



infinita  
SECUNDARIA

# Física 2



castillo

A Macmillan Education  
Company

Israel Gutiérrez | Gabriela Pérez | Ricardo Medel



infinita  
SECUNDARIA

# Física 2



castillo

A Macmillan Education  
Company

Israel Gutiérrez | Gabriela Pérez | Ricardo Medel

**Infinita** es una serie diseñada por el Departamento de Proyectos Educativos de **Ediciones Castillo**.

**Autores:** D. R. © 2016 Israel Gutiérrez González, Elda Gabriela Pérez Aguirre y Ricardo Medel Esquivel

**Dirección editorial:** Tania Carreño  
**Gerencia de secundaria:** Fabián Cabral  
**Gerencia de arte y diseño:** Cynthia Valdespino

**Edición:** Javier Jiménez y Marco Antonio Alcántara  
**Asistencia editorial:** Arturo García  
**Revisión técnica:** Víctor Campos  
**Corrección de estilo:** María del Carmen Solano

**Coordinación de diseño:** Rafael Tapia  
**Coordinación iconográfica:** Ma. Teresa Leyva  
**Coordinación de operaciones:** Gabriela Rodríguez  
**Arte y diseño:** Gustavo Hernández y Edwin Ramírez  
**Supervisión de diseño:** Edwin Ramírez  
**Diagramación:** Itzel Ramírez  
**Iconografía:** Ilse Trujillo  
**Portada:** Juan Bernardo Rosado Solís / Shutterstock  
**Ilustraciones:** Tikiliki-Ilustración, José Raúl Cruz Juárez, José Pedro Martínez Mejía, Aarón Alejandro Klamroth Bermúdez, Víctor Duarte Alaniz  
**Fotografía:** Aarón Gabriel Barreto Sánchez, Gerardo González López, Shutterstock, © Latinstock México, Photo Stock, Getty Images, Cuartoscuro y © AFP

**Producción:** Carlos Olvera

Primera edición: abril 2019

**Física 2. Infinita Secundaria**

D. R. © 2019 Ediciones Castillo, S. A. de C. V.  
Castillo ® es una marca registrada  
Ediciones Castillo forma parte de Macmillan Education

Insurgentes Sur 1886, Florida  
Álvaro Obregón, C. P. 01030,  
Ciudad de México, México  
Teléfono: (55) 5128-1350  
Lada sin costo: 01 800 536-1777  
[www.edicionescastillo.com](http://www.edicionescastillo.com)

ISBN: 978-607-540-467-7

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Registro núm. 3304

Prohibida la reproducción o transmisión parcial o total de esta obra por cualquier medio o método o en cualquier forma electrónica o mecánica, incluso fotocopia o sistema para recuperar información, sin permiso escrito del editor.

Impreso en México/*Printed in Mexico*

El libro que tienes en tus manos forma parte de la serie **Infinita** y fue diseñado con la idea de que el aprendizaje, tu aprendizaje, no tiene límites. Pensamos que para que un aprendizaje permanezca, y no lo olvides al terminar el año escolar, debe ser *significativo*, es decir, tiene que relacionarse con lo que ya sabías, con lo que vives, ves y haces todos los días, y permitirte continuar aprendiendo a lo largo de tu vida.

Con los libros de la serie **Infinita** queremos que aprendas de manera permanente los temas de cada asignatura, y que desarrolles habilidades, actitudes y valores que te permitan reflexionar, expresar tu opinión, resolver problemas y contribuir a la construcción de un mundo en donde prevalezca el aprecio por la dignidad humana, la solidaridad, la empatía, el respeto, el rechazo a todas las formas de discriminación y violencia, y el cuidado de nuestro planeta.

El libro de **Física 2** ha sido elaborado pensando en ti, en que sea un vehículo que, junto con la guía de tu profesor, te acerque al mundo de la Física.

A lo largo del curso adquirirás cultura científica, entendiendo que la ciencia es un proceso en constante búsqueda de respuestas acerca de fenómenos naturales. Verás también que la ciencia se construye por hombres y mujeres que ponen en juego sus saberes, sus destrezas y valores.

Para facilitar tu aprendizaje, hemos organizado este libro en tres unidades, integradas por diversas secuencias didácticas. En el transcurrir de ellas, constantemente te invitaremos a asumir responsabilidades, tomar postura crítica y desarrollar una actitud de protección del medio ambiente y prevención de la salud personal, familiar y social que te ayuden a construir un proyecto de vida.

Esperamos que disfrutes este libro y que este curso sea provechoso para ti.

Los editores

Presentación ..... 3  
 Conoce tu libro ..... 8

## Unidad 1 12

Me preparo ..... 14

Aprendizaje esperado	Secuencia	Lecciones	Página	
Analiza cambios en la historia relativos a la tecnología en diversas actividades humanas (medición, transporte, industria, telecomunicaciones) para valorar su impacto en la vida cotidiana y en la transformación de la sociedad.	1. Tecnología y transformación de la sociedad	1. El cambio y el tiempo	16	
Comprende los conceptos de velocidad y aceleración.	2. Velocidad y aceleración	1. El movimiento de los objetos	20	
		2. La velocidad y la rapidez	26	
		3. Gráficas que representan la velocidad (desplazamiento vs. tiempo)	32	
		4. La aceleración como cambio de la velocidad	36	
Describe, representa y experimenta la fuerza como la interacción entre objetos y reconoce distintos tipos de fuerza. Identifica y describe la presencia de fuerzas en interacciones cotidianas (fricción, flotación, fuerzas en equilibrio).	3. Movimiento ondulatorio	1. Ondas para "ver"	42	
		4. Concepto de fuerza	1. La fuerza como interacción entre los objetos	48
			2. Suma de fuerzas	52
3. Máquinas simples	58			
Analiza la gravitación y su papel en la explicación del movimiento de los planetas y en la caída de los cuerpos (atracción) en la superficie terrestre.	5. Leyes de Newton	1. Primera Ley de Newton	66	
		2. Segunda ley de Newton	70	
		3. Tercera Ley de Newton	72	
	6. La aportación de Newton	1. Ley de Gravitación Universal	74	
		2. Newton, vida y obra, sus aportaciones para la ciencia	80	
		3. El movimiento regular de los cuerpos del Sistema Solar: las leyes de Kepler	84	

Proyecto 1.....	88
Lo que aprendí.....	90
Convivo.....	92
Evaluación.....	93
Física Práctica.....	95

## Unidad 2

96

Me preparo.....	98
-----------------	----

Aprendizaje esperado	Secuencia	Lecciones	Página
Analiza la energía mecánica (cinética y potencial) y describe casos donde se conserva.	7. La energía y sus manifestaciones	1. Tipos de energía	100
		2. La conservación de la energía mecánica	106
Describe las características del modelo de partículas y comprende su relevancia para representar la estructura de la materia.	8. Los modelos en la ciencia	1. Explicación de los fenómenos de la naturaleza a partir de modelos	110
		2. Ideas en la historia entorno a la estructura de la materia	114
		3. Aspectos básicos del modelo cinético de partículas	118
Explica los estados y cambios de estado de agregación de la materia, con base en el modelo de partículas.	9. Cambios de estado de la materia y el modelo cinético	1. Propiedades de la materia: forma, volumen, estados de agregación, compresibilidad, etcétera	122
		2. Cambios de estado de agregación	126
Interpreta la temperatura y el equilibrio térmico con base en el modelo de partículas.	10. Temperatura y equilibrio térmico	1. Temperatura	130
		2. Calor y temperatura	136
Analiza el calor como energía. Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera. Analiza las formas de producción de energía eléctrica, conoce su eficiencia y los efectos que causan al planeta. Describe el funcionamiento básico de las fuentes renovables de energía y valora sus beneficios.	11. Calor como energía	1. Energía térmica	140
		2. Calor y otras formas de energía	144
		3. Energía eléctrica y medio ambiente	150
Describe, explica y experimenta con algunas manifestaciones y aplicaciones de la electricidad e identifica los cuidados que requiere su uso.	12. Interacciones eléctricas	1. Fenómenos electrostáticos	156
Explora algunos avances recientes en la comprensión de la constitución de la materia y reconoce el proceso histórico de construcción de nuevas teorías.	13. El modelo atómico de la materia	1. Descripción macroscópica y microscópica del Universo	162
		2. Desarrollo histórico del modelo atómico	164
		3. Características del átomo	168

