:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

En una conexión de consumidores en paralelo, el inverso de la resistencia total de la asociación es igual a la suma de los inversos de los valores de las resistencias que componen esta asociación.

Cuando se conectan dos o más consumidores en paralelo, la resistencia total del circuito disminuye, pues aumenta el área de la sección transversal por donde circula la corriente eléctrica, y la resistencia eléctrica es inversamente proporcional al área de la sección transversal del conductor.

En los circuitos en serie la resistencia total es mayor que cualquiera de los valores de cada componente, sin embargo, en los circuitos en paralelo la resistencia total es menor que el menor de los valores de los resistores empleados.

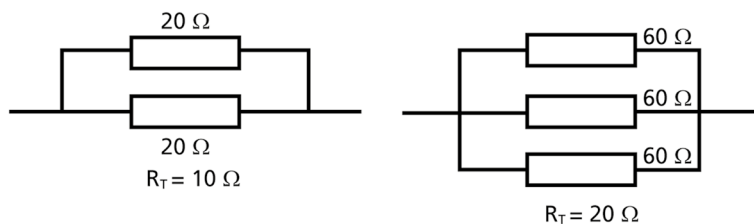


Fig. 2.127 Valores aproximados de resistencia total en resistores en paralelo

Si se determina la resistencia total de una asociación en paralelo con resistores de diferentes valores se hace engorrosa debido al procedimiento matemático que es necesario emplear, se puede facilitar si se tiene en cuenta lo siguiente:

La resistencia total para un paralelo se determina por:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Si determinas el mínimo común múltiplo

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

Si hallas el recíproco de $\frac{1}{R}$ $R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

Esta expresión es válida solo para dos consumidores conectados en paralelo, al trabajar con más de dos resistores debe emplearse la fórmula general

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

Un ejemplo ampliamente conocido es el que se muestra en la figura 2.128, es el caso de una extensión, en este caso cada uno de las tomas de corriente se encuentran conectadas en paralelo.



Fig. 2.128 Extensión

Ejercicio resuelto

1. Dado el circuito representado en la figura 2.129, determina:

- la resistencia total
- la tensión en el voltímetro.

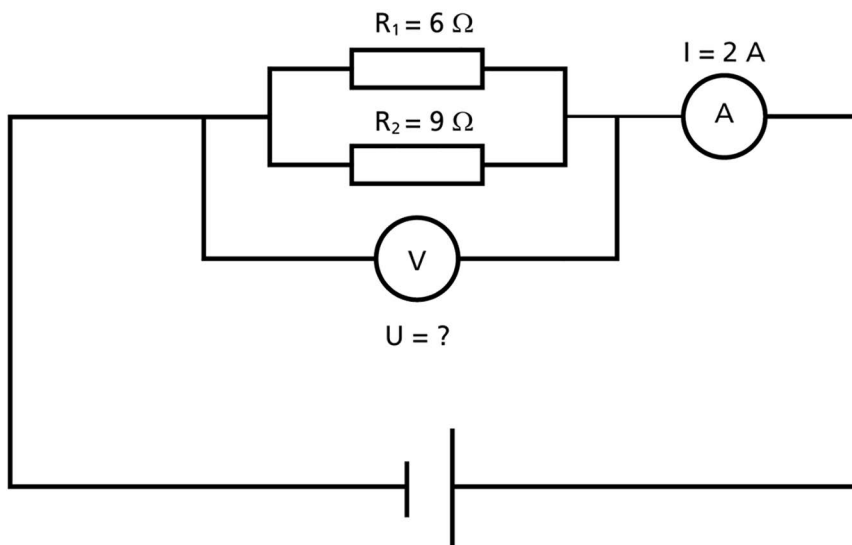


Fig. 2.129

Datos:

$$R_1 = 6 \, \Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_2 = 9 \, \Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9}$$

$$I = 2 \, \text{A}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{5}{18}$$

$$R = ?; \quad U = ?$$

$$R = 3,6 \, \Omega$$

a) Como los conductores están conectados en paralelo:

Respuesta: La resistencia total del circuito eléctrico es de $3,6 \, \Omega$.

b) La tensión en los extremos de los resistores tendrá el mismo valor debido a que en la porción de un circuito en paralelo la tensión es la misma, entonces:

$$I = \frac{U}{R}$$

Se despeja la tensión

$U = I \cdot R$ siendo R la resistencia total.

$$U = 2 \text{ A} \cdot 3,6 \Omega$$

$$U = 7,2 \text{ V}$$

Respuesta: La tensión del circuito eléctrico es de 7,2 V.

Se puede resumir:

Circuito en serie: los consumidores se disponen de manera continuada.

$$I_T = I_1 = I_2 = \dots \qquad U_T = U_1 + U_2 + \dots$$

La resistencia equivalente en un circuito en serie:

$$R = R_1 + R_2$$

Circuito en paralelo: los extremos de cada consumidor están conectado a un mismo punto del circuito y el otro extremo de cada consumidor a otro mismo punto.

$$U_T = U_1 = U_2 = \dots \qquad I_T = I_1 + I_2 + \dots$$

La resistencia equivalente de dos resistores en un circuito en paralelo:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Reflexiona

El circuito de una vivienda y otras instalaciones se dispone de tal modo que cuando se conecten varios receptores queden en paralelo. ¿Qué ventajas representa este tipo de conexión con respecto a la conexión en serie?

Este tipo de conexión tiene como ventaja que puedas hacer uso de la electricidad según la necesidad que tengas de utilizarla o no. Gracias a la conexión en paralelo, es que puedes iluminar una sola habitación de tu hogar, mientras las otras están apagadas. Por otra parte, la conexión en paralelo garantiza que la tensión sea la misma en cualquier parte del circuito. En la red urbana de electricidad, en Cuba, generalmente la tensión es de 110 V o de 220 V, y los equipos eléctricos que utilizas funcionan con estas tensiones, o usas transformadores para obtenerlo.

Estás en condiciones de responder la reflexión inicial del epígrafe donde los faros de los carros son conectados en paralelo para que funcionen independientes. En caso de encontrarnos en la situación de que

uno de los faros se rompa el otro sigue funcionando y permite al conductor continuar su movimiento por una carretera, **pero cuidado**, debe ser cambiado el bombillo defectuoso en breve tiempo para evitar accidentes.

Física en acción

1. Elabora un esquema de las instalaciones eléctricas de un cuarto de tu casa. Determina qué elementos se encuentran en serie y cuáles en paralelo.

Tareas

1. Identifica qué tipo de conexión es la utilizada en los casos siguientes. Argumenta tu selección:
 - a) En una extensión de las utilizadas para conectar varios equipos.
 - b) Entre una lámpara y su interruptor.
2. Observa detenidamente los esquemas que representan diagramas de los circuitos eléctricos (fig. 2.130).
 - a) Menciona los elementos representados en los casos A y B.
 - b) Menciona el tipo de conexión de cada caso y di dos razones que demuestren la ventaja de la conexión B, con respecto a la conexión A.

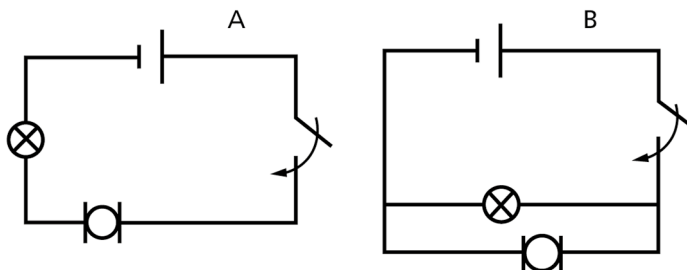
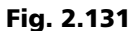


Fig. 2.130

3. Un circuito consta de dos conductores unidos en serie cuyas resistencias son $4\ \Omega$ y $6\ \Omega$ respectivamente. ¿Cuál es el valor de la resistencia total del circuito?
4. Determina en el circuito representado (fig. 2.131) el valor de la tensión existente en los extremos del resistor.



-

Fig. 2.132

-

Fig. 2.133

7. Determina en el circuito que aparece en la figura 2.134, los valores que indican el voltímetro V y el amperímetro A_2 , así como el valor de las resistencias eléctricas R_1 y R_2 .

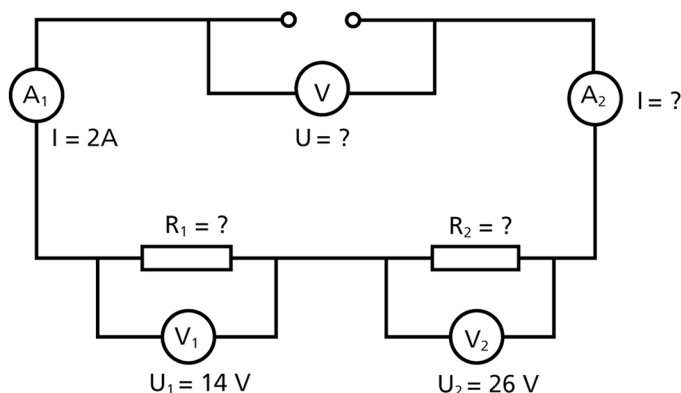


Fig. 2.134

8. Dos resistores de $4\ \Omega$ y $8\ \Omega$ están unidos en paralelo. Si la tensión es de 4 V , determina la intensidad de la corriente eléctrica en cada resistor y la intensidad total de la corriente en el circuito.
9. Dos lámparas de $15\ \Omega$ y $60\ \Omega$ están conectadas en serie. Si la tensión en los bornes de la fuente es de $6,0\text{ V}$ responde:
- Dibuja el esquema del circuito correspondiente.
 - Calcula la resistencia total del circuito, la intensidad de la corriente y la tensión de cada una de las lámparas.

2.7 Medición y ahorro de energía eléctrica

Mensualmente en nuestros hogares leen el metro contador de electricidad y pagamos a la Empresa Eléctrica el consumo. Este equipo mide el trabajo realizado por la corriente eléctrica, que es a su vez la cantidad de energía eléctrica transformada (degradada, consumida).

Reflexiona

¿Cómo se efectúa este proceso?

Para el uso racional de la energía eléctrica y su ahorro, resulta indispensable su medición, tanto durante la generación como en el consumo.

En octavo grado conociste dos unidades de energía, el joule y la caloría. Sin embargo, al referirse a la cantidad de energía “consumida” o “generada” por consumidores y fuentes conectados a la red nacional de electricidad, es usual emplear otra unidad con la cual resulta más cómodo trabajar, el watt . hora (Wh). Esta unidad permite relacionar fácilmente la cantidad de energía con la potencia desarrollada por los equipos e instalaciones, y el tiempo de funcionamiento de estos. Por ejemplo, la energía consumida al cabo de una hora por una lámpara de 20 W es, simplemente, 20 Wh y la generada en un día por una planta de 100 MW, es:

$$100 \text{ MW} \cdot 24 \text{ h} = 2\,400 \text{ MWh.}$$

La Empresa Eléctrica mide la energía “consumida” por los equipos eléctricos en las viviendas y en otras instalaciones mediante un instrumento denominado contador de electricidad (fig. 2.135), también llamado reloj de electricidad. Generalmente consta de un disco que gira con mayor o menor rapidez, en dependencia de la corriente eléctrica que circula por este. En consecuencia, el número de vueltas que realiza el disco está determinado por la intensidad de la corriente eléctrica y el tiempo durante el cual fluye los portadores de carga eléctrica. Resulta que la energía consumida también está determinada por esas mismas magnitudes, por esto, el número de vueltas realizadas por el disco puede ser empleado para medir la energía utilizada. Eso es precisamente lo que hacen los contadores, miden la energía contando el número de vueltas realizadas por el disco.



a



b

Fig. 2.135

En nuestro país se utilizan fundamentalmente dos tipos de contadores eléctricos: los de esferitas y el contador digital.

Investiga

Investiga cómo se realiza la lectura del contador analógico que se estudió en octavo grado en la asignatura de Educación Laboral.

El contador eléctrico digital indica directamente la cifra completa (fig. 2.135). Si el número de la derecha es de un color distinto al del resto de los números o está separado de estos por un cuadro de distinto color o por una coma, no se anota, este número por sí solo, no indica nada.

Para determinar el valor de la energía eléctrica consumida en un intervalo de tiempo dado, debes realizar dos lecturas de los contadores, una al inicio y otra al final del intervalo de tiempo escogido, el cual generalmente es de un mes. La energía consumida se calcula restando la primera lectura de la segunda.

Reflexiona

¿Cuánto se debe pagar por la energía consumida?

Según la tarifa actual (2019) (tabla 2.12) en dependencia de la energía consumida se puede determinar cuánto debes pagar a la empresa eléctrica.

Tabla 2.12

Rango de consumo (kWh)	Precio (\$)
0-100	0,33
101-150	1,07
151-200	1,43
201-250	2,46
251-300	3,00
301-350	4,00
351-400	5,00
401-450	6,00

451-500	7,00
501-600	9,20
601-700	9,45
701-1 000	9,85
1 001-1 800	10,80
1 801-2 600	11,80
2 601- 3 400	12,90
3 401-4 200	13,95
4 201-5 000	15,00
Más de 5 000	20,00

Así, por ejemplo, un consumo de 120 kWh puede descomponerse en las cifras siguientes.

$$\begin{aligned} 120 \text{ kWh} &= 100 \cdot \$ 0,33 + 20 \cdot \$ 1,07 \\ &= \$ 33,00 + \$ 21,40 \\ &= \$ 54,40 \end{aligned}$$

El costo de la energía consumida es de \$ 54,40.

Un consumo mayor implica que debes abonar una mayor cantidad de dinero, así, al consumir 280 kWh debes pagar:

$$\begin{aligned} 250 \text{ kWh} &= 100 \cdot \$ 0,33 + 50 \cdot \$ 1,07 + 50 \cdot \$ 1,43 + 50 \cdot \$ 2,46 \\ &= \$ 33,00 + \$ 53,50 + \$ 71,50 + \$ 123,00 \\ &= \$ 281,00 \end{aligned}$$

Por eso cada familia debe saber medir y calcular el costo de la energía consumida.

Este proceso se determina en breves segundos por parte de un obrero encargado de leer los relojes contadores mediante un equipo digital en el cual aparecen, en su base de datos la dirección, nombre del propietario del contador y la lectura del mes anterior. Si colocas la lectura actual este equipo realiza las operaciones necesarias para registrar la energía consumida y su costo.

En los centros laborales una persona designada por la administración chequea periódicamente el consumo efectuado, pues existe una cuota asignada a cada escuela, fábrica y otras instituciones.

En la actualidad se provee de metros contadores a estas dependencias en las cuales un personal calificado los ajusta de modo tal que, asignada una cantidad determinada de electricidad a consumir, este equipo va descontando la energía consumida y al llegar a cero corta el suministro de electricidad al lugar.

Reflexiona

¿Por qué se producen los “apagones”?

En ocasiones, debido a una avería o a un déficit en la generación de corriente eléctrica, la demanda de energía eléctrica es mayor a la capacidad generadora del sistema. Debido a tal motivo se hace necesario apagar (desconectar) de la red eléctrica algunos sectores (circuitos) de la población e incluso industrias, hasta reestablecer los parámetros correctos del sistema.

Entre las 6.00 p.m. y las 10.00 p.m. ocurre un mayor consumo de electricidad (horario pico) y alcanza su punto máximo a las 8.00 p.m.

Si se quiere satisfacer esta demanda es necesario poner en funcionamiento todo el sistema eléctrico, incluso generar en centrales poco eficientes y las que consumen un combustible más caro, lo que encarece el precio de la energía eléctrica.

Nuestro país para contribuir al ahorro de la electricidad, adopta medidas encaminadas a disminuir las pérdidas inevitables por transmisión, pues con el aumento de las distancias entre los generadores y los consumidores esta energía se disipa en forma de calor en los conductores, por lo que son sustituidos periódicamente si se tiene en cuenta la sección transversal del conductor y el tipo de material del cual está constituido. Para contribuir al ahorro de energía, se ha ido incrementando la utilización de las luminarias LED en el alumbrado público, y la venta de tubos LED de alta calidad a la población.

Existen programas encaminados a fomentar una cultura ahorrativa en nuestra población por lo que se trabaja arduamente en el PAEC (Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba) el cual contempla además, realizar ajustes en la producción de lámparas con un ligero menor consumo como en el caso de las lámparas fluorescentes de 18 W en sustitución de las de 20 W y de 36 W en sustitución de las de 40 W, lo que significa un valor considerable al tener en cuenta las miles de estas encendidas en todo el país;

En la actualidad el desarrollo alcanzado por la tecnología ofrece la ventaja del empleo de lámparas LED, con un consumo de 9 W en sustitución de las tradicionales de 20 W, y 19 W en lugar de las de 40 W para el formato de lámparas tipo luz fría con un período de vida útil relativamente grande y el empleo de menos recursos eléctricos para su funcionamiento.

El ahorro de electricidad no solo ataña a nuestro país, pues múltiples naciones adoptan las medidas necesarias para evitar su derroche. Un mayor consumo de energía eléctrica implica otro tanto en combustibles y, por tanto, mayor contaminación ambiental ocasionada por la emisión de gases y metales pesados en suspensión resultantes de la combustión de hidrocarburos empleados en el proceso de generación de electricidad, la emisión de gases a su vez incrementa el efecto de invernadero, y algunos de estos al combinarse con otros gases producen lluvias ácidas que destruye la vegetación, los monumentos de ahí la importancia del empleo de tecnologías limpias en sustitución paulatina de aquellas tecnologías contaminantes y poco eficientes.

1. Realiza la lectura de tu metro contador dos días consecutivos en dos momentos diferentes, uno entre semana y el otro el fin de semana, determina el consumo de un día en estas dos ocasiones e intenta determinar qué equipos utilizas en casa que provocan ese aumento de consumo de corriente eléctrica. Propón medidas para disminuir los niveles de consumo.

Consulta el tema “Electricidad y circuitos eléctricos” que aparece en el Portal CubaEduca y resuelve los ejercicios de autoevaluación que ahí aparecen.

1. Investiga algunas de las acciones realizadas por nuestro gobierno revolucionario relacionadas en la revolución energética.

2. ¿Por qué es necesario saber medir la energía consumida en nuestros hogares y centros de trabajo?
3. Lee el contador eléctrico de tu casa y anota la lectura. Repite la lectura al transcurrir una semana. ¿Cuál fue el consumo de energía en esa semana? ¿Cuál fue el costo de la energía eléctrica consumida?
4. Si se conoce que, en Cuba, para producir 1 kWh de electricidad en una termoeléctrica, se emiten aproximadamente 80 g de CO_2 a la atmósfera. Determina cuánto de ese gas contribuyeron a emitir al usar la energía eléctrica en una semana.
 - a) Si en tu casa o algún vecino tiene una motorina o triciclo eléctrico y este se recarga desde la línea de distribución nacional, ¿Cuánto CO_2 se emite a la atmósfera cada vez que consume 50 kWh de energía eléctrica?
 - b) Valora si al recargarlas, esos equipos son tan ecológicos como se dice en los medios.

AUTOEVALÚATE

1. Estudiaste que existen dos tipos de carga eléctrica (una positiva y otra negativa) y su explicación desde el punto de vista de la estructura interna de la sustancia. Aplica tus conocimientos para completar los espacios en blanco:
 - a) Se dice que un cuerpo está electrizado positivamente si tiene _____ de electrones.
 - b) Se dice que un cuerpo está electrizado negativamente si tiene _____ de electrones.
 - c) Si se unen con un conductor un cuerpo A cargado positivamente con otro B cargado negativamente pasan _____ del _____ para el _____ hasta que queden _____.
 - d) Se estableció entre A y B una _____, que es el flujo de _____.
 - e) La corriente eléctrica para que sea duradera se necesita de una _____ de energía eléctrica.

2. Enlaza los efectos de la corriente eléctrica de la columna *A* con sus aplicaciones en la columna *B* según convenga:

A	B
Efecto	Aplicación
Químico	funcionamiento de los bombillos
Térmico	plateado de las prendas
Magnético	funcionamiento de las planchas eléctricas
Luminoso	funcionamiento de los motores eléctricos

Tareas generales del capítulo

1. ¿Por qué los cables eléctricos, así como las herramientas de los electricistas poseen forros de goma?
2. El agua destilada no es conductora de la corriente eléctrica. Argumenta este planteamiento
3. Analiza la representación del circuito eléctrico de la figura 2.136.
 - a) Representa el sentido convencional de la corriente eléctrica en el circuito.
 - b) ¿Cómo puedes variar el recorrido en este?
 - c) ¿Cuál es el nombre y la función en el circuito de los dispositivos enumerados?
 - d) ¿A cuál de las conexiones estudiadas corresponde este circuito?

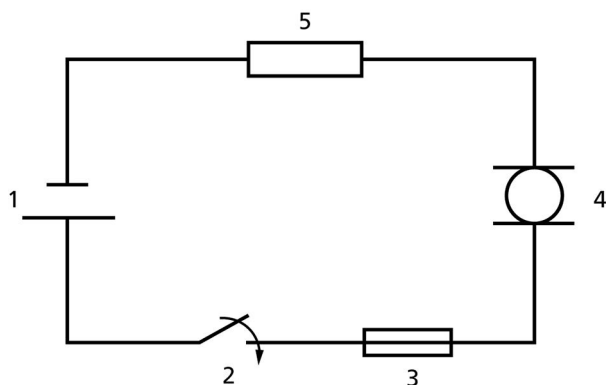


Fig. 2.136

4. La figura 2.137 reproduce las escalas de un amperímetro en dos rangos diferentes, ¿cuál de estos pudiera ser el que se empleó para medir:

- La intensidad de la corriente de un LED habitual que se utiliza en un televisor.
- La intensidad de la corriente en el motor de una turbina empleada en una casa?

a) ¿Cuál es la lectura que muestra cada escala según la conexión efectuada en sus bornes?

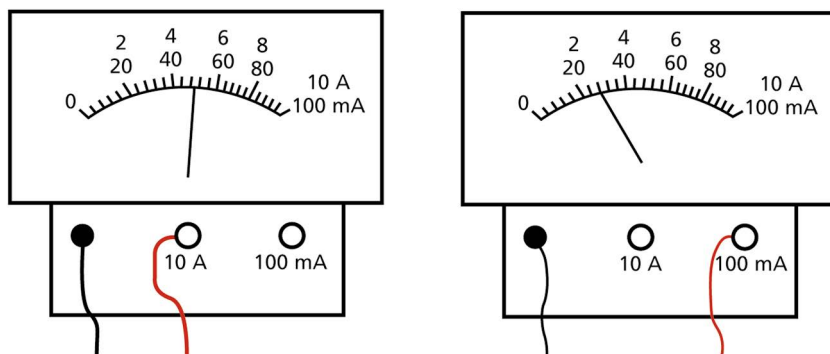
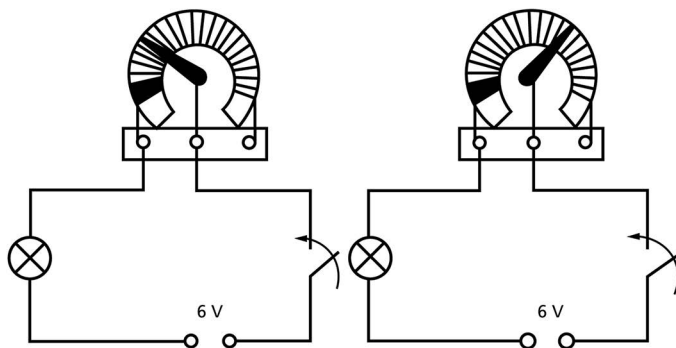


Fig. 2.137

5. Si se tiene una resistencia eléctrica de 6Ω , ¿cuál debe ser el valor de la tensión para que la intensidad de la corriente eléctrica sea de:

- 1 A
- 2 A
- 0,5 A



221

12. En la figura 2.139 se representan dos circuitos eléctricos. Di qué valor debe indicar cada uno de los instrumentos conectados que tienen signos de interrogación:

- en el circuito 1
- en el circuito 2

- 12.1 Si se cierra el interruptor en los dos circuitos eléctricos (1 y 2), se observa que uno de los dos bombillos ilumina más que el otro. De acuerdo con los cálculos realizados determina cuál de los dos bombillos ilumina más en cada circuito. Argumenta tu respuesta.

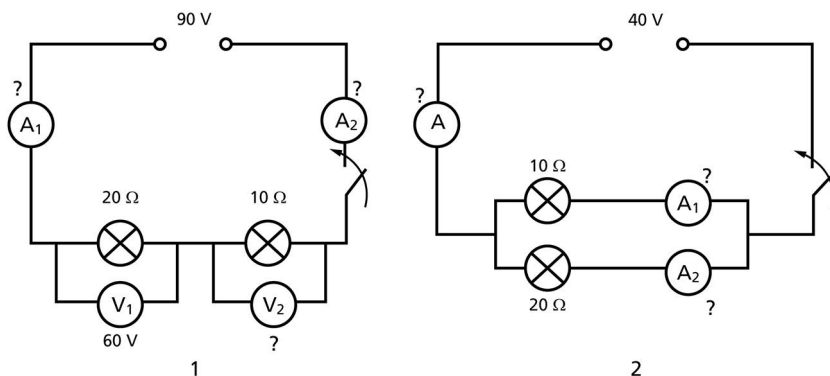
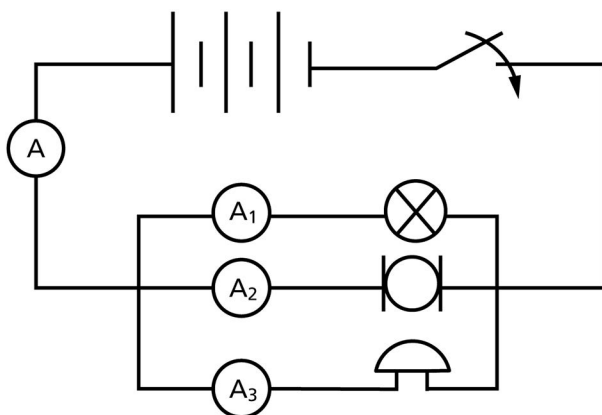


Fig. 2.139

13. Dos bombillos iguales están conectados en serie a una red de 127 V y la intensidad total de la corriente eléctrica en el circuito es de 0,5 A. ¿Qué tensión habrá en cada uno de los bombillos? Determina la resistencia total y la de cada bombillo en el circuito.
14. Dos bombillos incandescentes con una resistencia de $240\ \Omega$ cada uno, están unidos en serie y conectados a la red de 220 V, ¿cuál será el valor de la intensidad de la corriente en cada bombillo?
15. Dos resistores de valor $R_1 = 2\ \Omega$ y $R_2 = 3\ \Omega$ están unidos en serie. La intensidad de la corriente es igual a 1 A. Determina la resistencia total del circuito, la tensión en cada resistor y la tensión total del circuito.
16. La porción de un circuito consta de dos resistores conectados en paralelo. Si el valor de estos es de $3\ \Omega$ y $6\ \Omega$ respectivamente, ¿cuál es el valor de la resistencia total en cada uno?



223

20. Para lograr utilizar la energía eléctrica se necesita de todo un sistema eléctrico formado por un generador, conductores y dispositivos para la transmisión de energía, dispositivos de control y los propios consumidores.

- ¿Cómo se le llama a este conjunto?
- Representa los símbolos de cada uno de los elementos siguientes:
- Fuente _____ Bombillos _____ Interruptor _____ Timbre _____
Fusible _____ Resistores _____ Motor eléctrico _____.

20.1 ¿Cómo se transforma la energía eléctrica en: la fuente, el bombillo, el radio y el motor?

21. El esquema de la figura 2.141 representa una varilla *C* de caucho frotada con papel que interactúa con dos cilindros metálicos *A* y *B* sostenidos con un cordel de seda, todos electrizados.

- ¿Qué tipo de carga tiene la varilla *C*?
- ¿Qué tipo de carga tienen los cilindros *A* y *B*? Fundamenta tu respuesta.
- ¿Dónde es más intensa la acción del campo eléctrico de la varilla *C*, en *A* o en *B*? Justifica tu respuesta.
- ¿En qué condiciones eléctricas quedan los cilindros al cabo de un tiempo prolongado después de retirar la varilla?
- Explica que les ocurre a los cilindros si el cordel de seda que los sostiene si se sustituye por uno metálico.

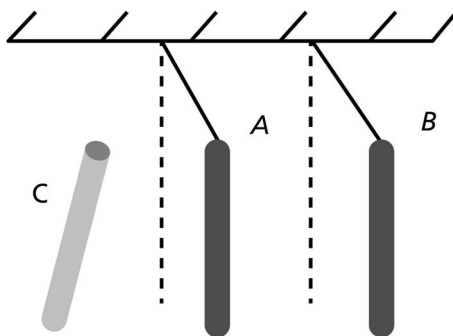


Fig. 2.141

22. El esquema de la figura 2.142 representa un circuito eléctrico.

- Señala el sentido convencional de la corriente eléctrica.

-

23. El esquema representa (fig. 2.143) la interacción de una varilla de ebonita frotada con papel que interactúa con un péndulo *A* neutro y otro metálico *B* electrizado, aislados con cordel de seda.

-
- The diagram shows two pendulums, A and B, suspended from a horizontal support. Pendulum A is on the left, and Pendulum B is on the right. Both pendulums have a circular bob and a vertical dashed line indicating the equilibrium position. A grey rod is positioned between the two pendulums, slightly tilted. The labels A and B are placed below their respective bobs.

225

24. Observa el circuito eléctrico y responde (fig. 2.144):

- ¿Cómo están conectados los consumidores?
- ¿Cuál es la lectura del amperímetro con signos de interrogación? Justifica tu respuesta.
- Calcula la resistencia total del circuito.
- Acopla un instrumento para medir la tensión del circuito.

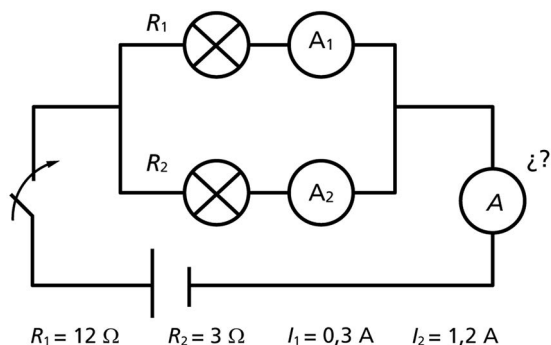


Fig. 2.144

25. En el circuito eléctrico de la figura 2.145:

- ¿Qué tipo de conexión es la de los resistores 1 y 2?
- Calcula la resistencia total de esta conexión.
- Determina la lectura que indicará el amperímetro A_1 .
- ¿Cuánto marcará el amperímetro A_2 ?

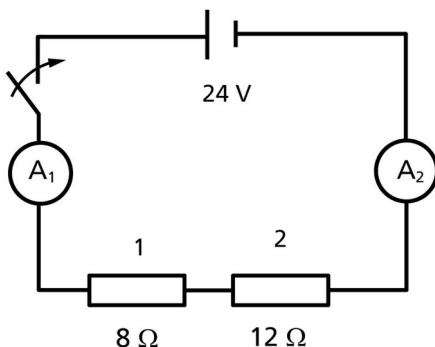


Fig. 2.145

26. En el circuito eléctrico de la figura 2.146, el voltímetro V_1 marca 3 V.

- ¿Cómo están conectados los resistores 1 y 2?
- ¿Cuánto marca el voltímetro V_2 ?

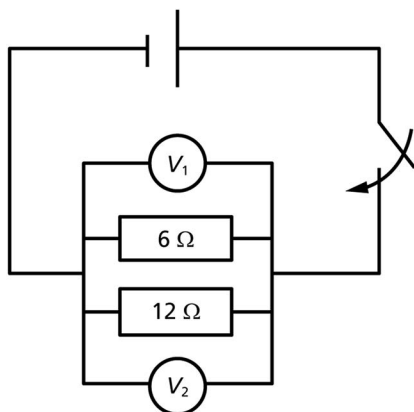


Fig. 2.146

- 27.** El esquema de la figura 2. 147 representa un circuito eléctrico. Determina:
- La resistencia total del circuito.
 - La indicación del amperímetro uno.
 - ¿Qué valor indicará el amperímetro dos? Justifica tu respuesta.
 - Acopla un voltímetro para el resistor dos.

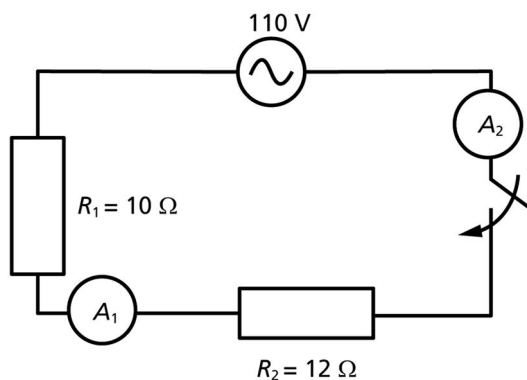


Fig. 2.147

- 227

- c) ¿Qué efecto primario se pone de manifiesto en cada consumidor?
- d) ¿Qué tipo de conexión existe entre los consumidores?
- e) Ubica un voltímetro que te permita medir la tensión del circuito y determina la lectura del amperímetro A si el voltímetro registra 12 V y la resistencia en el circuito es de 40Ω .

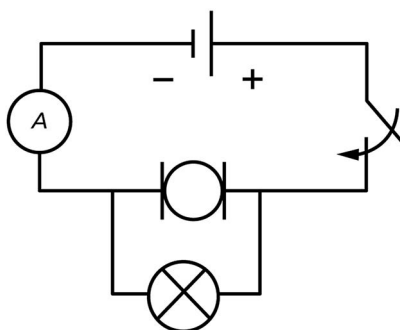


Fig. 2.148

29. En el esquema de la figura 2.149 aparece un péndulo electrostático que fue electrizado por el cuerpo A y que ahora lo repele. Sin embargo, si se le acerca la varilla B que es plástica y se frotó con papel, lo atrae:
- a) ¿Qué tipo de carga tienen la varilla y el péndulo? Justifica tu respuesta.
 - b) ¿Qué tipo de interacción hay entre el cuerpo A y el péndulo y entre éste y la varilla B? Argumenta tu respuesta.
 - c) Clasifica el tipo de carga eléctrica de la varilla B de acuerdo con el material de que está compuesta.

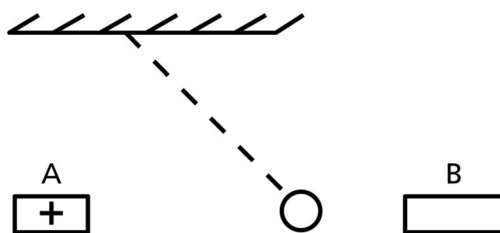


Fig. 2.149

30. La varilla A del esquema de la figura 2.150 es plástica y ha sido frotada con papel. Si se acerca la varilla A los cuerpos B y C electrizados se produce la interacción representada en este. Observa detenidamente dicha interacción.

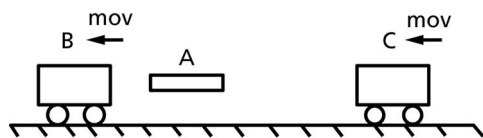


Fig. 2.150

- ☐ Una varilla de cristal frotada con seda.
☐ Una varilla de hierro frotada con papel.
☐ Una varilla de plástico que ha sido frotada con papel.

- Calcula cuánto marcará el amperímetro si el voltímetro indica:
___ 0 V ___ 3 V ___ 6 V
- Menciona los componente del circuito.
- Menciona los dispositivos representados.
- Analiza qué le fue pasando a la intensidad de la corriente eléctrica en el inciso a), a medida que fue aumentando la tensión. ¿Qué relación de proporcionalidad se establece entre la intensidad de la corriente y la tensión, cuando la resistencia y la temperatura del conductor son constantes?
- ¿De qué depende la resistencia eléctrica?

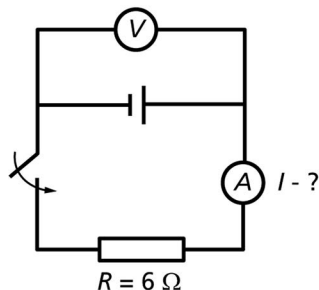


Fig. 2.151

33. Si tuvieras que hacer una instalación eléctrica y necesitaras que la Intensidad de la corriente eléctrica fuera máxima, ¿cuál de los conductores representados en la figura 2.152 utilizarías? Justifica tu respuesta.

33.1 Si después de seleccionar el conductor adecuado, lo cambias por otro de igual longitud y grosos por uno de otro material, ¿cambiarían los resultados? Justifica tu respuesta.

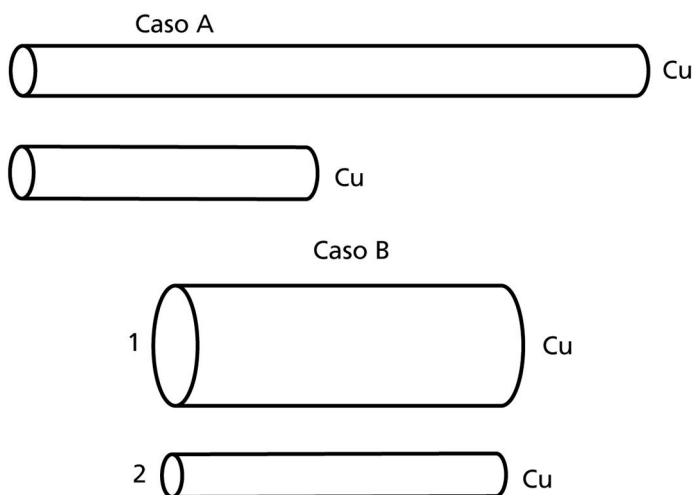


Fig. 2.152

34. Se tiene una varilla de vidrio electrizada con seda, que se aproxima a dos esferas previamente cargadas eléctricamente. La esfera *A* se aleja de la varilla y la esfera *B* se acerca a la varilla.

- Representa en un esquema lo antes descrito y coloca en cada uno de los cuerpos la carga que presentan.
- Justifica el hecho de que los cuerpos *A* y *B* se mueven en los sentidos representados.
- ¿Cómo se le denomina a ese tipo de carga eléctrica de acuerdo con el material de la varilla?

35. Se tiene un cilindro de metal que cuelga de un cordel aislante al que se le acerca una varilla de plástico previamente electrizada con papel.

- ¿Qué carga adquirió la varilla de plástico? Justifica tu respuesta.

- 231

- b) Explica desde el punto de vista de la estructura de la sustancia cómo ocurre la electrización de la varilla.
- c) Los cuerpos electrizados interactúan con otros cuerpos electrizados a distancia, al igual que como lo hacen los imanes. ¿Cómo se explica esta interacción?

39. La figura 2.153 muestra un circuito eléctrico constituido por una fuente, dos bombillos e instrumentos de medición. Determina las lecturas que indican cada uno de los instrumentos, mostrados en la figura. Debe tener en cuenta los valores suministrados de tensión en la fuente y la potencia de cada bombillo.

39.1 Justifica en cada caso los valores que asignaste a cada instrumento de medición.

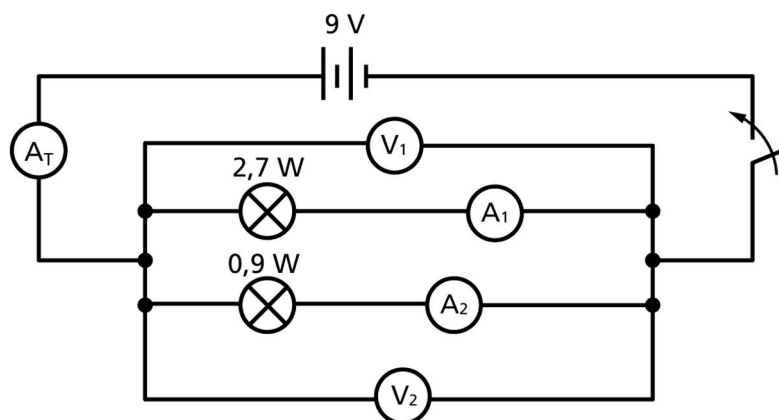


Fig. 2.153

- 40.** Un calentador de agua se conecta a un tomacorriente de nuestro hogar y se conoce que la potencia de este equipo es de 0,64 kW.
- a) Determina el valor de la resistencia eléctrica en este equipo.
 - b) Realiza el esquema de este circuito.
 - c) Si se conoce que, en Cuba, la frecuencia con que oscila la corriente eléctrica que llega a nuestros hogares por uno de los terminales (el vivo) es de 60 Hz, ¿cuál es el tiempo en que esta corriente eléctrica se mantiene en un mismo sentido? Expresa el resultado en notación científica.

Nota: recuerda que la suciedad y humedad de los medios que vas a usar, incluidas tus manos, afectan negativamente la realización de este tipo de experimentos.

- 233

- g) ¿Qué carga adquiere el electroscopio si se toca la esferita metálica superior con la varilla de vidrio cargada? Explica.
- h) Elabora un párrafo donde expongas la utilidad que este medio puede tener para el estudio de la electrostática.