Proyecto 2 .....	172
Lo que aprendí .....	174
Convivo .....	176
Evaluación .....	177
Física Práctica .....	179

## Unidad 3

180

Me preparo .....	182
------------------	-----

Aprendizaje esperado	Secuencia	Lecciones	Página
Describe, explica y experimenta con algunas manifestaciones y aplicaciones de la electricidad e identifica los cuidados que requiere su uso. Analiza fenómenos comunes del magnetismo y experimenta con la interacción entre imanes.	14. Corriente eléctrica y magnetismo	1. Corriente eléctrica y magnetismo	184
		2. Electromagnetismo	190
Describe la generación, diversidad y comportamiento de las ondas electromagnéticas como resultado de la interacción entre electricidad y magnetismo.	15. Electricidad y magnetismo: ondas electromagnéticas	1. Relación entre electricidad y magnetismo	196
		2. Inducción electromagnética	202
		3. Generación de ondas electromagnéticas	204
		4. La luz visible	208
Identifica las funciones de la temperatura y la electricidad en el cuerpo humano.	16. Electricidad y temperatura en sistemas biológicos	1. La física del cuerpo humano	212
Describe e interpreta los principios básicos de algunos desarrollos tecnológicos que se aplican en el campo de la salud.	17. Ciencia, tecnología y sociedad	1. Ciencia y tecnología aplicada a la salud	218
		2. Ciencia y tecnología en el mundo actual	222
Describe algunos avances en las características y composición del Universo (estrellas, galaxias y otros sistemas). Describe cómo se lleva a cabo la exploración de los cuerpos celestes por medio de la detección de las ondas electromagnéticas que emiten.	18. Física y conocimiento del Universo	1. La estructura del Universo	226
		2. ¿Cómo se estudia el Universo?	232
		3. Los mecanismos de las estrellas	238
Describe las características y dinámica del Sistema Solar.	19. El Sistema Solar	1. Características y exploración del Sistema Solar	242
		2. Origen del Sistema Solar	248
Identifica algunos aspectos sobre la evolución del Universo.	20. Origen y evolución del Universo	1. Teoría de la Gran Explosión	252

Proyecto 3 .....	258
Lo que aprendí .....	260
Convivo .....	262
Evaluación .....	263
Física Práctica .....	265
Anexos .....	266
Bibliografía .....	268
Créditos iconográficos .....	271



# Conoce tu libro

Tu libro se encuentra dividido en tres unidades y cada una se organiza en secuencias, que a su vez se dividen en lecciones.

## Entrada de unidad

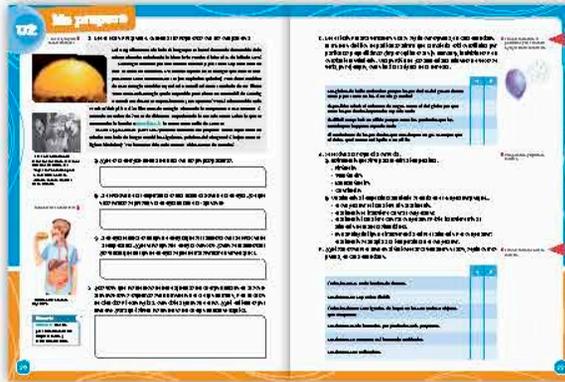
La **entrada de unidad** incluye una imagen acompañada de un texto introductorio; ambos están relacionados con contenidos de la unidad. También hay preguntas para despertar tu curiosidad.



En esta página encontrarás los **temas** que estudiarás en las secuencias didácticas de cada unidad.

## Me preparo

Se trata de un conjunto de **actividades** que aparecen al inicio de cada unidad, para que descubras lo que sabes acerca de los temas que estudiarás.



Al costado de cada actividad se indica el tema de la unidad con el que se relaciona.

## Organización de las secuencias

Cada **secuencia** se organiza en **lecciones**, es decir, en unidades didácticas que abordan contenidos indispensables para atender los aprendizajes esperados. En cada lección se identifican tres momentos: Inicio, Desarrollo y Cierre.

La sección **Inicio** corresponde a una situación problemática que busca despertar tu curiosidad sobre el tema que estudiarás en la lección y que debes resolver a partir de tus conocimientos previos. Al final de la lección podrás confrontar tus respuestas con lo que hayas aprendido.



La etapa de **Desarrollo** consta de una serie de textos y actividades con las que construirás los conceptos necesarios para alcanzar los aprendizajes esperados.

# Actividades

En todas las lecciones hay actividades que presentan un reto a resolver y que te permitirán investigar, observar, comparar, exponer tus ideas, organizar conceptos, y descubrir o analizar alguna situación relacionada con los temas que estás estudiando. También te servirán para construir tus propios conocimientos.

**Actividad 1: La velocidad promedio**

**Objetivo de la actividad**  
 Calcular la velocidad promedio de un objeto que se mueve en un camino recto, a partir de los datos de su posición y tiempo.

**Problema**  
 Un coche se mueve en un camino recto. Se miden sus posiciones y los tiempos que tarda en recorrerlas. ¿Cómo se puede calcular la velocidad promedio del coche?

**Procedimiento**  
 1. Selecciona los datos de posición y tiempo que corresponden a un punto del camino.  
 2. Calcula el desplazamiento que ha sufrido el coche entre dos puntos.  
 3. Calcula el tiempo que tarda el coche en recorrer ese desplazamiento.  
 4. Divide el desplazamiento entre el tiempo que tarda en recorrerlo. ¿Qué resultado obtienes?

**Conclusión**  
 La velocidad promedio es el desplazamiento que sufre el objeto dividido entre el tiempo que tarda en recorrerlo.

**Actividad 2: El movimiento rectilíneo uniforme**

**Objetivo de la actividad**  
 Representar gráficamente el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) a partir de los datos de posición y tiempo.

**Problema**  
 Un coche se mueve en un camino recto con una velocidad constante. ¿Cómo se puede representar gráficamente su movimiento?

**Procedimiento**  
 1. Selecciona los datos de posición y tiempo que corresponden a un punto del camino.  
 2. Representa los datos en un gráfico de posición versus tiempo.  
 3. Observa la forma de la línea que se obtiene. ¿Qué tipo de línea es?

**Conclusión**  
 El movimiento rectilíneo uniforme se representa gráficamente con una línea recta en un gráfico de posición versus tiempo.

**Actividad 3: El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado**

**Objetivo de la actividad**  
 Representar gráficamente el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) a partir de los datos de posición, tiempo y velocidad.

**Problema**  
 Un coche se mueve en un camino recto con una aceleración constante. ¿Cómo se puede representar gráficamente su movimiento?

**Procedimiento**  
 1. Selecciona los datos de posición, tiempo y velocidad que corresponden a un punto del camino.  
 2. Representa los datos en un gráfico de posición versus tiempo.  
 3. Observa la forma de la línea que se obtiene. ¿Qué tipo de línea es?

**Conclusión**  
 El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado se representa gráficamente con una parábola en un gráfico de posición versus tiempo.

Esta sección incluye algunas actividades experimentales, las cuales podrás realizar en el laboratorio de tu escuela, en tu casa o en tu salón de clases.

**Actividad 4: El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado**

**Objetivo de la actividad**  
 Medir la aceleración de un objeto que se mueve en un camino recto con una aceleración constante.

**Problema**  
 Un coche se mueve en un camino recto con una aceleración constante. ¿Cómo se puede medir su aceleración?

**Procedimiento**  
 1. Selecciona los datos de posición, tiempo y velocidad que corresponden a un punto del camino.  
 2. Calcula la aceleración a partir de los datos de posición y tiempo.  
 3. Compara el resultado con el valor teórico de la aceleración.

**Conclusión**  
 La aceleración de un objeto que se mueve en un camino recto con una aceleración constante se puede medir a partir de los datos de posición y tiempo.

La **habilidad** o destreza que se desarrolla en cada actividad se resalta con anaranjado.

Todas las lecciones incluyen una actividad de **Cierre** que retoma el problema de la sección Inicio. Su finalidad es que compares tus conocimientos antes y después de trabajar la lección, a fin de que veas y analices los avances en tus conocimientos y valores las habilidades que adquiriste.

**Actividad 5: El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado**

**Objetivo de la actividad**  
 Medir la aceleración de un objeto que se mueve en un camino recto con una aceleración constante.

**Problema**  
 Un coche se mueve en un camino recto con una aceleración constante. ¿Cómo se puede medir su aceleración?

**Procedimiento**  
 1. Selecciona los datos de posición, tiempo y velocidad que corresponden a un punto del camino.  
 2. Calcula la aceleración a partir de los datos de posición y tiempo.  
 3. Compara el resultado con el valor teórico de la aceleración.

**Conclusión**  
 La aceleración de un objeto que se mueve en un camino recto con una aceleración constante se puede medir a partir de los datos de posición y tiempo.

**Actividad 6: El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado**

**Objetivo de la actividad**  
 Medir la aceleración de un objeto que se mueve en un camino recto con una aceleración constante.

**Problema**  
 Un coche se mueve en un camino recto con una aceleración constante. ¿Cómo se puede medir su aceleración?

**Procedimiento**  
 1. Selecciona los datos de posición, tiempo y velocidad que corresponden a un punto del camino.  
 2. Calcula la aceleración a partir de los datos de posición y tiempo.  
 3. Compara el resultado con el valor teórico de la aceleración.

**Conclusión**  
 La aceleración de un objeto que se mueve en un camino recto con una aceleración constante se puede medir a partir de los datos de posición y tiempo.

Además, en el Cierre de la secuencia encontrarás la sección **Piensa y sé crítico**, en la que aplicarás tus conocimientos para reflexionar sobre una situación real y tomar postura respecto a ella.

## Secciones de apoyo

### Glosario

A lo largo del texto encontrarás algunas palabras resaltadas en azul; su significado aparece en un recuadro al margen.

### Conoce más

Hallarás recomendaciones de libros, revistas y películas, así como páginas electrónicas que pueden servirte para realizar alguna investigación, o bien, para ejemplificar o profundizar en algún contenido.

### Pistas para mi proyecto

En algunas secuencias encontrarás sugerencias para orientar el trabajo del proyecto que desarrollarás.

### Portafolio

En algunas actividades elaborarás productos (resúmenes, mapas, figuras), que reunirás en tu portafolio de evidencias.

### Infografía

Se trata de un recurso gráfico atractivo que, de manera sintética, explica un concepto, hecho o proceso. Incluye preguntas para comprobar lo que observaste y reflexionaste sobre la infografía.

## Secciones finales de unidad

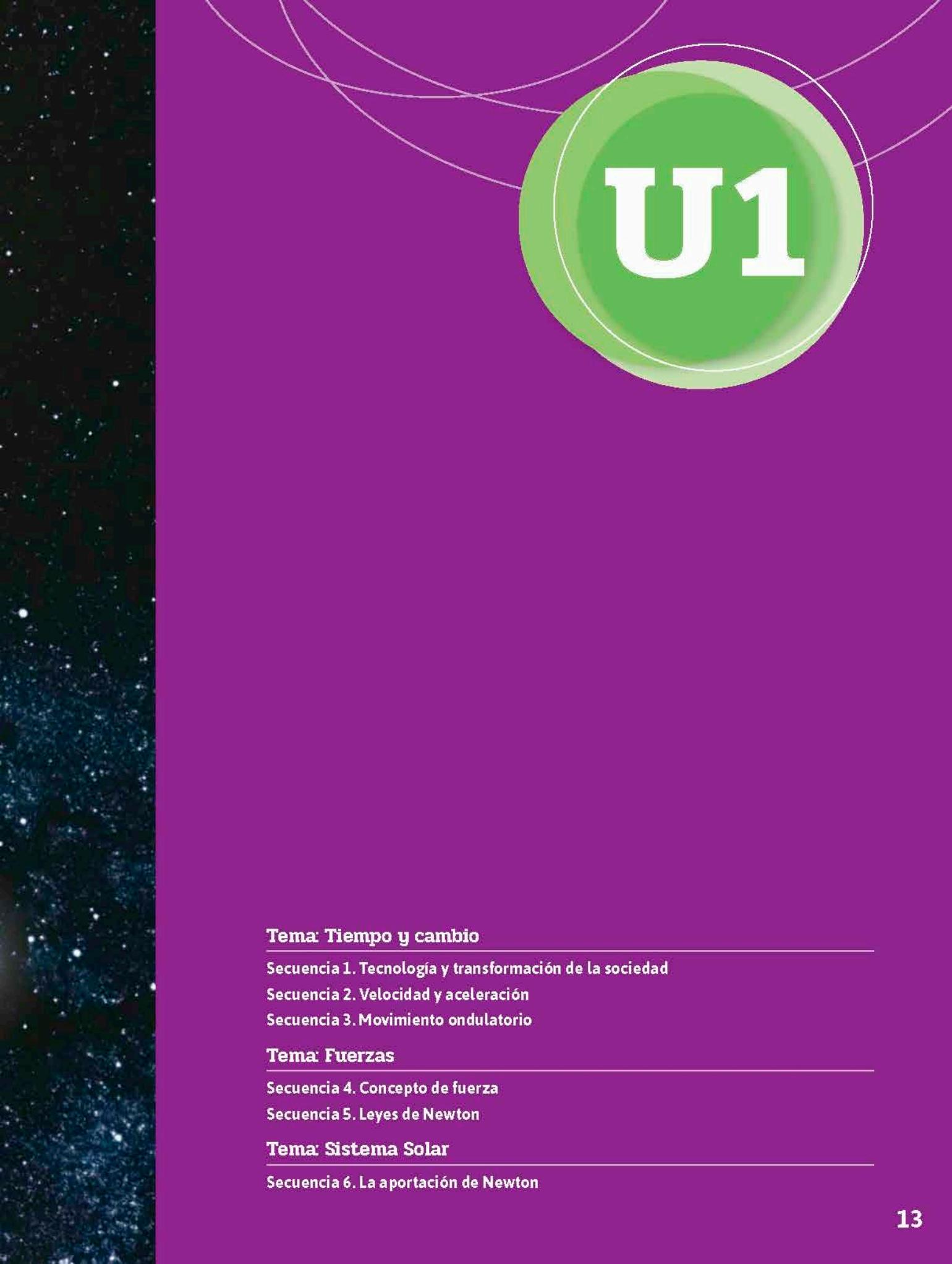
### Lo que aprendí

Se trata de un conjunto de actividades que aparecen al final de cada unidad, diseñadas para aplicar lo que sabes acerca de los contenidos que estudiaste.