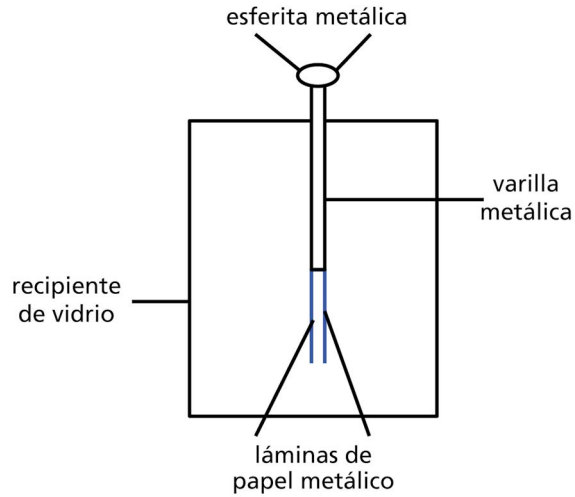


Fig. 2.154

CAPÍTULO 3

◆◆◆ Magnetismo e inducción electromagnética ◆◆◆

3.1 Introducción

Los seres humanos no concebimos la vida sin la electricidad, esta tiene una estrecha relación con el magnetismo y es en lo que se sustenta la mayor parte de los procesos de generación, transmisión y utilización de la energía eléctrica. Estos fenómenos tanto la electricidad como el magnetismo tienen una gran importancia para el desarrollo de los países, desde el punto de vista científico, técnico y social (fig. 3.1). En este capítulo profundizarás en algunos dispositivos cuyo funcionamiento se apoya en el magnetismo y su relación con la electricidad. Además, encontrarás las respuestas a las interrogantes siguientes: ¿Qué es un imán? ¿Cuáles son las características de la acción magnética de los imanes y de los conductores por los que circula corriente eléctrica? ¿Qué características posee el medio donde se transmite la acción magnética de un cuerpo sobre otro? ¿Cuáles son algunas de las aplicaciones del electromagnetismo?

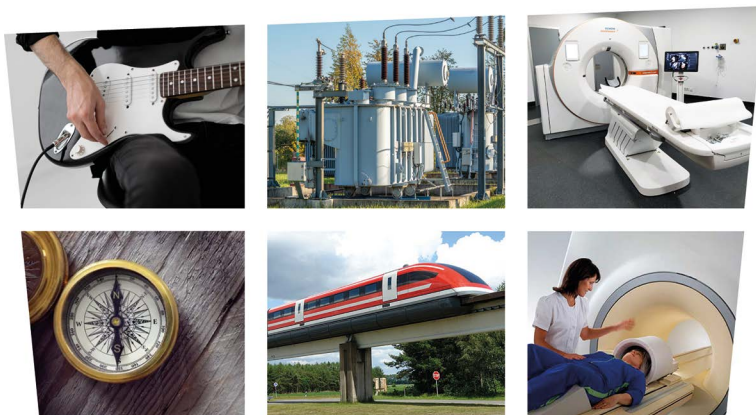


Fig. 3.1 Fenómenos o dispositivos en los cuales está presente el magnetismo

3.2 Importancia del magnetismo en la vida del hombre

Conoces desde octavo grado que la Física investiga sistemas y cambios que ocurren en la naturaleza y el universo; entre estos se encuentran los relacionados con el magnetismo, el cual tiene grandes implicaciones en el diseño y funcionamiento de dispositivos y equipos de uso práctico (fig. 3.2).

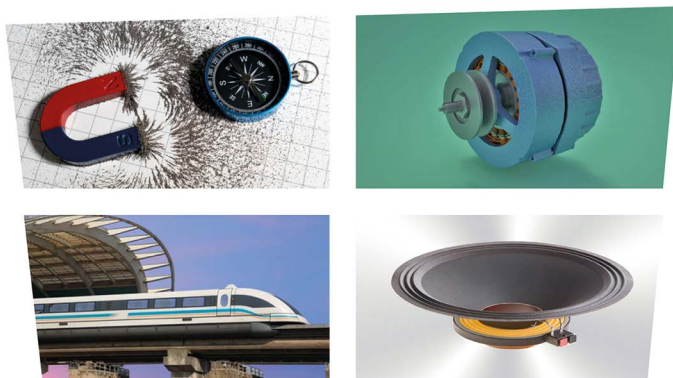


Fig. 3.2 Aplicaciones del magnetismo en la tecnología, en otras ciencias y en general en la vida

Uno de estos dispositivos es la brújula, el cual es un instrumento de orientación (fig. 3.3). Puedes haberlo empleado en las actividades de exploración y campismo, también desde la Educación Primaria en las asignaturas Ciencias Naturales y Geografía, donde estudiaste su utilización.

Reflexiona

Te has preguntado, ¿por qué la aguja de la brújula se orienta en determinada dirección y sentido?



Fig. 3.3 Brújula

En los últimos cien años han surgido numerosas aplicaciones del magnetismo y de los materiales magnéticos o magnetizados, que han influido notablemente en la revolución de las computadoras, las cuales han permitido mejorar los sistemas modernos de comunicación, como herramientas esenciales en campos de investigación y el mundo de la alta tecnología.

Los imanes grandes y potentes son cruciales en muchas tecnologías modernas, tales como los trenes de levitación magnética; la exploración mediante resonancia magnética nuclear (RMN) y la tomografía axial computarizada (TAC) empleadas en medicina; los imanes superconductores se emplean en los aceleradores de partículas más potentes en los centros de investigación de altas energías para el estudio de la microestructura de la sustancia.

1. Investiga dónde está presente el magnetismo en tu entorno, menciona el nombre de los equipos que encuentres y su utilidad social.

1. Describe ejemplos de necesidades humanas, materiales y espirituales que el magnetismo haya contribuido a satisfacer.
2. ¿Qué es el magnetismo? Realiza una búsqueda de los criterios de varios científicos sobre el tema.
3. Prepara una ficha bibliográfica de personalidades relevantes en el estudio del magnetismo, como: Tales de Mileto, Nikola Tesla, Michael Faraday, Hans Christian Oersted; apóyate en el procedimiento estudiado en la asignatura Español y Literatura en octavo grado para realizar la ficha bibliográfica.

3.3 Imanes e interacciones magnéticas

Reflexiona

¿Por qué algunos destornilladores y tijeras tienen magnetizadas sus puntas? ¿Qué utilidad tiene? (fig. 3.4)



Fig. 3.4 Instrumentos útiles para el hombre, a los que se les ha magnetizado la punta

Para responder la situación anterior, necesitas estudiar el término *magnetizada* y debes remontarte a la antigüedad, pues fueron posiblemente los griegos quienes primero reflexionaron sobre las sorprendentes propiedades de la magnetita, un mineral que, incluso en estado natural, tiene la propiedad de atraer determinados materiales. En la figura 3.5 se ilustra una muestra de este material que atrae limaduras de hierro.



Fig. 3.5 Magnetita

Conéctate con la historia

Una de las leyendas relacionadas con el magnetismo es que el pastor Magnes se quedó pegado a la tierra porque los clavos de sus zapatos fueron atraídos por la magnetita.

Lo cierto es que la evidencia encontrada en documentos de la antigua China sugiere que desde el año 2000 a. n. e., el magnetismo había sido observado. Los antiguos griegos desde el año 700 a. n. e., conocieron la existencia de los fenómenos eléctricos y magnéticos, las fuerzas magnéticas al observar la magnetita (Fe_3O_4), piedra de origen natural (fig. 3.6 b). La palabra magnético proviene de Magnesia (fig. 3.6 a), nombre de la provincia griega donde se encontró magnetita por primera vez.



Fig. 3.6

Experimenta y aprende

1. Diseña y realiza una actividad experimental para estudiar la interacción de los imanes entre sí y sobre otros cuerpos. Dibuja lo observado en cuanto a las interacciones entre los imanes y anota los resultados obtenidos durante la investigación.

Pudiste observar que el imán atrae a unos cuerpos y a otros no; solo atrae a determinados objetos metálicos, los cuales son ferromagnéticos¹. Además, al aproximar dos imanes, notamos que en algunas posiciones estos se **atraen** y en otras se **repelen**.

Los imanes con los que interactuaste en el experimento o los que observas en la figura 3.7 son **construidos por el hombre**; puedes verlos

¹ Es aquel que exhibe propiedades magnéticas fuertes y puede ser atraído por un imán.

en las juntas de los refrigeradores, ciertos cuerpos que se adhieren a las puertas de los refrigeradores con el fin de adornarlas, en las bocinas, las agujas de las brújulas, entre otros. Estos **imanes pueden ser permanentes**: se elaboran con compuestos que bajo determinadas condiciones pueden magnetizarse por un tiempo más o menos prolongado.



Fig. 3.7 Distintos tipos de imanes

La magnetita es uno de los **imanes naturales** que se conoce. Nuestro planeta, la Tierra, y otros muchos astros pueden considerarse **imanes naturales** gigantescos.

Existen otros tipos de materiales que solo cuando circula corriente eléctrica alrededor de estos se convierten en **electroimanes** (fig. 3.8).



Fig. 3.8 Potente electroimán que atrae chatarra

Saber más

Si mantienes por un tiempo prolongado objetos de materiales ferrosos bajo la acción de un imán, trascurrido un tiempo adquieren las propiedades de los imanes.

Si observas un imán de los que has utilizado en las actividades experimentales, puedes ver que tiene dos partes o extremos llamados polo norte y polo sur. Se colorean generalmente para diferenciar los polos magnéticos, aunque en la realidad no exista una división exacta. Por ejemplo, no importa cuántas veces se rompa un imán; cada pieza resultante será un imán con un polo norte y un polo sur, como muestra la figura 3.9 a. Hasta el momento no se conocen polos magnéticos aislados. En el caso de los imanes, es fácil saber la existencia del campo magnético por la atracción o repulsión entre estos o la atracción sobre determinados cuerpos, pero

cómo saber si en un lugar específico existe campo magnético, por ejemplo, la Tierra.

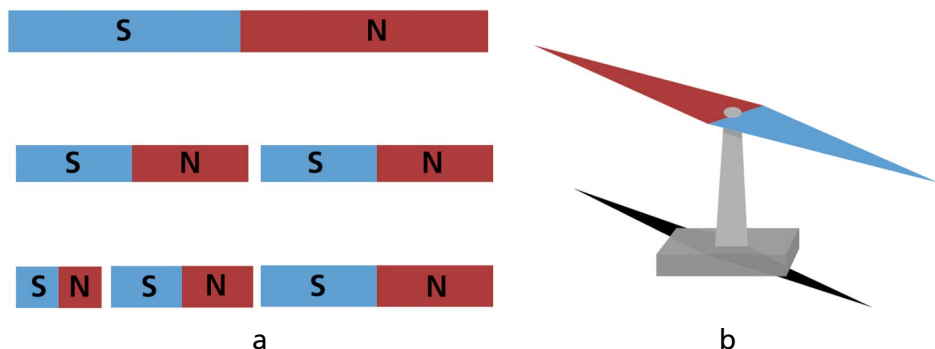


Fig. 3.9 Propiedades del magnetismo: a) cuando se rompe un imán, cada pieza resulta ser un nuevo imán con un polo norte y un polo sur, b) aguja magnética

Existe un imán muy particular y de gran interés que utilizarás en las clases para el estudio de las peculiaridades del magnetismo: la aguja magnética (fig. 3.9 b).

Experimenta y aprende

1. Diseña y realiza una actividad experimental para estudiar la interacción entre una aguja magnética con diferentes tipos de imanes, diferentes cuerpos como metales ferrosos², así como a un conductor por donde circule corriente eléctrica. Describe, auxiliándote de esquemas, lo observado en cada caso.

Si observas detenidamente la aguja magnética, te percatarás de que, si se encuentra lejos de imanes, cuerpos de hierro y conductores por los que circula corriente eléctrica, siempre se va a orientar aproximadamente en una misma dirección, la parte que indica el norte de la aguja magnética se alinean hacia el polo norte geográfico. Si la haces cambiar de posición (cerca de 180°), la aguja gira hasta situarse en la posición inicial. Esta sencilla demostración pone de manifiesto que los extremos de la aguja magnética no tienen las mismas propiedades, por lo que no se pueden cambiar uno por el otro. Por esta característica que posee la aguja magnética, constituye la parte fundamental de la brújula, muy utilizada para orientarte geográficamente. La brújula permite determinar con facilidad la dirección o polaridad de un campo magnético.

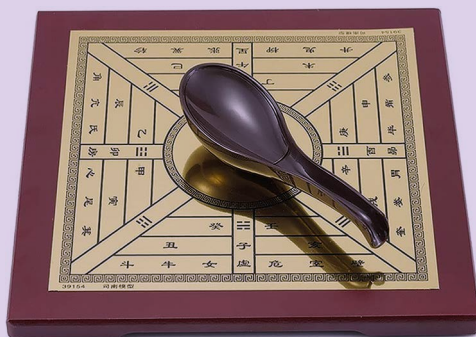
² Son aquellos metales que contienen hierro (Fe).

+ ¿Sabías que...?

La primera brújula fue probablemente una cuchara hecha de magnetita que se podía mover en la superficie pulida de un tablero (fig. 3.10).



a



b

Fig. 3.10 Brújula en forma de cuchara

\$ Conéctate con la historia

El sabio Shen Kuo (1031-1095) escribió sobre la brújula de aguja magnética y mejoró la precisión en la navegación empleando el concepto astronómico del norte absoluto. Hacia el siglo XII, los chinos habían desarrollado la técnica para utilizar la brújula en la mejora de la navegación.

Reflexiona

Has experimentado que, al interactuar un imán con algunos cuerpos, unos son atraídos y otros no. ¿Cómo explicar lo ocurrido?

En las dos secciones de “Experimenta y aprende” de este epígrafe pudiste constatar que los cuerpos atraídos por un imán están formados por

materiales con determinadas características. A estos materiales se les llama **ferromagnéticos**, tales como hierro, cobalto, níquel (Fe, Co, Ni), entre otros, que pueden presentar una fuerte magnetización.

Los científicos determinaron que los materiales ferromagnéticos son de amplio uso en imanes permanentes, electroimanes, memorias magnéticas y transformadores de tensión.

Existen varios tipos de imanes, los **naturales** como la magnetita y los creados por el hombre, que pueden ser **permanentes** (fig. 3.11) o los **electroimanes**, en los que profundizarás en su estudio.

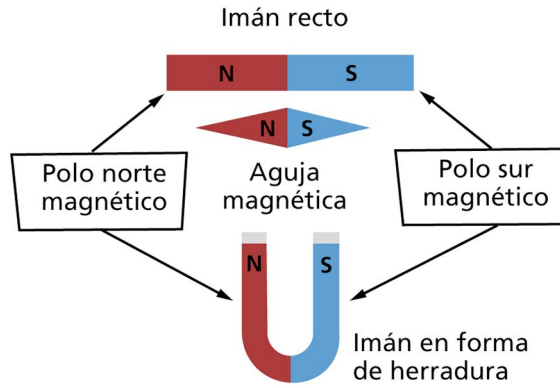


Fig. 3.11 Tipos de imanes

Al realizar las actividades experimentales, puedes llegar a la siguiente conclusión: **los polos magnéticos de diferente tipo, se atraen y al aproximarlos por los polos magnéticos de igual tipo, se repelen** (fig. 3.12). Pueden ser de igual tipo, pero de diferente "fortaleza" y se repelen pero no son "iguales".

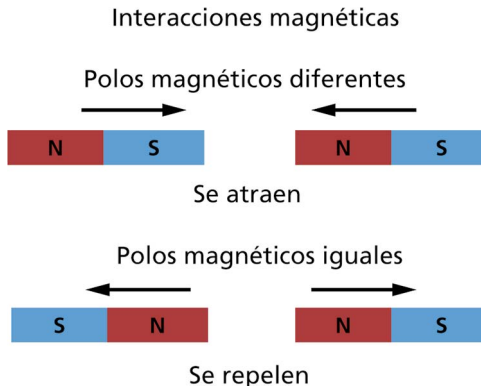


Fig. 3.12 Interacción entre imanes por sus polos de igual y diferente tipo

- 2.1** ¿Qué tipo de interacción se produce entre los imanes en cada uno de los casos representados? Justifica tu respuesta.

3.4 Campo magnético

Reflexiona

Si acercas un imán a una aguja magnética, esta gira sin tocarla. ¿Cómo ocurren estas interacciones? ¿Cómo se transmite la acción magnética de un cuerpo sobre otro?

El comportamiento del campo magnético que rodea los cuerpos se puede estudiar con muchos experimentos sencillos. Un ejemplo lo constituye cuando se acerca a una aguja magnética un imán (fig. 3.14 a); se observa que la aguja magnética gira en dependencia de la posición y distancia a la que se encuentra respecto al imán. También ocurre lo mismo cuando interactúan dos imanes (fig. 3.14 b).



a



b

Fig. 3.14 Interacción entre imanes: a) un imán permanente recto y una aguja magnética; b) dos imanes permanentes rectos

Cuando acercas un cuerpo de hierro a un imán, se observa que entre ambos existen fuerzas de atracción. Sin lugar a duda, esta interacción es evidente (fig. 3.15).



Reflexiona

Los experimentos y observaciones realizadas sobre diversos fenómenos electromagnéticos permitieron determinar que estas interacciones no son instantáneas; transcurren en un tiempo considerablemente pequeño. Estas interacciones magnéticas se transmiten a través de un campo (como se estudió para las interacciones eléctricas en el capítulo anterior) a una velocidad de aproximadamente 300 000 km/s.

Experimenta y aprende

- 

247

En estos ejemplos, las limaduras de hierro se acumulan más en sus extremos o puntas, que son los polos del imán.

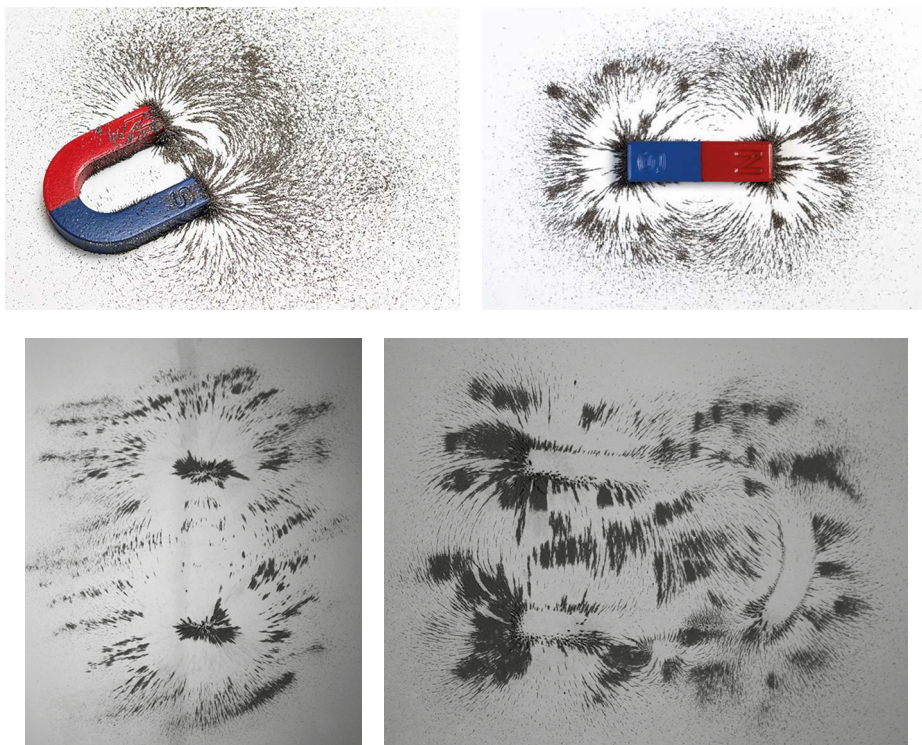


Fig. 3.17 Las limaduras de hierro se acumulan más en sus extremos, que son los polos magnéticos del imán

¿Por qué las limaduras de hierro se distribuyen de esta forma?

La disposición que adoptan las limaduras de hierro te permite plantear que alrededor de estos imanes existe un medio en el que ocurren estas interacciones. Recuerda que en el espacio que rodea a un cuerpo electrizado existe un campo eléctrico; de igual manera, se puede decir que en el espacio que rodea un cuerpo magnetizado existe un **campo magnético**.

estas se cierran sobre si mismas orientándose de sur a norte, según el convenio adoptado.

+ ¿Sabías que...?

Para obtener campos magnéticos de gran intensidad, se manejan materiales ferromagnéticos como algunos aceros y el hierro que se utilizan para confeccionar los núcleos de los motores y transformadores (fig. 3.19).

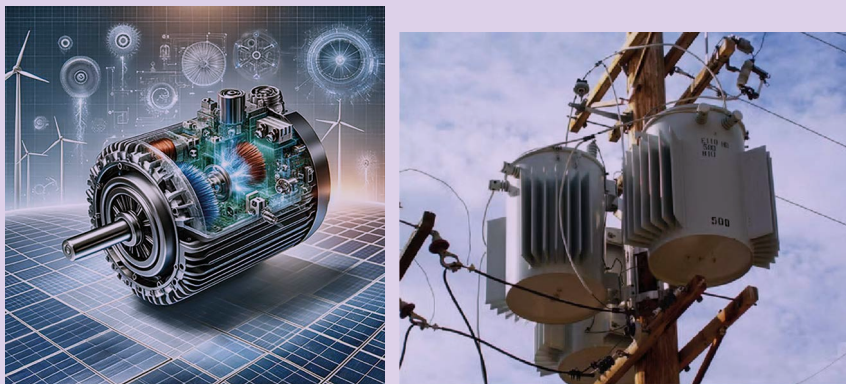


Fig. 3.19 Transformadores y motores

En los extremos del imán, donde las líneas de inducción del campo magnético están más próximas, el campo magnético es más fuerte; en los lados del imán, donde estas líneas están más separadas, el campo magnético es más débil. Según su forma y sus características magnéticas, en los distintos tipos de imanes son diferentes los esquemas donde se representan las líneas del campo magnético; la estructura de estas puede ser visualizadas con el uso de una brújula o limaduras de hierro, en el caso de un imán o en cualquier objeto que origine un campo magnético.

Los imanes tienden a orientarse en la dirección de las líneas del campo magnético. Por tanto, una brújula, que como sabes es un pequeño imán que puede rotar libremente, se orientará en la dirección de las líneas. A diferencia de las líneas de fuerza del campo eléctrico, (que estudiaras en próximos grados, que pueden ser cerradas o abiertas), las líneas de inducción de los campos magnéticos son cerradas, no tienen principio ni fin, debido a que no existen polos magnéticos aislados, estas líneas nunca se cruzan (fig. 3.20).

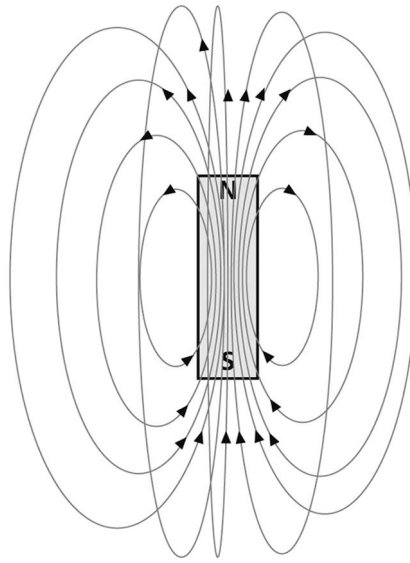
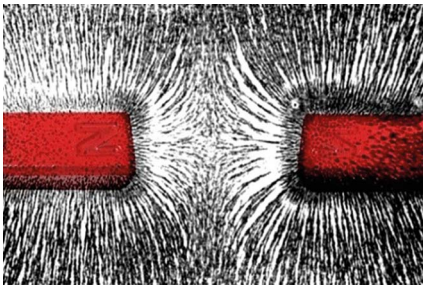
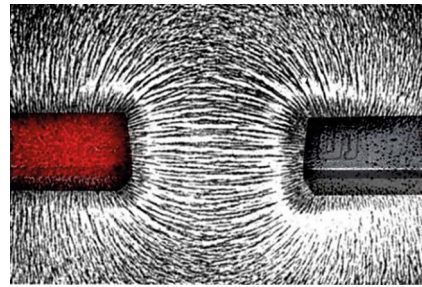


Fig. 3.20 Representación de las líneas del campo magnético de un imán recto

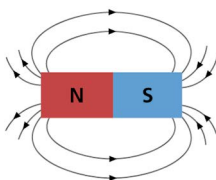
El comportamiento de la interacción entre dos imanes es particular: si sus polos magnéticos son de igual tipo, se *repelen* (fig. 3.21 a y c) y si sus polos magnéticos son de diferente tipo, se *atraen* (fig. 3.21 b y d).



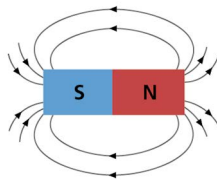
a



b



c



d

Fig. 3.21 Representación de las líneas del campo magnético durante las interacciones magnéticas entre dos imanes rectos: a y c) por sus polos de igual tipo, b y d) por sus polos de diferente tipo

Actividad

1. Representa las líneas de inducción del campo magnético según las interacciones entre los distintos tipos de imanes en cada caso (fig. 3.22 a y b).

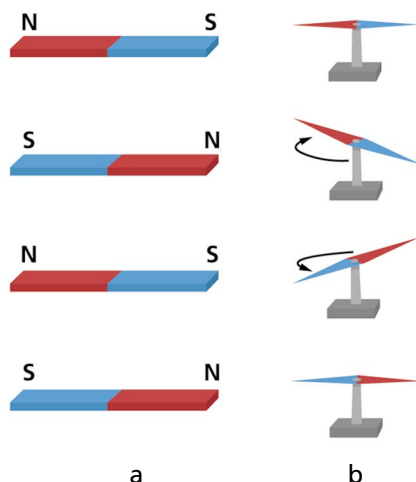


Fig. 3.22 Interacción entre imanes rectos y agujas magnéticas



Conéctate con la historia

Pedro de Maricourt (1200-1299). El **Peregrino** escribió *Carta sobre los imanes* (1269), en la cual, después de describir el método experimental, indica cómo pueden reconocerse los imanes y determinar sus polos. En su obra sobre el astrolabio, *Nova compositio astrolabii biparticularis*, explica la necesidad de combinar el método matemático con el experimental, y cómo al cálculo es preciso añadir la habilidad manual, única capaz de corregir errores que la *física* y la *matemática* no logran subsanar.

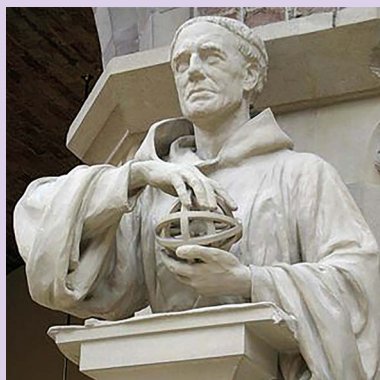


Fig. 3.23 Pedro de Maricourt

La fortaleza de la interacción magnética se cuantifica con la magnitud inducción magnética la cual caracteriza al campo magnético, cuya unidad es el Tesla (T); en honor a Nikola Tesla (1856-1943), en la tabla 3.1 aparecen algunos valores.

Tabla 3.1 Campo magnético en el interior de algunos cuerpos e instalaciones

Cuerpo o instalación	Valores aproximados de la inducción magnética (T)
A 10 cm de un conductor recto y largo ($I = 1 \text{ A}$)	$2 \mu\text{T}$
A 1 cm de un conductor recto y largo ($I = 1 \text{ A}$)	$20 \mu\text{T}$
En la superficie de la Tierra	$25 \mu\text{T}$ - $65 \mu\text{T}$
En la superficie de Júpiter	$400 \mu\text{T}$
En el interior de una bobina de 1 000 espiras ($I = 1 \text{ A}$)	1 mT
Cerca de un imán de barra	10 mT
Cerca de un electroimán mediano	$1,5 \text{ T}$

Reflexiona

Si los imanes permanentes son creados por el hombre, ¿se podrán desmagnetizar?

Una de las formas de desmagnetizar estos imanes permanentes es calentarlos hasta cierto valor de temperatura (temperatura de Curie) o al golpearlos (fig. 3.24). Los átomos que conforman los materiales magnéticos constituyen diminutos imanes alineados y acoplados entre sí y forman microscópicas regiones denominadas dominios. En un material no magnetizado, dichas porciones están orientadas de manera desordenada. Los cuerpos magnetizados tienen a la mayoría de sus imanes atómicos orientados de acuerdo con una dirección y sentido determinado.

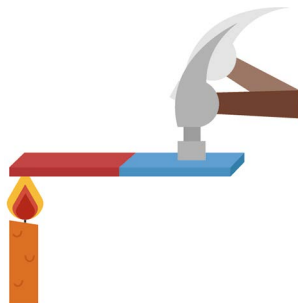


Fig. 3.24 Formas de desmagnetizar un imán permanente

En los materiales ferromagnéticos estas temperaturas suelen ser elevadas, aumenta el movimiento desordenado de las partículas que los componen y los *dominios magnéticos*³ pierden su orientación, por lo que el material pierde la magnetización. Igual ocurre si el cuerpo magnetizado se golpea, en este caso los golpes contra el cuerpo magnetizado hacen que los diminutos imanes atómicos pierdan su orientación y el cuerpo se desmagnetice.

Física en acción

1. Construye tu propia brújula magnética con materiales que tengas en casa, realiza un esquema que te permita el análisis de la actividad experimental realizada. Comparte en clase los resultados obtenidos.

Tareas

1. Clasifica en verdadero (V) o falso (F) los planteamientos siguientes, relacionados con el comportamiento de los imanes.
 - ___ Al acercar los imanes siempre existe interacción magnética.
 - ___ Siempre existe atracción entre los imanes.
 - ___ Cuando los imanes se alejan, la acción entre estos aumenta.
 - ___ Los polos de igual tipo se repelen, y los polos opuestos se atraen.
- 1.1 Establece una analogía entre los cuerpos electrizados y los imanes, así como entre las interacciones de estos.
2. Analiza la figura 3.25, donde interactúan un imán y una aguja magnética.

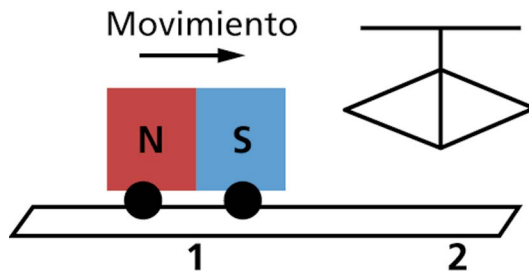


Fig. 3.25 Interacción entre cuerpos magnetizados

³ Regiones microscópicas dentro de un material ferromagnético, cada uno actúa como un mini-imán con su propio polo norte y sur.

- Identifica los polos de la aguja magnética.
- Justifica tu selección.

2.1 Selecciona la opción correcta.

Si el cuerpo dos se aleja del cuerpo uno, la acción del campo magnético:

___aumenta ___disminuye
___no varía ___se anula.

- Representa las líneas del campo magnético en cada uno.

3. Una aguja magnética y un imán interactúan de la forma ilustrada (fig. 3.26).

- Ubica los polos magnéticos en la aguja magnética.
- ¿Qué tipo de interacción magnética se efectuó entre el polo norte del imán recto y la parte más cercana a este de la aguja magnética? Explica lo ocurrido.

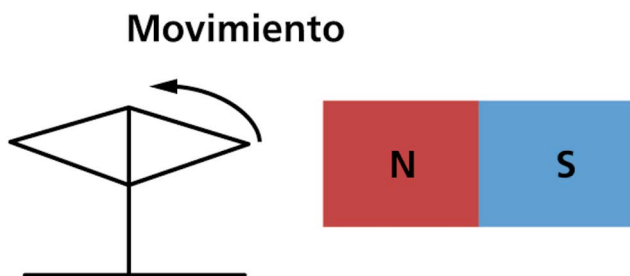


Fig. 3.26

- Representa en el imán recto las líneas del campo magnético.
- 4.** En un experimento de laboratorio se regaron limaduras de hierro sobre una cartulina colocada encima de un imán, y se observó que estas limaduras se distribuyeron de un modo peculiar. Analiza y responde:
- ¿Por qué en los extremos del imán, llamados polos, las limaduras de hierro están más agrupadas que en otras partes del imán?
 - ¿Qué indican las líneas formadas por las partículas de hierro en la cartulina?
 - ¿Cómo varía la acción magnética sobre las limaduras a medida que estas están más alejadas de los polos del imán?

3.4.1 Campo magnético de la Tierra

Reflexiona

Si polos magnéticos de igual tipo se repelen, ¿por qué el polo norte de la brújula se orienta hacia el polo norte geográfico (fig. 3.27)?

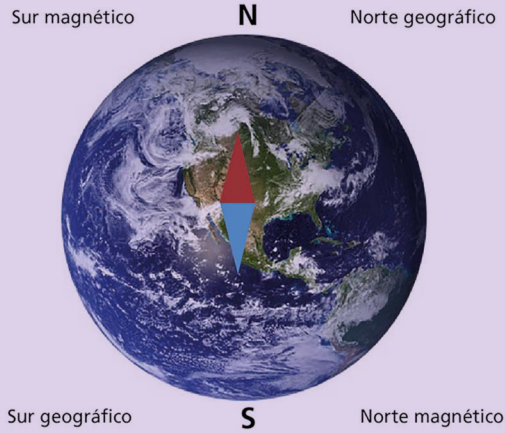


Fig. 3.27 Polos magnéticos y geográficos

Un extenso campo magnético rodea a la Tierra, como si el planeta tuviera un enorme imán en su interior, cuyo polo sur magnético estuviera cerca del polo norte geográfico y viceversa. Por paralelismo al polo de la aguja magnética que se orienta hacia el norte geográfico se le llamó norte, y al que se orienta hacia el sur geográfico se le llamó sur. Luego, al profundizarse los conocimientos del magnetismo y considerar a la Tierra como un gigantesco imán, se llegó a la conclusión que se pueden representar como aparece en la figura 3.28.

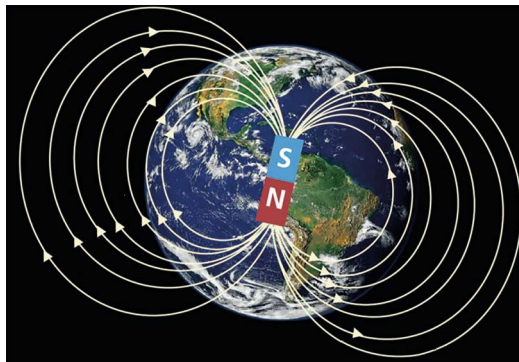


Fig. 3.28 Representación esquemática de las líneas del campo magnético de la Tierra

Los polos magnéticos de la Tierra tienden a trasladarse hacia el oeste alrededor de 10 a 15 km por año. La ubicación del campo magnético se ha desplazado a través del tiempo con respecto a los continentes, pero se opina que el eje sobre el que gira la Tierra ha sido siempre el mismo (fig. 3.29). En los estudios realizados en rocas y en las anomalías magnéticas de las cuencas de los océanos, se ha calculado que el campo magnético ha variado alrededor de 170 veces en los últimos 100 millones de años.

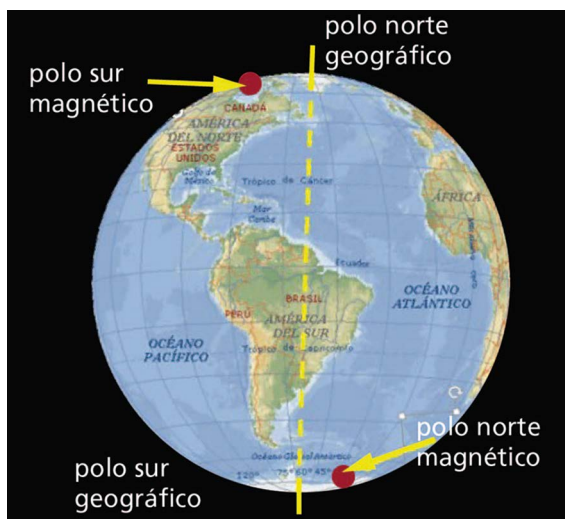


Fig. 3.29 Ubicación en la esfera terrestre de los polos magnéticos y geográficos

— Saber más

La forma de propagarse las ondas sísmicas⁴ nos dice que la Tierra tiene en el centro un núcleo líquido denso, que ocupa la mitad del radio terrestre, y dentro de este un núcleo interno sólido. Se cree mayoritariamente que su centro está constituido de hierro fundido, posiblemente mezclado con trazas de níquel y azufre. Esta composición aparenta ser la adecuada y el hierro, que de entre todos los elementos es el que tiene el núcleo más estable, se concentra en el centro de la Tierra.

El magnetismo de la Tierra es el efecto del movimiento que se produce dentro de esta. La teoría apunta a que el núcleo de hierro es líquido (excepto en el mismo centro, donde la presión solidifica el núcleo) y que

⁴ Es un tipo de oscilación que se propaga desde una fuente de energía (ejemplo terremoto) a través de un medio elástico (rocas, materiales terrestres) transformando energía mecánica en movimiento ondulatorio.

las corrientes de convección, que se manifiestan dentro de este, crean un gigantesco campo magnético (fig. 3.30).

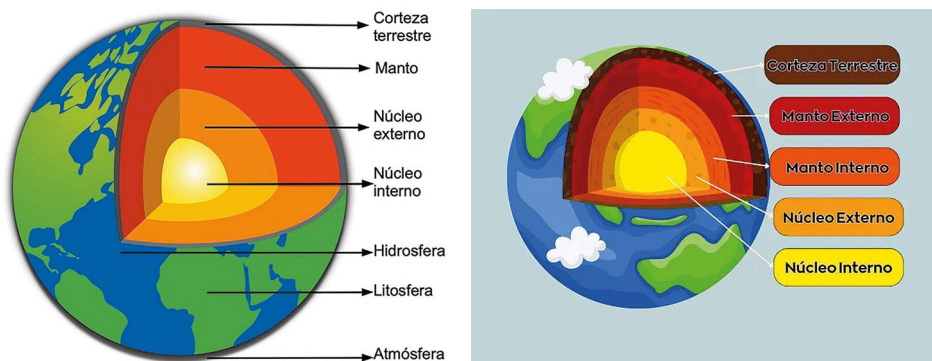


Fig. 3.30 Capas internas de la Tierra

+ ¿Sabías que...?

Los imanes naturales que se encuentran en la corteza terrestre son el resultado indirecto del proceso geológico que ocurre en el núcleo de la Tierra, donde las corrientes eléctricas generadas por el movimiento del hierro líquido crean un campo magnético que se extiende por todo el planeta. Este es el responsable de la formación de imanes naturales (magnetita), los cuales llegan a la corteza terrestre a través de la actividad volcánica, la cristalización de magmas, la meteorización de rocas y la formación de minerales.

Lo estudiado anteriormente te permite plantear que ***el magnetismo es el fenómeno por el cual las corrientes eléctricas que circulan en los materiales interactúan entre sí.***

Los estudios permanentes que se realizan en cualquier observatorio muestran que el campo magnético terrestre no es constante, sino que cambia continuamente. Hay una variación pequeña y bastante regular de un día a otro (variación diurna). La naturaleza del campo magnético de la Tierra no está del todo esclarecida, pero se ha comprobado que protege a su superficie de la radiación cósmica, cuya acción sobre los organismos vivos es perjudicial.

El campo magnético de la Tierra tiene importancia para el levantamiento geológico y en las comunicaciones. La interacción del Sol con el campo magnético de la Tierra produce en ocasiones tormentas magnéticas que tienen efecto sobre las comunicaciones. Se supone que el campo magnético de la Tierra se utiliza por muchas aves para orientarse durante el vuelo; se afirma incluso que influye sobre el sistema nervioso de los seres humanos.

Saber más

Una aurora polar (fig. 3.31) o aurora austral en el hemisferio sur y boreal en el hemisferio norte, se produce cuando una eyección⁵ de partículas solares cargadas choca con la magnetósfera⁶ de la Tierra. Esta “esfera” que nos rodea obedece al campo magnético generado por el núcleo de la Tierra, que al igual que los imanes, este campo magnético se representa por líneas que parten de los polos. Cuando las partículas provenientes del sol chocan con nuestra esfera protectora, estas radiaciones solares, también conocidas con el nombre de viento solar, se desplazan alrededor de dicha esfera. En el hemisferio que se encuentra en la etapa nocturna de la Tierra, en los polos, donde están las otras líneas de inducción del campo magnético, se almacena dicha energía hasta que no se puede acumular más, y esta energía almacenada se dispara en forma de radiaciones electromagnéticas sobre la ionosfera terrestre, creadora, principalmente, de dichos efectos visuales.



Fig. 3.31 Auroras boreales

⁵ Eyección: expulsar, impulsar con fuerza hacia fuera mediante un mecanismo automático.

⁶ Magnetósfera: región alrededor del planeta, que forma un escudo protector contra las partículas cargadas provenientes del Sol.

Física en acción

Realiza el montaje que se observa en la figura 3.32 a y b. Explica lo que observas con los conocimientos adquiridos hasta el momento.