¿Qué te mantiene en el piso? ¿Por qué caen los objetos? ¿Por qué la Luna no abandona a la Tierra? ¿Por qué la Luna orbita alrededor de ella y ésta alrededor del Sol? Hace algunos siglos no se sabía la respuesta a todas estas preguntas, fue Isaac Newton en el siglo XVIII quien descubrió la causa de estos fenómenos, ¡presente no sólo en nuestro planeta sino en todo el Universo!



# U1

## **Tema: Tiempo y cambio**

---

Secuencia 1. Tecnología y transformación de la sociedad

Secuencia 2. Velocidad y aceleración

Secuencia 3. Movimiento ondulatorio

## **Tema: Fuerzas**

---

Secuencia 4. Concepto de fuerza

Secuencia 5. Leyes de Newton

## **Tema: Sistema Solar**

---

Secuencia 6. La aportación de Newton

Tecnología y transformación de la sociedad ▶

### 1. Lee el texto y responde.



El Motorwagen lo patentó el ingeniero alemán Carl Benz el 29 de enero de 1886.

¿Te gustan los autos?, ¿sabías que no siempre fueron como en la actualidad? El Motorwagen, el primer automóvil de combustión interna de la historia, tenía, por ejemplo, la apariencia de un triciclo, usaba como volante una manivela, carecía de pedales y sólo podía transportar a tres pasajeros; su potencia era muy baja, se movía a 16 km/h como máximo y no era capaz de subir por las pendientes (los pasajeros debían empujarlo cuesta arriba). En esa época la gente pensaba que era un juguete de ricos, una máquina de terror que sólo servía para espantar a los niños y desbocar a los caballos.

- a) ¿Cómo piensas que la invención del automóvil ha impactado en la vida de las personas? ¿Cómo sería la vida si no hubiera autos? ¿Qué ventajas y desventajas representa su uso?

- b) ¿Crees que la ciencia y en particular la física favorecieron la invención y el perfeccionamiento del automóvil? Argumenta.

Rapidez y velocidad ▶

### 2. Lee el texto y responde.



El Gran Rojo ganó la carrera de Belmont con 31 cuerpos de ventaja, lo cual significa que al alcanzar la meta estaba a 100 m del segundo lugar.

#### El Gran Rojo: el corazón más grande del Triple Corona

Conocido como el *Gran Rojo*, *Secretariat* era un caballo de carreras considerado como el mejor de la historia. El Gran Rojo era tan rápido que en 1973, con sólo tres años de edad, se llevó la Triple Corona al ganar las tres carreras de caballos más importantes del mundo: el Derby de Kentucky, la carrera de Preakness y la de Belmont; su hazaña no fue ganar seguidas las tres competencias (lo que no se lograba desde 1948) sino recorrer los 2400 m del hipódromo Belmont Park en sólo 2 min con 24 s, una marca que a la fecha no se ha roto. Cuando el Gran Rojo murió le extrajeron el corazón y descubrieron que pesaba 998 kg, casi más de tres veces que el de un caballo normal.

- a) ¿Qué es la rapidez? ¿En qué situaciones de la vida cotidiana has escuchado esa palabra?

- b) ¿Qué es la velocidad? ¿Cuál es la diferencia entre velocidad y rapidez?

- c) En el Derby de Kentucky el Gran Rojo recorrió 2000 m en 1 minuto 59 s. Al comparar sus resultados en la carrera de Belmont, ¿en cuál competencia corrió más rápido? ¿Cómo lo sabes?

3. Responde.

- a) ¿En qué situaciones de la vida cotidiana has escuchado la palabra "fuerza"? ◀ Fuerza  
¿Qué significa?

- b) ¿Qué tipo de objetos puede atraer un imán? La atracción del imán, ¿es un tipo de fuerza? ¿Por qué?

4. El lanzamiento de martillo es una prueba de atletismo que consiste en lanzar una bola metálica (que puede ser de diferentes pesos) para enviarla lo más lejos posible; el atleta gira tres veces antes de soltar la pesada bola.

- a) Marca verdadero o falso, según corresponda, en cada enunciado.

	V	F
Cuando el atleta lanza la bola siente una fuerza hacia atrás.		
En la prueba de varones, la bola es de 7.260 kg, y la de la prueba de damas, de 4.025 kg. Por ser más pesada la de los hombres puede llegar más lejos.		
Para que un objeto se mueva es necesario aplicar una fuerza.		
Se aplica más fuerza a un objeto jalándolo que empujándolo.		



La polaca Anita Włodarczyk fue la primera mujer en superar los 80 m de distancia en el lanzamiento de martillo.

5. Selecciona la respuesta correcta.

- a) Cuando un clavadista se lanza desde la plataforma de 10 m...
- todo el tiempo cae con la misma velocidad.
  - a medida que cae su velocidad aumenta.
  - la mayor parte del tiempo cae con la misma velocidad, pero aumenta casi al llegar a agua.

◀ Gravitación

Analiza cambios en la historia relativos a la tecnología en diversas actividades humanas (medición, transporte, industria, telecomunicaciones) para valorar su impacto en la vida cotidiana y en la transformación de la sociedad.

## L1 El cambio y el tiempo

### Inicio



1. Terminaba la década de los setenta, yo estudiaba el último grado de primaria cuando conocí ese novedoso invento: la calculadora; era una de esas que hoy llamamos básicas porque sólo hacían las operaciones de suma, resta, multiplicación y división, pero para mí y mis compañeros de grupo representaba la solución a esas largas y laboriosas multiplicaciones que el maestro nos dejaba de tarea.

Uno de esos días en los que mi abuelo nos visitaba, mi padre le mostró el nuevo artefacto. Nunca olvidaré su expresión de asombro al ver cómo ese pequeño objeto resolvía, al instante, cualquier operación aritmética. Pero lo que más me sorprendió fue su pregunta: “¿Cómo hace para resolver las operaciones?” No teníamos respuesta.

Responde en tu cuaderno.

- a) ¿Qué inventos actuales no conocieron tus padres o tus abuelos cuando eran niños?
- b) ¿Cómo ha evolucionado la tecnología en las últimas décadas? ¿Cómo ha cambiado la vida de las personas o la sociedad a partir de los avances tecnológicos?
- c) ¿Has notado que los niños y adolescentes usan sin mayor problema teléfonos celulares, tabletas electrónicas y computadoras, pero que a las personas mayores les resulta difícil hacerlo? ¿A qué crees que se deba?
- d) ¿Qué harías para enseñar a un adulto cómo usar las nuevas tecnologías?
- e) Comparte tus respuestas y experiencias con tus compañeros de clase y enriquezcanlas entre todos.

### Desarrollo



**Figura 1.1.** La medición del tiempo y la evolución de los instrumentos para medirlo ha cambiado con el paso de los años.

### El paso del tiempo

¿Cómo sabemos que el tiempo pasa? Las manecillas de un reloj se mueven, los números del reloj digital cambian, la arena de un reloj cae. Los sucesos ocurren en el tiempo y nos muestran que el tiempo avanza. Hay, entonces, una relación estrecha entre el tiempo y el cambio: las cosas cambian en el tiempo y a partir del cambio sabemos que el tiempo pasa (figura 1.1). Este cambio es continuo e inevitable, por medio de él sabemos que aunque permanezcamos estáticos, todo cambia de manera constante.

Observemos a nuestro alrededor para confirmar de inmediato que las cosas cambian: hay día y noche; el Sol sale por el este y se oculta en el oeste; los seres vivos crecen y se desarrollan; muchos animales se desplazan o son capaces de mover algunos de sus órganos. Pero también se mueven las cosas inanimadas, como el aire y el agua de los ríos, incluso el agua estancada de un charco se evapora y forma nubes, que vuelven al suelo en forma de lluvia, nieve o granizo; el suelo se erosiona y las rocas se desgastan; hasta los continentes y las estrellas se mueven. Todos estos cambios y fenómenos son objeto de estudio de la ciencia en sus distintas ramas.

El ser humano se distingue de otros animales por su capacidad de modificar su entorno, de crear artefactos y herramientas para facilitar tareas o mejorar sus condiciones de vida. Este proceso lo ha logrado gracias a la **tecnología**, que es la aplicación de conocimientos y habilidades en el desarrollo y creación de técnicas y objetos para resolver necesidades o problemas prácticos. Veamos un ejemplo.

### Desarrollo histórico de las calculadoras

Desde que el ser humano tuvo la necesidad de hacer operaciones con números, como sumas, restas, multiplicaciones, raíces cuadradas, etcétera, ideó métodos, algoritmos y artefactos que facilitarían o agilizarían esas operaciones.

Dos mil años antes de nuestra era, en Mesopotamia, se inventó el **ábaco**, instrumento con cuentas que se deslizan en varillas. Los antiguos matemáticos agrupaban o separaban las cuentas para resolver operaciones de suma, resta, multiplicaciones y divisiones, e incluso calculaban raíces cuadradas.

En 1636 **William Oughtred** (1574-1660) inventó la **regla de cálculo**, que consiste en un par de regletas deslizables con escalas con las que se pueden hacer operaciones matemáticas; su uso se popularizó hasta el siglo xx debido a que eran prácticas y fáciles de transportar.

En el siglo xvii se inventaron las primeras calculadoras mecánicas, las cuales funcionaban a base de engranes y palancas. En 1639 el matemático, físico y filósofo **Blaise Pascal** (1623-1662) creó la "Pascalina", instrumento para sumar y restar que constaba de una serie de engranes marcados con los números del 0 al 9; cuando un engrane daba una vuelta completa, en el siguiente engrane se sumaba una unidad.

Treinta años después el matemático **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646-1716) construyó una calculadora similar a la Pascalina que además de sumar y restar, multiplicaba y dividía; también usaba engranes, los números para los cálculos se introducían por medio de botones y con una manivela se hacía girar todo el mecanismo (figura 1.2).

Con el paso de los años este tipo de calculadoras se fueron perfeccionando, y ya en el siglo xx su uso era común en las tiendas de autoservicio, incluso se fabricaron calculadoras mecánicas compactas que cabían en la palma de la mano, pero eran muy costosas. En la década de los cincuenta apareció la primera calculadora de transistores, que era del tamaño de un escritorio.

A finales de los cincuenta surgieron las primeras calculadoras básicas totalmente electrónicas con precios elevadísimos, cerca de \$80000 dólares. Fue hasta inicios de los años setenta que varias compañías produjeron calculadoras que funcionaban con pilas y a precios accesibles, las cuales se vendieron por todo el mundo. En 1973 aparecieron las calculadoras científicas, que no sólo hacían operaciones básicas, sino que calculaban raíces y potencias de distintos valores, y utilizaban funciones trigonométricas y otras más complejas las cuales estudiarás en tus cursos más avanzados de matemáticas. A finales del siglo xx se incorporaron las celdas solares, por lo que ahora contamos con calculadoras que no necesitan baterías. Actualmente las calculadoras son capaces de resolver operaciones superiores, ecuaciones y hasta trazar gráficas (figura 1.3).

#### Glosario

G

La palabra **ábaco** deriva del griego, **ἀβακός** que significa tabla.



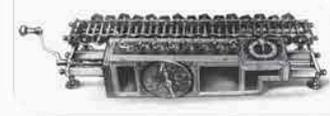
a) Ábaco



b) Regla de cálculo



c) Pascalina

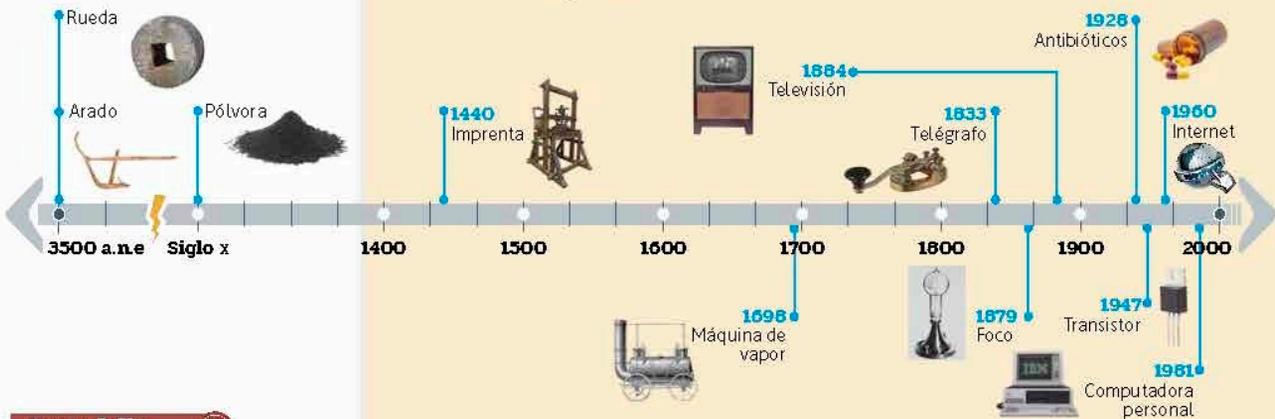


d) Máquina de Leibniz

**Figura 1.2.** Evolución de instrumentos para el cálculo.



Figura 1.3. Ejemplos de la evolución de las calculadoras.



### Portafolio



Guarden los materiales e investigaciones que usaron para su exposición en su Portafolio de evidencias.

## Investiga y analiza

1. Acabamos de ver brevemente la evolución histórica de las calculadoras. En equipo investiguen en libros sobre historia de la tecnología, revistas de divulgación científica o en internet sobre otro invento o artefacto que haya cambiado al paso del tiempo en cualquiera de las siguientes áreas: transporte, industria, telecomunicaciones o medición. A partir de sus resultados respondan.

- ¿Cómo ha impactado ese invento y su perfeccionamiento la vida de las personas?
- ¿Cómo imaginas que sería la vida sin ese invento?
- ¿Qué ventajas y desventajas representa su uso?

2. Expongan su trabajo ante el grupo y entre todos respondan las mismas preguntas.

3. En equipo analicen la siguiente línea de tiempo que muestra algunos de los inventos más importantes de la historia y respondan.

- ¿Cuáles descubrimientos científicos o fenómenos dieron origen a esos inventos?
- ¿Qué otros inventos o descubrimientos se lograron a partir de ellos?
- ¿Cuál ha sido la importancia de esos inventos? ¿Cómo han influido en la vida y costumbres de la gente?
- ¿Consideran que estos inventos transformaron a la sociedad? ¿Por qué?
- ¿Qué invento agregarían a la línea de tiempo? ¿Por qué?

4. En grupo organicen un debate y discutan sobre los beneficios y daños que han generado distintos inventos y en general el avance de la tecnología.

- ¿Qué inventos han perjudicado al ser humano o al ambiente?
- ¿Cómo se pueden revertir esos daños?
- ¿Consideran que este tipo de inventos también han permitido el progreso de la humanidad? ¿Por qué?

5. Al finalizar elaboren un escrito con las conclusiones a las que llegaron en el debate.

## ¿Cómo se mide el tiempo?

El **tiempo** es una cantidad física que nos permite enmarcar el cambio y ordenar los sucesos en secuencias, estableciendo un pasado, un presente y un futuro.