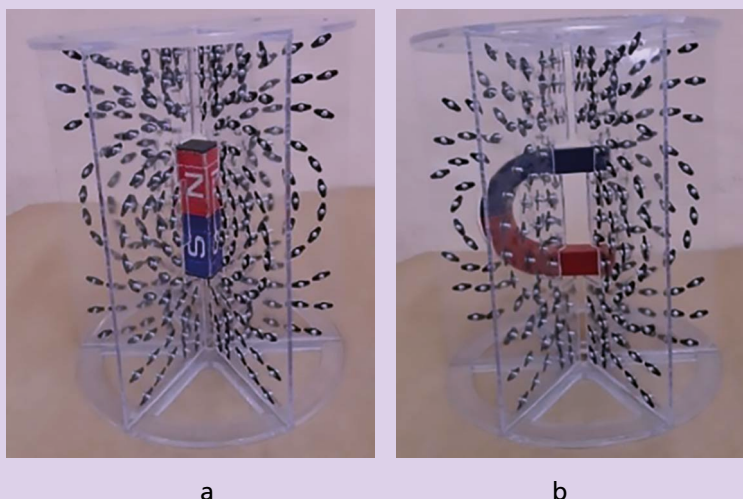


Fig. 3.32

Tareas

1. Como conoces, los polos magnéticos se encuentran a una considerable distancia de los polos geográficos. El polo sur magnético se encuentra cerca de la isla de Bathurst, en el norte de Canadá, a unos 1 600 km del polo norte; el polo norte magnético se encuentra cerca de la Tierra Adelia de la Antártica, a unos 2 600 km del polo sur.
 - a) Localiza en el mapa de contorno de tu cuaderno de mapas los polos magnéticos y geográficos del planeta Tierra o de la geosfera.
 - b) Representa las líneas del campo magnético de la Tierra en el mapa de contorno, de acuerdo a tu localización.

3.5 Corriente eléctrica y magnetismo. Relación entre el campo magnético y la corriente eléctrica (experimento de Oersted)

En el capítulo anterior estudiaste los efectos producidos por la corriente eléctrica, analizaste un caso particular relacionado con el experimento de Oersted.

Reflexiona

¿Por qué al acercar una aguja magnética a un conductor por donde circula corriente eléctrica esta se desvía?

El conocimiento del magnetismo se mantuvo limitado a los imanes hasta el experimento de Hans Christian Oersted, mencionado en el capítulo anterior, donde descubrió que un hilo conductor sobre el que circulaba una corriente eléctrica que ejercía una perturbación magnética a su alrededor, puede mover una aguja magnética situada en ese entorno (fig. 3.33).

Oersted demostró la existencia de una relación entre la electricidad y el magnetismo, al mover una brújula cerca de un cable que conducía corriente eléctrica, la aguja tendía a orientarse para quedar en una posición perpendicular a la dirección del cable.

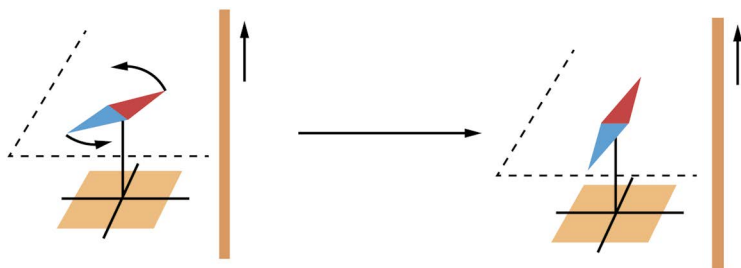


Fig. 3.33 Experimento de Hans Christian Oersted

Experimentos realizados demuestran que los cuerpos por los que se mueven cargas eléctricas (corriente eléctrica) tienen a su alrededor un campo magnético, mediante el cual interactúan con otros por los que circula corriente eléctrica o sobre imanes. Los físicos han llegado a saber que en todo lugar donde exista corriente eléctrica existe un campo magnético a su alrededor.

Saber más

El magnetismo está estrechamente relacionado con el fenómeno eléctrico; los átomos de ciertas sustancias magnéticas, como las ferromagnéticas, que están organizados en "dominios magnéticos" en su movimiento, son, en efecto, diminutos imanes con polos norte y sur. Este efecto de la corriente eléctrica se diferencia del efecto químico y del efecto luminoso, los cuales demandan determinados medios para producirse, mientras que, en el caso del efecto magnético, siempre que circule corriente eléctrica, estará presente.

Puedes concluir que:

- En las inmediaciones de un conductor con corriente eléctrica se detecta la existencia de un campo magnético.
- La orientación de una aguja magnética que se sitúe próxima a un conductor con corriente eléctrica depende del sentido de la corriente eléctrica.
- El campo magnético es mayor en las proximidades del conductor por el que circula corriente eléctrica y, si se aumenta la intensidad de la corriente eléctrica, la interacción entre el conductor y la aguja magnética es más intensa.

Reflexiona

¿Qué ocurre al esparcir limaduras de hierro en torno a conductores por los que circula corriente eléctrica y con diferentes configuraciones?

Si riegas limaduras de hierro en torno a un conductor recto por el que circula corriente eléctrica, aprecias que las líneas del campo magnético son circunferenciales, como muestra la figura 3.34.

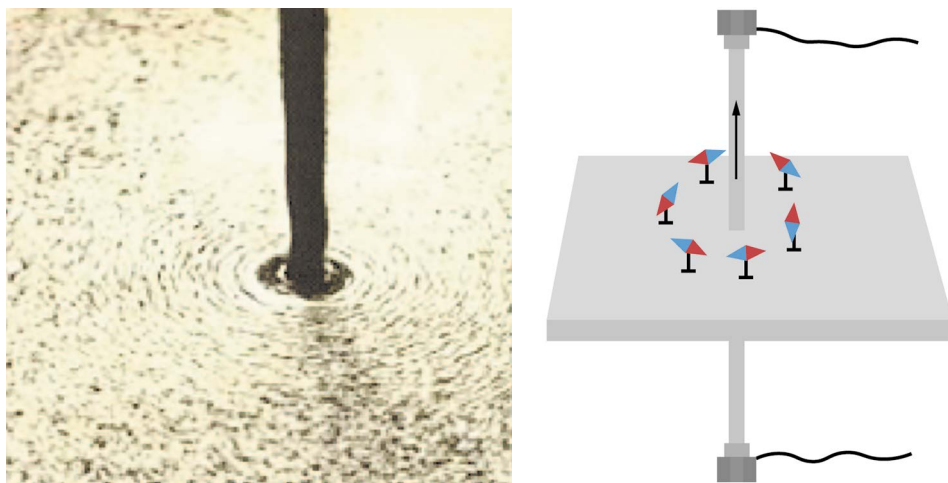
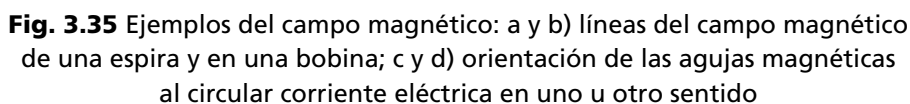


Fig. 3.34 Líneas del campo magnético de un conductor recto por el que circula corriente eléctrica

Cuando realizas la misma acción alrededor de una espira y una bobina, el campo magnético se comporta de manera similar al ejemplo anterior. Si observas las figuras 3.35 a, te percatas de que las limaduras de hierro



Si realizas las actividades experimentales anteriores, te puedes percatar de que a medida que aumenta la distancia al conductor, la intensidad de las acciones magnéticas sobre las limaduras disminuye y esto se observa en el hecho de que, al aumentar la distancia al conductor, las limaduras están más espaciadas; hay menor concentración de estas.

Si aumenta la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el conductor, la intensidad de la acción magnética sobre las limaduras aumenta en la misma proporción. En lenguaje matemático, la intensidad de las acciones magnéticas es directamente proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el conductor recto.

En el caso particular de una bobina que está formada por varias espiras, el campo magnético se hace más intenso en la bobina si aumenta su número de espiras, cuando aumenta la intensidad de la corriente eléctrica que circula por esta o al introducirse un material ferromagnético, dando lugar a un electroimán.

Saber más

Un electroimán (fig. 3.36) es un tipo de imán en el que el campo magnético se incrementa mediante el flujo de una corriente eléctrica. En 1825 se construyó un electroimán de 200 g que podía sostener una carga de 6 kg.



Fig. 3.36 Electroimán

Experimenta y aprende

1. Construye un electroimán:

Materiales necesarios: alambre de cobre, material ferromagnético y una batería (pila eléctrica).

Indicaciones: enrolla el alambre de cobre forrado con un aislante en el material ferromagnético y cierra el circuito eléctrico con la pila, similar a la figura 3.37.

- a) Acerca el cuerpo ferromagnético enrollado a diferentes objetos metálicos como tachuelas o presillas, abre y cierra el circuito.

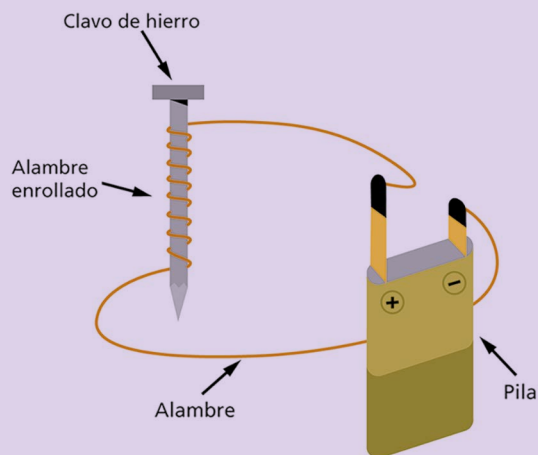


Fig. 3.37 El clavo magnético

Este tipo de dispositivo magnético es útil cuando necesitamos activar o desactivar sus efectos magnéticos, por ejemplo: en los timbres eléctricos, en los frenos y embragues electromagnéticos de los automóviles, los vibradores de pecera, las guitarras eléctricas, los relés, en algunos micrófonos y bocinas, en los cabezales de equipos de audio y video, en los cabezales de las unidades de discos de computadoras, en los equipos para detectar armas en los aeropuertos, en pesadas grúas para levantar chatarra, entre otros ejemplos. (fig. 3.38).



Fig. 3.38 Dispositivos magnéticos: cabezales de las unidades de discos de computadoras, guitarras eléctricas y grúas para levantar chatarra

Física en acción

1. Construye tu propio electroimán y preséntalo en la próxima clase.

Tareas

1. La figura 3.39 representa una reproducción de los experimentos de Oersted realizados en 1820. Inicialmente, se observa que la aguja magnética está alineada con el campo magnético terrestre, situada paralelamente al conductor que se encuentra conectado a una pila o batería, al cerrar el interruptor y circular corriente eléctrica por el conductor.
 - a) ¿Qué cambio se observará en la orientación de la aguja magnética?
 - b) ¿Por qué se obtiene este resultado experimental?
 - c) ¿Qué ocurre si se abre el interruptor o si ocurre un problema eléctrico que secciona el conductor en cualquier parte del circuito?

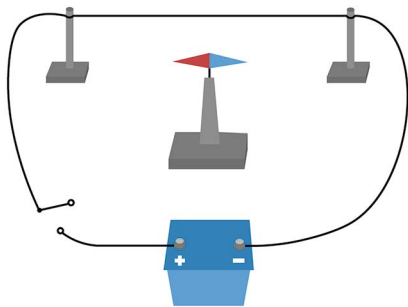


Fig. 3.39

2. Estudiaste la forma que adoptan las limaduras de hierro cuando se esparcen sobre una cartulina, que es atravesada por un conductor rectilíneo por el que circula corriente eléctrica.
 - 2.1 ¿Qué orientación tenían las limaduras y qué forma tienen las líneas que caracterizan a este campo magnético?
 - 2.2 ¿Cómo varía la intensidad de las acciones magnéticas sobre las limaduras?
 - a) A medida que las limaduras se encuentran en puntos más alejados del conductor.
 - b) Aumenta la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el conductor.

3.5.1 Características de la acción magnética de un conductor rectilíneo, una espira y una bobina por los que circula corriente eléctrica

Reflexiona

¿Cómo determinar la polaridad y la representación de las líneas de inducción del campo magnético?

Puedes conocer el sentido de las líneas del campo magnético de la corriente eléctrica si aplicamos la **regla de la mano derecha**.

La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un conductor son las partículas cargadas eléctricamente que se desplazan a través de este en el transcurso del tiempo. Si el pulgar de la mano derecha se coloca en la dirección y el sentido de la corriente eléctrica (sentido de la corriente directa) por el conductor recto, entonces, al rodear el conductor con la mano derecha (cerrar los restantes dedos), en su rotación la punta del resto de los dedos indicará el sentido de las líneas del campo magnético.

En el caso de la espira o bobina (formada por un conjunto de espiras), se coloca la mano derecha de forma que el pulgar señale el sentido de la corriente eléctrica y el resto de los dedos de forma imaginaria "abrace", cuando se cierra la mano, la espira o las espiras en el caso de la bobina, y señale el sentido de las líneas del campo magnético.

El dedo pulgar indica el sentido de la corriente continua; si cierras la mano, el resto de los dedos indicarán el sentido de las líneas de inducción del campo magnético (fig. 3.40 a y b).

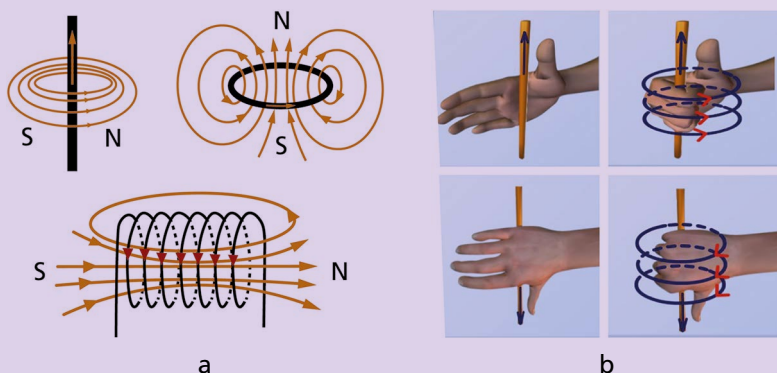


Fig. 3.40 Representación de las líneas del campo magnético aplicando la regla de la mano derecha

Recuerde que el campo magnético se representa con las líneas del campo magnético que se comportan de una manera particular, las cuales, por fuera del imán, salen del polo norte magnético y entran por el sur magnético; lo mismo ocurre en los conductores por los que circula corriente eléctrica (fig. 3.40 b).

Actividad

- La figura 3.41 representa un conductor al cual se le ha realizado un "corte transversal"; en el primer caso, la corriente eléctrica entra al plano de la figura y en el segundo sale. Aplica la regla de la mano derecha para representar las líneas del campo magnético.

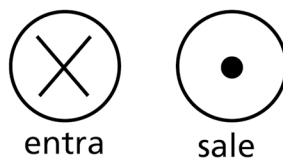


Fig. 3.41

3.5.2 Utilización práctica del efecto magnético de la corriente eléctrica

Reflexiona

El magnetismo tiene gran influencia en el mundo moderno. ¿Qué aplicaciones tiene este fenómeno en el desarrollo de la ciencia, la técnica y en la vida cotidiana?

El teléfono y el telégrafo fueron inventos significativos (1880), estos eran activados por baterías y basados en el descubrimiento de Oersted. También el motor eléctrico y el dínamo son equipos que emplean el magnetismo para su funcionamiento (fig. 3.42).

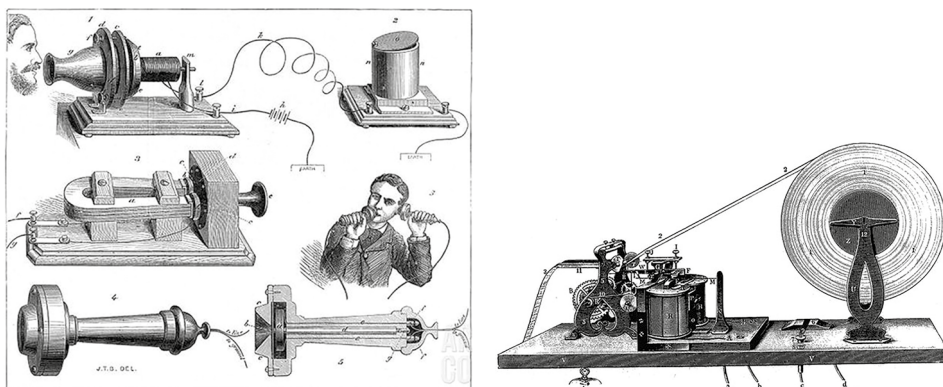


Fig. 3.42 Teléfonos y el telégrafo

En la actualidad el desarrollo de la microelectrónica y otras áreas de alta tecnología que utilizan los elementos del electromagnetismo, en el diseño de algunos dispositivos para almacenar datos, sensores y detectores, entre otros (fig. 3.43).



Fig. 3.43 Equipos que emplean el magnetismo para su funcionamiento



Conéctate con la historia

Nikola Tesla (1856-1943), ingeniero de origen croata, a quien se deben múltiples invenciones e innovaciones relacionadas con la generación y transmisión de la corriente alterna.



Fig. 3.44

Relé electromagnético

Una de las aplicaciones del efecto magnético de la corriente eléctrica es el relé electromagnético.

Este dispositivo consiste en uno o varios interruptores que son accionados, en lugar de manualmente, mediante un electroimán. El relé (fig. 3.45) posibilita controlar dispositivos y circuitos de grandes potencias con otro

de mucha menor potencia; trabaja con una baja tensión y corrientes en el orden de los miliamperes.

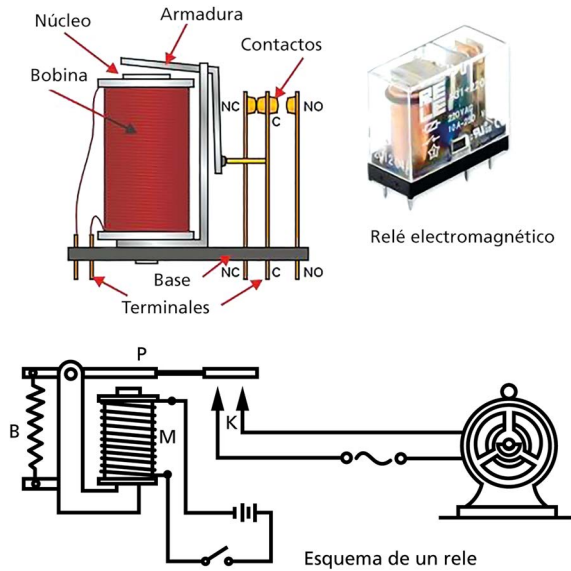


Fig. 3.45 Relé electromagnético

Bocina electromagnética

Consta de una bobina cilíndrica ligera, vinculada a un diafragma, y colocada muy cerca de un imán también cilíndrico. Si por la bobina se hace pasar, por ejemplo, la corriente eléctrica (amplificada) procedente de un micrófono, entonces es atraída y repelida por el imán de acuerdo con las oscilaciones de la intensidad de la corriente eléctrica, haciendo vibrar el diafragma. De este modo, las bocinas convierten las variaciones de intensidad de corriente en vibraciones de su diafragma (fig. 3.46).

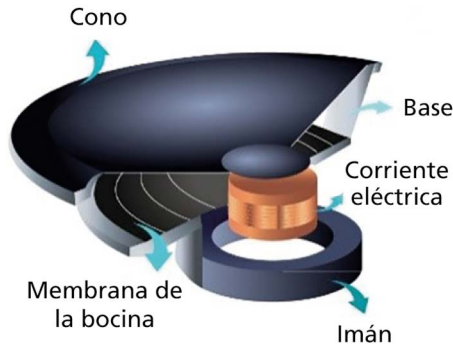


Fig. 3.46 Bocina electromagnética

Grabación magnética

El almacenamiento de información vía grabación magnética se realiza en cintas magnéticas, discos flexibles y discos duros. Los cabezales empleados en la grabación magnética son pequeños electroimanes (material magnético de alta permeabilidad alrededor del cual pasa una corriente eléctrica por un alambre): estos actúan sobre una diminuta área de las cintas o discos. En las cintas de sonido, dichas áreas pueden tener 0,0025 mm de ancho y 0,5 mm de largo.

Si se cambia la dirección de la corriente eléctrica, se pueden magnetizar diferentes regiones del medio en direcciones opuestas y, por tanto, se tiene un código de información binario. Para leer esta información, se mueven la cabeza y el medio en relación una con el otro y, al interceptar la cabeza al campo magnético del medio, se generan pulsos eléctricos. Bajo la acción del electroimán, estos pequeños imanes se orientan en una dirección, teniendo en cuenta las características del sonido. Posteriormente, se somete la cinta a un intenso campo magnético alterno con una frecuencia del orden de los 100 000 Hz, de modo que los pequeños imanes pierden la orientación inicial (fig. 3.47).

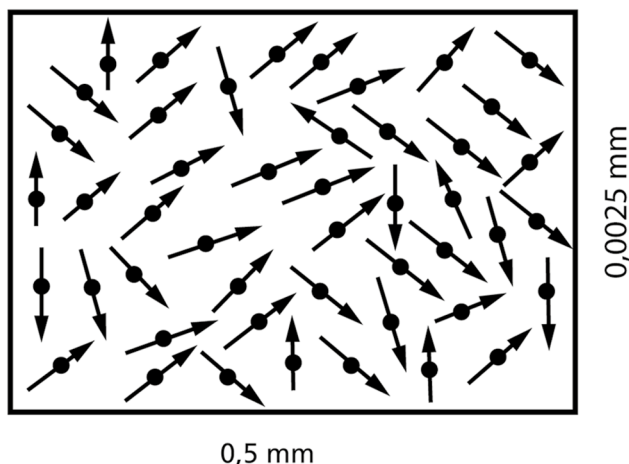


Fig. 3.47 Representa una diminuta cinta de sonido, donde las flechas indican la alineación de los momentos magnéticos que codifican la información

Investiga

En la actualidad, existen formas más modernas de grabación. Realiza una búsqueda para actualizarte sobre este tema y presenta en clase los resultados de tu investigación.

Motor eléctrico

El funcionamiento de un motor eléctrico se fundamenta en la interacción entre un conductor por el que circula corriente eléctrica y un imán, hecho que, como conoces, se puso de manifiesto por primera vez en el experimento de Oersted. La espira con corriente eléctrica se coloca entre los polos del imán, como indica la figura 3.48. Por la interacción entre los polos de igual y diferente tipo, la espira puede rotar alrededor de un eje y gira. Para que este movimiento continúe, se interrumpe la circulación en un sentido de la corriente eléctrica y cambia su sentido; esto se puede lograr mediante dos semianillos metálicos que se conectan en los terminales de la espira.

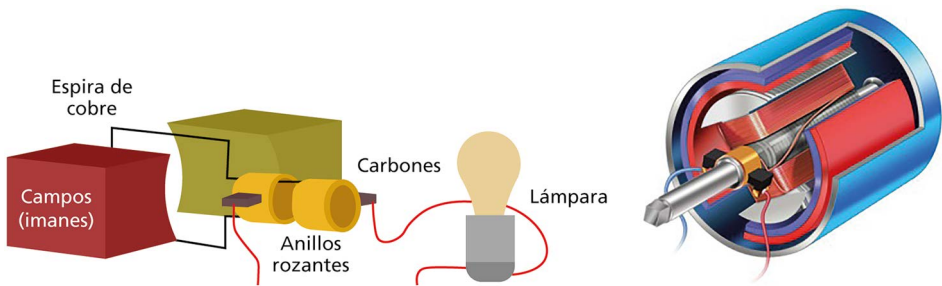


Fig. 3.48 Representación del funcionamiento de un motor eléctrico

Estos transforman energía eléctrica en mecánica, por lo que se utilizan ampliamente en (fig. 3.49): los medios de transporte, para generar tracción; en la industria y en la vida, en batidoras, lavadoras, máquinas de afeitar, entre otros equipos.



Fig. 3.49 Motor de tracción

Saber más

En la provincia Santiago de Cuba se encuentra el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado; es una institución científica de carácter multidisciplinario, fundada el 16 de enero de 1992. Es una entidad de Ciencia e Innovación Tecnológica de la Universidad de Oriente, que investiga y aplica el electromagnetismo en la industria, la medicina, la agricultura y el medio ambiente, con calidad y profesionalidad, para lograr impactos sociales de referencia nacional e internacional.

Física en acción

1. Representa un circuito eléctrico sencillo; realiza el montaje con los medios del laboratorio o con otros a tu alcance. Determina y representa el sentido de las líneas del campo magnético de uno de los conductores rectos por el que circula la corriente eléctrica.

Tareas

1. Representa las líneas del campo magnético en cada uno de los casos de la figura 3.50.

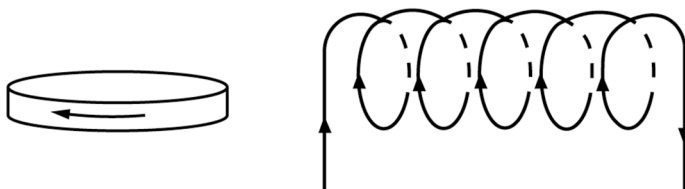


Fig. 3.50

2. En el esquema de la figura 3.51 interactúan una bobina por la que circula corriente eléctrica y una aguja magnética.

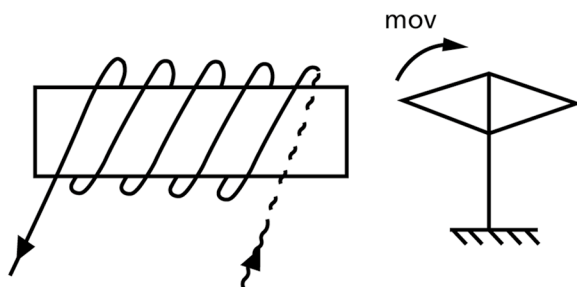


Fig. 3.51

2.1 Representa:

- ▶ el campo magnético de la bobina
- ▶ los polos magnéticos de la bobina
- ▶ los polos de la aguja.

2.2 Justifica cada una de las representaciones realizadas.**2.3** ¿Cómo se puede aumentar el campo magnético de la bobina?**2.4** Menciona aplicaciones en la técnica de los electroimanes.**3.** Si observas detenidamente la forma que adoptan las limaduras de hierro en el interior de la bobina cuando por esta pasa corriente eléctrica.

- a) ¿Qué semejanza tiene el campo magnético debido a la corriente eléctrica que circula por un solenoide con el campo magnético de un imán?
- b) ¿Qué características tiene el campo magnético debido a la corriente eléctrica que circula por la bobina en su centro, de acuerdo con la disposición de las limaduras de hierro en esta parte del campo?

4. ¿Por qué se considera que el motor eléctrico fue un gran paso de avance en el desarrollo de la ciencia y la técnica?**5.** Realiza el esquema de un circuito eléctrico, con los conocimientos adquiridos, cuyo consumidor es el timbre eléctrico. Describe su funcionamiento. Menciona algunas de sus aplicaciones.**3.6 Inducción electromagnética****Reflexiona**

Si la corriente eléctrica que circula por un conductor determina alrededor de este un campo magnético, ¿no podrá existir el fenómeno inverso, se podrá obtener una corriente eléctrica en un conductor con la ayuda de un campo magnético?

Una interrogante similar la planteó el físico Michael Faraday al estudiar y experimentar distintos fenómenos electromagnéticos con los cuales comprobó la estrecha relación entre los campos magnético y eléctrico.

Saber más

Michael Faraday (1791 a 1867). Físico y químico británico, conocido principalmente por sus descubrimientos de la inducción electromagnética y de las leyes de la electrólisis.



Fig. 3.52

Conoces que, mediante el aumento de la temperatura, las radiaciones luminosas y reacciones químicas, se puede obtener corriente eléctrica y los diferentes efectos producidos por la corriente eléctrica, como los luminosos, térmicos, químicos y magnéticos.

La inducción electromagnética tiene innumerables aplicaciones para la ciencia, la tecnología y la sociedad, como en los generadores de corriente eléctrica, los transformadores, los hornos de inducción, determinados controles (en los motores, sistemas de levantamiento, sensores) y frenos magnéticos (trenes y otros vehículos) (fig. 3.53).



Fig. 3.53 Tren de levitación magnética

En estos casos, cuando hay un campo magnético variable, se “genera” un campo eléctrico.

En los próximos epígrafes profundizarás en el procedimiento de obtención de la corriente eléctrica con ayuda del campo magnético.

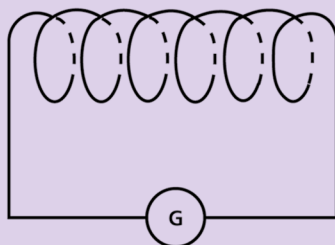
3.6.1 Ley de inducción electromagnética de Faraday

Reflexiona

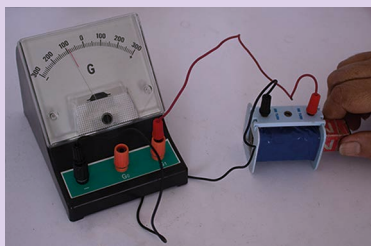
Cuando pedaleas en una bicicleta que tiene un dinamo, puedes observar que cuando la lámpara está encendida, mientras más rápido pedaleas, aumenta la intensidad de la luz del bombillo. Si revisas la bicicleta, verás que no tiene ninguna fuente de corriente eléctrica conocida. ¿Cuál es la causa de que exista esta corriente eléctrica?

Experimenta y aprende

1. Realiza un montaje con tu equipo de estudio como el que aparece en la figura 3.54 a.
- 1.1 Observa atentamente la aguja indicadora del galvanómetro.
- 1.2 Toma un imán de barra e identifica sus polos magnéticos.
- 1.3 Dibuja el imán, señala sus polos magnéticos y representa las líneas del campo magnético.
- 1.4 Acerca el imán a una de las caras de la bobina. Observa las indicaciones del galvanómetro.
- 1.5 Acerca y aleja el imán a una de las caras de la bobina (como indica la figura 3.54 b).
- 1.6 Describe brevemente lo ocurrido.



a



b

Fig. 3.54 Representación de un: a) galvanómetro conectado a una bobina; b) montaje de una bobina, conductores y galvanómetro, instrumento que permite detectar o medir corrientes eléctricas pequeñas

1. Mantén conectada la bobina al galvanómetro y monta un circuito con otra bobina conectada a la fuente de corriente eléctrica y al interruptor (fig. 3.55).
 - a) Une las dos bobinas con el núcleo de hierro.
 - b) ¿Cómo lograr circulación de corriente eléctrica en la bobina?

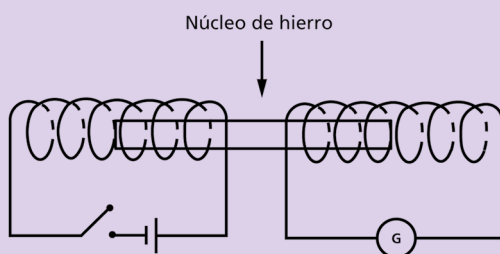


Fig. 3.55 Representación de una version del experimento de Faraday sobre la inducción electromagnética

2. Abre y cierra el interruptor varias veces y observa la deflexión de la aguja en el galvanómetro (fig. 3.56). Describe lo ocurrido.

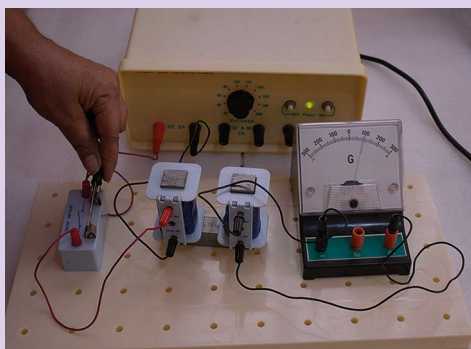


Fig. 3.56 Montaje de un circuito donde se obtiene corriente eléctrica inducida, abriendo y cerrando un interruptor

Puedes concluir que al abrir y cerrar el interruptor en el circuito conectado a la fuente de corriente eléctrica se genera en la otra bobina conectada al galvanómetro, una corriente eléctrica, lo que provoca que la

aguja se desvía (se desplace a un lado u otro). Sin embargo, al mantener el circuito cerrado o abierto, el galvanómetro se mantiene en cero.

Repita la actividad anterior con el interruptor cerrado y mueve las dos bobinas, una con respecto a la otra (fig. 3.57), mantén el núcleo de hierro dentro de las bobinas, el cual permite aumentar y concentrar el campo magnético que se genera cuando la electricidad pasa por la bobina. Observa la deflexión de la aguja en el galvanómetro.

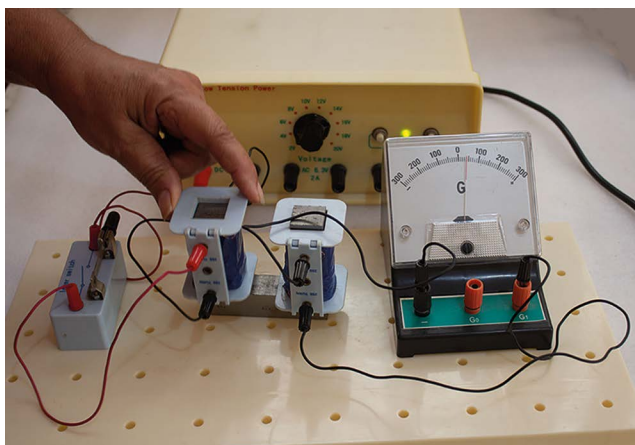


Fig. 3.57 Montaje de un circuito donde se obtiene corriente eléctrica inducida, moviendo una bobina con respecto a la otra

Escribe los resultados obtenidos en los experimentos.

Si se conoce que la cantidad de líneas del campo magnético que atraviesa la unidad de área se denomina **flujo del campo magnético**, podemos de forma resumida plantear la:

Ley de inducción electromagnética

Cuando cambia el flujo de campo magnético que atraviesa el área limitada por un conductor cerrado o espira, surge en dicho conductor una corriente eléctrica. Mientras mayor sea la rapidez con que varía el flujo del campo magnético que atraviesa la espira, mayor será la intensidad de la corriente inducida.

En estos casos la corriente eléctrica surge cuando varía el flujo magnético que atraviesa la superficie limitada por un conductor cerrado.

La intensidad de la corriente eléctrica que se obtiene producto de la variación del campo magnético depende de la rapidez con que varía el flujo magnético y recibe el nombre de **corriente eléctrica inducida** y al fenómeno de su producción **fenómeno de inducción electromagnética**.

- ## Tareas

-
- The diagram shows two coils, A and B, connected in a series circuit. Coil A is on the left and coil B is on the right. They are connected by wires to a battery at the bottom and a galvanometer G at the top. The battery is represented by two parallel lines of unequal length, with the longer line on the right. The galvanometer G is represented by a circle with the letter 'G' inside. The coils are represented by vertical loops of wire.

Fig. 3.58

- 279

3.6.2 Utilización práctica de la inducción electromagnética

Reflexiona

Sabes que el descubrimiento de la inducción electromagnética fue un paso de avance en el siglo XIX. ¿Qué aplicaciones tiene en la vida actualmente?

La imagen de la figura 3.59 muestra que la inducción electromagnética tiene incontables aplicaciones en la ciencia, la tecnología y la sociedad. A continuación, analizaremos algunas de estas.



Fig. 3.59 Aplicaciones de la inducción electromagnética en la ciencia, la tecnología y la sociedad

Generador de corriente eléctrica

En las plantas termoeléctricas, hidroeléctricas, aerogeneradores y grupos electrógenos se emplean generadores de corriente eléctrica.

¿En qué consisten los generadores de corriente eléctrica?

El funcionamiento de los generadores de corriente eléctrica consiste en variar el flujo del campo magnético que atraviesa una bobina. Es un dispositivo que permite la obtención de una corriente inducida en forma mantenida, es decir, en este se provoca y se mantiene durante el tiempo que se desee el fenómeno de inducción electromagnética. Un modelo sencillo lo constituye el generador de corriente directa. Su principio básico es transformar energía mecánica en eléctrica al hacer rotar en un campo magnético una armadura que contiene espiras (fig. 3.60).

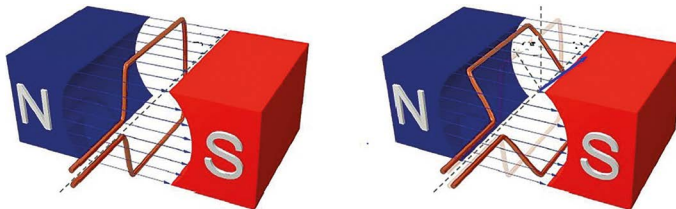


Fig. 3.60 Representación de un generador

se incrementa en la salida con respecto a la entrada y la corriente eléctrica se reduce.

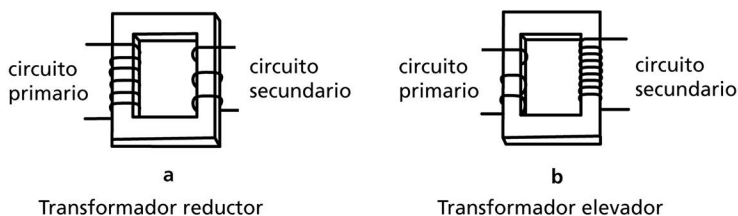


Fig. 3.61 Transformador reductor y elevador

Los transformadores son muy utilizados en radios, computadoras, teléfonos móviles y en las fuentes de electricidad que utilizas en las prácticas de laboratorio.

En los postes que soportan el tendido eléctrico (fig. 3.62) existen los transformadores reductores, los cuales convierten la alta tensión de la corriente alterna en las líneas de transmisión en una tensión baja (120 V) de corriente alterna, que luego se distribuye en los hogares y oficinas cercanos.



Fig. 3.62 Transformadores reductores del tendido eléctrico

Los adaptadores de corriente alterna doméstica convierten en corriente directa de baja tensión, que puede utilizarse en algunos aparatos electrónicos como los celulares, computadora (fig. 3.63), cargadores de baterías, que contienen en algunos casos un transformador reductor para reducir la tensión.



Fig. 3.63 Cargador de batería de una laptop (transformador reductor)

Actividad

1. Investiga en la actualidad qué cambios ha tenido la tecnología de los generadores y transformadores eléctricos.

Física en acción

1. Diseña con tu equipo un sencillo montaje de un transformador o un generador con los útiles del laboratorio o con otros medios a tu alcance.

Tareas

- 1.** Las cocinas de inducción (fig. 3.64) son muy utilizadas en la vida social. Explica brevemente su funcionamiento.



Fig. 3.64

2. ¿Cómo se garantiza la rotación de los generadores en los grupos electrógenos?
3. Explica brevemente las transformaciones energéticas en las dinamos de las bicicletas.

3.9 Ondas electromagnéticas

Reflexiona

¿Cómo se transmiten el sonido y las imágenes que recibes en tu televisor?

Las imágenes que observas en tu televisor son el resultado de un complejo proceso en el que profundizarás en grados posteriores; sin embargo, el principio general es relativamente simple.

Te has familiarizado con fenómenos en los que un cambio que ocurra en uno de los cuerpos provoca cambios en otro, a pesar de que entre estos exista cierta distancia. Un ejemplo de esto es la interacción entre cuerpos electrizados (fig. 3.65).

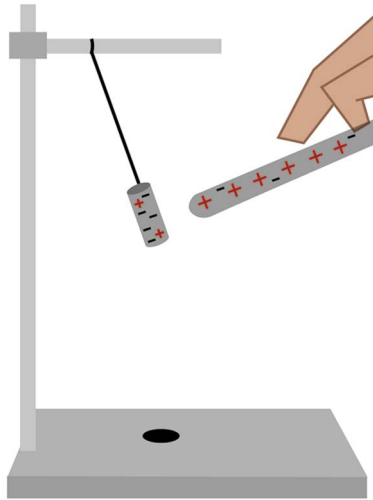


Fig. 3.65 Interacción entre cuerpos electrizados

Un cuerpo electrizado positivamente atrae a otro con un exceso de cargas negativas a pesar de encontrarse separados entre sí. Esta interacción requiere de determinado tiempo.

De forma análoga y con un código previamente establecido, es posible enviar información desde las antenas transmisoras a las receptoras de radio y televisión. Este es un principio básico de las telecomunicaciones; debe existir un emisor de ondas y un receptor de estas. Los elementos esenciales de este proceso se muestran en el ejemplo ilustrado en la figura 3.66.