La unidad de tiempo “año” tiene su origen en el periodo que la Tierra tarda en dar una vuelta alrededor del Sol; un “día” se refiere al tiempo en que la Tierra completa una vuelta sobre su propio eje, y que antiguamente se determinaba como el tiempo que transcurría entre una y otra salida del Sol. Ya desde la Antigüedad los egipcios y sumerios dividieron el día en 24 horas, 12 para la luz diurna y 12 para la noche; la división entre minutos y segundos (figura 1.4) surgió a partir de la necesidad de medir los fenómenos celestes con más precisión, y fue en la Edad Media cuando estas últimas unidades se aplicaron para la medición del tiempo. Por cierto, la palabra **minuto**, tiene su origen en la palabra latina *minutus*, que significa “pequeño”, y **segundo** se deriva de *secundus*, que significa “segundo”, es decir, el que va después del primero, por lo que un segundo es lo que sigue en pequeñez a un minuto. Los **submúltiplos** del segundo, como el milisegundo y el microsegundo, se emplean para mediciones muy precisas, como en fenómenos a nivel atómico.

La unidad oficial para medir el tiempo en el Sistema Internacional de Unidades (**SI**) es el segundo (símbolo: **s**), pero cotidianamente utilizamos otras unidades, como minutos, horas, días, años, entre otros. Observa las equivalencias.

60 segundos = 1 minuto	60 minutos = 1 hora	24 horas = 1 día
365.256 días = 1 año	5 años = 1 lustro	10 años = 1 década
100 años = 1 siglo	1000 años = 1 milenio	

También hay submúltiplos del segundo que se basan en el sistema decimal:  
1 segundo = 10 decisegundos = 100 centisegundos = 1 000 milisegundos...



Figura 1.4. Actualmente el segundo se define a partir de fenómenos a nivel atómico.

### Glosario

G

#### Submúltiplo.

Cantidad o magnitud que está contenida en otra un número exacto de veces.

El Sistema internacional de Unidades (**SI**) es un conjunto de patrones y unidades de medida establecidos internacionalmente. Revisa el anexo de la página 267.

### Calcula

- ¿Cuántos meses y días has vivido desde que naciste hasta hoy?
- ¿Cuántas horas hay en un siglo?
- ¿Cuántos milisegundos tiene un minuto?

- En equipo revisen nuevamente la situación de inicio y respondan.
  - ¿Consideran que la tecnología ha variado la forma en que nos relacionamos con otras personas? ¿Por qué? ¿Cómo?
  - ¿Cómo te comunicas con tus amigos y familiares?
  - ¿Cómo se comunicaban con sus amigos y familiares tus padres y tus abuelos?

### Piensa y sé crítico

¿La tecnología es accesible para todas las personas en nuestro país? Explica.  
¿Esta situación representa una ventaja o una desventaja para quienes no cuentan con avances tecnológicos? ¿Por qué?

Cierre

### L1 El movimiento de los objetos

#### Inicio

1. Seguramente cuando has viajado en autobús por una autopista has visto por la ventanilla los postes de luz o los árboles que están a un lado de la carretera. ¿Has tenido la sensación de que esos objetos se mueven y pasan rápidamente a un lado del autobús?



- a) En equipos discutan por qué piensan que tienen esa percepción.
2. Imaginen que van en un auto por una autopista en plena oscuridad. El auto está tan bien diseñado y la carretera es perfectamente recta, de manera que el movimiento del auto es tan suave que no se percibe. En sentido contrario se acerca un objeto luminoso a gran velocidad.
    - a) ¿Cómo podrían saber si es el auto o el objeto el que se mueve? Expresen en grupo sus opiniones.
  3. Registren sus respuestas y opiniones en su cuaderno.

#### Desarrollo

Todo lo que hay en el Universo está en continuo cambio y gracias a eso podemos distinguir los fenómenos de la naturaleza, analizarlos y estudiarlos. Uno de esos cambios se refiere al movimiento. Los objetos se mueven a nuestro alrededor, pero ¿cómo lo hacen? Dado que no todos se mueven igual, ¿cómo describirías el movimiento de los objetos?



#### Observa y describe

1. Observa las imágenes y registra las respuestas en tu cuaderno.

- a) ¿Cómo sabes que un objeto se mueve?



- b) ¿Qué objetos se muestran? ¿Cómo se mueven?
- c) ¿Qué características de sus movimientos destacaste para describirlos? ¿Cuáles mencionaron tus compañeros?
- d) En grupo elaboren una lista de los aspectos que consideraron para describir el movimiento de cada objeto.

## Marco de referencia

Sabemos que un objeto se mueve cuando cambia de posición; sin embargo, no siempre es sencillo determinar, entre dos o varios objetos, cuál cambia de posición. Por ejemplo, en este momento lo más seguro es que estés leyendo este libro en una mesa de tu casa o en tu banca de la escuela sin cambiar de lugar, o tal vez seas de los que disfrutan leer a la sombra de un árbol, pero ¿en realidad no te mueves? Sabes que la Tierra gira sobre su propio eje dando una vuelta completa cada 24 horas y tú estás sobre ella, entonces, ¿te mueves o no? (figura 1.5). La cuestión no es, por tanto, si uno objeto se mueve, sino respecto a qué se mueve.



Figura 1.5. ¿Se puede considerar que un mismo objeto está en movimiento o en reposo al mismo tiempo?

### Observa

- Una sensación curiosa en torno al movimiento sucede cuando viajas en auto y éste se detiene, digamos en un semáforo o en un cruce peatonal, y de inmediato otro lo hace junto al auto en el que vas. Al observar el otro auto, ¿no has sentido que en el que viajas empieza a moverse, pero al voltear la mirada hacia la calle te das cuenta de que tú estás quieto y es el otro auto el que se mueve? En equipo respondan en su cuaderno.
  - ¿Con respecto a qué objeto asegurarían que en esa situación no se mueven?
  - ¿En relación con cuál objeto pareciera que se mueven, es decir, cambian de posición? Justifiquen su respuesta.
  - Compartan sus respuestas en grupo y establezcan una conclusión sobre la percepción del movimiento. Contesten: ¿por qué se dice que la percepción del movimiento es relativa?



En Física decimos que el movimiento depende del marco de referencia, es decir, del lugar desde donde se observa. Un **marco** o **sistema de referencia** consta de un **origen**, o sea, el punto desde el que se consideran las medidas de distancia, dirección, rapidez, etcétera, y de un sistema coordinado que permite determinar la escala de las medidas. Por ejemplo, si estás sentado en tu pupitre, entonces no te mueves si el punto de referencia es el escritorio de tu maestro, pero si el punto de referencia es la Luna, entonces sí te mueves con toda la Tierra.

En tus clases de Matemáticas ya estudiaste el plano cartesiano. ¿Recuerdas? Es el que se forma por un par de ejes perpendiculares, donde podemos ubicar una gran cantidad de puntos utilizando coordenadas. El plano cartesiano es muy útil para estudiar el movimiento, y mucho mejor si ubicamos el origen del plano (el punto donde se cruzan los ejes) en el punto de referencia que elegimos para estudiar un movimiento. Así nuestro plano cartesiano se convierte en un marco o sistema de referencia.