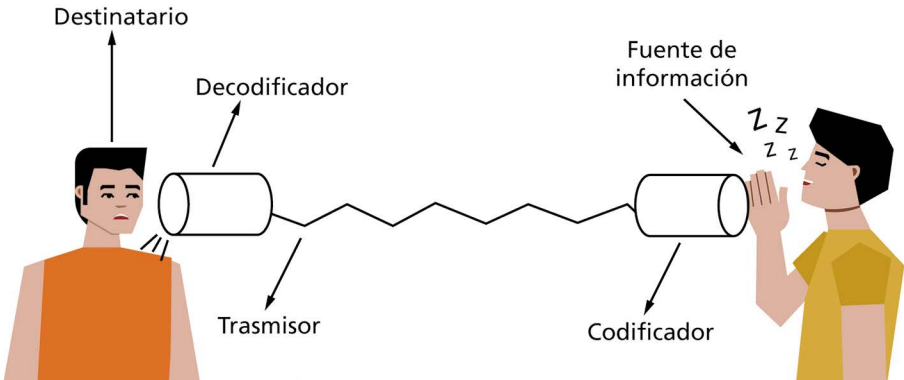


Fig. 3.66 Elementos esenciales de las telecomunicaciones

En la antena transmisora se hace que los electrones oscilen con determinada frecuencia y generen un campo eléctrico variable, al que le es inherente un campo magnético igualmente variable en fase (las oscilaciones en estos campos están sincronizadas en el tiempo) con este que se propaga en forma de onda.

De acuerdo con la ley de inducción de Faraday, **un campo eléctrico oscilante a alta frecuencia se puede propagar en forma de onda acompañado del campo magnético que le es propio. A este fenómeno se le denomina onda electromagnética (fig.3.67).**

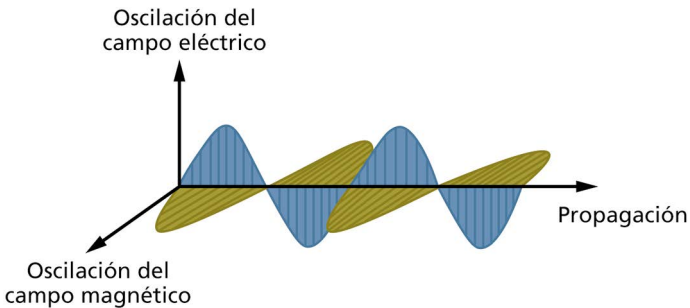


Fig. 3.67 Representación gráfica de una onda electromagnética donde se muestran ambos campos y la dirección de propagación

La ley de inducción descubierta por Faraday entre otras leyes que estudiaras en próximos grados, permiten explicar la relación que existe entre los componentes del campo electromagnético. El campo que se induce se debe a la interacción con los otros campos inductores y en esa interacción está siempre mediando la componente magnética del campo.

El campo electromagnético se propaga y llega a la antena receptora y provoca en esta una corriente eléctrica variable, que después es descodificada para ser percibida como sonido e imágenes. El proceso de recepción de la onda electromagnética en la antena de tu televisor se ilustra en la figura 3.68. En la actualidad existen diferentes sistemas de televisión con variadas formas, pero en todas las partes representadas en la figura 3.68 están presentes.

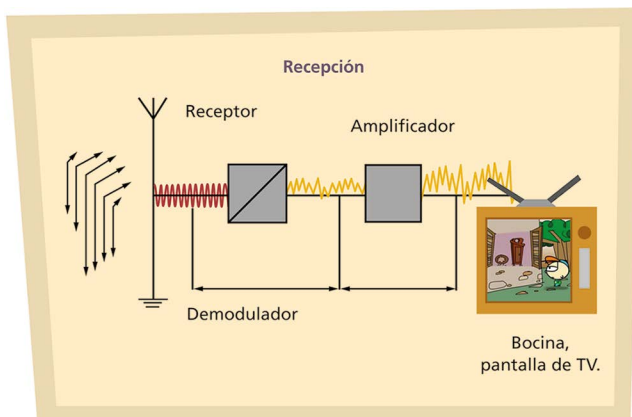


Fig. 3.68 Proceso de recepción de la onda electromagnética en la antena del televisor

A la propagación de las oscilaciones del campo electromagnético se le denomina *onda electromagnética* y su velocidad de propagación en el vacío es aproximadamente 300 000 km/s; en el aire es muy similar, pero en otros medios, por ejemplo, en el agua y en el vidrio, la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es *menor*.



Conéctate con la historia

James Clerk Maxwell. Físico escocés (1831-1879); predijo la existencia de las ondas electromagnéticas de las cuales la luz era solo un tipo de estas ondas, antes de que se conociera la existencia de las ondas de radio, las que descubrió Heinrich Hertz en 1890.

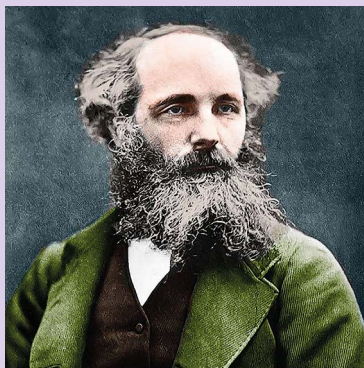


Fig. 3.69

Saber más

Las ondas electromagnéticas se clasifican en varios tipos, por su modo de generación, desde las de mayor longitud de onda y menor frecuencia en ese orden.

Electrones acelerados en antenas... radioondas (ondas de radio, de TV y microondas).

Excitación y desexcitación de moléculas... microondas de alta frecuencia y alguna radiación térmica infrarroja.

Transiciones atómicas: espectro visible y ultravioleta.

Frenado de electrones al impactar en un metal ... rayos X.

Procesos de desintegración radiactiva... rayos gamma.

Esta gama de ondas electromagnéticas forma lo que se conoce con el nombre de espectro de las ondas electromagnéticas, representado en la figura 3.70.

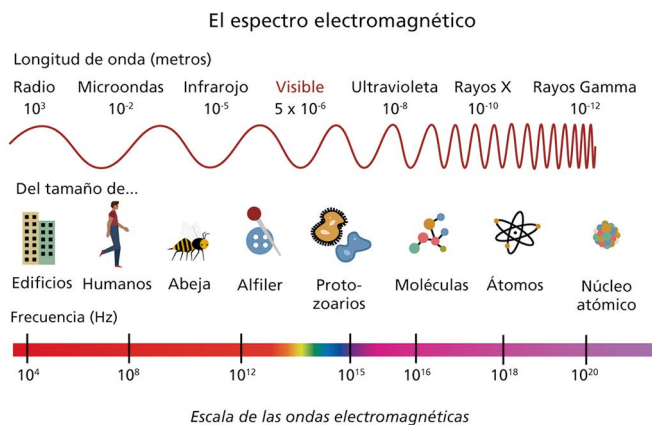


Fig. 3.70 Escala de las ondas electromagnéticas⁷

Saber más

El espectro electromagnético se puede organizar de acuerdo con la frecuencia correspondiente de las ondas que lo integran, o de acuerdo con sus longitudes. Hacia un extremo del espectro se agrupan las ondas más largas, mientras que en el otro extremo se agrupan las ondas extremadamente más cortas, pero con mayor energía y mayor frecuencia en Hertz, como las pertenecientes a las radiaciones gamma.

⁷ Wikipedia, la enciclopedia libre.



Fig. 3.71 Mando a distancia

Los rayos X (fig. 3.72) se emplean sobre todo en los campos de la investigación científica, la industria y la medicina. Se utiliza métodos de difracción de rayos X es posible identificar las sustancias cristalinas y determinar su estructura. Se utilizan en el diagnóstico de determinadas enfermedades, en el caso de tratamientos se emplea radiaciones con isótopos radiactivos, como la radioterapia para tratar determinadas enfermedades.

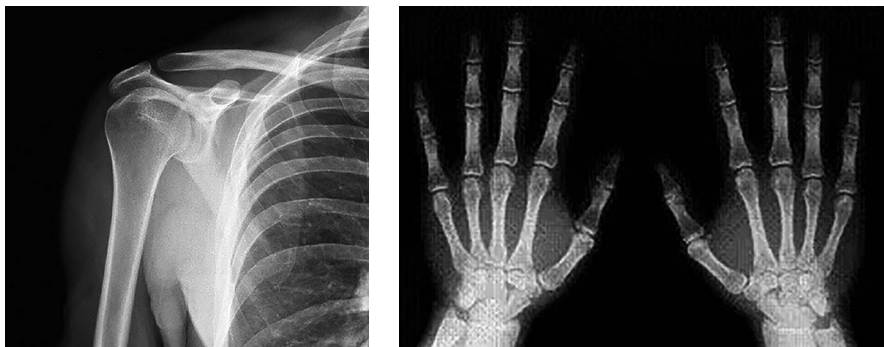


Fig. 3.72 Radiografías

Saber más

Trasmisión y recepción de ondas en medios de comunicación

Las ondas electromagnéticas son campos eléctricos y magnéticos variables que se propagan en el espacio. Las que se producen para transportar información, al llegar a las antenas receptoras de los equipos de comunicación generan en estas corrientes eléctricas variables cuyos patrones son decodificados y convertidos en información que nos llega en forma de imágenes o sonidos (fig. 3.73).



Fig. 3.73

Los televisores, los teléfonos celulares, los *bluetooth*, los equipos GPS (fig. 3.74), son ejemplos de la tecnología más moderna de la recepción de información que aplican diferentes leyes entre las que se destaca la ley de inducción electromagnética de Faraday, además de muchos otros conocimientos de la electrodinámica tanto clásica como cuántica en el siglo XXI.



Fig. 3.74

2. La corriente eléctrica tiene asociado un campo magnético, si un conductor cerrado se coloca bajo la influencia de un campo magnético variable en este aparecerá una corriente eléctrica.
- ¿Cómo se llama esta corriente eléctrica?
 - ¿Qué nombre recibe este fenómeno físico?
 - Menciona algunas de sus aplicaciones en la ciencia, la técnica y la sociedad.

Tareas generales del capítulo

1. El esquema representa una aguja magnética que interactúa con un objeto magnetizado (fig. 3.75).
- ¿Por qué la aguja magnética no gira? Justifica.
 - Representa las líneas del campo magnético en la aguja.
 - ¿Cómo se puede hacer girar la aguja sin tocarla?
 - ¿Dónde la acción del campo magnético de la aguja magnética es más intensa?
 - ¿Qué pasaría si el objeto no está magnetizado?

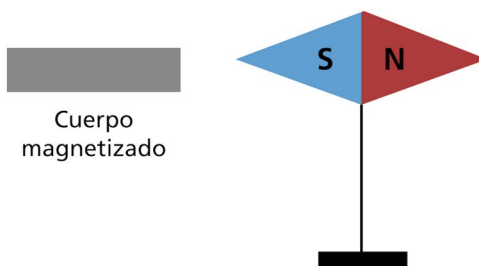


Fig. 3.75

2. Representa las líneas del campo magnético en el conductor rectilíneo por el que circula la corriente eléctrica. (fig. 3.76).

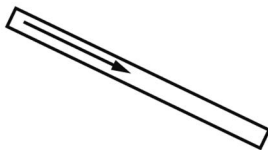


Fig. 3.76 Conductor rectilíneo por el que circula la corriente eléctrica

4. Señala el sentido de la corriente eléctrica en la bobina y los polos magnéticos (fig. 3.77).

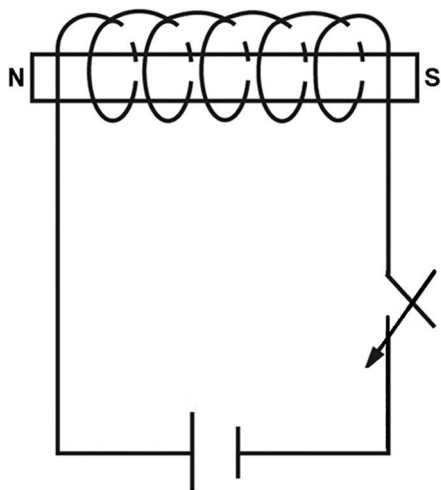


Fig. 3.77

6. Existen transformadores elevadores y reductores:
 - a) ¿Cuál es la función de cada uno?
 - b) ¿Cómo se diferencia uno del otro?
7. Si se conoce que por una bobina circula corriente eléctrica y para esto solo se cuenta con un imán, ¿cuál es la causa de su origen? ¿Qué nombre recibe esta corriente?
8. En la figura 3. 78 se representa una espira conectada a un galvanómetro y un imán que se mueve en ambos sentidos:
 - a) ¿Qué nombre recibe la corriente registrada por el galvanómetro? Explica cómo surge dicha corriente.

- b) ¿Qué acciones se deben realizar para aumentar el valor de la intensidad de la corriente eléctrica?

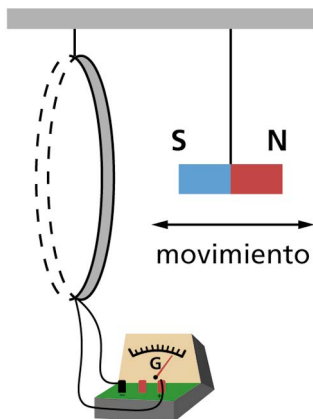


Fig. 3.78

9. En la figura 3.79 se muestran en dos posiciones diferentes los imanes A y B.

- ¿Cómo se manifiestan las interacciones entre los imanes representados en los dos casos? ¿Por qué?
- Señala las líneas del campo magnético en ambos casos.
- Dibuja entre el imán B del primer caso y el imán A del segundo caso una aguja magnética e indica la polaridad de esta.



Fig. 3.79

10. La figura 3.80 representa una bobina conectada a un galvanómetro en un circuito cerrado por la que no circula corriente eléctrica.

- Describe cómo obtener corriente eléctrica en la bobina, si no dispones de una fuente de corriente. (Describir los casos posibles)
- Realiza el esquema de cada caso para obtener corriente eléctrica en la bobina.
- ¿Qué nombre recibe la corriente que se obtiene?
- ¿Qué nombre recibe la ley que se manifiesta?

-
- A schematic diagram of a series circuit. It consists of a rectangular loop. The top horizontal segment of the loop is a coil of wire, represented by five overlapping loops. The bottom horizontal segment contains a circular component labeled 'G', representing a galvanometer. The left and right vertical segments represent the connecting wires.

11. La figura 3.81 representa una bobina por la que circula corriente eléctrica y un imán que interactúa con esta.

-

12. La figura 3.82 representa un imán que interactúa con una bobina conectada a un galvanómetro en un circuito cerrado.

- 295

- b) ¿Qué nombre recibe la corriente que se obtiene?
- c) ¿Qué ley se pone de manifiesto?
- d) Menciona una de las aplicaciones de este fenómeno en la técnica.
- e) Representa el campo magnético del imán que aparece en la figura.

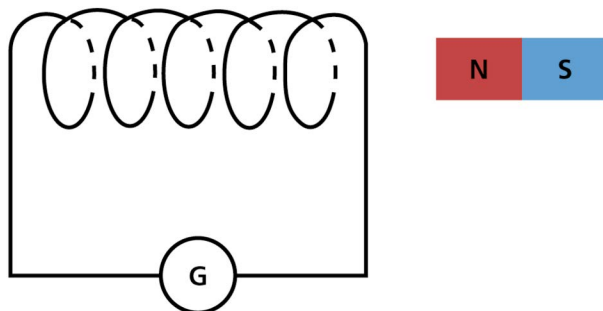


Fig. 3.82

13. El esquema de la figura 3.83 representa dos circuitos:

- a) ¿Cómo obtener corriente eléctrica en el primer circuito?
- b) ¿Qué nombre recibe esta corriente?
- c) ¿Qué ley lo fundamenta? Enúnciala.
- d) ¿Cómo pudiéramos intensificar el campo magnético de la bobina por la que circula corriente eléctrica?
- e) Menciona una de sus aplicaciones.
- f) ¿El primer diagrama constituye un circuito eléctrico? Argumenta tu respuesta.

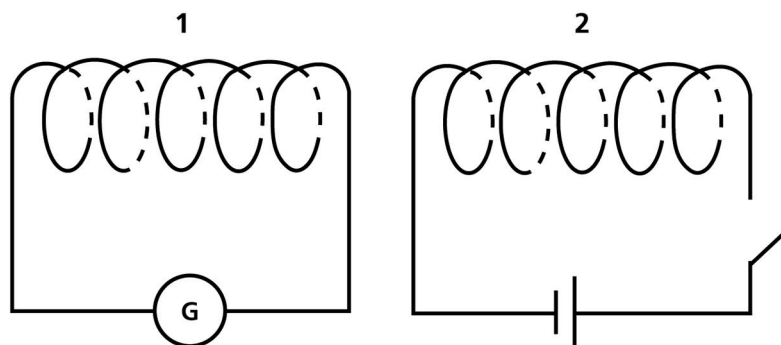


Fig. 3. 83

14. Las bobinas uno y dos se han situado de la forma ilustrada en la figura 3.84. Por la bobina uno circula corriente eléctrica al cerrar el interruptor. En la bobina dos se ha conectado un galvanómetro.

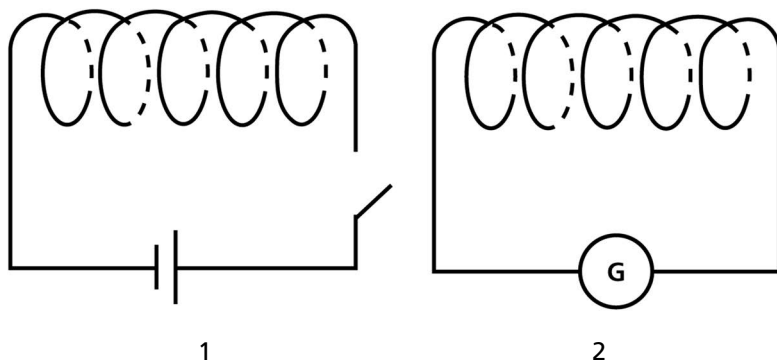


Fig. 3.84

- 15.** Si cuentas con una bobina de 250 espiras y otra de 1 000 espiras, ¿cómo construirías un transformador para aumentar la tensión? Representalo mediante un esquema.

CAPÍTULO 4

Luz y dispositivos ópticos

4.1 Introducción

El ser humano y el resto de los animales reciben gran parte de la información del mundo que los rodea por medio de la luz; esta nos orienta sobre nuestra ubicación en el espacio, y el lugar de los objetos que poseen un interés para nosotros.

Los fenómenos ópticos tienen una inmensa importancia en la vida de la sociedad actual, desde el punto de vista científico, técnico y social. ¿En qué consisten estos fenómenos? ¿Qué aplicaciones tienen? ¿Qué relación pueden tener con tu futura profesión? ¿Cómo se forman las imágenes en los espejos? ¿Cuál es el principio de funcionamiento del microscopio, el telescopio y la cámara fotográfica?

En este capítulo estudiarás los fenómenos relacionados con la Óptica geométrica, que es la parte de la Física que se dedica a estudiar varios aspectos relacionados con la naturaleza de la luz, algunas de las leyes que rigen los fenómenos luminosos y varios de los procesos de interacción de la luz con la sustancia, para su estudio te apoyarás en el modelo de rayo de luz (fig. 4.1).

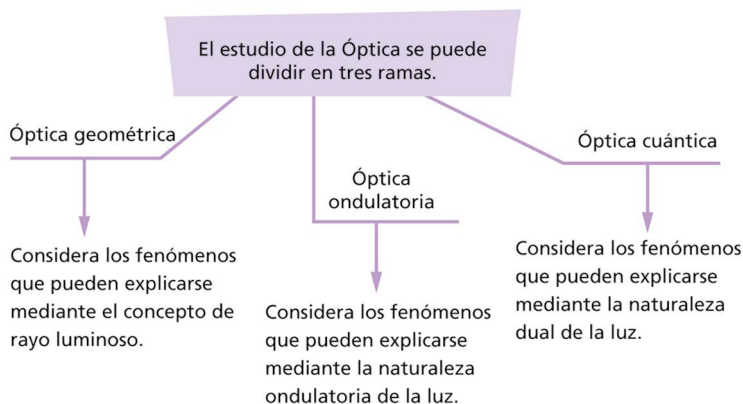


Fig. 4.1 Ramas de la óptica

4.2 La luz y su importancia

El concepto de onda electromagnética y su espectro lo conoces del capítulo anterior (fig. 3.70).

Reflexión

- ¿Qué parte de este espectro es visible al ojo humano y permite la visión?
- ¿Cómo se manifiesta el ojo humano al percibir las radiaciones que componen el espectro de ondas electromagnéticas?
- ¿Qué se entiende por luz?

Sabes que el oído humano detecta las ondas sonoras comprendidas en el rango de frecuencias entre 20 Hz y 20 kHz, de modo similar, el ojo humano es sensible a las ondas electromagnéticas comprendidas en cierto rango de frecuencias, entre $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz y $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz; estas frecuencias son *más de diez mil millones de veces mayores que las de las ondas sonoras audibles*.

El espectro de luz visible también puede analizarse según los valores de longitud de onda. En la figura 4.2 se ha representado este espectro y aparecen los valores de longitud de onda de cada uno de los colores que lo componen.

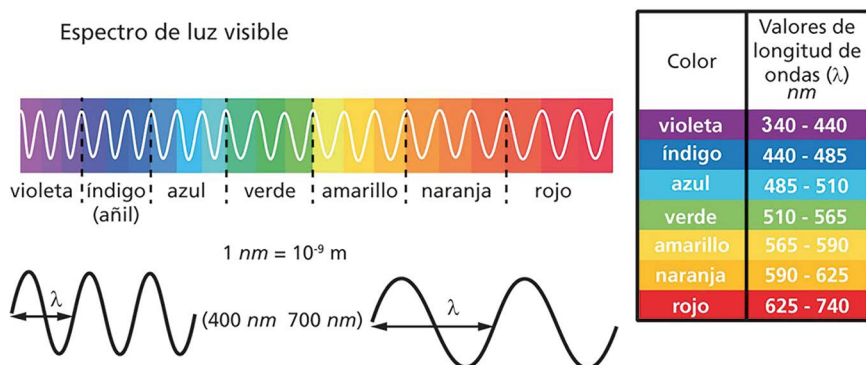


Fig. 4.2 Rango de longitud de onda correspondiente a los colores del espectro de luz visible

El ojo humano no detecta las radiaciones infrarrojas (la longitud de onda está por debajo de aproximadamente 400 nm¹), como las ondas de radio y televisión; tampoco detecta radiaciones ultravioletas (la longitud de onda está por encima de aproximadamente 700 nm), como los rayos X.

¹ Unidad de medida de longitud, nanómetro (nm).

Entre las radiaciones infrarrojas y ultravioletas, se encuentra toda una gama de radiaciones que, al incidir en el ojo, producen las sensaciones de diversos colores: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo (añil), violeta y sus diferentes tonalidades.

+ ¿Sabías que...?

La radiación que emiten algunos cuerpos se hace visible al ojo humano a partir de que la temperatura de estos sobrepase los 500 °C. Esta es la razón por la cual no podemos ver las radiaciones que emite nuestro cuerpo. La radiación infrarroja que emitimos es invisible para el ojo humano.

Luz visible es aquella parte del espectro de las ondas electromagnéticas a la que el ojo humano es sensible y que es capaz de producir la visión.

Reflexiona

Menciona hechos relacionados con la luz. Reflexiona acerca de la importancia de estos.

En la figura 4.3 se muestran algunos fenómenos y dispositivos ópticos relacionados con la luz.

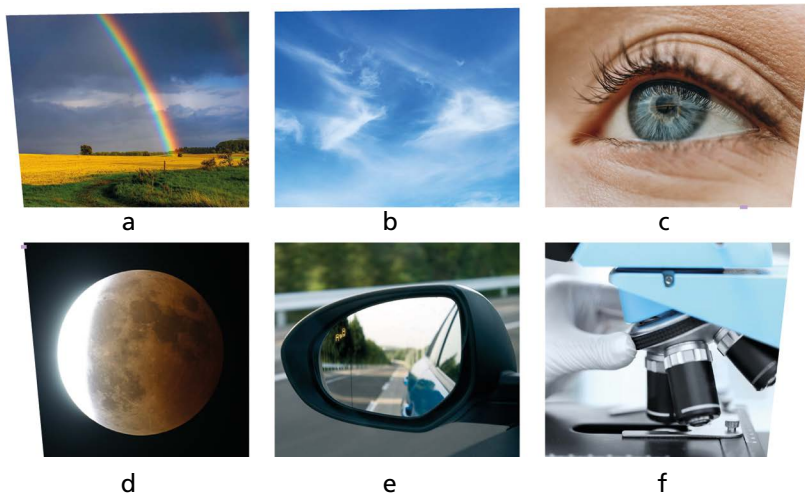


Fig. 4.3 Fenómenos y dispositivos relacionados con la luz: a) aspecto que tiene un arcoíris; b) coloración azul del cielo; c) ojo que permite la visibilidad de los objetos; d) eclipse lunar; e) formación de imagen en un espejo; f) utilización de microscopios

Los equipos capaces de emitir luz láser funcionan para amplificar una fuente de luz y convertirla en un estrecho haz de luz potente y concentrado.



Fig. 4.4 Fotografía de un equipo capaz de emitir luz láser

Medicina: el láser puede actuar como un bisturí muy agudo que se utiliza en cirugías muy delicadas, pues con la luz láser es posible cortar y cauterizar ciertos tejidos en una fracción de segundo sin dañar al tejido sano circundante. Se ha empleado en la oftalmología, reparación de lesiones en diversos tejidos y cauterizar vasos sanguíneos. También es utilizado como terapia para diferentes afecciones del cuerpo.

² Abreviatura formada por letras iniciales de un grupo de palabras y se pronuncia como una sola.

Otros usos: en la lectura de los códigos de barras que aparecen en las etiquetas de las mercancías, en la lectura de los discos ópticos y CD.

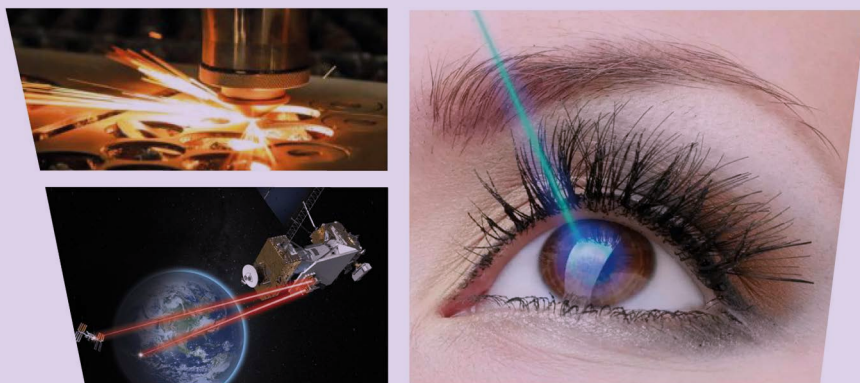


Fig. 4.5 Algunas aplicaciones del láser

Tareas

1. Realiza una búsqueda acerca de los principales descubrimientos e investigaciones relacionadas con la luz, en qué época ocurrieron y quiénes fueron los científicos que participaron en estos.
2. ¿A qué llamamos luz visible?
3. ¿Qué efectos tiene sobre los organismos vivos el llamado “agujero de la capa de ozono”?
4. Investiga sobre las principales hipótesis relacionadas con la naturaleza de la luz que han prevalecido a lo largo de la historia hasta nuestros días.

4.3 Dirección de propagación de la luz

Múltiples situaciones de la vida podrás explicarlas si conoces cómo se propaga la luz en diferentes medios. La dirección de su propagación incide directamente en fenómenos tan importantes como la explicación de la visibilidad y de cómo observas los objetos, la formación de imágenes en diferentes dispositivos ópticos, entre otros aspectos.

4.3.1 Propagación de la luz en medios homogéneos

Reflexiona

Para evitar que la luz del Sol nos moleste, colocamos entre este y nuestros ojos una mano u otro objeto opaco. ¿Por qué al colocar un objeto delante de los ojos, impedimos que nos incidan los rayos del Sol?

Ejemplos como el descrito en la reflexión inicial sugieren que la luz se propaga desde la fuente, en este caso, el Sol, hasta tus ojos en línea recta. Si no fuese así, entonces la luz proveniente del astro de todas formas incidiría sobre tus ojos, aunque coloques tu mano en su camino (fig. 4.6).

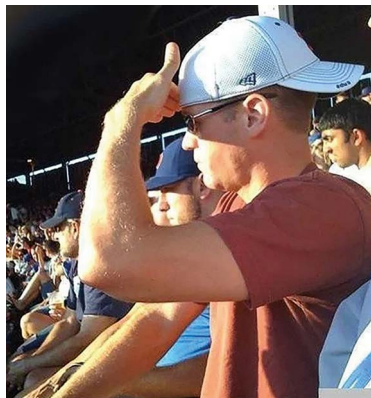


Fig. 4.6 Ejemplo de la vida que ilustra la propagación rectilínea de la luz

Recuerda que...

Un medio es homogéneo cuando sus propiedades no varían al considerar porciones cualesquiera de este.

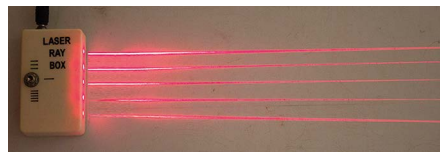


Fig. 4.7 Representación de la dirección de propagación de la luz

+ ¿Sabías que...?

La idea de la propagación rectilínea de la luz en medios homogéneos constituye una de las más antiguas formuladas en el campo de la Óptica y se le atribuye a Euclides (300 años antes de nuestra era), aunque probablemente fue conocida y utilizada mucho antes. Esta idea se reafirma cuando observas la luz procedente de una fuente en la oscuridad que se refleja en el polvo o una superficie, tal como se muestra en la figura 4.7. En ambos casos, los bordes rectos de los haces luminosos apoyan la imagen de que la luz viaja en línea recta.

Los científicos describen la propagación de la luz en rayos y haces, lo que te permite entender y modelar cómo se comporta la luz al moverse por diferentes medios y al interactuar con superficies. Se puede plantear que **las líneas rectas que indican la dirección de propagación de la luz se denominan rayos de luz o rayos luminosos, y la zona dentro de la cual se propaga se llama haz de luz** (fig. 4.8).



Fig. 4.8 Haz de luz en medios homogéneos

Los haces luminosos pueden considerarse como conjuntos de rayos luminosos y pueden tener forma cónica (fig. 4.9 a y b) o cilíndrica (fig. 4.9 c), y ser divergentes (fig. 4.9 a) o convergentes (fig. 4.9 b).

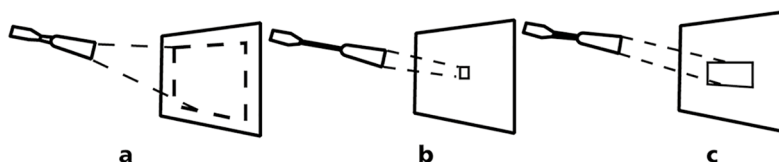


Fig. 4.9 Diferentes formas de haces luminosos

¿Cómo representar un haz de luz y algunos de los rayos que lo componen?

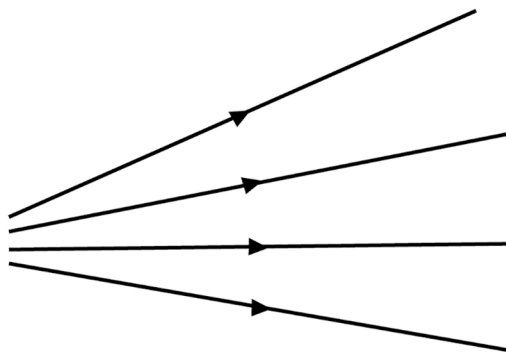


Fig. 4.10 Se representa un haz de luz divergente y algunos de los rayos que lo componen

Si en el camino de propagación del haz luminoso divergente se coloca una pantalla que en el centro posee un pequeño orificio, es posible obtener otro que es tan extremadamente estrecho que puede considerarse un rayo de luz (fig. 4.11).

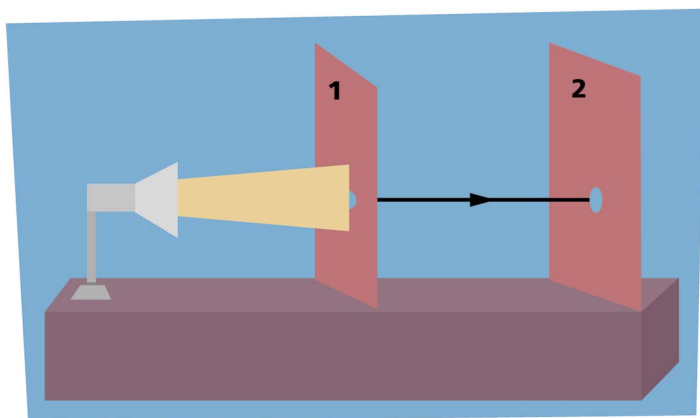


Fig. 4.11 Experimento que ilustra la propagación rectilínea de la luz

¡Atención!

La idea presentada en el experimento de la figura 4.11 se cumple siempre que el orificio que se practique en la pantalla uno no sea muy pequeño. Cuando esto sucede y la luz pasa por este, se comporta de modo diferente. En estos casos ocurre un fenómeno que estudiarás en próximos epígrafes.

1. Proyecta la luz de una linterna sin lente sobre una pantalla, por ejemplo, una hoja de papel, y a continuación coloca un cuerpo opaco entre la linterna y la pantalla.
 - a) ¿Qué sucedería con la forma de la sombra del cuerpo si la luz no se propagase en línea recta?
 - b) Observa cómo varía el tamaño de la sombra en dependencia de las distancias entre la linterna, el cuerpo y la pantalla.
 - c) Explica los resultados obtenidos con ayuda de un esquema.

Las sombras resultan de la interposición de un cuerpo opaco en el camino de los rayos luminosos procedentes de un foco. Si la luz no se propagara en línea recta, entonces no se formarían sombras, de ahí que este fenómeno sea una consecuencia de esta propiedad de la luz.

El fenómeno de las sombras es diferente si la fuente de luz puede considerarse como un punto o no. En el primer caso (fig. 4.12), la luz pasa por el borde del cuerpo sin transición. Existe entonces una zona iluminada frente al foco puntual y otra en sombra de la parte opuesta del cuerpo. Detrás del cuerpo opaco hay una región de oscuridad que es el cono de sombra, el cual al ser intersecado por una pantalla (P) forma en esta la sombra del cuerpo.

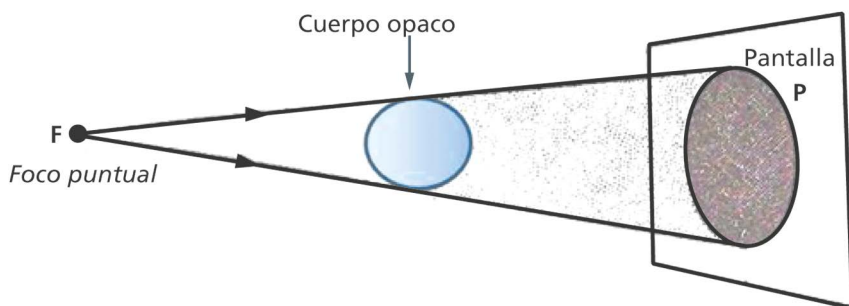


Fig. 4.12 Formación de sombras

Cuando el foco no es puntual (fig. 4.13), las rectas tangentes a este y al cuerpo opaco determinan tanto en el espacio detrás del cuerpo como

en la pantalla P_1 las mismas regiones que cuando el foco es puntual, pero entre estas existe, en el cuerpo y en la pantalla, una región llamada de penumbra. En la práctica, cada una de esas zonas se funde gradualmente en la otra sin mostrar una línea clara de separación. En la figura 4.13 se puede observar que en la pantalla P_1 la región de penumbra rodea a la de sombra que es la central.

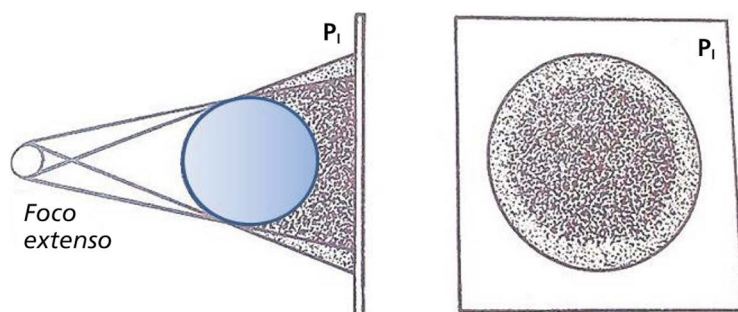


Fig. 4.13 El proceso de formación de sombras y penumbras

Actividad

1. En la figura 4.14 se ha modelado un eclipse de los que se producen periódicamente en nuestro universo. ¿Es un eclipse de Sol o de Luna? Reflexiona al observar la zona de sombra y la de penumbra.

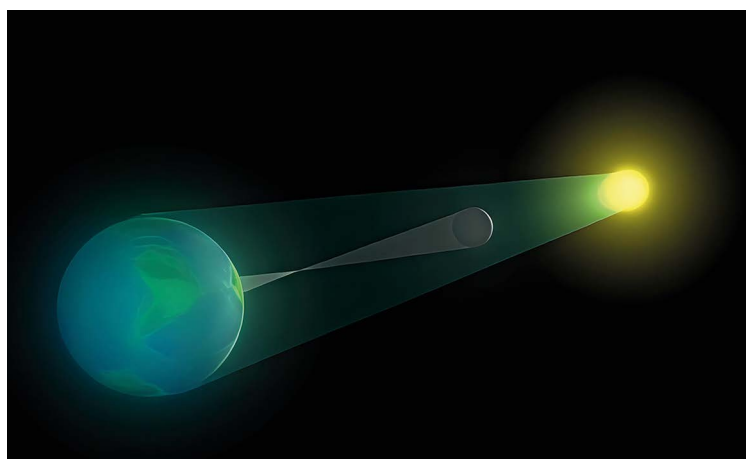


Fig. 4.14 Representación de un eclipse

En general, cuando la luz viaja por un medio homogéneo y transparente, lo hace en línea recta.

Física en acción

1. Un hecho astronómico que siempre resulta de interés son los eclipses. Modela un eclipse de Luna y otro de Sol; utiliza una linterna y dos cuerpos, uno mayor que el otro.

Tareas

1. ¿Cuál es la función, desde el punto de vista de la Física, de las viseras de una gorra? Explica cómo su diseño ayuda a cumplir este propósito.
2. Una de las consecuencias de la propagación rectilínea de la luz son los eclipses de Luna y de Sol.
 - a) Investiga en qué consisten.
 - b) Explica cómo se produce el eclipse de Sol, con el uso del modelo de rayo de luz.
 - c) Indaga sobre las precauciones que se deben tomar al observar los eclipses de Sol y los efectos en la salud que puede ocasionar observarlo directamente.
3. Cuando se anuncia el advenimiento de un eclipse total de Sol, la comunidad científica que estudia este tipo de fenómeno se moviliza y acude con los dispositivos necesarios al lugar donde se producirá. Investiga qué tipo de información pueden obtener de la observación de los eclipses de Sol.

4.3.2 Propagación de la luz en medios no homogéneos. Difracción de la luz

Reflexiona

Para realizar observaciones astronómicas, se suelen colocar los observatorios en lugares secos y altos; incluso en la actualidad, algunas de estas observaciones se obtienen con telescopios situados en el exterior de la atmósfera terrestre. ¿Por qué los dispositivos ópticos utilizados se emplazan en lugares con estas características?

Antes de dar respuesta a la interrogante inicial precisemos algunos elementos sobre los observatorios espaciales.

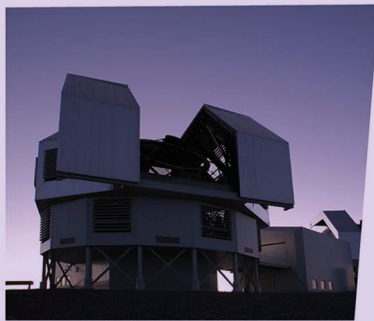
Saber más

Un observatorio astronómico (fig. 4.15) es un lugar elegido para poder observar los cuerpos celestes y los fenómenos que en el espacio exterior se producen (fig. 4.15). Estas instalaciones no son nada nuevas; se han construido desde hace miles de años y han evolucionado al transcurrir el tiempo. Un ejemplo de esto son los observatorios creados desde la época prehispánica por los mayas, los cuales les permitían estudios relativamente detallados de algunos cuerpos celestes. Estudiaron, entre otros aspectos, el movimiento de algunos planetas, así como el Sol, la Luna y otros fenómenos astronómicos.

En los modernos observatorios astronómicos terrestres existen enormes telescopios encargados de “recoger” la luz proveniente de los cuerpos celestes y ordenadores para el procesamiento de los datos.



Situado en el volcán Mauna Kea, Hawai



Situado en Coquimbo, Chile

Fig. 4.15 Observatorios terrestres

Uno de los problemas a los que se enfrentan los astrónomos es que las imágenes obtenidas, por la mayoría de los telescopios terrestres, no son lo suficientemente nítidas, si las comparas con las obtenidas por telescopios ubicados en el espacio, y en ocasiones están distorsionadas. En el epígrafe 4.2.1 estudiaste que la luz se propaga en línea recta; si esto es así, *¿por qué dichas imágenes tienen esas características? ¿Se propaga la luz en línea recta en cualquier medio?*

Encontrar la respuesta a la segunda de las interrogantes, te permitirá responder la primera.