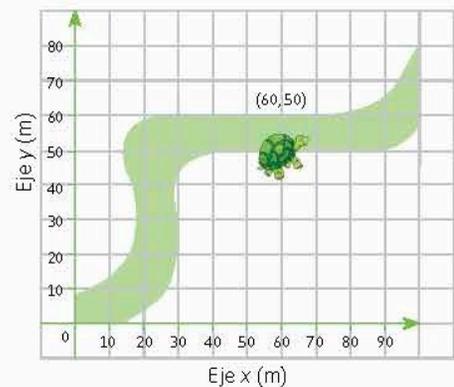
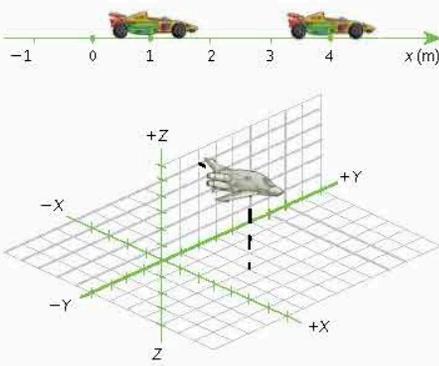


Figura 1.6. La posición de la tortuga está dada por la coordenada (60, 50) del plano cartesiano.

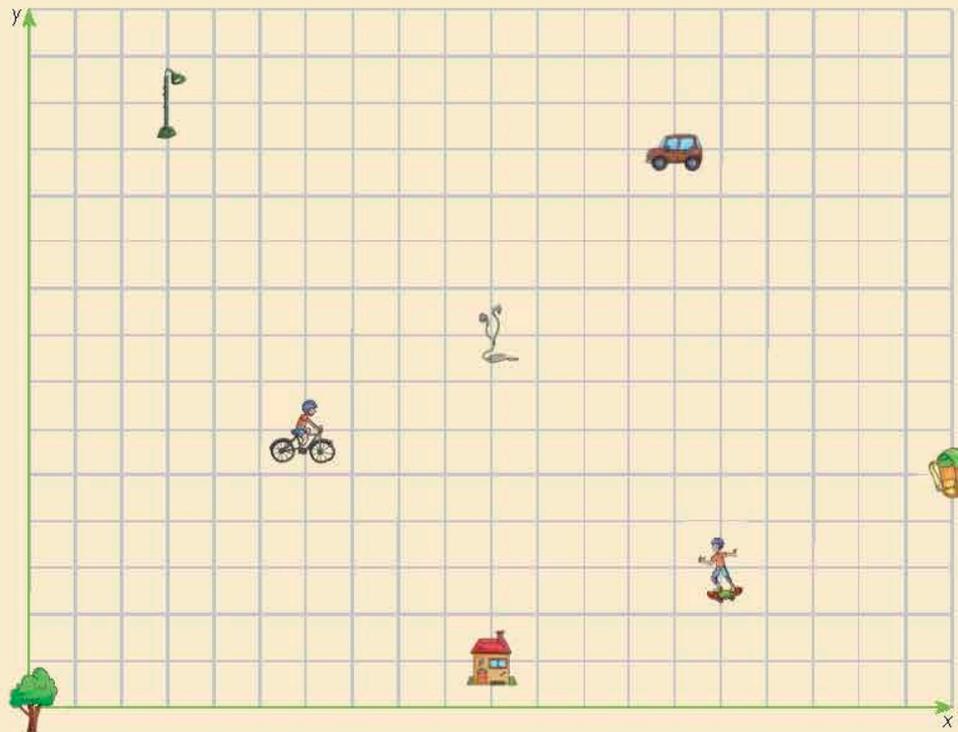


**Figura 1.7.** a) Recta numérica como marco de referencia. b) Marco de referencia en tres dimensiones.

Mediante las coordenadas cartesianas podemos señalar la posición de un objeto en un plano. Recuerda que los puntos se ubican por medio de pares ordenados de la forma  $(a, b)$ , donde  $a$  corresponde a la coordenada del eje horizontal o de las  $x$  y  $b$  al eje vertical o de las  $y$  (figura 1.6); sin embargo, existen otros sistemas de referencia, por ejemplo, si el movimiento de un objeto se realiza sobre una línea recta, entonces bastará una recta numérica para describir la posición del objeto y su movimiento; pero si el objeto se mueve en el espacio tridimensional, se necesitarán más de dos ejes cartesianos (figura 1.7).

### Describe

1. En parejas observen el siguiente plano cartesiano y respondan. El largo de cada cuadrado de la retícula representa una unidad.



- a) Considerando la posición del árbol como origen del sistema de referencia indiquen la posición de los audífonos, el carro y la mochila. Tomen el centro de cada figura para ubicar su posición.
- b) Consideren ahora como origen la posición del farol y señalen la posición del joven con patineta, la bicicleta y la casa.
- c) ¿Qué objeto se encuentra en la coordenada  $(0, 7)$  considerando la casa como origen del sistema de referencia?
- d) Si el origen es el joven con patineta, ¿qué objeto está en la coordenada  $(5, 2)$ ? ¿Y en la coordenada  $(-5, -2)$ ?
- e) ¿Un objeto puede tener dos o más coordenadas distintas? ¿Por qué?
- f) Compartan sus respuestas con sus compañeros y válídenlas entre todos.

### Portafolio



En parejas coloquen en un plano cartesiano distintos objetos y pidan a su compañero que indique las coordenadas en las que se ubica variando el origen del sistema de referencia. Guarden sus planos en su portafolio de evidencias.

## Trayectoria, desplazamiento y distancia recorrida

### Experimenta Distintas trayectorias

#### Propósito

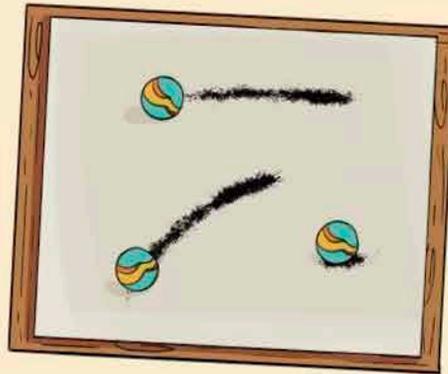
Identificar la trayectoria de un objeto en movimiento.

#### Material

Media cartulina, una tabla o superficie lisa, canicas o balines, tinta china.

#### Procedimiento

1. En equipos fijen la cartulina sobre la tabla o superficie.
2. Mojen una canica con tinta china y hagan que ruede sobre la cartulina. Observen la marca que deja a su paso.
3. Repitan el paso anterior con las otras canicas variando cada vez el movimiento que realizan sobre la cartulina.



#### Resultados y conclusiones

1. Observen el trazo que dejaron las canicas y respondan.
  - a) ¿Cómo fue el movimiento de cada canica? Descríbanlo.
  - b) ¿Qué información relacionada con su movimiento podemos obtener a partir del trazo que dejó cada canica?
  - c) Compartan en grupo sus respuestas y aporten para responder las preguntas.

Cuando un objeto se mueve, cambia su posición con respecto a un marco de referencia y describe una trayectoria (figura 1.8). La **trayectoria** es la línea imaginaria que une todos los puntos por los que pasó un objeto. ¿Cuál es la relación entre el trazo que dejaron las canicas y la trayectoria que siguieron en su movimiento?



Figura 1.8. La estela de humo que deja un avión nos da una idea de la trayectoria de su vuelo.

Otro concepto importante en la descripción del movimiento es la **distancia**, con la cual estás familiarizado desde la primaria, ya que has medido distancias, como la longitud de una recta, los lados de figuras geométricas, tu estatura, etcétera, y para ello has usado una regla, un flexómetro o una cinta métrica (figura 1.9). ¿Qué es entonces la distancia? La **distancia** es la medida de la longitud que separa dos puntos.