Como puedes apreciar en la figura 4.16, si hacemos incidir un estrecho haz de luz con cierta inclinación sobre la superficie del agua contenida en un recipiente, se observa un haz reflejado y otro que penetra en su interior, el cual se desvía bruscamente.

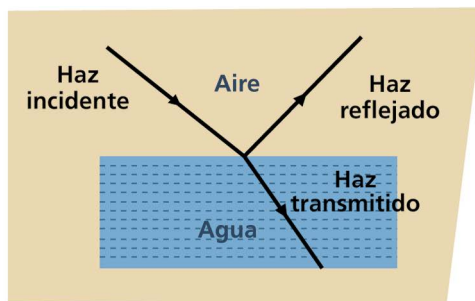
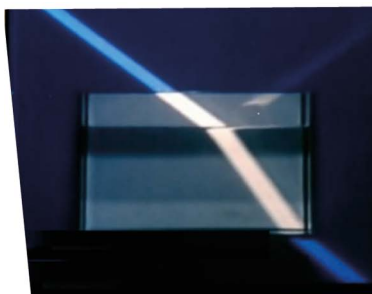


Fig. 4.16 Dirección de propagación de la luz en medios no homogéneos

El experimento confirma la idea de que la luz no siempre se propaga en una misma dirección; lo hace en la misma dirección mientras viaja por el mismo medio siempre que este sea homogéneo y se desvía al variar sus propiedades, o sea, en un medio no homogéneo. En este caso, cuando incide sobre la superficie del agua y al penetrar en esta.

De lo anterior, puedes concluir que:

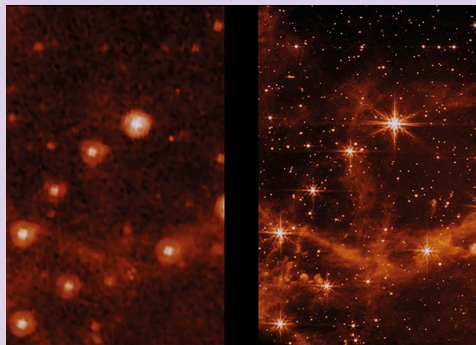
- En todo medio homogéneo y transparente, la luz se propaga en línea recta, pero al pasar de un medio homogéneo a otro, generalmente se desvía en otra dirección.
- La desviación en la dirección de propagación de la luz observada al pasar de un medio a otro se debe precisamente a que su velocidad varía.
- El cambio de velocidad de la luz al pasar de un medio a otro se denomina **refracción de la luz** (fig. 4.16).

Saber más

En el caso de los telescopios terrestres, la luz proveniente de los diferentes astros que llega a estos, tiene que atravesar la turbulenta atmósfera de la Tierra, de modo que las propiedades del medio por donde viaja la luz cambian paulatinamente e incluso bruscamente, esto provoca un cambio en la dirección de su propagación. El resultado son imágenes estelares turbias, aunque en la actualidad se han realizado adaptaciones para minimizar la distorsión de estas.

Lo estudiado sobre el modo en que se propaga la luz en medios no homogéneos y el conocimiento sobre la existencia y características de la atmósfera en la Tierra te permitirá explicar por qué los observatorios astronómicos se ubican en lugares altos y secos o en órbitas en la parte exterior de la atmósfera.

Con el propósito de comparar la calidad de la imagen que se obtiene, se tomaron dos imágenes de la Gran Nube de Magallanes y el nuevo telescopio entrega detalles sin precedentes.



311

Reflexiona

Sabías que la luz es una onda electromagnética y que una característica esencial de esta es su velocidad. Investiga cuál es la velocidad de propagación de la luz en diferentes medios.

Aprendiste que la luz captada por los telescopios permite conformar la imagen de los astros que se observan; sin embargo, la imagen obtenida no informa sobre lo que está sucediendo en ese preciso momento en el astro.

La estrella más cercana a nosotros es el Sol; su luz demora unos ocho minutos en llegar a la Tierra y la estrella más próxima fuera del Sistema Solar se nombra Próxima Centauri. La luz proveniente de esta demora aproximadamente cuatro años en viajar desde la estrella hasta nosotros. Así, el tiempo que demora la luz que emite cualquier estrella hasta nuestro planeta dependerá de la distancia a la que se encuentre y de la velocidad de propagación de la luz, que en el vacío es constante.

La velocidad de propagación de la luz en el vacío es de 299 792 458 m/s, aproximadamente 300 000 km/s.

Sin embargo, la luz se propaga con diferentes velocidades en los disímiles medios. En la tabla 4.1 se proporcionan los valores *aproximados* de la velocidad de la luz en determinados medios.

Tabla 4.1

Velocidad aproximada de la luz en diferentes medios

Medio por el que viaja la luz	Velocidades aproximadas de propagación
vacío y el aire	300 000 km/s
agua	220 000 km/s
diamante	124 000 km/s

Puedes preguntarte cómo fue posible determinar una velocidad tan grande, aspecto en el que tienes razón. Para su medición, han sido varios los experimentos realizados a lo largo de la historia. Uno de estos se presenta en la reflexión siguiente.

Reflexiona

Cuenta la historia que Galileo trató de medir la velocidad de la luz a principios de 1600. Para esto situó a dos personas, cada una en la cúspide de una montaña, separadas una de la otra unos 19 km. Cuando la primera encendió su lámpara y la segunda la viese, esta encendía la suya. Llegó a la conclusión que no podía decir cuál era su valor. ¿A qué crees que se deba este resultado?

Galileo, con su experimento, no pudo determinar el valor de la velocidad de la luz; sin embargo, llegó a la conclusión de que este valor tenía que ser muy grande. Experimentos posteriores pudieron determinar este valor, que, como conoces es de aproximadamente 300 000 km/s. Esto significa que en cada segundo la luz recorre en el vacío 300 000 km.

Solo para que tengas una idea de lo que significa este valor, si la distancia de la Tierra a la Luna es de aproximadamente 384 000 km, la luz procedente de este satélite demora solo algo más de un segundo en llegar a la Tierra.

Indiscutiblemente, el experimento de Galileo no podía resultar. Hubo que esperar hasta mediados del siglo XIX para que la tecnología permitiera medirla desde la superficie de la Tierra.

Actividad

- 1.** Busca información y haz un resumen de cómo se midió la velocidad de la luz y el valor que esta tiene en el vacío.

Reflexiona

¿Por qué la mayoría de las sombras que observamos diariamente no tienen los bordes bien definidos?

Otro fenómeno cotidiano es la formación de sombras y el carácter, muchas veces no bien definido, de sus bordes. Esto se debe a que, en la formación de la mayoría de las sombras observadas, comúnmente intervienen fuentes de luz extensas, o más de una fuente; en estos casos la definición de las sombras es mala. El borde de la sombra aparece definido cuando la fuente de luz es una sola (fig. 4.19) y puede considerarse puntual (de pequeñas

dimensiones en comparación con la distancia al cuerpo opaco que produce la sombra).



Fig. 4.19 La fuente de luz es una sola, la sombra es definida

Sin embargo, si colocas la pantalla lejos del objeto, de modo que la sombra sea lo suficientemente grande, o simplemente la miras con una lupa, notarás que los bordes no están tan bien definidos (fig. 4.20).



Fig. 4.20 La sombra no está bien definida y es de mayor tamaño

Existe una propiedad de la luz que también influye en la obtención de “sombras” y en la iluminación de algunos espacios. Para comprender esa propiedad, es necesario recordar que al estudiar el sonido conociste que las ondas pueden desviar la dirección de su propagación al pasar por los bordes de una abertura o de un obstáculo; se difractan.

Reflexiona

¿Durante la propagación de la luz ocurrirá el fenómeno de la difracción?

Los experimentos realizados por los físicos Thomas Young y Auguste Fresnel confirmaron la idea de que la luz también puede desviarse y lograron explicar los fenómenos de interferencia y difracción. Los resultados de sus investigaciones, permitieron explicar la naturaleza ondulatoria de la luz, descubrimiento que revolucionó la investigación científica de los siglos XVIII y XIX.

Analicemos algunos hechos que evidencian la difracción de la luz.

Cuando las ondas de luz bordean un objeto, sucede la difracción. En la figura 4.21 se ilustra un experimento en el cual la luz blanca que proviene de un pequeño orificio o rendija estrecha, practicado en un objeto, y se recoge el haz de luz sobre una pantalla que puede mostrar bordes coloreados por este fenómeno. El fenómeno de la difracción también se manifiesta al observar por medio de una lupa la sombra obtenida de un objeto iluminado con una fuente de luz puntual; en realidad sus bordes no están tan bien definidos como parece.

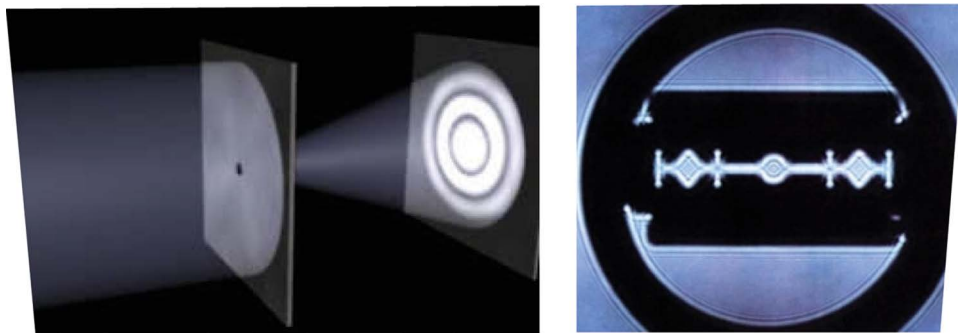


Fig. 4.21 Experimentos que demuestran la difracción de la luz

Experimentos como los anteriores revelan que la difracción también es característica de la propagación de la luz, si bien no es tan evidente como en el caso del sonido o las ondas en la superficie del agua.

La desviación que experimenta la luz al pasar por el borde de un obstáculo es la causa de que los bordes de las sombras no estén bien definidos; este fenómeno se denomina difracción de la luz.

Física en acción

1. Diseña y realiza un experimento con el propósito de comprobar que en los medios no homogéneos la dirección de propagación de la luz no es recta.

Tareas

1. Menciona ejemplos de medios homogéneos y no homogéneos.
2. Describe un experimento que ponga de manifiesto el hecho de que en un medio homogéneo la luz se propaga en línea recta y otro que muestre que en uno no homogéneo puede desviarse.
3. Prepara una solución de agua con azúcar, en un recipiente transparente de modo que disminuya su concentración de abajo hacia arriba. Comprueba que la trayectoria del haz de luz que penetra en un medio no homogéneo no es recta.
4. ¿Por qué suele pensarse que la luz se propaga de un lugar a otro instantáneamente? ¿Cuál es, aproximadamente, la velocidad de la luz en el aire?
5. Describe un experimento que evidencie cómo la luz se desvía al pasar por el borde definido de un obstáculo.

4.4 Incidencia de la luz sobre los cuerpos

¿Por qué los objetos que nos rodean son visibles?, ¿cuál es la causa de que se observen los cuerpos de diferentes colores?, ¿será la incidencia de la luz sobre los cuerpos la causa de que puedas ver los objetos y sus colores?

4.4.1 Visibilidad de los cuerpos

Reflexiona

¿De qué depende la visibilidad de los cuerpos que te rodean?

Para responder esta interrogante debes analizar algunas situaciones que te permitan comprender este proceso.

La luz procedente de la lámpara o del fósforo, incide sobre los objetos de la habitación y estos devuelven (reflejan) parte de dicha luz, enviándola en todas direcciones; al llegar a nuestros ojos se produce la sensación visual, la visión de los objetos.

Aunque en la vida cotidiana se emplea con frecuencia el vocablo reflexión, por ejemplo, cuando te refieres al reflejo de un paisaje en la superficie tranquila de un lago, o cuando dices que la imagen que ves al mirarte en un espejo es tu reflejo, el fenómeno de la reflexión es mucho más importante que esto, pues está presente en el proceso de la visión.

Pero no todos los objetos reflejan la luz por igual. Investiga el comportamiento de la luz en dos superficies con diferentes propiedades.

Experimenta y aprende

1. Diseña una actividad experimental donde puedas lograr que un fino haz de luz incida sobre un espejo y luego sobre una superficie opaca. Observa en cada caso la “huella” del haz sobre una hoja de papel blanco. Determina las diferencias entre la reflexión en cada caso (fig. 4.22).

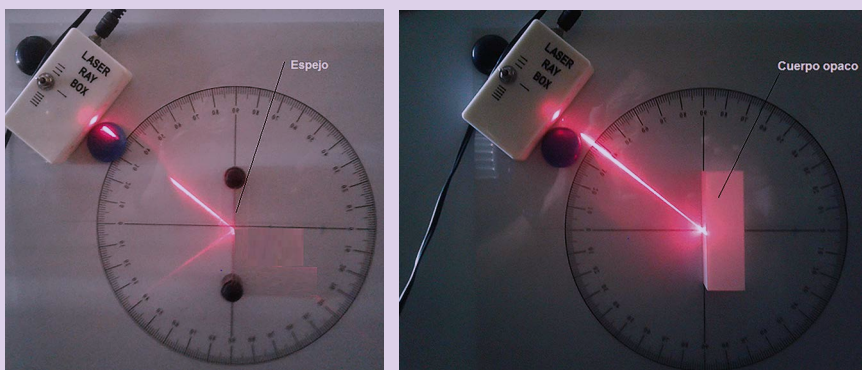


Fig. 4.22 Experimentos que ilustran el fenómeno de la reflexión de la luz cuando incide en diferentes superficies, un espejo y un cuerpo opaco

En general, vemos los objetos solo cuando:

1. emiten luz, sea propia o reflejada y
2. dicha luz llega a nuestros ojos y se produce la visión.

La calidad de la visibilidad de los objetos que te rodean también depende de la cantidad de luz que les llega. ***La cantidad de luz, evaluada por tus ojos, que llega a determinada área de una superficie, se caracteriza mediante el concepto de iluminación.***

Experimentalmente se comprueba que:

- Mientras mayor sea la **intensidad luminosa de la fuente (cantidad de luz que emite una fuente en una dirección determinada)** mayor será la **iluminación**.
- Mientras mayores sean, la distancia de la fuente a la superficie y la inclinación del haz de luz con respecto a la perpendicular a la superficie, menor será la **iluminación**.

Otro factor, del que depende la visibilidad de un cuerpo, es el contraste entre el color que emite un cuerpo y el de sus alrededores. En la figura 4.24 se aprecia que en el fondo negro se lee mejor la palabra *contraste* que en el fondo azul. Esta es la razón del por qué se ven mejor las imágenes del televisor cuando la habitación está oscura que cuando está iluminada.



Fig. 4.24 Las letras de color blanco se aprecian con mayor nitidez en el fondo negro que en el azul

Para lograr mayor contraste debes tener presente que los cuerpos del mismo color del fondo son poco visibles. Por ejemplo, un paño rojo puede ser casi indistinguible sobre un fondo del mismo tono de rojo.

No siempre es conveniente un contraste elevado, en ocasiones es beneficioso que no se distinga con facilidad el objeto de su entorno de fondo, el camuflaje es un ejemplo de esto y es utilizado por los humanos en algunas actividades. También es utilizado por algunas especies de animales.

Actividad

1. El camuflaje es una estrategia fascinante que demuestra la adaptabilidad y creatividad de la naturaleza. Investiga en qué consiste y pon ejemplos de cómo muchos animales y también el ser humano lo utilizan en su beneficio.

+ ¿Sabías que...?

El ojo humano no es capaz de detectar las llamadas luces infrarrojas y ultravioletas emitidas o reflejadas por los cuerpos, mientras algunos animales logran hacerlo (fig. 4.25). ¿Te has preguntado por qué los perros y los gatos ven en la oscuridad?

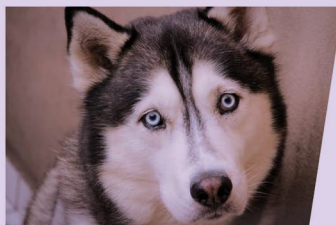
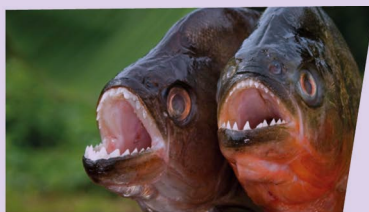


Fig. 4.25 Algunos animales que detectan luces infrarrojas o ultravioletas, emitidas o reflejadas por los cuerpos

Física en acción

1. ¿De qué factores dependerá la iluminación de determinada superficie? Diseña y lleva a cabo algunos experimentos para apoyar tus suposiciones.

Tareas

1. Menciona ejemplos de fuentes de luz propia y luz reflejada, diferentes a las presentadas en el texto.

Reflexiona

Si analizas la problemática inicial, puedes suponer que esto es posible si la luz proveniente de los objetos que observas, aunque se crucen en su camino a los ojos, con otras emitidas por los otros objetos, no se desvía ni se mezcla. Esta es la esencia de una importante propiedad de la luz que permite explicar el proceso de la visión.

Esta propiedad es conocida como *independencia de los haces luminosos* y no se limita solo a la luz visible, sino a todas las ondas del espectro electromagnético.

Esta importante propiedad se pone de manifiesto cuando observas juegos de luces en un centro recreativo. En la figura 4.26 puedes apreciar cómo los haces luminosos provenientes de diferentes fuentes que iluminan con luces de diferentes colores, a pesar de cruzarse, no interfieren uno con otro; estos se comportan de modo independiente.



Fig. 4.26 Haces luminosos que se cruzan

Experimenta y aprende

1. Selecciona dos cartulinas blancas y recorta un pequeño agujero cuadrado de aproximadamente 2 cm en el centro de cada una de las cartulinas.
2. Cuelga las dos cartulinas una frente a la otra, separadas a una distancia de 50 cm.
3. Selecciona dos lámparas del equipo de óptica, colócalas detrás de cada una de las cartulinas y enciende la fuente de luz de manera que la luz pase a través del agujero central de cada cartulina y se proyecte en la otra cartulina sin que los haces de luz se crucen entre sí.
4. Observa la sombra en la cartulina opuesta.
5. Mueve una de las cartulinas hacia un lado, de forma que los haces de luz se crucen entre sí en el aire, sin obstáculos.
6. Observa nuevamente las sombras proyectadas en la cartulina opuesta. ¿Notas alguna diferencia entre estas sombras y las anteriores?

Esta propiedad de la luz tiene gran importancia, pues si los haces de luz no se comportarán de modo independiente, observarías al objeto que miras con un aspecto diferente cada vez que cambian los cuerpos que lo rodean.

Física en acción

1. Diseña y lleva a cabo un experimento diferente a los realizados en clases para comprobar la independencia de los haces luminosos al cruzarse entre sí.

Analiza las suposiciones siguientes y determina, cuál de estas permite dar solución a la interrogante inicial, relacionada con la gran variedad de colores que observas a tu alrededor.

Suposición 1. La luz visible es una gama de luces de diferentes colores y al incidir sobre el objeto este refleja solo la que se corresponde con su color y absorbe las otras.

Suposición 2. La luz visible al llegar a los objetos estos le adicionan algo, tiñéndola del color que este posea y se refleja hasta llegar a nuestros ojos.

Te puedes percatar que la suposición más lógica es la primera. Es posible que aún no comprendas cómo ocurre este fenómeno.

Comprobemos la primera suposición y así comenzarás el estudio relacionado con la composición de la luz.

Estudiaste que cuando la luz incide sobre ciertos objetos transparentes, en ocasiones pueden observarse varios colores simultáneamente. Un ejemplo de esto es el arcoíris, que se forma al incidir la luz del Sol sobre las gotas de agua de lluvia (fig. 4.27).



Fig. 4.27 Arcoíris

Este fenómeno también lo apreciarán cuando la luz solar incide sobre las gotas de agua dispersadas por un regadío (fig. 4.28).



Fig. 4.28 El espectro en el regadío



Conéctate con la historia

El primero en estudiar la descomposición de la luz en haces de colores fue Isaac Newton. En 1666 hizo incidir sobre un prisma la luz solar procedente de un orificio o rendija. La imagen recrea la escena donde se produjo este importante descubrimiento (fig. 4.29).



Fig. 4.29 Experimento realizado por Newton

Te propongo realizar una actividad experimental similar a la que hizo Newton.

Utiliza un prisma, una fuente de luz y una pantalla, describe lo que acontece cuando un haz de luz atraviesa el prisma triangular, que incida de forma oblicua.³

Cuando un haz de luz incide oblicuamente sobre una de las caras de un prisma, se refracta (desvía) y lo atraviesa. El haz de luz que emerge del prisma es más ancho, divergente y se descompone en varios haces de diferentes colores. Esto se debe a que la velocidad de la luz en el prisma no es la misma para todos los colores; la luz de cada uno de los colores posee diferentes velocidades; así, para el violeta es menor y para el rojo, mayor (fig. 4.30). Lo que se observa en la pantalla se denomina espectro visible o espectro de la luz. El fenómeno que se pone de manifiesto es la **dispersión de la luz**.

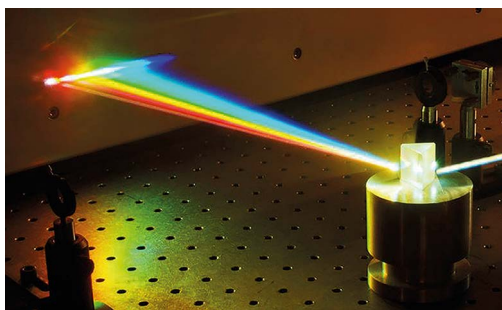


Fig. 4.30 Experimento que ilustra la descomposición de la luz

Este fenómeno solo puede explicarse si consideras que la luz visible está formada por haces de diferentes colores, los cuales son separados por el prisma. Esta suposición se confirmaría si logras reunir de nuevo los haces de colores y obtener el haz de luz blanca como el inicial.



Fig. 4.31 Al colocar un segundo prisma en la trayectoria de los haces que emergen del primer prisma, se obtiene un único haz de luz blanca

³ Oblicua: con inclinación o desviación de la línea recta, que no incida perpendicular a la superficie.

Cuando se unen los haces de colores procedentes de un prisma y se obtiene nuevamente la luz incidente, se confirma que la luz es una mezcla de ondas de diferentes frecuencias, que son interpretadas por el cerebro como colores (fig. 4.31).

Comprueba experimentalmente la segunda parte de la primera suposición uno, referida al comportamiento de los objetos al incidir la luz sobre estos.

Experimenta y aprende

1. Proyecta el espectro de colores de la luz visible en una pantalla y coloca sobre este, alternativamente, tiras de tela de diferentes colores.

Si colocas tiras de tela de diferentes colores en la pantalla donde se observa el espectro de colores producto de la descomposición de la luz, observas que, según el color de la tela, solo se aprecian algunos colores, mientras que otros tienden a desaparecer. ¿Cómo explicar lo que sucede?

Las luces que observas son las reflejadas por los pedazos de tela, y las correspondientes a la zona oscurecida son absorbidas por las telas. Así, un cuerpo iluminado con luz blanca se ve rojo cuando refleja mejor la luz roja que la de otros colores; verde, cuando refleja mejor la luz verde, y así sucesivamente. En cada caso, las ondas cuyas frecuencias corresponden a las no reflejadas por la tela son absorbidas por esta.

El conocimiento de que la luz visible está compuesta por luces de diferentes colores y que, al incidir sobre los cuerpos, una parte de esta puede ser absorbida o reflejada, te permite responder la interrogante inicial:

¿Cómo explicar la variada coloración que aprecias en los cuerpos que te rodean?

El color de un objeto iluminado con luz visible está determinado por las ondas cuyas frecuencias corresponden a los colores del espectro que refleja. Así, en un objeto se percibe el color rojo cuando refleja la onda cuya frecuencia corresponde a la luz roja, mejor que la de otros colores; verde, cuando refleja mejor la onda cuya frecuencia correspondiente a la luz verde, entre otros.

Saber más

El arcoíris es un conjunto ordenado de arcos de colores, todos con el mismo centro para cada observador (cada observador ve un arcoíris diferente según su posición). Aparece en el cielo cuando cesa la lluvia o llovizna y las últimas gotas de lluvia existentes en el ambiente son traspasadas por los rayos del Sol (fig. 4.32).

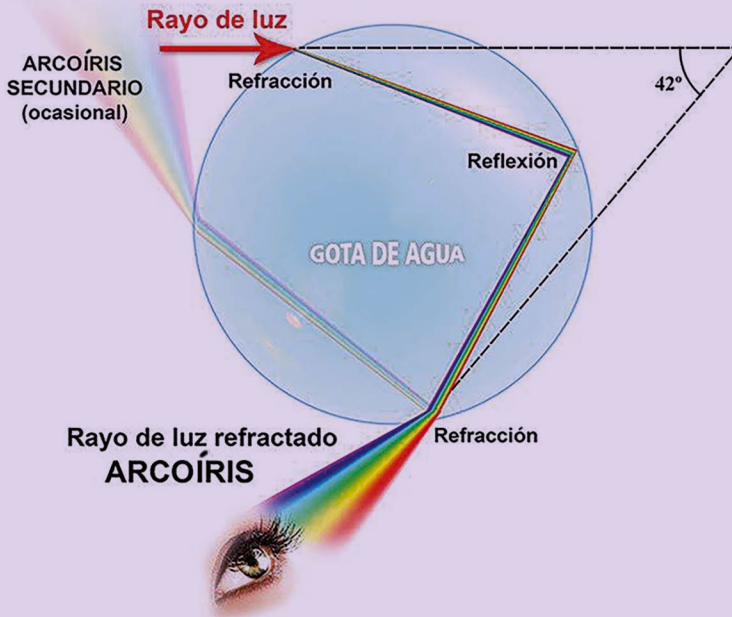


Fig. 4.32 Formación del arcoíris

Cuando la luz incide en la gota de lluvia, parte de esta se refracta al entrar en la gota de agua y se refleja en su interior; luego se refracta nuevamente para al salir de la gota, donde se separan los colores que componen el rayo de luz, lo que produce un efecto muy similar a lo que sucede cuando hacemos incidir luz en un prisma. Debido a estas refracciones, el rayo se desvía hacia la parte del cielo en que está el Sol y el arcoíris se observa en el lado opuesto.

Física en acción

1. Comprueba experimentalmente la afirmación siguiente:
"Un haz de luz blanca, después de atravesar un vidrio azul, aparece después un haz de luz azul".
2. Explica lo ocurrido y socializa con tus compañeros de aula tus resultados.

Tareas

1. Investiga y escribe en tu libreta el significado de la palabra hipótesis.
2. Describe un experimento que confirme que la luz habitual está compuesta por haces de diferentes colores.
3. ¿A qué se debe la separación de los haces de colores al atravesar un prisma?
4. ¿Cómo se explica la variada coloración de los objetos que nos rodean?
5. ¿Qué ondas cuya sensación visual corresponden a los colores reflejan mejor las superficies blancas? ¿Y las negras?

4.5 Regularidades en la reflexión y refracción de la luz

Has profundizado en la naturaleza de la luz, las características de su propagación y alcanzaste una visión general del modo en que se produce la visibilidad de los objetos.

Reflexiona

¿Cómo se producen las sombras? ¿Cuándo se producen los eclipses de Sol y de Luna? ¿Por qué el cielo es de color azul? ¿Cómo se forma el arcoíris?

Los conocimientos estudiados sobre la naturaleza de la luz te permitirán responder estas interrogantes.

Sin embargo, existen hechos de la vida cotidiana que con los conocimientos que posees aún no podrás explicarlos; este es el caso de la formación de imágenes en los espejos y en las lentes. Para poder explicar estos fenómenos, es preciso estudiar los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz.

Estos fenómenos ópticos tienen una importancia especial en el proceso de la visibilidad de los objetos. ¿En qué consisten estos fenómenos? ¿Cómo se manifiestan en el proceso de la visión? Son interrogantes que lograrás resolver con los próximos conocimientos que estudiarás.

4.5.1 Reflexión de la luz. Leyes de la reflexión

Reflexiona

En una de las acampadas donde participan estudiantes de noveno grado para obtener una de las especialidades en el Movimiento de Pioneros Exploradores, dos tropas que se encontraban a cierta distancia una de la otra, realizaron ejercicios de señales y avisos. ¿Cómo podría un pionero de una de las tropas enviar una señal luminosa a uno de la otra tropa, con un espejo y la luz del Sol? Auxíliate de un dibujo para modelar el recorrido de uno de los rayos del haz de luz.

La situación que se presenta no resulta nueva para ti, pues debes haberlo visto hacer en numerosos documentales, películas y hasta es probable que lo hayas hecho en tu vida cotidiana. En todos los casos necesitarías utilizar una superficie pulida para lograr el efecto deseado. Sin embargo, solo desviar el haz de luz no garantizaría que esta incida exactamente en un punto determinado, por ejemplo, en uno de los compañeros de la otra tropa. Para lograr un conocimiento más amplio de este fenómeno, es necesario que conozcas *las leyes de la reflexión de la luz*.

Saber más

Un heliógrafo es un equipo para hacer señales telegráficas por medio de la reflexión de los rayos de Sol en un espejo movable o bien mediante la interposición de una especie de persiana cuya abertura o cierre hace que los rayos del Sol lleguen y se reflejen en el espejo o no.

Experimenta y aprende

1. Dirige un fino haz de luz sobre un espejo (superficie reflectora), coloca detrás de este conjunto (haz de luz y espejo) una cartulina donde el borde que se pone en contacto con el espejo debe ser recto; de esta forma, puedes recoger la "huella" dejada por el haz de luz en su recorrido (fig. 4.33). Dibuja sobre la cartulina la "huella" dejada por los haces incidentes y reflejados.

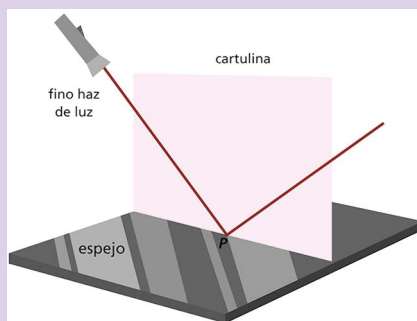


Fig. 4.33

Si doblas el papel o cartulina donde aparece la “huella” dejada por el haz luminoso, por el punto donde el haz incidente se desvía, observarás que se forman dos ángulos: uno está formado por el rayo incidente y la perpendicular al punto de incidencia, llamada **normal**, y el otro, por el rayo reflejado y la normal.

Saber más

El término normal en Física proviene del latín *normalis*, que significa perpendicular.

En octavo grado, estudiaste: que a la fuerza que actúa perpendicularmente a cierta superficie de apoyo o de sostén se le denomina fuerza normal (N) y que en óptica se utiliza para referirse a una línea imaginaria que es perpendicular a la superficie de un espejo o cualquier otro objeto reflectante.

¿Cómo es la amplitud de los ángulos que forman el rayo incidente y el reflejado con respecto a la normal?

El ángulo formado por la normal y el rayo incidente se llama **ángulo de incidencia (i)**, el formado por la normal y el rayo reflejado, **ángulo de reflexión (r)** (fig. 4.35).

Los experimentos realizados con distintos ángulos de incidencia permiten arribar a que los dos ángulos formados son iguales (fig. 4.36).

Segunda ley de la reflexión

El ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia ($\angle r = \angle i$).

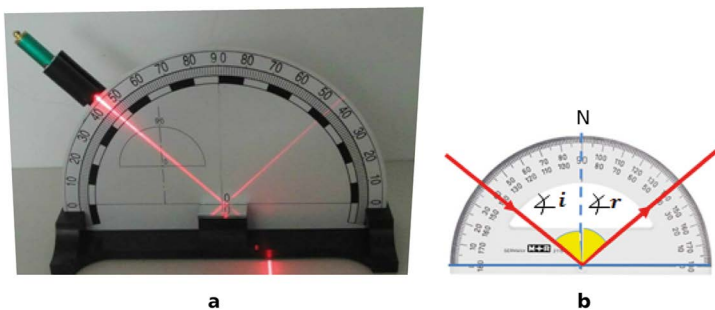


Fig. 4.35 Experimento que ilustra la segunda ley de la reflexión

El conocimiento de estas leyes tiene gran importancia, su empleo te permite predecir lo que ocurrirá con determinado fenómeno. Así, cuando aplicas las leyes de la reflexión, si se conoce la dirección de propagación de un haz de luz incidente, puedes determinar el recorrido del haz reflejado y viceversa, sin necesidad de realizar el experimento.

¿En qué se diferencia la reflexión de la luz en un espejo de la que ocurre en la mayoría de los objetos que nos rodean?

Cuando un haz de luz incide sobre un espejo, el agua o sobre una superficie metálica bien pulida, el haz reflejado está bien definido (fig. 4.36). Este tipo de reflexión se denomina *reflexión regular o especular*.

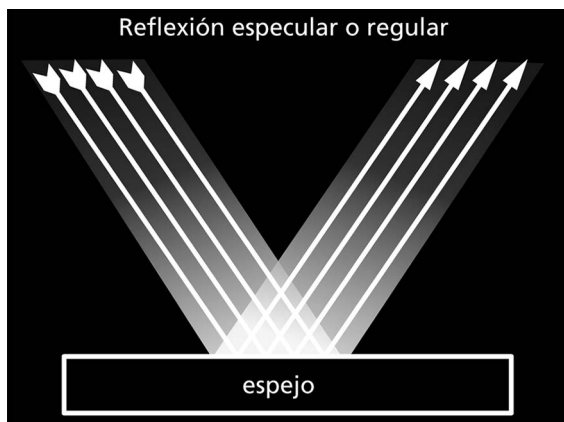


Fig. 4.36 Ejemplo del cumplimiento de las leyes de la reflexión en la reflexión regular

No sucede lo mismo cuando un haz de luz incide sobre superficies rugosas; los haces incidentes se reflejan en todas las direcciones. A este tipo de reflexión se le llama *reflexión irregular o difusa* (fig. 4.37). Es importante destacar, que sobre la superficie rugosa los rayos de luz inciden y forman ángulos diferentes; esta es la causa de que los rayos reflejados se propaguen en direcciones diversas, pero siempre cumpliendo con las leyes de la reflexión.

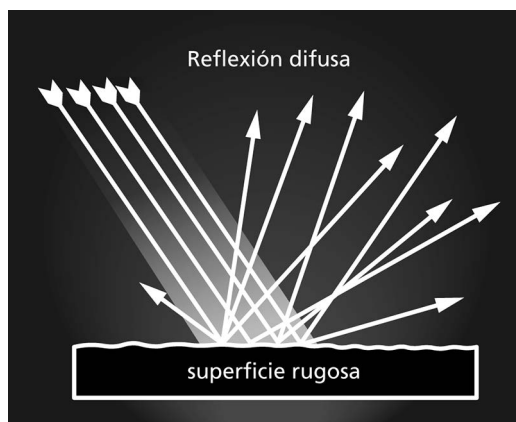


Fig. 4.37 Ejemplo del cumplimiento de las leyes de la reflexión en la reflexión difusa

1. Completa los esquemas en los cuales se muestra el recorrido de diferentes rayos incidentes (fig. 4.38). Determina el valor de los ángulos que forman los rayos incidentes y reflejados con la normal para cada caso.

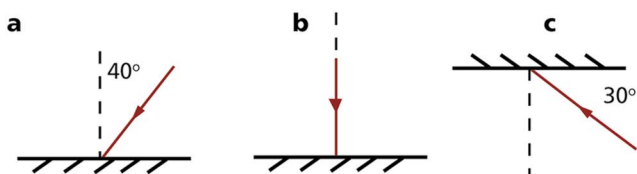


Fig. 4.38 Esquema que muestra el recorrido de los rayos que inciden sobre una superficie reflectora (espejo) en diferentes direcciones

1. Realiza una ranura en una cartulina y fija esta al cristal de una linterna.
 - a) Enciende la linterna y logra que incida un haz de luz sobre un espejo.
 - b) Logra que incida un haz de luz sobre una superficie opaca.
2. Observa en cada caso la “huella” dejada sobre una hoja de papel. ¿En qué se diferencia la reflexión en el espejo de la que se produce en la superficie opaca?

1. Describe los experimentos mediante los cuales se establecen las leyes de la reflexión de la luz.
2. Realiza los esquemas en los cuales se representan varios espejos planos, así como las direcciones y sentidos de los haces incidentes o reflejados (fig. 4.39). Traza los haces que faltan en cada uno de estos esquemas.

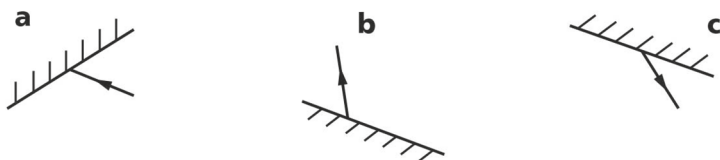


Fig. 4.39 Esquema que ilustra el rayo incidente o el reflejado para que completes el recorrido de la luz aplicando las leyes de la reflexión

4.5.2 Espejo plano. Formación de imágenes en espejos planos

Reflexiona

Cuando observas tu imagen y la de otros cuerpos en un espejo plano, ¿qué características posee la imagen si la comparas con el objeto que se coloca frente al espejo? ¿Cómo explicas que veas el objeto en un lugar donde realmente no está?

Si te sitúas frente a un espejo plano, observas que detrás de este se forma un retrato fiel a ti mismo, es tu imagen reflejada en el espejo. ¿Qué características posee esta imagen?

Te proponemos realizar una actividad experimental con el propósito de encontrar la respuesta a la interrogante anterior.

Experimenta y aprende

1. Coloca una vela en una de las casillas de una cartulina cuadriculada, enciéndela y sitúa un espejo frente a esta (fig.4.40).
 - a) ¿Cuántas cuadrículas separan la vela del espejo?
 - b) ¿Cuántas separan a la imagen de este?
 - c) ¿A qué conclusión puedes llegar?

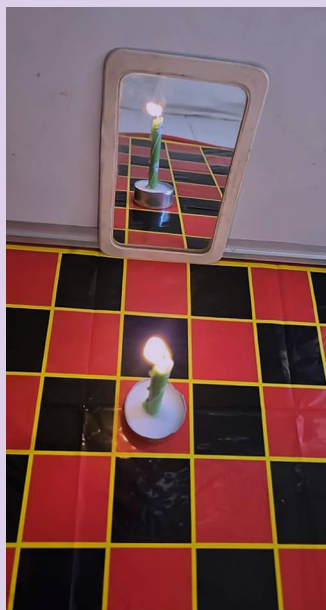


Fig. 4.40 Posición de la imagen de la vela situada frente a un espejo plano

Si observas la imagen de la vela producida por el espejo (fig. 4.40), notas que esta se encuentra a la misma distancia del espejo que la vela. Esto se aprecia fácilmente al tener en cuenta la posición de la vela y su imagen sobre la cartulina cuadriculada. Del experimento anterior, puedes afirmar que tanto el objeto (vela) como su imagen son simétricos respecto al espejo.

¿Será derecha o invertida la imagen de la vela que se observa con respecto a esta? Resulta fácil percatarte de que la imagen de la vela es derecha pues tiene la misma orientación espacial que el objeto. Si te fijas en la figura el extremo de la llama de la vela está hacia arriba y en la imagen, la llama también lo está.

¿Podrás encender un fósforo con la imagen de la vela formada en el espejo? Si bien puedes lograrlo con la vela (objeto), no puedes conseguirlo con la imagen, pues no posee energía; no existe independientemente de tu sensación visual. En estos casos, se dice que la imagen es virtual.

En general, *las imágenes que se obtienen con el uso diversos dispositivos ópticos pueden ser reales (cuando la imagen posee energía luminosa y pueden recogerse en una pantalla) o virtuales, cuando no reúnen las condiciones anteriormente mencionadas, estas son producto de nuestra sensación visual.* En el caso de los **espejos planos siempre son virtuales.**

Reflexiona

Sabes que ves un objeto cuando la luz procedente de este llega a tus ojos. ¿Cómo explicas entonces que veas la imagen del objeto en el espejo si realmente no es el propio objeto el que ves, sino su imagen?

Considera un objeto muy pequeño (O) colocado frente a un espejo plano y traza los rayos exteriores de un haz de luz divergente que salen de (O) y llegan al espejo (fig. 4.41 a).

Si aplicas la segunda ley de la reflexión a cada uno de estos rayos incidentes, puedes encontrar la trayectoria seguida por el haz de luz al incidir sobre el espejo y reflejarse. Cuando colocas el ojo de la manera que se ilustra en la figura (fig. 4.41 b), parece que la luz se origina en el punto I . En las figuras 4.41 b y c se muestra cómo se obtiene la imagen del objeto que emite luz.

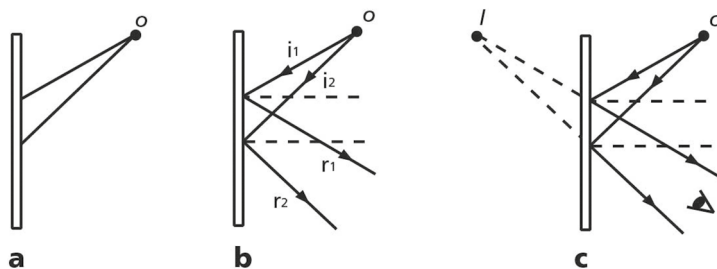


Fig. 4.41 Esquema que ilustra cómo se forma una imagen en un espejo plano aplicando las leyes de la reflexión

El **punto I** se denomina **imagen del objeto** y geoméricamente se obtiene por la prolongación (representada con líneas discontinuas) de los rayos reflejados. Cuando los rayos que se cortan no son los propios rayos reflejados, sino sus prolongaciones, entonces la imagen es **virtual**.

La imagen que se forma en los espejos planos se encuentra situada a la misma distancia del espejo que el propio objeto. Esta importante característica puedes comprobarla en la figura 4.41 c, con una regla graduada mides la distancia que hay entre el espejo y el objeto, así como del espejo a la imagen.

Puedes imaginar que un objeto, por ejemplo, una vela, un lápiz o simplemente una persona, está formado por muchos objetos puntuales de acuerdo con la forma y el tamaño que tenga. Si aplicas las leyes de la reflexión a cada uno de los objetos puntuales que conforman un objeto y procedes del modo realizado para el punto (O), obtendrás la posición de cada uno de estos y de la imagen del objeto en su totalidad.

Experimenta y aprende

1. Escribe en una hoja de papel una palabra, coloca la hoja frente a un espejo. Presta atención a la palabra reflejada en el espejo ¿Qué observas?

La razón de que la imagen de la palabra muestre las letras invertidas lateralmente (se intercambian los lados del objeto de izquierda a derecha) al mirarlas a través de un espejo es que, en el caso de los cuerpos tridimensionales como la vela, queda rotada 180 °. De ese modo la imagen de una persona o animal queda cara a cara con la persona o animal. Eso implica que los términos derecha o izquierda se invierten.

Física en acción

1. En una hoja de papel coloca un portaobjeto o un rectángulo de una lámina de acetato, perpendicular a la hoja.
2. Traza en la hoja una cruz en uno de los semiplanos cerca del portaobjeto o de un rectángulo de una lámina de acetato.
3. Observa por el portaobjeto, hasta lograr visualizar la imagen del objeto y marca con una cruz la posición de la imagen.
4. Compara las distancias del objeto al espejo y de este a la imagen, llega a conclusiones.

Tareas

1. El letrero de identificación de muchas ambulancias tiene escrita la palabra ambulancia al revés, o sea, de derecha a izquierda. Justifica este hecho.
2. Sitúa un objeto (O) en forma de flecha frente a un espejo plano (fig. 4.42). Determina la imagen que se forma, aplica las leyes de la reflexión y utiliza la propiedad de simetría. Analiza las características de esta imagen en relación con el objeto.

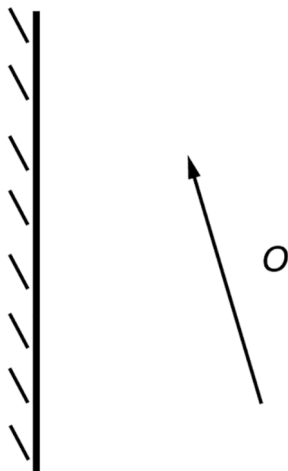


Fig. 4.42 Esquema donde aparece un objeto O situado delante de un espejo plano

3. Determina gráficamente la imagen en un espejo plano de un objeto que se encuentra frente a este. Considera que el objeto es un segmento de recta AB .

4.5.3 Espejos esféricos. Formación de imágenes en los espejos esféricos

Reflexiona

Cuenta la leyenda que el célebre Arquímedes, a petición del rey Herón de Siracusa, diseñó y preparó la defensa de la ciudad, la cual se encontraba asediada por guerreros romanos y logró incendiar las naves enemigas con la luz del Sol. Para esto colocó grandes espejos esféricos en la muralla de la ciudad. ¿Cómo explicarías este hecho?

Como estudiaste, las imágenes que se forman en los espejos son el resultado de que la luz se refleja al incidir sobre estos, de tal modo que se cumplen las leyes de la reflexión de la luz. Es lógico que pienses que, si la leyenda fuera cierta, la causa de que se hayan incendiado las naves depende de algunas de las características propias de los espejos utilizados. Sin embargo, esa suposición no es rigurosa; tal vez sea que la luz, al incidir sobre los espejos esféricos, tenga un recorrido peculiar. De cualquier forma, no podemos revisar los espejos utilizados en esa ocasión, pero sí podemos indagar si el comportamiento de la luz al incidir en los espejos esféricos nos permite explicar el hecho.

Entonces ¿Qué son los espejos esféricos? ¿Cómo se comporta la luz ante un espejo esférico?

Los espejos que no tienen la superficie reflectora plana, son curvos. De estos, la mayoría usados en aplicaciones prácticas, son **esféricos**.

Un espejo esférico es el que puede considerarse como parte de una esfera reflectora. El centro de la esfera a la cual pertenece la superficie reflectora, se denomina **centro óptico (C)**, (fig. 4.43). El vértice del espejo se denomina **polo (P)** y la línea que une al centro óptico con el espejo, **eje óptico principal**.

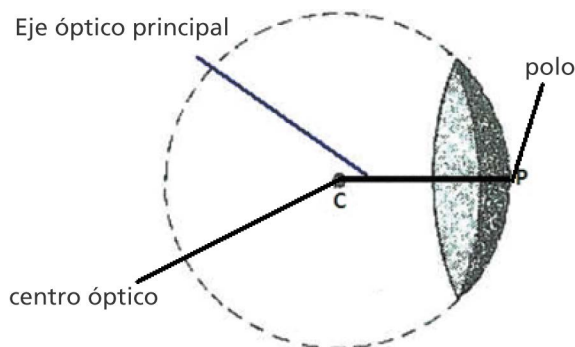


Fig. 4.43 Partes de un espejo esférico

El espejo se denomina cóncavo si la parte de la superficie reflectora (sobre la que incide la luz) de la superficie esférica es la interna (fig. 4.44 a). Si la porción exterior es la reflectora, entonces el espejo es convexo (fig. 4.44 b).

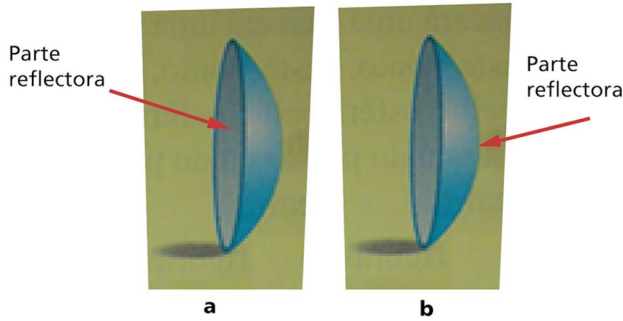


Fig. 4.44 Superficie reflectora de los espejos esféricos, cóncavos y convexos

+ ¿Sabías que...?

La historia del incendio de las naves en la defensa de Siracusa ¿mito o realidad?

Sobre la veracidad o no de la leyenda de la defensa de Siracusa y de cómo Arquímedes derrotó a la flota romana con espejos ustorios (cóncavos) y así consiguió hacer arder los barcos de la flota invasora, a lo largo de la historia ha sido motivo de discrepancia, entre diferentes personalidades de las ciencias, las cuales llegan hasta nuestros días (fig. 4.45).

Entre los filósofos que defendieron el hecho se encuentran: Luciano de Samosata y Athanasius Kircher.



Fig. 4.45 Pintura de Giulio Parigi representando el incendio de una nave romana utilizando un espejo ustorio durante el sitio de Siracusa (Galería de los Uffizi, Florencia)

Otro punto en contra de su veracidad podríamos encontrarlo en la ausencia de citas sobre el hecho en la obra de historiadores admiradores de los trabajos de Arquímedes.

Según la dirección de su propagación, determinados rayos luminosos al incidir sobre la superficie reflectora de un espejo esférico, siguen trayectorias peculiares, las que han sido resumidas en unas pocas reglas, fáciles de recordar y utilizar, a estos finos haces luminosos, se les conoce como **rayos característicos o notables**.

Analicemos el comportamiento de los rayos característicos.

Experimenta y aprende

1. Haz incidir rayos luminosos sobre un espejo esférico cóncavo con las siguientes características (fig. 4.46):
 - rayo paralelo al eje óptico principal.
 - rayo después de pasar por su foco.
 - rayo después de pasar por su centro óptico.

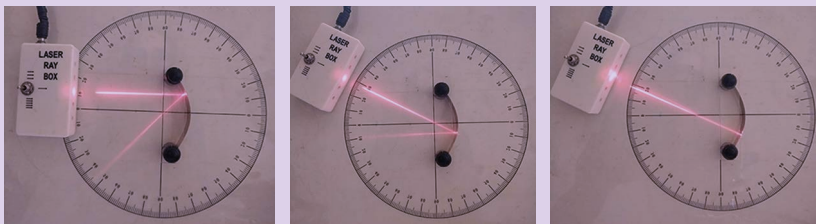


Fig. 4.46 Obtención de rayos de luz que siempre se comportan de igual modo (característicos)

Los rayos luminosos que inciden sobre el espejo paralelamente al eje óptico principal, se reflejan y pasan por un punto que está situado sobre dicho eje. En este punto todos los rayos reflejados convergen y se nombra **foco del espejo** (fig. 4.47).

Rayos incidentes paralelos al eje

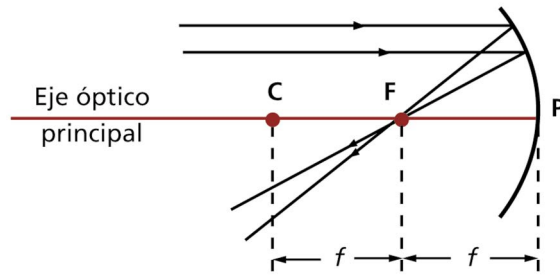


Fig. 4.47 Representación de los rayos incidentes paralelos al eje óptico principal

En la representación esquemática se debe tener presente que en cada uno de los rayos paralelos incidentes cuando llegan al espejo se reflejan y debe aplicarse las leyes de la reflexión.

La amplitud del ángulo de reflexión es igual a la amplitud del ángulo de incidencia (fig. 4.48).

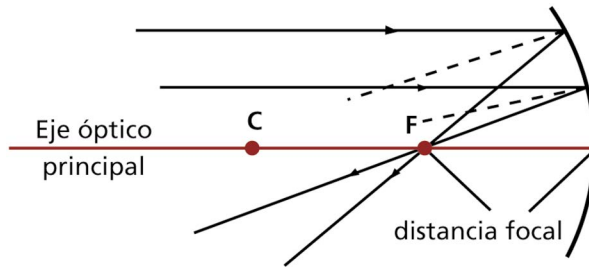


Fig. 4.48 Representación de los rayos incidentes paralelos a eje óptico principal

El punto en el cual convergen estos rayos se denomina **foco principal (F)** y la distancia entre este y el polo del espejo, **distancia focal**.

La experiencia muestra que el foco se encuentra en el punto medio entre el centro óptico del espejo y el polo del espejo. Esta propiedad permite determinar con facilidad el foco principal en el esquema de un espejo esférico.

En la práctica esta propiedad se tiene en cuenta en la construcción de dispositivos ópticos, por ejemplo, en algunos telescopios se utilizan espejos aproximadamente esféricos para concentrar la luz procedente de ciertas fuentes luminosas muy distantes como las estrellas.

Analiza lo que ocurrió en el tercer caso, cuando los rayos inciden sobre el espejo después de pasar por su centro óptico (fig. 4.51).

Rayos que pasan por el centro del espejo

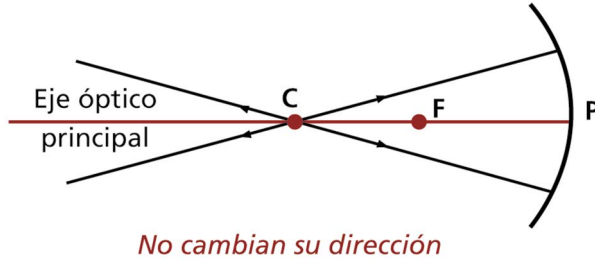


Fig. 4.51 Representación esquemática de los rayos que pasan por el centro óptico

Los rayos que inciden perpendicular a la superficie del espejo después de pasar por el centro de su superficie esférica, no cambian de dirección, al reflejarse en el espejo, lo hacen en la misma dirección que el rayo incidente, solo cambia la saeta que indica la dirección de su propagación (fig. 4.51).

Los espejos esféricos también pueden ser **convexos**.

Reflexiona

¿Cuál es el comportamiento de los rayos característicos en los espejos convexos? (fig. 4.52)

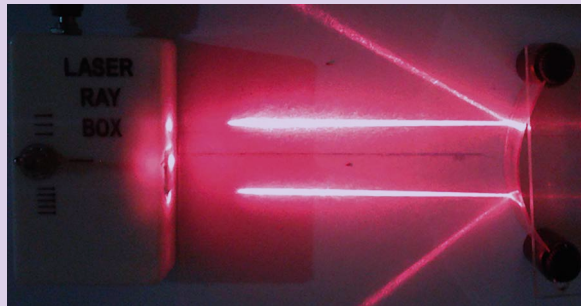


Fig. 4.52 Representación del comportamiento de los rayos característicos en los espejos convexos

Lo estudiado hasta ahora sobre los espejos esféricos, te permite comprender que fueron cóncavos los espejos utilizados por Arquímedes en la

defensa de Siracusa, pues en estos tipos de espejos es posible concentrar la luz que incide sobre estos en un punto (el foco principal del espejo) y como resultado incendiar las naves.

Física en acción

1. Utiliza una cuchara como espejo esférico y la luz del Sol e intenta reproducir la estrategia seguida por Arquímedes en Siracusa.

Formación de imágenes en espejos esféricos cóncavos

Reflexiona

Existen espejos que se utilizan para la limpieza de cutis, sacarse las cejas, afeitarse (figura 4.53), que proporcionan una imagen ampliada de la cara. Al tocarlos notas que no son planos, sino curvos. ¿Cómo y por qué las imágenes que se observan se ven de mayor tamaño?



Fig. 4.53 Espejo esférico donde las imágenes que se obtienen son de mayor tamaño que el objeto (la persona)

De acuerdo con las características que desees, seleccionas el tipo de espejo que puedes utilizar. Así, si quieres ver detalles de tu rostro, es conveniente emplear un espejo cóncavo, como el utilizado en la problemática planteada inicialmente para que un ser humano se afeite el rostro. ¿Se verá siempre agrandada la imagen cuando utilizas un espejo de este tipo?

Intenta indagar en la respuesta a esta interrogante de forma experimental.

Experimenta y aprende

1. Observa tu rostro en una cuchara cuya superficie sea lo más esférica posible. Describe lo que observas en función de:
 - a) La distancia a que se encuentra tu cara de la cuchara.
 - b) La parte de la cuchara que utilizas.

La imagen de tu rostro, pudiste apreciarla en la cuchara con diferentes características en función de la distancia a que estuviera la cuchara (espejo) de ti y de la parte de la cuchara que utilizaras para mirarte. En unos casos la imagen es derecha, en otras posiciones, invertida; en unos casos de mayor tamaño y en otros de menor tamaño (fig. 4.54).



Fig. 4.54 Uso de una cuchara como espejo esférico

En este grado, estudiarás el proceso de formación de imágenes en los espejos cóncavos.

¿Cómo explicar las características de las imágenes que aprecias en los espejos cóncavos?

Para el estudio de las propiedades de la imagen de un objeto situado frente a un espejo cóncavo nos auxiliamos de un esquema. En este se modela el espejo esférico y sus partes con las características que posean en cuanto a: distancia focal, posición del objeto, parte reflectora, entre otros aspectos. Generalmente los objetos que se sitúan frente a los espejos son lineales, por ejemplo, una flecha. (fig. 4.55) y si buscas la imagen de los dos

puntos extremos del objeto, es posible trazar la posición de la imagen y analizar sus características.

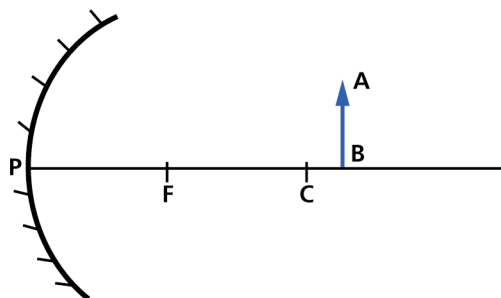


Fig. 4.55 Representación esquemática de un espejo esférico

Para encontrar la imagen $A'B'$ de AB en el espejo cóncavo, se halla la imagen de los puntos extremos A y B del segmento AB . Conocido la posición de la imagen y de los puntos extremos resulta fácil trazar la imagen de todos los puntos que conforman al objeto AB , bastará unir con un segmento de recta las imágenes A' y B' , de A y B , para tener la imagen de AB . Esta unión se hace con una *línea continua si la imagen es real y con línea discontinua si la imagen es virtual*.

Para simplificar el esquema, la flecha que constituye el objeto se suele colocar perpendicular al eje óptico principal. De este modo, puedes percatarte claramente si la imagen es derecha o invertida en relación con el objeto. En la figura 4.56, obtienes la imagen real de un objeto AB con un espejo cóncavo.

Para esquematizar la formación de imágenes en los espejos cóncavos, tendrás en cuenta lo explicado anteriormente en relación con la obtención de la imagen, el tipo de líneas que se van a utilizar y emplearás los rayos notables o característicos estudiados.

Reflexiona

Supongamos que tienes un objeto situado frente a un espejo cóncavo del que se conocen el centro de curvatura (C), el foco (F) y el polo (P). ¿Cómo procederás para determinar esquemáticamente la imagen del objeto?

- Dibujar el objeto en forma de flecha sobre el eje óptico principal en determinada posición.
- Seleccionar los rayos característicos que vamos a emplear (con dos es suficiente).

- Trazar a cada punto extremo del objeto, con los instrumentos necesarios, los rayos característicos seleccionados.
- En el punto donde se interceptan los rayos reflejados o sus prolongaciones, se encontrará la imagen del punto desde donde partieron los rayos incidentes.
- Trazar e identificar las características de la imagen.

Ejercicio resuelto

Representa la imagen de un objeto AB situado entre el centro óptico y el infinito.

La imagen $A'B'$ obtenida (fig. 4.56) tiene como características que:

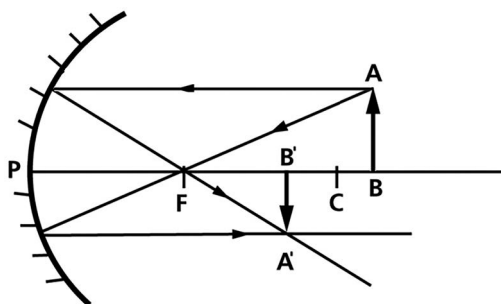


Fig. 4.56 Objeto AB situado después del centro óptico C

- Es de menor tamaño que el objeto AB .
- Es invertida en relación con la posición del objeto AB (observa que la saeta de la flecha AB , está dirigida hacia arriba, mientras que la de $A'B'$ está dirigida hacia abajo).
- Es real, esto no puedes apreciarlo, pero experimentos demuestran que, si la imagen es invertida, entonces es real porque se forman donde se cortan los rayos reflejados, además puede recogerse en una pantalla.

Actividad

1. Dibuja, con un compás, un espejo cóncavo de distancia focal 5,0 cm. Señala el polo, el foco y el centro óptico del espejo. Sitúa un objeto AB , que tiene forma de flecha, y uno de sus extremos se encuentra sobre el eje óptico principal, en las posiciones siguientes:
 - Objeto AB en el foco (F)
 - Objeto AB entre F (foco) y el espejo
 - Objeto AB entre F (foco) y el C (centro óptico)

- Obtén la imagen del objeto AB en cada posición con el uso de los rayos notables.
- Menciona las características de cada imagen.
- ¿Las características de las imágenes obtenidas en cada caso fueron iguales?
- Analiza la posición del objeto en cada caso y la imagen que se obtuvo.

Realicemos el esquema de algunos ejemplos de cómo se forma la imagen de un objeto colocado frente a un espejo cóncavo, con el uso de los rayos característicos estudiados.

En la figura 4.58 el objeto se encuentra entre el foco (F) y el centro óptico (C), la imagen $A'B'$ es de mayor tamaño que el objeto AB , es invertida y real.

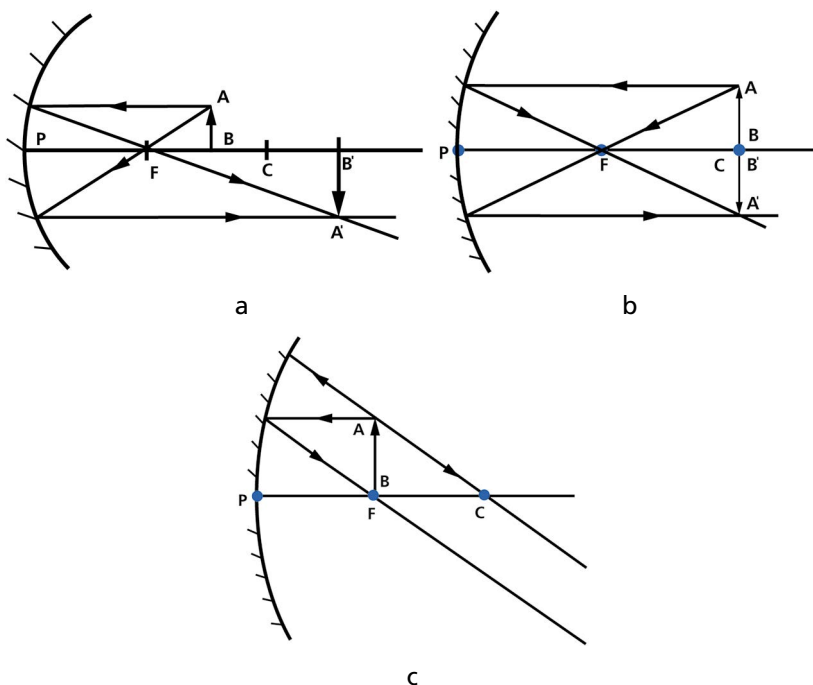


Fig. 4.57 Obtención esquemática de la imagen de un objeto AB situado:
a) entre el foco (F) y el centro óptico (C);
b) en el centro óptico (C); c) en el foco (F)

En el caso de la figura 4.57 b el objeto AB se encuentra en el centro óptico, se puede apreciar que la formación de la imagen $A'B'$ es de igual tamaño que el objeto, es invertida y real.

En el caso de la figura 4.57 c el objeto se sitúa en el foco del espejo, te percatarás que los rayos reflejados son paralelos entre sí y no se cortarán en ningún punto, por esta razón, en estos casos no obtendrás una imagen.

En los espejos esféricos convexos, se obtienen imágenes virtuales y derechas, lo pudiste comprobar cuando te miraste por la parte externa de la cuchara, sin embargo, estas imágenes son más pequeñas que el objeto. Este tipo de espejo es utilizado en tiendas, supermercados y diferentes lugares donde el tránsito es controlado, pues permite tener una visión global de lo que acontece.

Reflexiona

¿Podrá ser convexo el espejo que se utiliza para afeitarse o para la limpieza del cutis?



Fig. 4.58 Espejo convexo

Para que sea más fácil afeitarse el rostro o sacarse las cejas, no se debe utilizar un espejo convexo (fig. 4.58), sino uno cóncavo, esto se debe a que se desea obtener una imagen derecha y de mayor tamaño que el rostro, lo cual es reflejado por el espejo cóncavo solo cuando el objeto se coloca en la posición adecuada.

En estos casos, el objeto está situado entre el espejo cóncavo y el foco como aparece en la figura 4.60, los rayos reflejados no se interceptan; por lo tanto, se prolongan los rayos con líneas discontinuas detrás del espejo hasta que se interceptan, donde se encontrará la imagen (fig. 4.59).

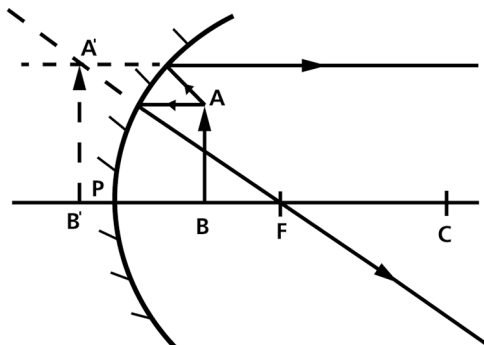


Fig. 4.59 Representación del recorrido de los rayos característicos de un objeto situado frente a un espejo cóncavo, ubicado entre el foco y el espejo

Observa que la imagen $A'B'$ es virtual (se forma por la proyección de los rayos reflejados), de mayor tamaño que el objeto AB , además es derecha, tal como se desea para afeitarse el rostro o realizar la limpieza de cutis.

Física en acción

1. Utiliza una cuchara, una vela y un pedazo de plástico o de cartulina, diseña y realiza un experimento con el propósito de mostrar que las imágenes de los objetos situados frente a un espejo esférico, cuando son reales se pueden recoger en una pantalla y cuando son virtuales eso no es posible.

Tareas

1. Dibuja el esquema de un espejo cóncavo y traza su eje óptico principal, su polo y su foco principal.
2. Una cuchara pulida funciona como un espejo. ¿Cuál de sus caras lo hace como un espejo cóncavo y cuál como convexo?
3. ¿Por qué crees, que los espejos cóncavos también pudieran denominarse convergentes y los convexos, divergentes? Apoya tu explicación mediante la realización de alguna actividad práctica, por ejemplo, con el uso de una cuchara y la luz solar.

4. Haz un resumen de las características de las imágenes obtenidas en un espejo cóncavo cuando el objeto se encuentra ubicado:
 - a) después de C (centro óptico) sobre el eje óptico principal
 - b) en C (centro óptico)
 - c) entre F (foco) y C (centro óptico)
 - d) en F (foco)
 - e) entre F (foco) y P (polo del espejo).
- 4.1 Realiza el esquema que argumente el porqué de las características señaladas en cada caso.
5. Investiga acerca del valor de la distancia focal de los espejos empleados en algunos telescopios y en la función que estos cumplen al realizar investigaciones astronómicas.

4.5.4 Refracción de la luz. Leyes de la refracción de la luz. Reflexión total interna

Reflexiona

¿Por qué cuando miras el fondo de una piscina tienes la sensación de que es menos honda de lo que en realidad es? (fig. 4.60)

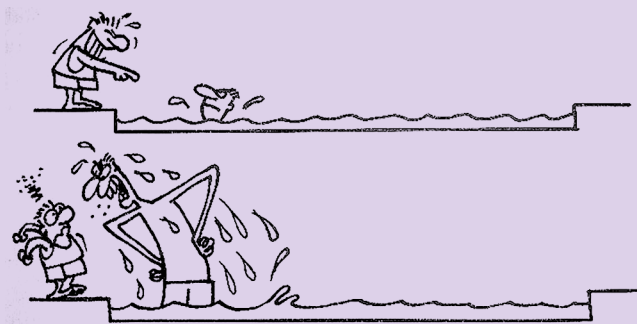


Fig. 4.60 Los órganos de los sentidos nos pueden engañar

Sabes que percibes los objetos porque la luz que emiten, sea propia o reflejada, llega a tus ojos, la luz se propaga en línea recta en un mismo medio, siempre que este sea transparente, y que no se comporta de ese modo pues cambia de dirección y continúa en línea recta cuando en su recorrido cambia de medios, por ejemplo, del agua al aire o del aire al agua. En estos

Los experimentos te permiten establecer, además, la relación conocida como la segunda ley de la refracción, que relaciona el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción con respecto a la normal (la perpendicular al plano en el punto de incidencia).

Aunque existe una ecuación que sintetiza esta relación, en este grado, te limitarás a describir cualitativamente algunos aspectos de esta ley.

Segunda ley de la refracción

1. Si el ángulo de incidencia es de 0° , el ángulo de refracción también es de 0° (fig. 4.62 a), a medida que aumenta el ángulo de incidencia, también aumenta el ángulo de refracción (fig. 4.62 b).
2. Cuando el haz de luz pasa de un medio a otro en que su velocidad es menor (por ejemplo, del aire al agua o al vidrio), el rayo refractado se acerca a la normal (fig. 4.62 c). Si pasa de un medio a otro en que su velocidad es mayor (por ejemplo, del agua o vidrio al aire), el rayo refractado se aleja de dicha perpendicular (fig. 4.62 a).

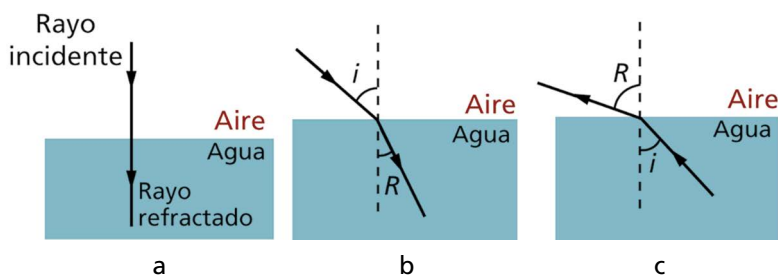


Fig. 4.62 Representación esquemática de la segunda ley de la refracción

Si aplicas las leyes de la refracción a la solución del experimento de la moneda, podrás comprender la aparición de esta en un lugar donde no se encuentra realmente.

La comprensión del aparente cambio de la posición de la moneda se muestra en el esquema de la figura 4.63. En este esquema, se ha representado un haz que diverge del punto O de la moneda. Debes trazar las perpendiculares a la superficie de separación entre los medios (normales) en los puntos de incidencia de los rayos uno y dos (fig. 4.63 b).

Cuando la luz pasa del agua al aire, los rayos cambian la dirección de su propagación, se alejan de la normal en cada caso.

Realiza el experimento (fig. 4.65).

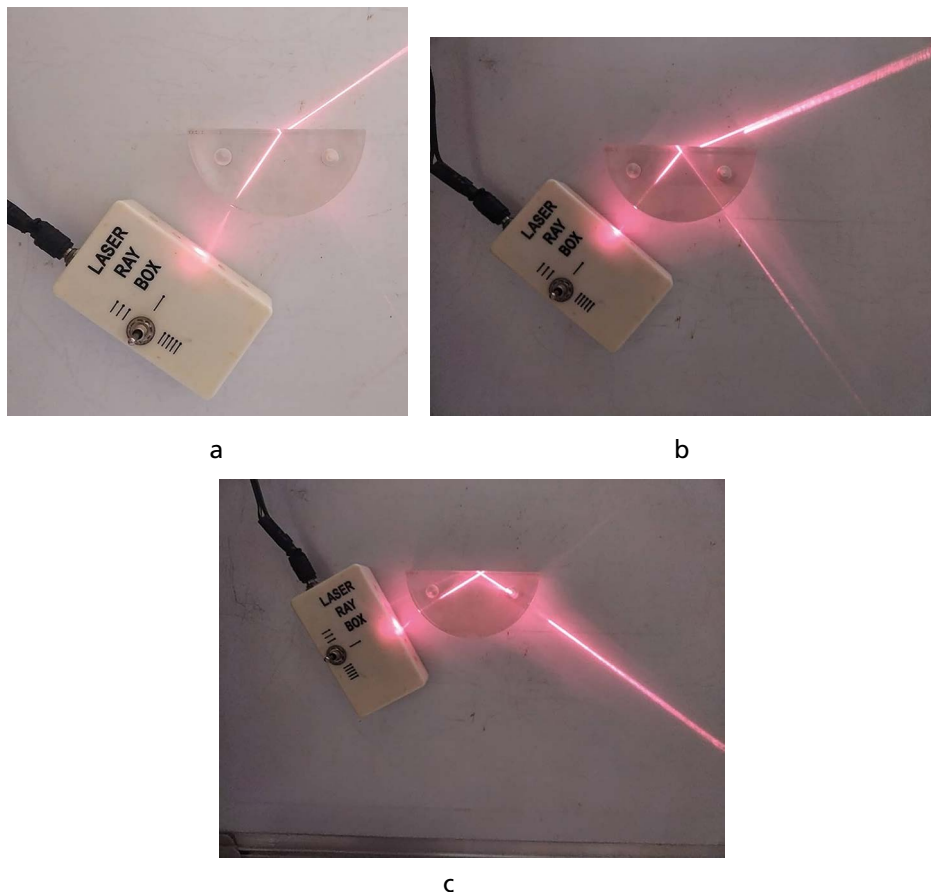


Fig. 4.65 Haces luminosos obtenidos de diferentes posiciones al incidir la luz con diferentes ángulos

En la figura 4.65 a, observas simultáneamente el haz incidente, el refractado y el reflejado, de un haz de luz que se propaga del vidrio al aire; a medida que aumenta el ángulo de incidencia, aumenta el ángulo de refracción; para determinado ángulo de incidencia, llamado ángulo límite, el ángulo de refracción es de 90° (fig. 4.65 b).

Un aumento posterior del ángulo de incidencia provoca la desaparición del haz refractado, solo se puede observar el haz reflejado con mayor intensidad luminosa (fig. 4.65 c). El fenómeno se denomina *reflexión total interna*.

En general, para que ocurra el fenómeno de la reflexión total interna, la luz debe viajar de un medio con menor velocidad de propagación a otro

de mayor velocidad por ejemplo, del vidrio al aire, e incidir con un ángulo mayor que el ángulo límite (fig. 4.66).

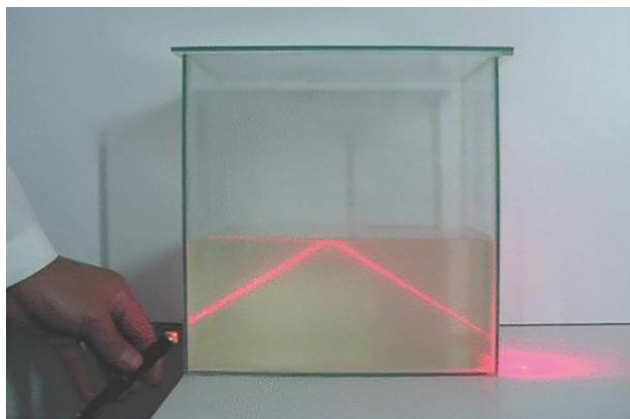


Fig. 4.66 El fenómeno de la reflexión total

— Saber más

El principio de funcionamiento de las denominadas fibras ópticas (conductores de luz) es la reflexión total interna, las cuales tienen múltiples aplicaciones en algunas técnicas médicas y en las comunicaciones.

En esencia, si por uno de los extremos de la fibra entra un haz de luz este realiza múltiples reflexiones.

Un experimento sencillo que ilustra el principio de funcionamiento de una fibra óptica se presenta en la figura 4.67.

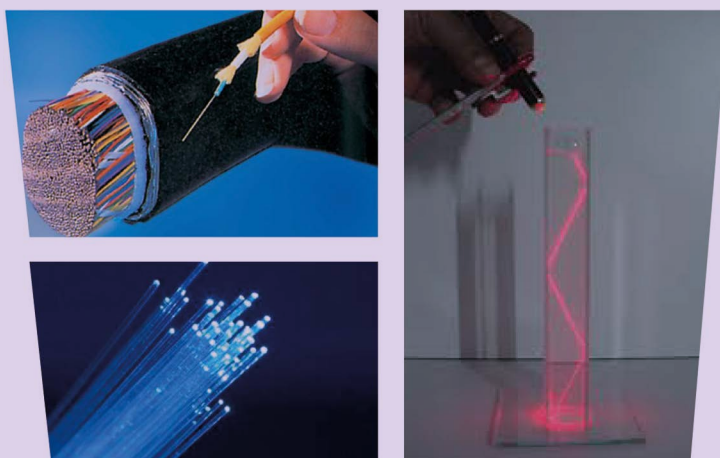


Fig. 4.67 En la fibra óptica se manifiesta el fenómeno de reflexión total e interna

Física en acción

1. Llena un vaso con agua e introduce un lápiz. Mira lateralmente el lápiz.
 - a) Describe lo observado.
 - b) Explica lo que acontece, con la aplicación de las leyes de la refracción de la luz.

Tareas

1. Identifica el ángulo de incidencia y el de refracción, en el esquema de la figura 4.64.
2. Completa el recorrido del rayo luminoso según corresponda en los cuerpos de vidrio representados en la figura 4.68.

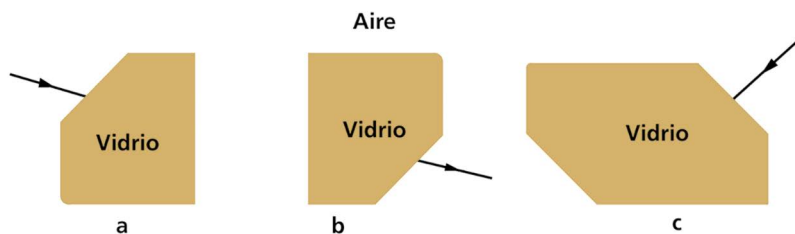


Fig. 4.68 Diferentes cuerpos transparentes sobre los que inciden o se reflejan rayos luminosos

3. Representa el ángulo de incidencia y el de refracción de un rayo de luz que emerge de una piedra que se encuentra en el fondo del mar y que es vista por una persona desde fuera del agua.

4.5.5 Lentes. Formación de imágenes por medio de lentes

Reflexiona

Los protagonistas de la novela de Julio Verne, *La Isla misteriosa*, abandonados en tierra, sin ni siquiera tener un fósforo, lograron encender fuego por medio del Sol. ¿Cómo lo hicieron? Se cuenta en la novela, que un experto ingeniero que pertenecía al grupo, unió con arcilla el vidrio de su reloj con el de otro de los compañeros después de haber llenado de agua la cavidad que había entre estos, logró que un puñado de musgo seco ardiera. ¿Cómo explicarías lo ocurrido?

Las características físicas de las lentes permiten también identificar el tipo de estas. Las que tienen mayor grosor en el centro que en los bordes son convergentes y las que son más finas en el centro que en los extremos son divergentes.

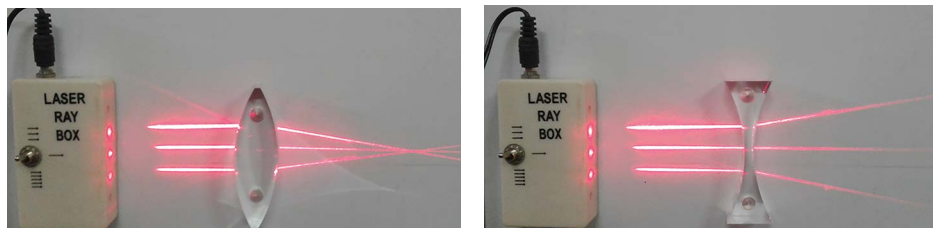


Fig. 4.70 Método para identificar si la lente es convergente o divergente

En este grado, estudiaras las lentes convergentes con mayor profundidad.

Las lentes esféricas son cuerpos transparentes (generalmente de vidrio), limitados por dos superficies, de las que al menos una es parte de una esfera. En la figura 4.71, se representan las circunferencias a las cuales pertenecen las superficies de la lente. La línea que une los centros de las superficies esféricas se denomina **eje óptico principal**.

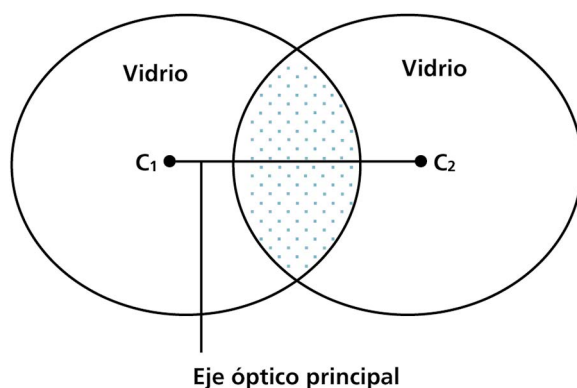


Fig. 4.71 Composición y estructura de una lente convergente

Las lentes son objetos transparentes, uno de los fenómenos que se manifiesta en estos es la refracción de la luz. Un rayo de luz incide sobre la lente y se refracta, o sea, la atraviesa y generalmente se desvía. En todos los casos se aplican las leyes de la refracción de la luz.

En las lentes también existen rayos que siempre se comportan de igual modo, al igual que en los espejos esféricos, son los **rayos característicos**,

Las lentes la estudiaremos de manera análoga al análisis que se realizó con los espejos esféricos según los rayos característicos, en este caso de las lentes.

Los rayos luminosos que inciden sobre la lente después de pasar por su foco, o que parten de este, se propagan paralelamente al eje óptico principal (fig. 4.73).

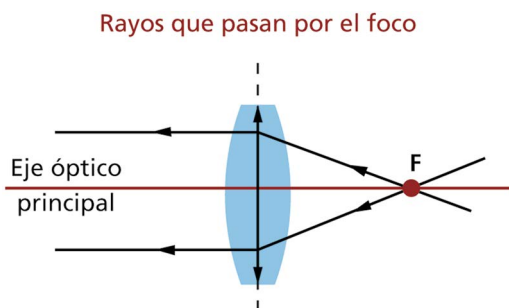


Fig. 4.73 Representación de los rayos incidentes que pasan por el foco

Los rayos de luz que inciden por el centro óptico de la lente, la atraviesan sin desviarse (fig. 4.74).

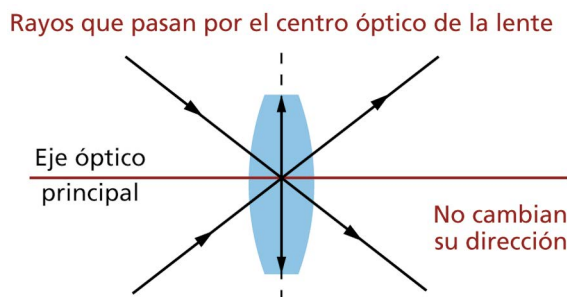


Fig. 4.74 Representación de los rayos incidentes que pasan por el centro óptico de la lente

Formación de imágenes en lentes convergentes

Reflexiona

Las lentes se utilizan para la construcción de diversos dispositivos ópticos (lupa, microscopio, proyectores, cámaras fotográficas, telescopio, entre otros), estos permiten observar imágenes con diferentes características respecto al objeto que se observa, ¿qué características tienen estas lentes y las imágenes formadas por estas?

El tipo de lente utilizada en los dispositivos ópticos depende del propósito para el que se usa, así, lo que se quiere con una lupa y en un microscopio es ver agrandada la imagen del objeto que se observa; mientras que en una cámara fotográfica se pretende recoger la imagen de un objeto en una película o en la pantalla de la cámara si esta es digital. En cualquier caso, la imagen debe ser de menor tamaño que el objeto real.

Por otra parte, si la lente forma parte de un telescopio, la intención es otra, los objetos deben verse de mayor tamaño a como lo vemos normalmente, por tanto, debe colocarse en otra posición frente a la lente, a como lo hacemos en la cámara fotográfica.

En general, si se utilizan las lentes, se pueden apreciar imágenes con las diversas características y en esto influye tanto el tipo de lente empleada, como la distancia a la que se encuentra el objeto de la lente.

Experimenta y aprende

1. Diseña y lleva a cabo una actividad experimental que te permita corroborar las afirmaciones anteriores. Anota las características que posee la imagen en cada posición.

Si utilizas diferentes tipos de lentes y una pantalla traslúcida⁴ permite analizar las características de las imágenes que se forman.

En la figura 4.75 se muestran imágenes del mismo objeto situado a diferentes distancias de una lente convergente.

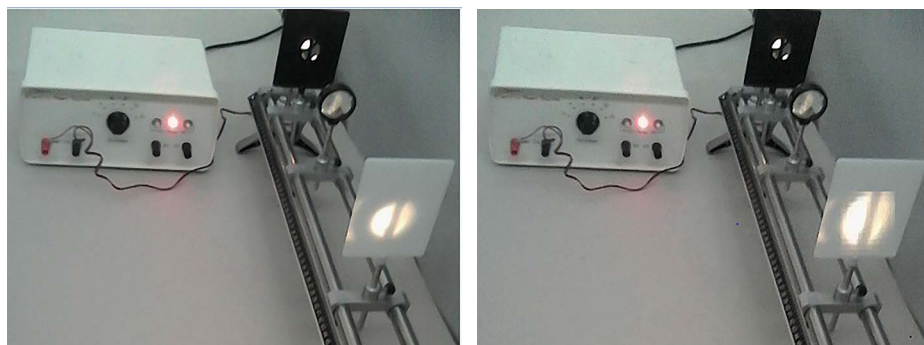


Fig. 4.75 Estudio de las características de las imágenes al utilizar lentes convergentes

⁴ Traslúcida: un cuerpo que permite el paso de la luz, pero difuminándola por difusión o refracción, de tal modo que no ofrece una imagen nítida.

¿Qué diferencias existen en las características de la imagen de un cuerpo situado muy alejado de una lente y cuando este se ubica muy próximo a esta?

Analiza esquemáticamente cómo se forman las imágenes en las lentes, lo cual te permitirá conocer las características de la imagen y compararlas con lo observado en la actividad experimental; para esto emplearás los rayos característicos estudiados anteriormente.

Como estudiaste en los espejos esféricos, basta con utilizar dos de los rayos característicos para encontrar la imagen del punto en el cual estos se originaron.

En la figura 4.76 se muestra el esquema de la dirección de propagación de dos de los rayos característicos, el que sale paralelo al eje óptico principal, se desvía al atravesar la lente y pasa posteriormente por el foco, y el que pasa por el centro de la lente que no se desvía al atravesarla.

La imagen A' del punto A estará donde se interceptan los rayos refractados; después trazas la flecha correspondiente, debes conocer que el otro punto del cuerpo AB se encuentra sobre el eje óptico principal y la imagen se encuentra perpendicular a este.

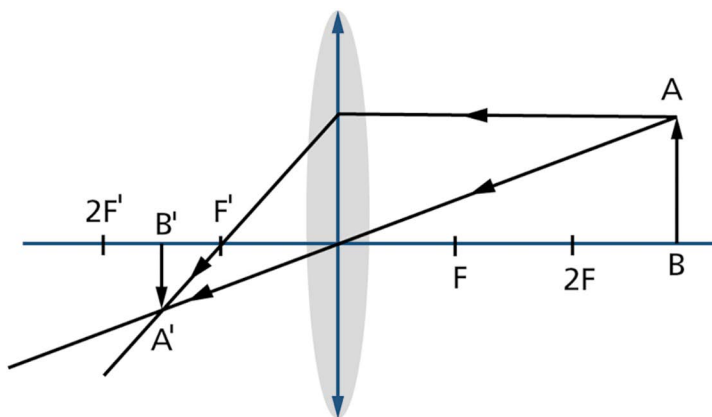


Fig. 4.76 Esquema de la formación de la imagen del objeto AB situado después del doble del foco sobre el eje óptico principal

Cuando comparas el objeto con la imagen puedes apreciar que la imagen $A'B'$ es de menor tamaño que el objeto AB , es invertida y real. Estas características de la imagen coinciden con la obtenida en la sección, "Experimenta y aprende" cuando el cuerpo se encontraba alejado de la lente.

Ahora si colocas el objeto AB muy próximo a la lente, entre esta y el foco (fig. 4.77). Observa que la imagen obtenida ($A'B'$), es mayor que el objeto AB y es derecha, pues tiene la misma orientación espacial que el objeto. En relación con su tercera característica puedes comprobarlo experimentalmente.

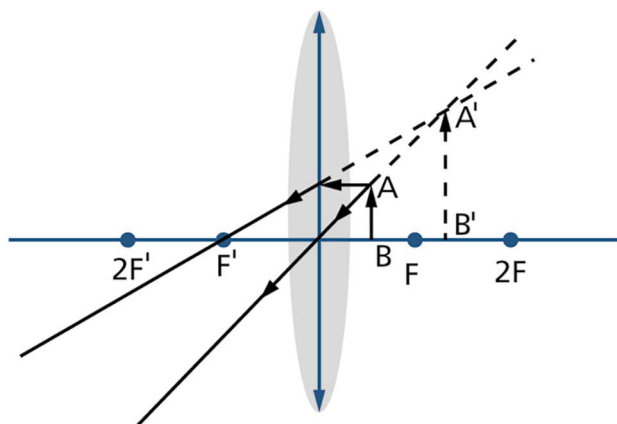


Fig. 4.77 Esquema de la formación de la imagen del objeto AB situado entre el foco y la lente sobre el eje óptico principal

¿Qué sucedió cuando acercaste mucho el objeto a la lente? No lograste recoger la imagen en la pantalla traslúcida. Esto es una prueba experimental que cuando el objeto se coloca en esta posición la imagen que se obtiene no es real, es virtual.

Actividad

1. Construye el esquema de una lente convergente de distancia focal igual a 3,0 cm. Coloca un objeto AB en forma de flecha de 1,5 cm de alto perpendicular al eje óptico principal y el punto B se encuentra situado sobre dicho eje a una distancia del centro óptico de 4,5 cm.
2. Traza el recorrido de dos de los rayos característicos y construye la imagen $A'B'$ del objeto AB . ¿Qué características tiene la imagen obtenida? ¿Cuál de los dispositivos ópticos, de los enunciados en la problemática inicial, puede explicarse con un esquema como este?

Física en acción

1. Realiza las actividades experimentales siguientes.

Materiales:

Recipiente de vidrio lleno de agua

Hoja de papel o cartulina blanca

Vela

Procedimiento:

- a) Utiliza el recipiente de vidrio lleno de agua y logra que un haz de luz solar atraviese el recipiente, concentra la luz sobre la superficie de papel o cartulina blanca colocada detrás del recipiente.
- b) ¿Qué nombre recibe el punto donde se concentra la luz?
- c) Repite el experimento desde la cara opuesta del recipiente.
- d) ¿Qué observas?
- e) Repite la actividad experimental, pero con una vela encendida; desplázala de modo que ocupe posiciones cada vez más cercanas al recipiente.
- f) Haz un resumen de lo observado.

Tareas

1. Dibuja el esquema de una lente esférica y traza su eje óptico principal.
2. ¿Cómo pueden distinguirse en la práctica las lentes convergentes de las divergentes?
3. Dibuja el esquema de una lente convergente y la trayectoria que sigue cada uno de los rayos característicos después de incidir en esta.
4. ¿Por qué no deben quedar trozos de vidrio en los campos, en particular bosques y zonas de pasto?
5. Completa la tabla 4.2 siguiente:

Tabla 4.2

Posición del objeto	Esquema donde se construye la imagen utilizando los rayos característicos	Características de la imagen
Después del doble de la distancia focal (2F) hacia el infinito (∞)		

Entre el foco y $2F$		
En el foco (F)		
Entre la lente y el foco (F)		

6. En qué posición debe colocarse frente a las lentes en los dispositivos ópticos (*proyectores, cámaras fotográficas*), de acuerdo a su uso:
- a) una persona que se va retratar
 - b) la película en un proyector de los utilizados en el cine.

6.1. Argumenta en cada caso.

4.6 Dispositivos ópticos. Su importancia y funcionamiento

Reflexiona

Las lupas, microscopios, cámaras fotográficas y los telescopios son dispositivos ópticos que en dependencia de si utilizan lentes o espejos, su funcionamiento se basa en los fenómenos de reflexión o refracción de la luz según corresponda (fig. 4.78). ¿Para qué se utiliza cada uno de estos dispositivos? ¿Cuál es el principio de su funcionamiento?



Fig. 4.78 Dispositivos ópticos

Para el diseño de estos dispositivos ópticos según su fin de utilización se emplea lentes o espejos con el propósito dirigir los haces luminosos en determinadas direcciones y obtener imágenes con las características deseadas.

Reflexiona

¿Para qué se utilizan los dispositivos ópticos mencionados en la primera reflexión de este epígrafe? ¿Qué tipo de lente o espejo se debe utilizar en función del uso de cada dispositivo? ¿Cuál es el principio de funcionamiento?

Lupas y microscopios

Existen diversos tipos de microscopios, así como diferentes criterios de clasificación, según el sistema de iluminación, estos pueden ser: ópticos y electrónicos.

Los microscopios ópticos, de acuerdo con el tipo de lentes, se clasifican en simples y compuestos. Los simples disponen de una única lente y son más comúnmente conocidos como lupas, mientras que los compuestos cuentan con al menos dos o más lentes (fig. 4.79).



Fig. 4.79 Microscopios

La lupa (fig. 4.80) y el microscopio se utilizan para obtener imágenes amplificadas de un cuerpo, o partícula en general. La diferencia entre estos radica en cuanto mayor es la imagen obtenida.

En el caso del microscopio electrónico, se emplea para obtener grandes aumentos (de varios cientos de veces) de objetos o partículas que no puedes observar a simple vista, como por ejemplo las células de los seres vivos. Mientras que con la lupa el aumento que observas es mucho menor que con un microscopio.

En la lupa el aumento que observas es mucho menor que con un microscopio, esta se utiliza, por ejemplo, para ver letras muy pequeñas que a

simple vista nos es difícil distinguirlas, o simplemente ver detalles de una imagen, entre otros ejemplos.



Fig. 4.80 La lupa

El uso de estos dispositivos ópticos es aumentar el tamaño de la imagen y necesitas ver la imagen del objeto derecha, debes utilizar lentes o sistemas de lentes convergentes.

¿Cuál es la diferencia entre una lupa y un microscopio?

La lupa común te permite observar un objeto entre tres a diez veces más grande. El microscopio óptico usa dos o más lentes que pueden ampliar las imágenes aproximadamente mil veces y el electrónico hasta doscientos millones de veces.

La función que realiza la lupa se muestra en la figura 4.81, este dispositivo se coloca entre el objeto y tu ojo. La imagen que se forma con esta lente de aumento es mayor y derecha en comparación con el objeto.

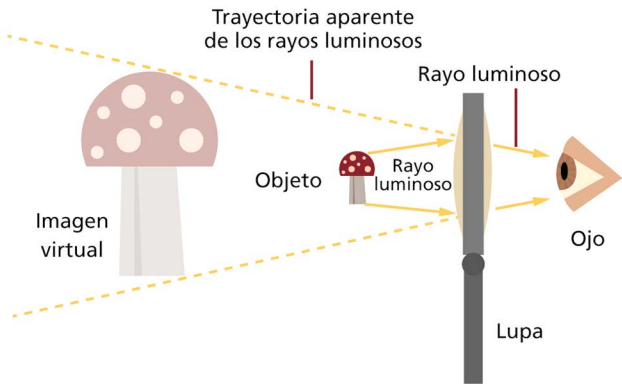


Fig. 4.81 Utilización de la lupa para ampliar la imagen de un objeto

En los microscopios ópticos la muestra es iluminada mediante luz visible. Está compuesto, básicamente, por dos lentes convergentes, una denominada objetivo, forma una imagen aumentada del objeto, el otro sistema, llamado ocular, debido a que el ojo observa por este se utiliza en calidad de lupa para observar la imagen formada por el objetivo (fig. 4.82).

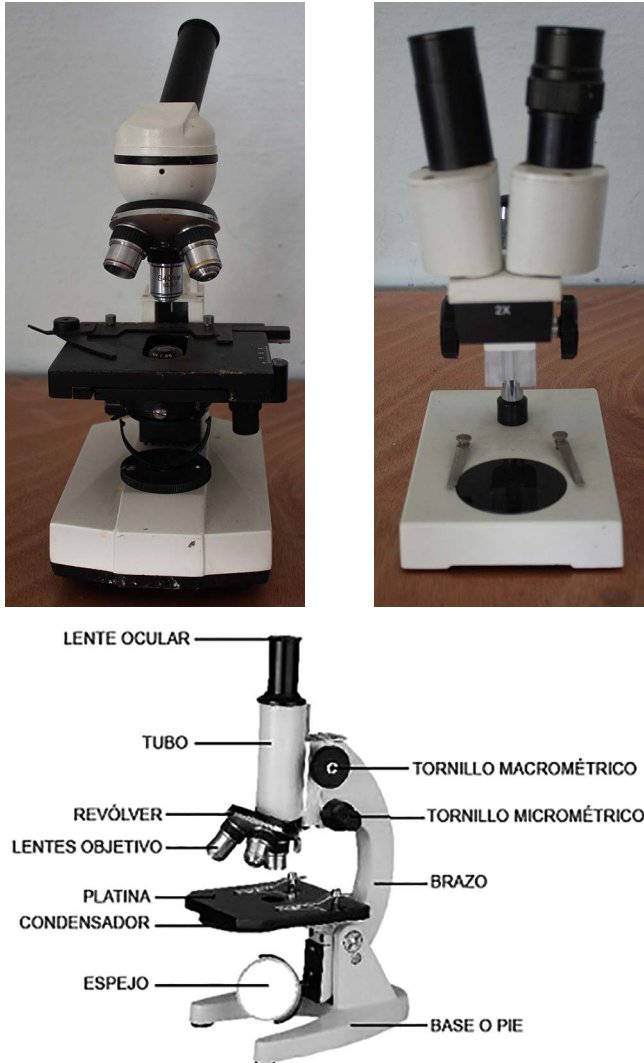


Fig. 4.82 Los microscopios y sus partes

El esquema de la formación de imágenes en el microscopio óptico compuesto, se puede observar en la figura 4.83. El objetivo proporciona una

Otros tipos de microscopios son los de luz ultravioleta, de fluorescencia, de luz polarizada, los que utilizan rayos X, gases y láser, entre otros.



Fig. 4.84 Microscopio electrónico

Cámara fotográfica

Registrar las experiencias diarias en una imagen les encanta a muchas personas, tomar fotografías las cuales puedes ver en cualquier momento, es muy gratificante, en la actualidad nos resulta muy fácil si consideras que el dispositivo que utilizas te acompaña siempre, el teléfono celular. Pero no siempre fue así. Las cámaras fotográficas han recorrido un largo camino hasta llegar a las que usas hoy en día. Sin embargo, en esencia, el principio de su funcionamiento ha permanecido igual desde sus inicios hasta ahora: encontrar una buena fuente de luz, encuadrar, enfocar y disparar.

Reflexiona

Alguna vez te has preguntado, ¿cómo funciona una cámara fotográfica?

El antecedente de la cámara fotográfica es la *cámara oscura* (fig. 4.85).
¿Cómo funciona una cámara oscura?

Esta consiste en una caja con un pequeño orificio en una de sus caras, a través del cual penetra la luz procedente del exterior, de esta forma se proyecta la imagen de los objetos sobre la cara opuesta. En la figura 4.86 puedes observar cómo una vela situada fuera de la cámara oscura se refleja en su interior después de que la luz que emite atraviesa el pequeño orificio. Debido a que la luz se propaga en línea recta, la imagen A' de la punta de la llama de la vela (objeto A) se forma en la cara opuesta a donde

se encuentra el orificio. Sin embargo, el orificio debe ser pequeño; si lo haces más grande, aumenta la cantidad de luz que penetra en la cámara y la imagen se vuelve borrosa. Si en lugar del orificio colocas una lente convergente, entonces la imagen que se forma es mucho más nítida.

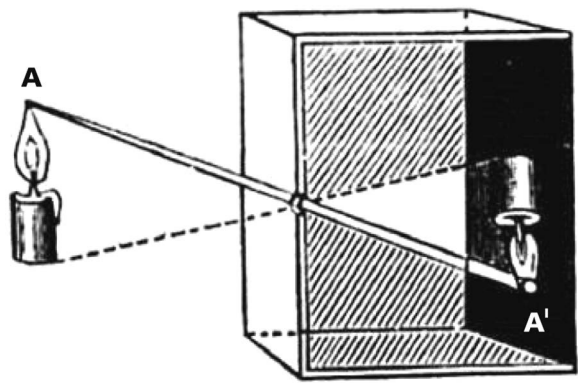


Fig. 4.85 Cámara oscura

En este principio básico se sustenta el funcionamiento de las cámaras fotográficas con independencia del tipo que sea.

Antes que existieran las modernas cámaras digitales se usaban las cámaras análogas o de rollo.

Las cámaras digitales al igual que las analógicas son una cámara oscura. La diferencia más importante entre estas dos tecnologías es el modo en que los equipos obtienen las imágenes, mientras que en las analógicas (fig. 4.86 a) la imagen del objeto se forma en la película impregnada de una sustancia fotosensibles (sensible a la luz) y se revelan posteriormente mediante un proceso químico; en las digitales (fig. 4.86 b) las imágenes son capturadas por un sensor electrónico compuesto por múltiples unidades fotosensibles y desde allí se guardan en otro dispositivo electrónico llamado memoria.



a



b

Fig. 4.86 Cámaras fotográficas: a) analógica; b) digital

Reflexiona

¿Cómo se capta una imagen en las cámaras fotográficas?

Esquemáticamente se puede representar la formación de la imagen de un objeto fotografiado por una cámara simple tal como se ilustra en la figura 4.87. En esta se representa la trayectoria seguida por dos de los rayos característicos que parten de uno de los extremos del cuerpo.

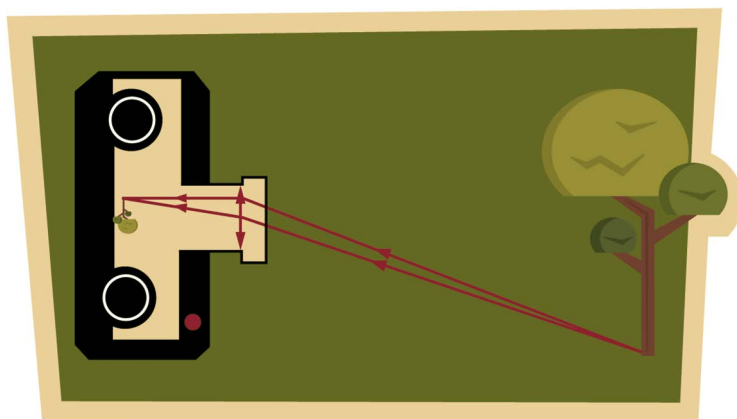


Fig. 4.87 Trayectoria seguida por dos de los rayos característicos que parten de uno de los extremos del cuerpo

Saber más

¿Cuáles son los componentes de una cámara digital?

En la figura 4.88 se muestran los componentes, por la parte anterior y posterior, de una cámara digital.

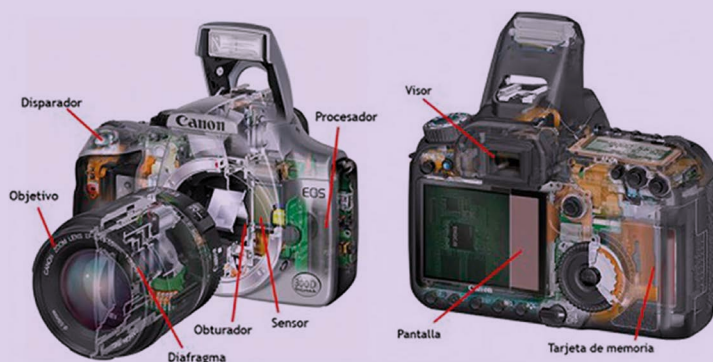


Fig. 4.88 Partes de una cámara digital

puedes observar la estructura básica y el funcionamiento de los telescopios reflectores.

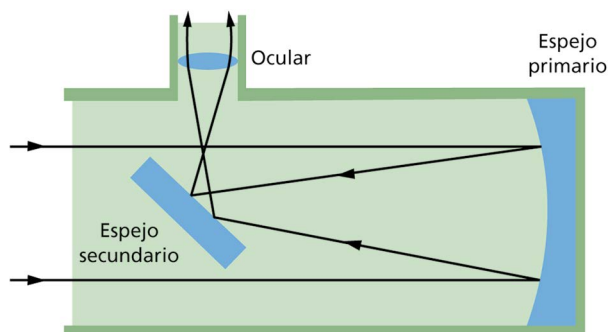


Fig. 4.90 Estructura básica y el funcionamiento de los telescopios reflectores

El diámetro del espejo primario influye notablemente en el área que es posible observar en el espacio. Mientras mayor sea su diámetro, mayor será el área colectora. Por tal motivo, los telescopios ópticos se caracterizan por el diámetro del espejo primario.

+ ¿Sabías que...?

El telescopio James Webb se ha convertido en el principal observatorio del espacio profundo y en las próximas décadas explorará todas las fases de la historia cósmica.

Este observatorio es un telescopio reflector, su espejo es el encargado de reflejar la luz infrarroja la cual es recibida por los instrumentos científicos. Es el espejo más grande que jamás se haya lanzado al espacio, cuenta con 18 segmentos hexagonales, cada uno de 1,3 m de ancho, que unidos funcionan como un único espejo de 6,5 m (fig. 4.91).

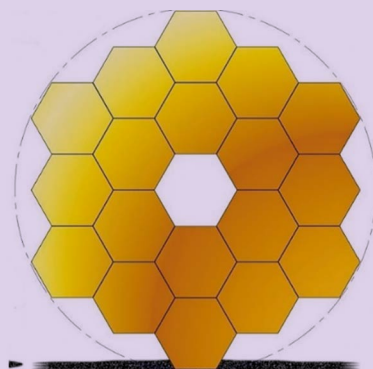


Fig. 4.91 Estructura del espejo primario del telescopio James Webb

Los telescopios *refractores* poseen como objetivo una lente o serie de lentes, la cantidad varía según el diseño y calidad que, de forma análoga al funcionamiento de una lupa, concentran la luz en el foco (fig. 4.92).

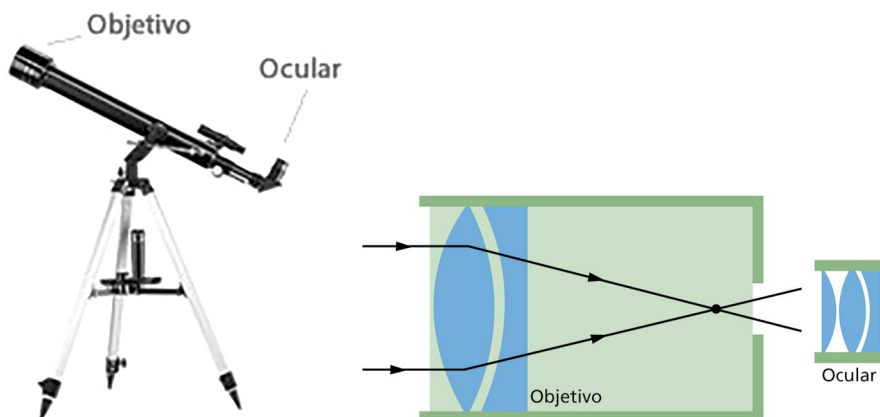


Fig. 4.92 Parte y funcionamiento básico de los telescopios refractores

En astronomía se utilizan los dos tipos de telescopios, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones.

Ojo humano

El ojo humano, el dispositivo óptico más notable que se conoce, es el receptor que te permite distinguir los cuerpos que te rodean.

Reflexiona

¿Cómo se forma la imagen de los objetos que observas? ¿Cuál de los dispositivos ópticos estudiados coincide con la forma en cómo se representa la imagen en el ojo?

Para responder estas preguntas primero debes conocer la composición del ojo humano y la función de cada una de sus partes en el proceso de la visión.

En la figura 4.93 se presenta la estructura del ojo humano desde lo externo, sus partes son: el iris, la córnea, la pupila y la esclerótica. Cada una de estas cumple una función en la visibilidad de los objetos que te rodean.

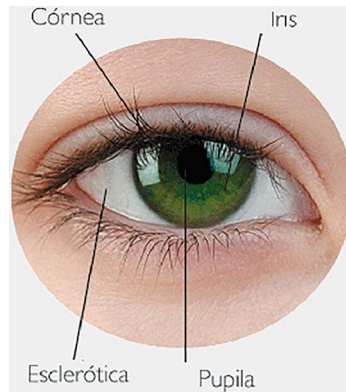


Fig. 4.93 Estructura del ojo humano

El ojo tiene la forma de un globo aproximadamente esférico, de un diámetro comprendido entre 2,3 y 2,5 cm (fig. 4.94). Los medios transparentes que lo constituyen (córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo) actúan, en conjunto, como una lente convergente de 1,7 cm de distancia focal, aproximadamente. La luz penetra en el ojo por la pupila, la cual es una abertura que hay en el iris. Mientras menor sea la iluminación de los objetos que observamos, mayor será la abertura de la pupila. Este mecanismo de regulación se realiza automáticamente, sin que seamos conscientes de esto. En la retina, la cual constituye una especie de pantalla se forma una imagen invertida del objeto que miramos. La sensación visual se produce cuando la luz incide en las terminaciones nerviosas de la retina pasando a través del nervio óptico al cerebro que es el encargado de rectificar la imagen y reinterpretarla.

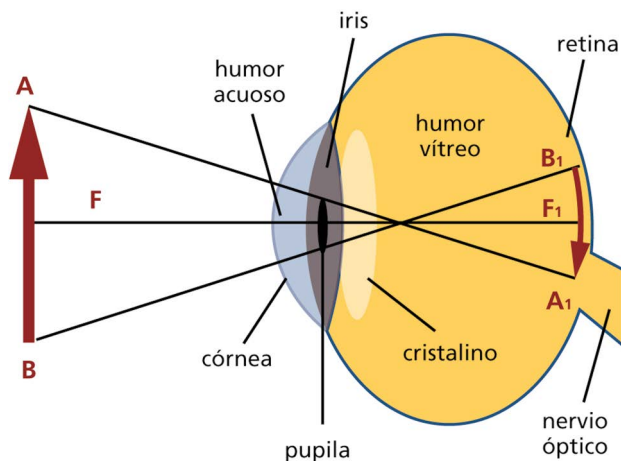


Fig. 4.94 Formación de la imagen en el ojo

Desde el punto de vista óptico, el ojo humano, puede representarse como una **lente convergente** y la pantalla que es la retina. La distancia entre la **lente** y la **pantalla** es fija y no varía al mirar objetos a diferente distancia, unos más cercanos y otros más alejados.

El ojo humano tiene un sistema complejo y altamente sofisticado que le permite enfocar los objetos a diferentes distancias y asegurarse de que la imagen se produzca claramente sobre la retina, independientemente de la distancia del objeto. Este proceso se conoce como acomodación y se logra mediante ajustes en la forma del cristalino y la convergencia de los ejes visuales.

Actividad

1. Investiga qué función realiza cada uno de los elementos señalados en la figura 4.94 y cómo el ojo regula que la imagen se produzca sobre la retina, independientemente de la distancia objeto.

Existen personas que presentan diferentes afectaciones en la visibilidad de los objetos, para solucionar estos defectos visuales usualmente se utilizan lentes que forman parte de lo que comúnmente conocemos como espejuelos. En función de la discapacidad se emplean diferentes tipos de lentes.

Los problemas visuales más comunes y que son corregibles con lentes son la miopía y la hipermetropía.

La miopía se debe a una deformación por alargamiento del globo ocular. El ojo miope enfoca correctamente en la retina los objetos cercanos. Sin embargo, el punto focal correspondiente a la visión lejana se forma delante de la retina. La consecuencia es una visión borrosa de los objetos alejados. Se corrige con el uso de lentes divergentes (fig. 4.95).

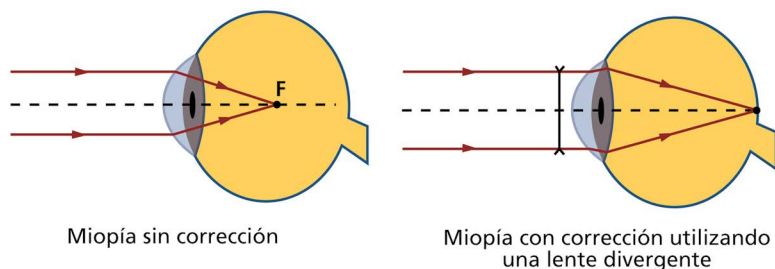


Fig. 4.95 Formación y corrección de la imagen en una persona que padece de miopía

Por otra parte, la hipermetropía, es la alteración opuesta a la miopía. El segundo punto focal del ojo se encuentra detrás de la retina. El ojo hipermetrope ve bien de lejos (debe acomodarse) pero mal de cerca. Se corrige con el uso de lentes convergentes (fig. 4.96).

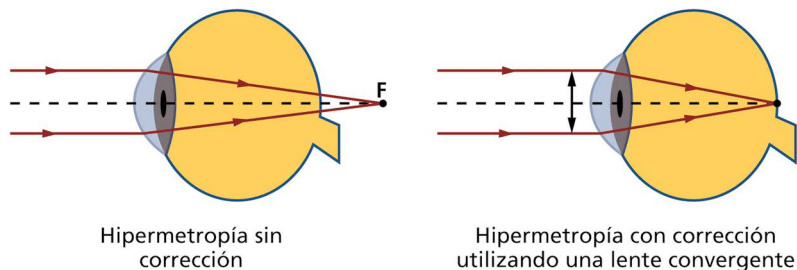


Fig. 4.96 Formación y corrección de la imagen en una persona que padece de hipermetropía

Otros problemas visuales que pueden corregirse con el uso de lentes son el astigmatismo (imperfección en la curvatura del ojo que causa visión borrosa), para el que se utilizan lentes cilíndricas, para la Vista cansada o presbicia (pérdida gradual de la capacidad para ver objetos de cerca, debido al envejecimiento) se utilizan gafas bifocales o cristales progresivos que pueden considerarse como un conjunto de diversas lentes de diferente potencia.

Después de estudiados algunos de los dispositivos ópticos más utilizados te habrás podido percatar de la similitud que existe entre la formación de imágenes en el ojo humano y una cámara fotográfica.

Un instante con la tecnología

Más información sobre los fenómenos luminosos y Óptica en general puedes encontrarla en el sitio de Física en el Portal CubaEduca en el tema de dedicado al estudio de la Óptica. Además de aspectos relacionados con el tema podrás acceder a videos y galerías de imágenes relacionados con dicho contenido.

Física en acción

1. Construye una cámara oscura tal como se presentó anteriormente y coloca un cristal de aumento en el orificio (puede ser de unos espejuelos en desuso) o una lupa. ¿Qué características tiene la imagen obtenida en la superficie traslúcida posterior a la cara donde se encuentra el orificio?

- b) ____ No, porque la luz que emite se propaga en línea recta y al cruzarse con otros haces luminosos en su recorrido hacia nuestros ojos se produce una interferencia.
- c) ____ No, porque los haces luminosos se comportan de forma independiente, aunque se crucen en su recorrido no se mezclan.

4. Relaciona el tipo de espejo con las características de la imagen que corresponde (tabla 4.3.).

Tabla 4.3

Tipo de espejo	Característica de las imágenes
a) Cóncavo	____ La imagen siempre es virtual, derecha y menor que el objeto.
b) Plano	____ La imagen puede ser real o virtual e invertida o derecha.
c) Convexo	____ La imagen es virtual, simétrica y derecha.

5. Selecciona la respuesta correcta.

¿Cuáles son las condiciones necesarias para que en un espejo cóncavo se obtenga una imagen con las características siguientes: real, invertida y menor que el objeto?

- a) ____ Cuando el objeto se encuentra entre el foco y el espejo.
- b) ____ Cuando el objeto se encuentra entre el foco y el centro óptico (C).
- c) ____ Cuando el objeto se encuentra después del centro óptico (C).

6. La figura 4.97 representa el recorrido de un haz de luz que atraviesa dos medios ópticamente diferentes. Selecciona las respuestas correctas de acuerdo a los detalles que se muestran en la figura.

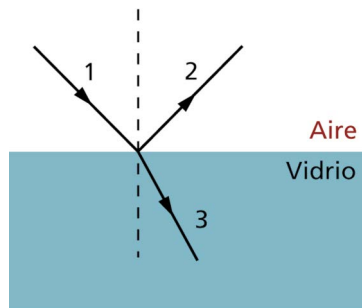


Fig. 4.97 Recorrido de la luz al incidir en la superficie de separación entre dos medios con diferentes propiedades ópticas

-
- A diagram showing a thick black line representing a beam, tilted at an angle. Short, parallel black lines are drawn perpendicular to the beam, indicating its cross-section. A thick black arrow points downwards from the beam, representing a force. A blue arc indicates an angle of 45° between the beam and the force vector.

Diagram (a) shows a 30°-60°-90° triangle with hypotenuse $r = 30^\circ$ and angle $i = 30^\circ$. Diagram (b) shows a 30°-60°-90° triangle with hypotenuse $r = 45^\circ$ and angle $i = 45^\circ$. Diagram (c) shows a 30°-60°-90° triangle with hypotenuse $r = 45^\circ$ and angle $i = 45^\circ$.

383

8. La figura 4.100 representa el recorrido de tres rayos característicos que salen del extremo A del objeto en forma de flecha AO. Selecciona la respuesta correcta.

8.1 Selecciona el dispositivo óptico utilizado:

- lente convergente.
- espejo cóncavo.

8.2 ¿Este diagrama puede corresponder al utilizado en una cámara fotográfica? Argumenta.

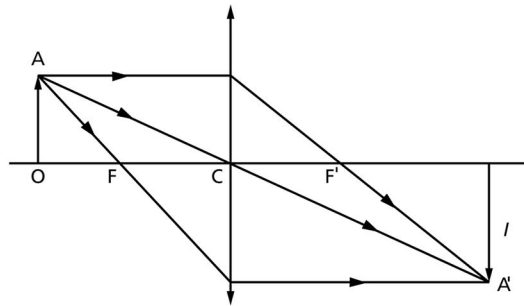


Fig. 4.100 Formación de la imagen a través de una lente convergente

9. La figura 4.101 representa la obtención de la imagen (I) de un objeto (O) situado frente a una lente convergente (L). ¿Qué le ocurriría a la imagen del objeto (O) si fuese traslado hasta el punto X ?

9.1 Seleccione la respuesta correcta:

- La imagen aumentaría de tamaño y continuaría invertida.
- La imagen continuaría del mismo tamaño y continuaría invertida.
- La imagen continuaría del mismo tamaño y fuera derecha.
- La imagen disminuiría de tamaño y continuaría invertida.
- La imagen disminuiría de tamaño y fuera derecha.

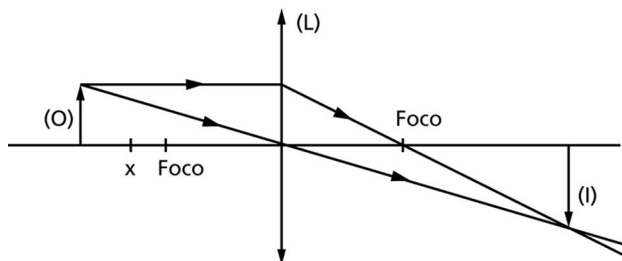


Fig. 4.101 Modelación de cómo se forma la imagen en una lente convergente

9.2 Argumenta tu selección.

10. Uno de los componentes principales de un proyector de cine, es la lente. ¿Qué tipo de lente se emplea y dónde debe colocarse la película para que la imagen que aparece en la pantalla tenga las características que posee?
- La lente debe ser convergente y la película se colocaría entre la lente y el foco.
 - La lente debe ser convergente y la película se colocaría entre el foco (F) y el doble foco ($2F$).
 - La lente debe ser convergente y la película se colocaría después de doble foco ($F2$).
 - La lente debe ser divergente y la película se colocaría entre el foco (F) y el doble foco ($2F$).

Tareas finales del capítulo

- Describe cómo verías los objetos que te rodean si no tuvieran la propiedad de reflejar la luz.
- ¿Cómo es posible que si la luz del Sol no penetra directamente por la ventana de una habitación esta se vea con tanta claridad?
- Dibuja el esquema de la llama de una vela y de una pantalla situada en frente a esta. Traza el esquema de un pedazo de cartulina con un orificio, colocado entre la llama y la pantalla.
 - Traza una línea que comience del extremo superior de la llama y otra de su extremo inferior, de modo que pasen a través del orificio y lleguen hasta la pantalla.
 - ¿Qué propiedad de los haces luminosos has tenido en cuenta, cuando trazaste las líneas anteriores?
 - ¿Qué puedes decir a partir del diagrama, acerca de las características que tendría la imagen en la pantalla si se realizara el experimento? ¿Sería derecha o invertida? ¿Aumentaría o disminuiría su tamaño al alejar la pantalla del orificio?
- En la pantalla de una "cámara obscura" se obtienen las imágenes de dos objetos situados frente al orificio. Realiza el esquema del experimento y explica cómo se manifiesta la independencia de los haces luminosos.

5. ¿Qué colores son mejor reflejados al incidir la luz del Sol sobre los objetos siguientes?
 - a) una hoja de papel blanco;
 - b) la saya o pantalón de tu uniforme;
 - c) una hoja de papel negro.
6. Realiza los esquemas de:
 - a) una superficie perfectamente plana;
 - b) una superficie rugosa (con ondulaciones).
- 6.1 Representa en cada caso el esquema de un haz luminoso ancho que incide sobre la superficie con cierto ángulo. Utiliza la segunda ley de la reflexión y representa la trayectoria que siguen varios de los rayos luminosos cuando inciden sobre las superficies.
7. Si todos los objetos que hay en tu aula tuvieran las superficies pulidas (fueran espejos) te sería difícil tener visión de estos.
 - a) ¿Qué tipo de reflexión se produciría en estos objetos?
 - b) ¿Qué importancia tiene que dichas superficies sean rugosas?
 - c) ¿Qué tipo de reflexión se produce en estas superficies?
8. La observación de la superficie del mar desde un submarino que se encuentra a poca profundidad, o de un campo de batalla desde un refugio, se realiza con un instrumento denominado periscopio (fig. 4.102). Explica su funcionamiento.

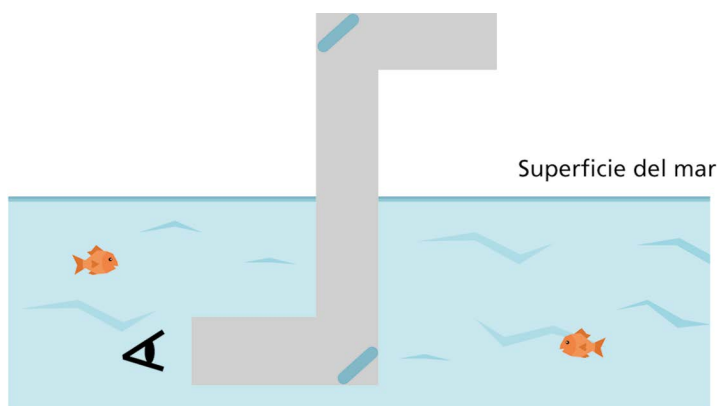


Fig. 4.102 Periscopio



Fig. 4.104 Representación del objeto y su imagen formada frente a un espejo esférico

12. La figura 4.105 representa un objeto AB y su imagen $A'B'$, obtenida en reflexión por un espejo cóncavo de eje óptico e y foco (F). Determina gráficamente, el centro de curvatura (C) del espejo, el vértice (V) y el valor del radio de curvatura del espejo.

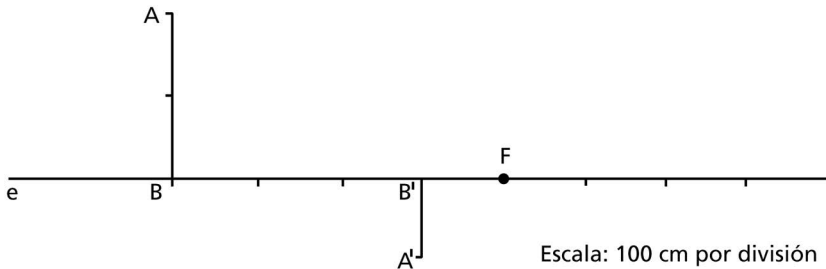


Fig. 4.105 Representa el objeto y su imagen obtenida en un espejo esférico

13. Cuando la luz llega a un cuerpo opaco se produce fundamentalmente el fenómeno de la reflexión de la luz, sin embargo, cuando incide en la superficie de separación entre dos medios transparentes con diferentes velocidades de propagación de la luz, gran parte de la misma cruza de un medio a otro y se refracta. Aplica las leyes de la refracción y continúa la trayectoria aproximada del rayo de luz representado en la figura 4.106. Justifica en cada caso.

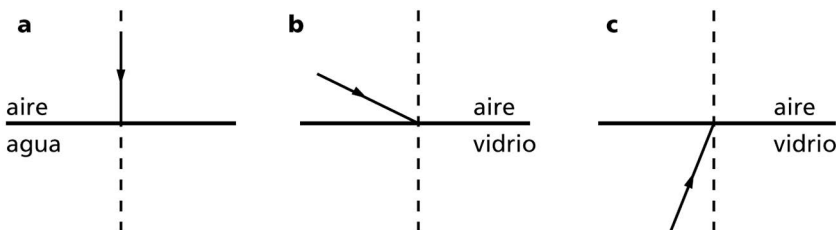


Fig. 4.106 Trayectoria de un rayo de luz que incide en la superficie de separación entre dos medios

14. Observa la figura 4.107 que muestra la trayectoria de un rayo de luz que pasa del aire al vidrio y responde.

- ¿Está el vidrio a la derecha o a la izquierda del dibujo?
- ¿La luz incide desde la derecha o desde la izquierda?

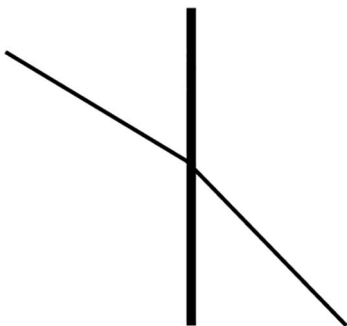


Fig. 4.107 Trayectoria de un rayo de luz que pasa del aire al vidrio

15. En la figura 4.108 aparece un pecesito en una pecera que es observado desde la posición que se indica.

- Representa el recorrido realizado por el haz de luz que permite que el observador vea al pez desde la posición que se encuentra.
- ¿Por qué la imagen que percibe el observador es virtual?

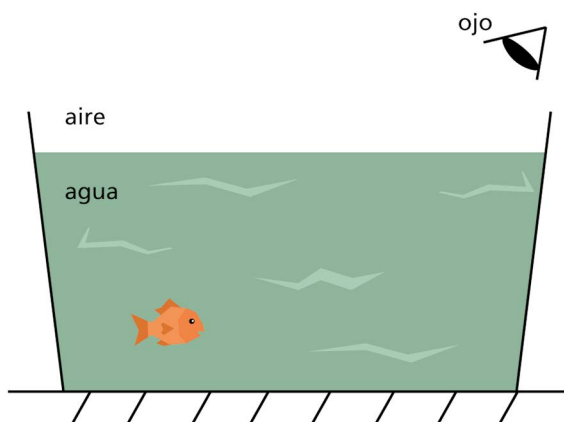


Fig. 4.108 Pecesito nadando en una pecera

16. Los rayos incidentes (i) y refractados (R) en la superficie de separación entre el medio (1) y los medios (2) y (3), respectivamente se observan en la figura 4.109. Representa gráficamente

la refracción de un rayo de luz que pase de un medio como el (2) a otro como el (3).

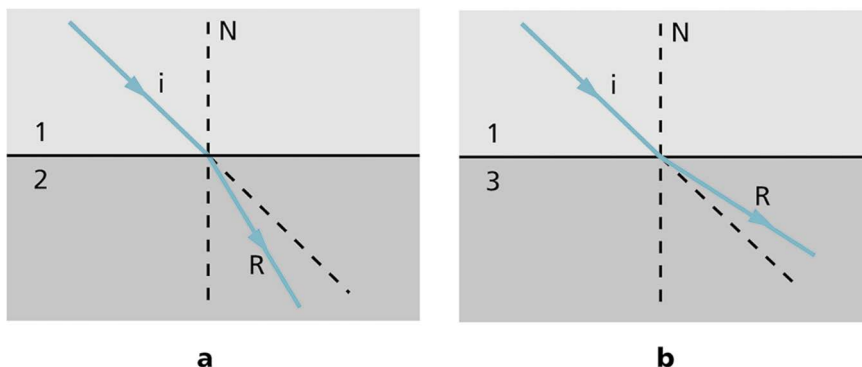


Fig. 4.109 Representación de rayos de luz incidentes (i) y refractados (R) en la superficie de separación entre dos medios

17. Las lentes son cuerpos transparentes limitados por caras curvas y en estas se produce fundamentalmente la refracción de la luz.

- ¿Qué tipos de lentes conoces?
- ¿Por qué se le llaman así?
- Representa cada una de las lentes mencionadas con sus puntos notables y ejemplifica en estas los rayos notables.

18. Dibuja una lente convergente con una distancia focal de 2,5 cm.

- Localiza la imagen de un objeto AB situado a 4 cm de la lente; utiliza los rayos notables estudiados. ¿Cuáles son las características de la imagen?
- Repite el inciso anterior cambiando la posición del objeto AB para:
 - Un punto entre F y $2F$.
 - Un punto entre F y la lente.
 - En el propio $2F$.
 Diga las características en cada caso.
- ¿Cuál de los casos anteriores se corresponde con el ejemplo de la lupa? Argumente su respuesta.

19. Selecciona con una equis (x) la respuesta correcta:

19.1 La lente en un proyector de cine tiene una distancia focal f . Durante la proyección, el filme debe estar situado a una distancia de la lente:

- igual a la distancia focal f
- igual al doble de la distancia focal $2f$
- mayor que el doble de la distancia focal f
- menor que el doble de la distancia focal $2f$ mayor que $2f$
- menor que f

19.2 Argumente tu selección.

20. Selecciona con una equis (x) el elemento óptico fundamental que utiliza una lupa o un microscopio:

- un prisma
- una lente convergente
- un espejo esférico convexo
- un espejo esférico cóncavo
- una lente divergente.

21. En la figura 4.110 se muestran varios de los fenómenos estudiados en el capítulo 4.

- a) Identifícalos.
- b) Caracterízalos.
- c) Describe un hecho donde se ponga de manifiesto cada uno de estos.

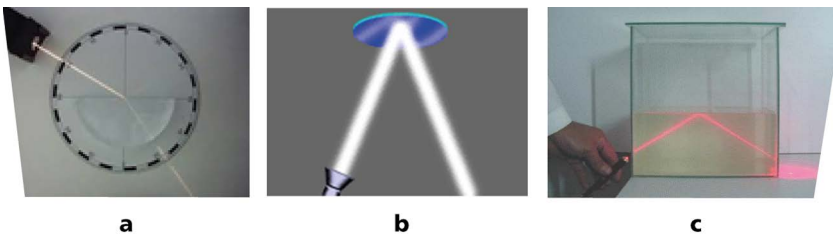


Fig. 4.110 Fenómenos ópticos

22. Menciona las diferencias que existen entre la propagación de las oscilaciones sonoras y las electromagnéticas (ondas de radio y televisión, luz).

ANEXO

Guía para el Trabajo Experimental en el Laboratorio de Física

Introducción

El estudio de la Física no solo implica comprender teorías, sino también explorar el mundo a través de la experimentación. Este anexo te guiará en la realización de actividades científico-investigativas, con el aprovechamiento los recursos del laboratorio de tu escuela. Aprenderás a:

- Manipular equipos e instrumentos con seguridad y precisión.
- Diseñar montajes experimentales.
- Analizar datos y elaborar informes científicos.
- Minimizar errores en tus mediciones.

Estructura del Informe de Laboratorio

Los resultados de cada práctica experimental se recogen en un informe que incluye:

1. Título del trabajo: Breve y descriptivo.
2. Objetivos: Qué se pretende demostrar o medir.
3. Materiales e instrumentos: Lista detallada.
4. Esquema del montaje: Dibujo o diagrama de la instalación.
5. Procedimiento: Pasos seguidos y datos recopilados (usar tablas).
6. Cálculos y análisis: Respuestas a preguntas, gráficos (si aplica).
7. Conclusiones: Reflexiones sobre los resultados obtenidos y las posibles fuentes de error.

Nota: El informe se comienza a elaborar durante la clase y se entrega cuando indique el profesor.

Reglas para el uso de instrumentos de medición

Reglas generales

1. Conocimiento de su funcionamiento, escalas y cuidados de cada uno.
2. Aseguramiento de las mediciones precisas y evitar daños.

Reglas específicas

1. Elige el instrumento de acuerdo a la magnitud que vas a medir (ejemplo: amperímetro para medir la corriente eléctrica).
2. Identifica cada uno de los componentes que lo conforman.
3. Caracterízalo técnicamente:
 - Nombre del instrumento.
 - Magnitud que mide y su unidad.
 - Escalas y rango (ejemplo: amperímetro con escalas de 5 A, 50 mA, 500 mA).
 - Valor de la menor división: Se calcula la resta de dos valores consecutivos y se divide entre cantidad de divisiones que posee (ejemplo: escala de 5 A-0.1 A por división).
4. Verifica que el indicador esté en cero antes de medir (ajuste del cero).
5. Posición correcta del observador (evitar error de paralaje).
6. Expresar correctamente el resultado con la unidad y la magnitud adecuada (ejemplo: 19.1 cm o 191 mm para la longitud de un lápiz).

Causas de incertidumbre y cómo reducirlas

1. Instrumento defectuoso: Usa equipos en buen estado y calibrados.
2. Limitaciones del observador: Mantén concentración, buena visión y postura adecuada.
3. Método correcto: Dominio del algoritmo para la medición antes de comenzar.
4. Condiciones ambientales: Controla luz, ruido, humedad y vibraciones.

Consejo clave: Realiza múltiples mediciones y calcula el promedio para mayor exactitud.

Exactitud y Precisión

- Exactitud: Depende de la menor división del instrumento (ejemplo: una regla milimetrada es más exacta que una graduada en centímetros).
- Precisión: Se logra al repetir mediciones en condiciones controladas.

Tablas de Organización para el estudio

Tabla 1: Magnitudes físicas básicas

Magnitudes	Símbolo	Unidades de medida	Instrumentos de medición

Ejemplo:

Magnitudes	Símbolo	Unidades de medida	Instrumentos de medición
Tiempo	t	Segundo (s)	Cronómetro
Intensidad de la Corriente eléctrica	I	Amperio (A)	Amperímetro

Actividad: Completa esta tabla con otras magnitudes estudiadas.

Tabla 2: Caracterización de Instrumentos

Nombre del instrumento:		Magnitud física	Unidad de medida
Escala	valor menor	valor mayor	Menor división

Ejemplo:

Nombre del instrumento: Amperímetro		Magnitud física: Intensidad de la corriente eléctrica	Unidad de medida Amperios (A)
Escala	valor menor	valor mayor	Menor división
0-5 A	0 A	5 A	A
0-50 mA	0 mA	50 mA	1,0 mA
0-500 mA	0 mA	500 mA	10 mA

Prácticas de Laboratorio

Hojas de trabajo

Trabajo de laboratorio 1: Período y Frecuencia de un Péndulo.

Objetivo: Medir el período (T) y la frecuencia (f) de un sistema oscilatorio (péndulo o cuerpo-resorte).

Materiales: Soporte universal, hilo (cordel), cuerpo metal (diferentes masas), resorte (diferentes), cronómetro, regla graduada.

Procedimiento:

1. Montaje:

Caso uno: Cuelga el cuerpo de metal en el cordel de 15 cm y 30 cm.

Caso dos: Cuelga el cuerpo de metal en un resorte.

2. Seleccione:

- La posición respecto a la cual se comenzará a medir el tiempo, amplitud (A), menos de 5 cm, para esto se utiliza la regla graduada.
- La cantidad de oscilaciones completas que se debe realizar (hasta 10).

Indicaciones para realizar el trabajo:

1. Observa el instrumento de medición y completa la tabla de caracterización (tabla 3).
2. Comienza la actividad y determina el tiempo que demora la cantidad seleccionada de oscilaciones completas que se deben producir. Anota el resultado en la tabla 3 y repite la actividad al menos 3 veces.
3. Determina el valor de la frecuencia de las oscilaciones, emplee los datos obtenidos para su ecuación.
4. Halla el período de las oscilaciones, emplee las dos posibilidades con las ecuaciones y complete la tabla 3.

Registra datos en la tabla 3:

Número de actividades	Número de oscilaciones (n)	Tiempo empleado (s)	Frecuencia (Hz)	Período (s)
1				
2				
3				

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas, es importante tener en cuenta las incertidumbres en la medición.

Trabajo de laboratorio 2: Electrización de Cuerpos.

Objetivo: Observar interacción entre los cuerpos electrizados.

Materiales: Peine o tubo de plástico, agitador de vidrio, papelitos, péndulo que cuelga una poliespuma o un pequeño tubito de papel metálico, papel periódico, tela de seda.

Procedimiento:

1. Frota el peine (tubo de plástico) con papel periódico y el agitador de vidrio con tela de seda, acércalos a los papelitos. ¿Qué ocurre?
2. Usa ambos péndulos para detectar si los cuerpos están electrizados y contesta:
 - ¿Por qué los objetos se atraen o repelen?
 - ¿Cómo se transfiere la carga eléctrica?
 - Justifica en cada caso.

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas.

Trabajo de laboratorio 3: Circuitos eléctricos sencillos.

Objetivo: Construir circuitos eléctricos sencillos.

Normas de Seguridad:

- Manos secas.
- Realizar la actividad en superficie secas y alejada de recipientes con agua.
- Usa fuente de 12 V (comienza en voltaje mínimo).
- El bombillo debe estar encendido solo el tiempo necesario para su uso, de esta forma se evita el sobrecalentamiento y como medida de ahorro.
- Mantenga el puesto de trabajo organizado para evitar la rotura de algún instrumento o material por descuido.

Materiales: Conjunto de electricidad, fuente de corriente eléctrica, conductores, portabombillo, bombillo e interruptor.

Montaje:

1. Dibuja el circuito de una linterna (fuente-interruptor-bombillo).
2. Selecciona los dispositivos de electricidad aquellos que debes utilizar, apóyate en el esquema. Comprueba que la fuente se encuentre en su mínimo valor.

3. Monta el circuito sin conectar la fuente, espere verificar si la conexión es correcta en cada puesto de trabajo.
4. Conecta la fuente y eleva el voltaje hasta 4 V, enciende la fuente y cierra el circuito. Observa y describe lo ocurrido.

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas.

Trabajo de laboratorio 4: Medición de la intensidad de la corriente eléctrica en diferentes partes del circuito. El amperímetro.

Objetivo: Medir la intensidad de la corriente eléctrica en diferentes partes de un circuito eléctrico simple, con la ayuda de un amperímetro.

Instrumentos y materiales necesarios: Conjunto de electricidad, fuente de corriente, conductores, portabombillo, bombillo, interruptor y amperímetro.

Indicaciones para el trabajo:

1. Observa el instrumento de medición y completa la tabla de caracterización (tabla 4).

Nota: El amperímetro debe estar conectado en el campo de mayor alcance de su escala al inicio de la realización del experimento como medida de protección.

2. Dibuja en la libreta el esquema de un circuito eléctrico compuesto por los equipos y materiales mencionados anteriormente, donde el amperímetro quede instalado a la derecha del bombillo.
3. Realiza el montaje del circuito. Conéctelo.
4. Mide la intensidad de la corriente según la indicación del amperímetro. Registra el resultado en la tabla 4.

Tabla 4

Magnitud física	Primera ubicación del amperímetro	Segunda ubicación del amperímetro
Intensidad de la corriente		

5. Desconecta el circuito.
6. Instala el amperímetro en la parte izquierda del bombillo. Conecta nuevamente el circuito.
7. Mide la intensidad de la corriente según la indicación del amperímetro. Registra el resultado en la tabla.

8. Desconecta el circuito.
9. Responde las siguientes preguntas:
 - a) ¿Para qué se utiliza el amperímetro?
 - b) ¿Cómo se conecta al circuito?
 - c) ¿Existieron diferencias en los valores de las dos mediciones realizadas?

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas, es importante tener en cuenta las incertidumbres en la medición.

Trabajo de laboratorio 5: Medición de la tensión eléctrica en diferentes partes del circuito. El voltímetro.

Objetivo: Medir con la ayuda de un voltímetro la tensión eléctrica en diferentes partes de un circuito eléctrico simple.

Instrumentos y materiales necesarios: Fuente de corriente, dos bombillos de 6 V, interruptor, conductores de unión y voltímetro (ver anexo 2).

Indicaciones para el trabajo:

1. Observa el instrumento de medición y completa la tabla de caracterización (tabla 5).
Nota: El voltímetro debe estar conectado en el campo de mayor alcance de su escala, al inicio de la realización del experimento como medida de protección.
2. Dibuja el esquema de un circuito eléctrico compuesto por los equipos y materiales anteriormente seleccionados. Coloca los bombillos en serie, el voltímetro se representará en paralelo al primer bombillo.
3. Realiza el montaje del circuito. Conecta el circuito y mide la tensión según la indicación del voltímetro. Registra el resultado en la tabla 5.

Tabla 5

Magnitud física	Primera ubicación del voltímetro	Segunda ubicación del voltímetro	Tercera ubicación del voltímetro
Tensión de la corriente			

4. Desconecta el circuito.
5. Instala el voltímetro en el otro bombillo. Mide la tensión según la indicación del voltímetro. Registra el resultado.
6. Desconecta el circuito.
7. Instala el voltímetro en los extremos de los dos bombillos (terminales). Conecta nuevamente el circuito. Mide la tensión de la corriente según la indicación del voltímetro. Registra el resultado en la tabla.
8. Desconecta el circuito.
9. Responde las siguientes preguntas:
 - a) ¿Para qué se utiliza el voltímetro?
 - b) ¿Cómo se conecta al circuito?
 - c) ¿Existieron diferencias en los valores de las tres mediciones realizadas?

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas, es importante tener en cuenta las incertidumbres en la medición.

Trabajo de laboratorio 6: Estudio de relación entre la intensidad de la corriente y la tensión en un resistor.

Objetivo: Demostrar experimentalmente la relación que existe entre la tensión y la intensidad de la corriente en un resistor.

Instrumentos y materiales necesarios: fuente de corriente, dos resistores de diferente resistencia (o un resistor de resistencia variable o reóstato), interruptor, conductores de unión, amperímetro y voltímetro (ver anexo 2).

Indicaciones para realizar el trabajo:

1. Dibuja el esquema de un circuito eléctrico compuesto por los equipos y materiales mencionados anteriormente, donde se utilice el resistor de menor resistencia.
2. Instala un amperímetro que mida la intensidad en el circuito y un voltímetro que mida la tensión en los terminales del resistor.

Experimento 1: Seleccione en la fuente el voltaje de 4 V y lea en los instrumentos correspondientes la tensión en el resistor y la intensidad de la corriente en el circuito. Anote los resultados en la tabla 6 a. Repite la operación, pero cambia el voltaje de la fuente a 6 V y a 8 V, y completa la tabla.

Experimento 2: Cambia en el circuito el resistor por otro de resistencia diferente. Si utilizaste un resistor variable, cambia el selector de la resistencia a otra posición. Repite las mediciones realizadas en el experimento anterior y completa los datos en la tabla 6 b.

Tabla 6 a

Experimento 1 Con el primer resistor de menor resistencia (50 Ω)

Tensión U (V)	Intensidad I (A)	U/I (Ω)

Tabla 6 b

Experimento 2 Con otro resistor de mayor resistencia (100 Ω)

Tensión U (V)	Intensidad I (A)	U/I (Ω)

3. ¿Qué relación de dependencia existe entre la tensión y la intensidad de la corriente en cada caso? ¿Es igual en cada resistor este cociente? ¿Cómo se denomina esta relación? ¿En qué unidades se expresa?

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas, es importante tener en cuenta las incertidumbres en la medición.

Trabajo de laboratorio 7: Ley de inducción electromagnética de Faraday.

Objetivo: Demostrar experimentalmente la ley de inducción electromagnética de Faraday.

Instrumentos y materiales necesarios: fuente de corriente, imán recto (el que aparece en el set de electromagnetismo), conductores, galvanómetro, dos bobinas y núcleo de hierro.

Indicaciones para realizar el trabajo:

1. Conecta una bobina al galvanómetro. Mueve el imán dentro de la bobina. Observa la deflexión de la aguja en el galvanómetro. Explica lo ocurrido.
2. Mantén conectada la bobina al galvanómetro y monta un circuito con otra bobina conectada a la fuente de corriente y al interruptor. Une ambas con el núcleo de hierro. Abre y cierra el interruptor varias veces y observa la deflexión de la aguja en el galvanómetro. Explica lo ocurrido.
3. Repite la actividad anterior con el interruptor cerrado y mueve ambas bobinas, una con respecto a la otra, mantén el núcleo de hierro dentro de las bobinas. Observa la deflexión de la aguja en el galvanómetro. Explica lo ocurrido.

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas.

Trabajo de laboratorio 8: Propagación rectilínea de la luz.

Objetivo: Comprobar el carácter rectilíneo de la luz en su propagación.

Instrumentos y materiales necesarios: Banco óptico compuesto por: dos carriles, una escala graduada, cuatro soportes de sujeción, fuente de corriente de 12 V, foco de 12 V, pantalla, objeto en forma de 1.

Indicaciones para realizar el trabajo:

1. Coloca en el banco óptico en este orden: el foco, el objeto en forma de 1 y la pantalla.
2. Conecta el foco a la fuente, enciéndala y responde:
 - ¿Qué observas en la pantalla?
 - ¿Qué tamaño tiene la imagen obtenida comparada con el objeto en forma de 1?
 - ¿Qué se ha demostrado?
3. Mueve el objeto y la pantalla y repite la actividad. ¿Qué observas?

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas, es importante tener en cuenta las incertidumbres en la medición.

Trabajo de laboratorio 9: Formación de imágenes en lentes convergentes.

Objetivo: Obtener imágenes en lentes convergentes con la utilización de los dispositivos ópticos.

Instrumentos y materiales necesarios: banco óptico compuesto por: dos carriles, una escala graduada, cuatro soportes de sujeción, fuente de corriente de 12 V, foco de 12 V, dos lentes convergentes, pantalla, objeto en forma de 1, lápiz, pantalla traslúcida. (Ver anexo 2).

Indicaciones para el trabajo:

1. Selecciona de la caja de óptica, dos lentes convergentes (2 cada equipo) y un estudiante sostendrá una lente con la mano a cierta distancia de sus ojos (40 cm) y otro estudiante hará lo mismo con la otra lente.
 - Con la otra mano, sostiene el lápiz en posición vertical hasta lograr visualizar su imagen nítida a través de la lente.
 - Luego, mueve el lápiz alejándolo o acercándolo a la lente hasta que para ambos casos logres visualizar el lápiz.
 - Describe las características de la imagen observada, en cada caso, completa la tabla siguiente (tabla 7).

Tabla 7

Posición del objeto	Características
Cerca de la lente	
Lejos de la lente	

2. Localiza con la lente la cara de tu compañero:
 - Diga las características de la imagen.
 - Coja la pantalla traslúcida en la otra mano y desplázala entre la lente y tus ojos hasta observar una imagen nítida de la cara de tu compañero.
 - Describe las características de esta imagen ¿Cómo se explica su formación?
3. Realiza el montaje en el banco óptico con los siguientes elementos:
 - Acopla:
 - El foco a la varilla y al primer soporte de sujeción.
 - El cuerpo objeto a la varilla y al segundo soporte de sujeción.
 - La lente convergente a la varilla y al tercer soporte de sujeción.
 - La pantalla a la varilla y al cuarto soporte de sujeción.

- Coloca:
 - La lente convergente que coincida con los 40 cm de la escala.
 - El foco y el objeto frente a frente, ubica la lente a 25 cm del foco.
- Encienda la fuente.
- Mueve la pantalla hasta localizar una imagen nítida en ella.
- Completa las características de la imagen obtenida en la tabla 7. Realiza el esquema en la libreta.
- Apaga la fuente.
- Coloca la lente a 20 cm del objeto.
- Mueve la pantalla hasta localizar la imagen nítida en ella.
- Completa las características de la imagen obtenida en la tabla 7. Realiza el esquema en la libreta.
- Apaga la fuente.
- Coloca la lente a 15 cm del objeto.
- Enciende la fuente.
- Completa las características de la imagen obtenida en la tabla 8. Realiza el esquema de la obtención de la imagen.

Tabla 8

Posición del objeto	Características
25 cm de la lente	
20 cm de la lente	
15 cm de la lente	

Conclusión: Se realiza un resumen con los resultados de las actividades propuestas, es importante tener en cuenta las incertidumbres en la medición.

Anexo 1 Algunas unidades de medida empleadas

Unidades de tiempo

1 día equivale a 24 horas

1 hora equivale a 60 minutos

1 minuto equivale a 60 segundos

1 nanosegundo (1 ns) = 10^{-9} s

Unidades de longitud

1 milímetro (1 mm) = 10^{-3} m

1 centímetro (1 cm) = 10^{-2} m

1 kilómetro (1 km) = 10^3 m

1 nanómetro (1 nm) = 10^{-9} m

Unidades de Masa

1 gramo (1 g) = 10^{-3} kg

Anexo 2 Tabla de equipos e instrumentos

Tabla 9

	Nombre del equipo	Instrumento
1	Resorte Slinky	
2	Grupo de estudio de las leyes de la Óptica	

	Nombre del equipo	Instrumento
3	<p>Diapasón caja resonancia 440 Hz</p> <p>Diapasón caja resonancia 220 Hz</p>	
4	<p>Metrónomo electrónico</p>	

5 Amplificador de microcorrientes



6 Equipo de interacciones de las corrientes paralelas y antiparalelas

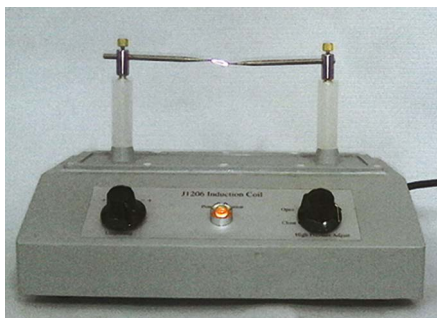


	Nombre del equipo	Instrumento
7	Carrito con Celda solar	
8	Contador digital multifunción	

9 Bomba de vacío

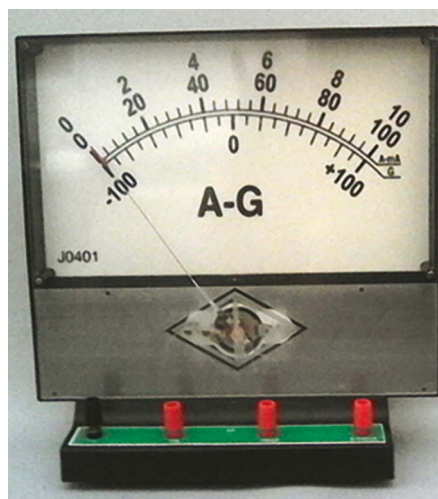




10 Fuente de alta tensión



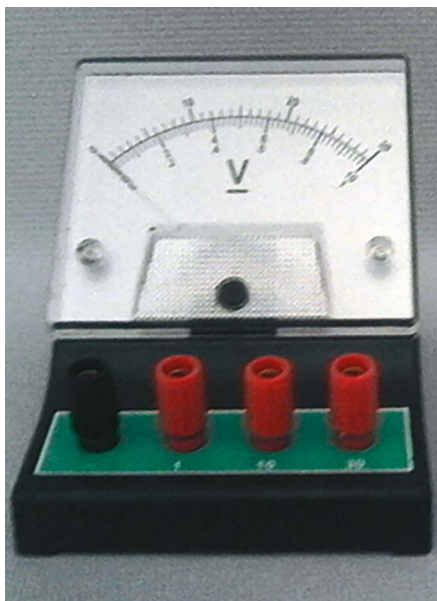
	Nombre del equipo	Instrumento
11	Juego de aditamentos de la vía de aire	
12	<p>Juego Universal de Física</p> <p>Incluye las partes:</p> <p>Juego de varilla cilíndricas de metal d</p> <p>Presilla tipo G</p> <p>Presilla doble tipo A</p> <p>Presilla simple.</p> <p>Tabla elevadora</p>	

13 Galvanómetro con amperímetro



	Nombre del equipo	Instrumento
14	Galvanómetro	
15	Generador de ondas sonoras	

16 Voltímetro





	Nombre del equipo	Instrumento
17	Balanza de tres brazos	
18	Balanza de dos platos	

19 Cubeta de ondas



20 Campana para la bomba de vacío y timbre



	Nombre del equipo	Instrumento
21	Fuente de tensión AC DC 0-20 V	 A white rectangular power supply unit with a black control knob. The knob has a scale from 0 to 20V with markings at 2V, 4V, 6V, 8V, 10V, 12V, 14V, 16V, 18V, and 20V. Below the knob is a red DC 2A output terminal and a black AC 2A output terminal. To the right of the knob is a switch labeled 'OFF Power ON'.
22	Fuente de baja tensión 0-12 V	 A white rectangular power supply unit with a black control knob. The knob has a scale from 0 to 12V with markings at 2V, 4V, 6V, 8V, 10V, and 12V. Below the knob is a red DC 2A output terminal and a black AC 2A output terminal. To the right of the knob is a switch labeled 'OFF Power ON'.

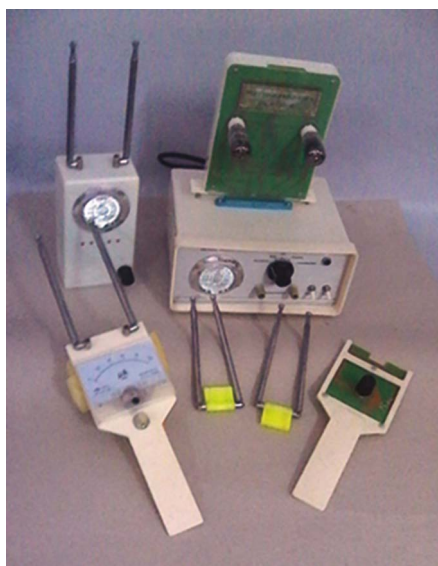
23

Kit para el estudio de fuerza estática



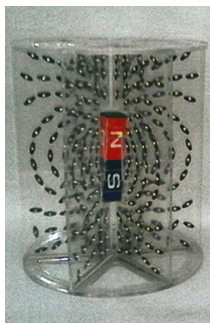
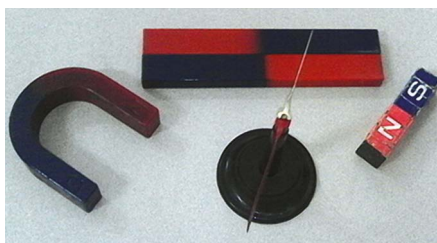
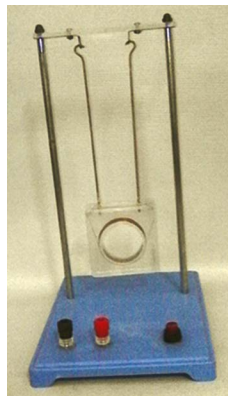
24

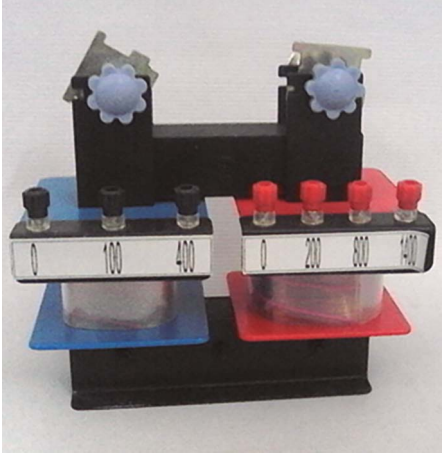

Equipo demostrativo de ondas hertzianas



	Nombre del equipo	Instrumento
25	Osciloscopio de pantalla grande	
26	Dispersión cromática y composición de la luz blanca	

27 Conjunto electromagnetismo

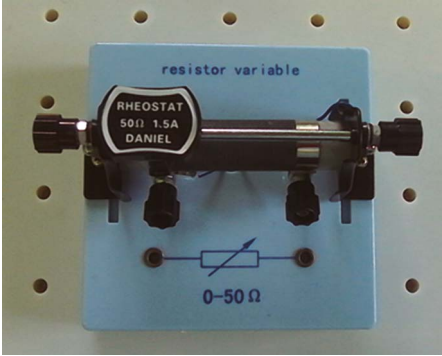



	Nombre del equipo	Instrumento
28	Núcleo de hierro y bobinas para el Transformador	
29	Set de electromagnetismo 8	

30

Grupo básico de estudio de la óptica





	Nombre del equipo	Instrumento
31	Reóstato	
32	Set de mecánica	

33 Cajita de masas

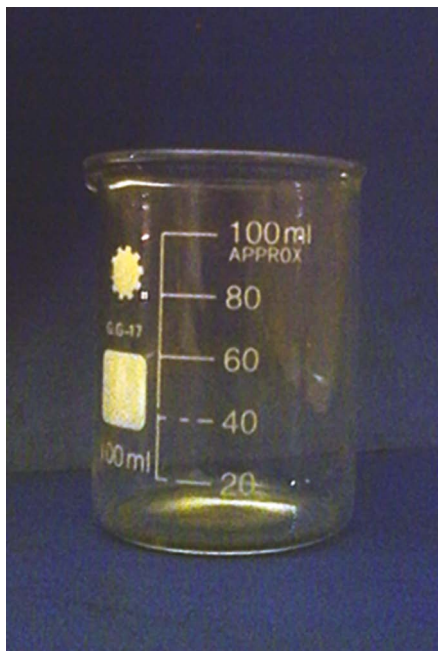


34 Caja con cuerpos y cordel

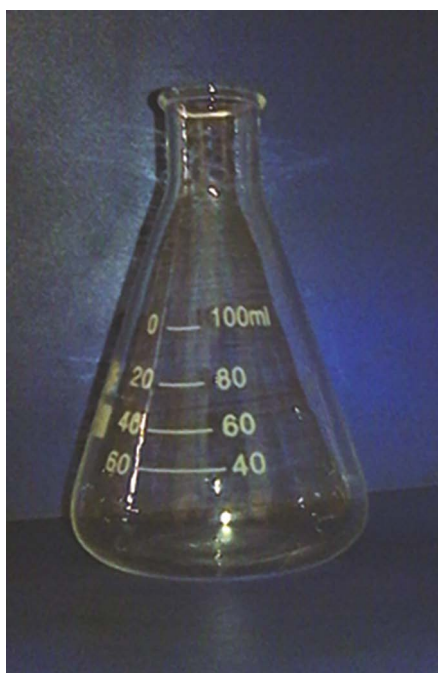




	Nombre del equipo	Instrumento
35	Regla con orificio central y tornillos de ajuste	 

36 Beaker de 100 ml



37 Erlenmeyer de 100 ml

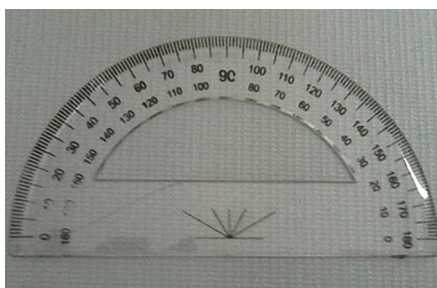


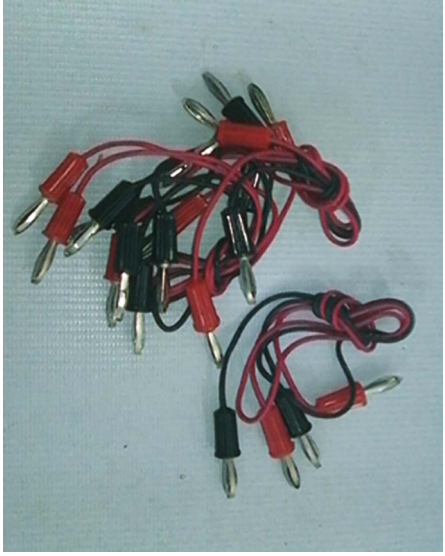
	Nombre del equipo	Instrumento
38	Cronómetro	
39	Juego de resortes (8 cajas de 5)	

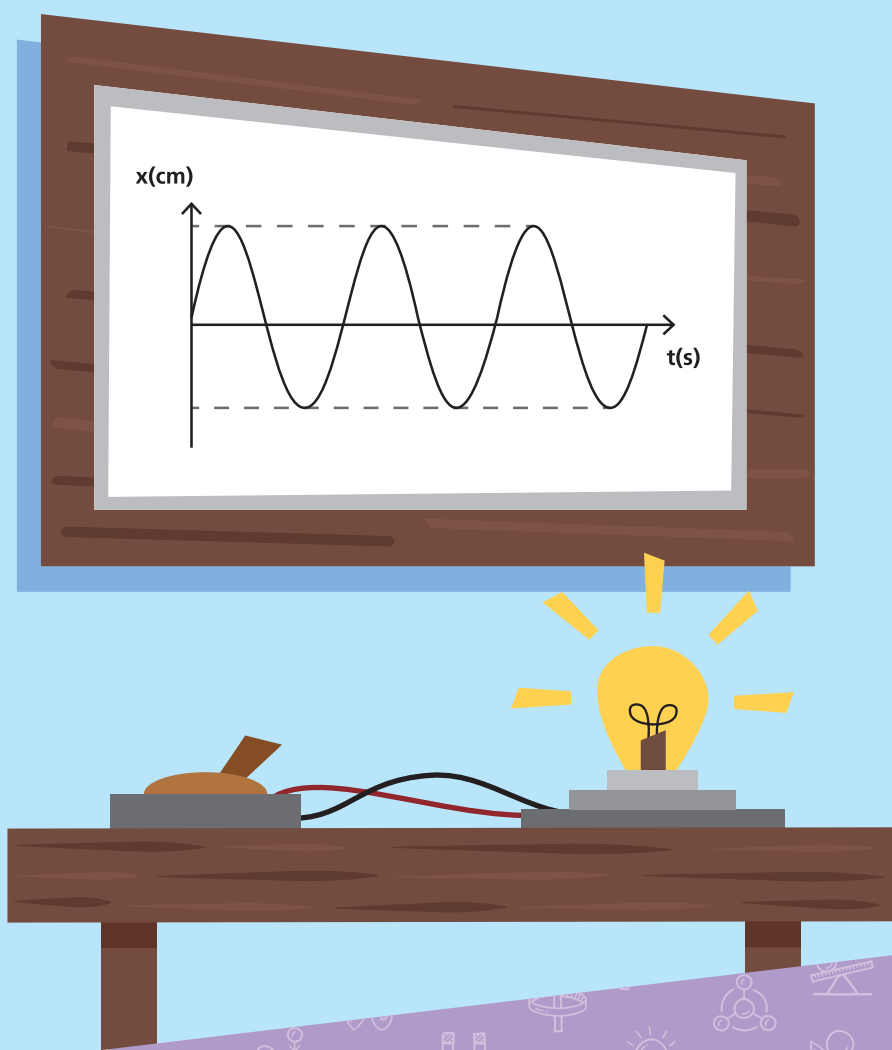
40 Termómetro de alcohol (8)



41 Semicírculo (8)



Nombre del equipo		Instrumento
42	Juego de cables	




EDITORIAL
PUEBLO Y EDUCACIÓN