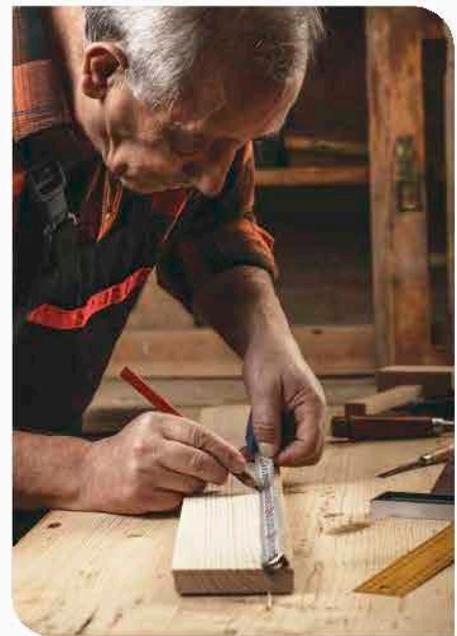


Figura 1.9. Medir distancias es una acción útil en distintas actividades y oficios.

## Resuelve

- Supón que el siguiente mapa es de una isla deshabitada y tienes que seguir las indicaciones para localizar el tesoro.



- Traza los ejes del plano cartesiano y en ellos indica los puntos cardinales. Considera la esquina inferior izquierda como el punto  $(0, 0)$ .
- Tu recorrido inicia en la playa, en la coordenada  $(0, 0)$ . Camina 5 pasos hacia el este, 6 hacia el norte, 15 otra vez hacia el este, 2 hacia el sur, 6 hacia el oeste, 4 hacia el sur, 10 hacia el este, 12 al norte, 13 hacia el oeste y si avanzas 2 más hacia el sur, encontrarás el tesoro. ¿Lo encontraste? (Un paso representa la distancia del lado de cada cuadro de la retícula).
- Responde en tu cuaderno.
  - ¿Cuál es el sistema de referencia?
  - ¿Cuál es el origen del sistema de referencia?
  - Traza en el mapa la trayectoria del movimiento.
  - Menciona el punto exacto en que se encuentra el tesoro usando coordenadas.
  - ¿Cuántos pasos recorriste para encontrar el tesoro?
  - Anota en tu cuaderno otra serie de instrucciones para llegar al tesoro y calcula cuántos pasos se recorren esta vez.
  - Si hubieras caminado en línea recta desde el punto de inicio hasta el lugar del tesoro, ¿cuántos pasos habrías dado? ¿En qué dirección habrías caminado?

La distancia en línea recta del origen del sistema coordenado de la actividad anterior y el tesoro es de 15 pasos. Si dieras esta información a un compañero que desconoce las instrucciones completas para llegar al tesoro, ¿crees que lo encontraría? ¿Por qué? ¿Y si le indicas que el tesoro está a 15 pasos de la playa en dirección noreste, tendría más posibilidades de encontrarlo?

Para ubicar el tesoro se necesitan al menos dos datos: distancia y dirección. Estos dos elementos constituyen lo que en Física se conoce como **desplazamiento**. El desplazamiento es el recorrido de cierta distancia en una dirección y un sentido específicos. ¿Cómo representarías el desplazamiento para llegar al tesoro desde la playa? Hazlo en el mapa de la actividad. Considera que tu representación debe incluir distancia, dirección y sentido.

De manera gráfica el desplazamiento se representa por medio de una flecha, cuya longitud es proporcional a la distancia que representa. La flecha va del punto inicial al punto final del recorrido (figura 1.10). En cualquier recorrido, la trayectoria indica el “camino” que un objeto siguió al trasladarse, y el desplazamiento sólo considera la posición inicial y la posición final del recorrido. En la actividad anterior, ¿cuántas trayectorias podrías trazar para llegar al tesoro? ¿Cuántos desplazamientos podrías encontrar?

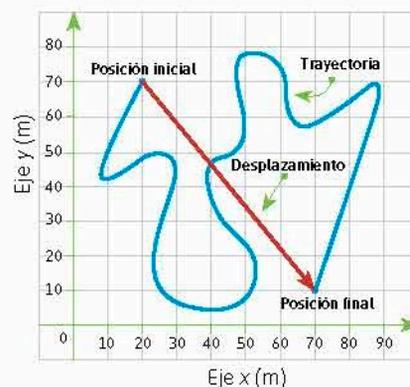


Figura 1.10. Diferencia entre desplazamiento y trayectoria.

**Conoce más** +

En la siguiente dirección electrónica encontrarás una aplicación para trazar trayectorias y determinar desplazamientos en un plano cartesiano:  
<http://www.edutics.mx/Usv>  
 (Consulta: 20 de septiembre de 2018).

**Analiza**

1. Si cada cuadrado de la actividad anterior representa 70 cm de lado, ¿qué distancia se debe recorrer, siguiendo las instrucciones, para llegar al tesoro?
  - a) En la misma actividad propusiste otra forma de llegar al tesoro, ¿qué distancia se recorrería en ese caso?
  - b) Compara la trayectoria que propusiste con un compañero. Si ambos partieron del mismo punto y llegaron al mismo destino, ¿cuál es el desplazamiento en los dos recorridos? ¿Por qué? Escriban sus conclusiones en su cuaderno.

1. Explica la situación inicial de acuerdo con lo que aprendiste sobre los sistemas de referencia.
2. Para cubrir su ruta por la ciudad un autobús se desplaza 5 km hacia el oeste, gira hacia la izquierda y recorre 3 km, da vuelta hacia el este y avanza 10 km, luego recorre 5 km al norte, de nuevo viaja hacia el este 5 km y finalmente se desplaza 2 km hacia el sur.
  - a) ¿Qué distancia recorrió?
  - b) ¿Cuánto mide su desplazamiento?
  - c) Compara tus resultados y discútelos con tus compañeros. Lleguen a una conclusión.
3. En tu cuaderno realiza lo que se te pide.
  - a) Traza el movimiento de un objeto cuyo desplazamiento coincida con su trayectoria. ¿Qué forma tiene la trayectoria?
  - b) Traza la trayectoria de un objeto cuya distancia recorrida sea distinta de cero, pero que su desplazamiento sea cero.
  - c) Si un objeto se encuentra en la coordenada (4, 5) de un plano cartesiano y dos segundos después su posición es (7, 5), ¿qué distancia recorrió en ese tiempo? Describe el desplazamiento correspondiente; las unidades están en metros.

**Cierre**

## L2 La velocidad y la rapidez

### Inicio

¿Conoces la fábula de la liebre y la tortuga? Se trata de una historia escrita por Esopo en la antigua Grecia, y narra que en una ocasión la liebre se burlaba de la lentitud de la tortuga, y ésta la retó a una carrera. La liebre, segura de ganar, aceptó. Una vez iniciada la competencia, la liebre, al avanzar mucho más que la tortuga, pensó que ganaría con facilidad, así que decidió no agotarse y detenerse un rato a comer y descansar. Luego se quedó dormida y la tortuga, a paso lento pero constante, se acercó a la meta. Cuando la liebre despertó se percató de que la tortuga estaba a punto de ganar y corrió lo más rápido que pudo, pero no logró alcanzarla. La tortuga llegó primero a la meta y la liebre perdió la carrera.



En equipo analicen la fábula desde el punto de vista de la Física y contesten en su cuaderno.

- En términos generales, ¿a quién consideran más rápida, a la liebre o a la tortuga? ¿Por qué?
- La tortuga hizo menos tiempo en llegar a la meta, ya que llegó primero. ¿Piensan que por eso fue más rápida? ¿Por qué?
- Si la liebre tardó más tiempo en llegar a la meta, ¿significa que durante la carrera fue más lenta?
- Para ustedes, ¿quién fue la más rápida de la carrera? Argumenten su respuesta.
- En la vida cotidiana escuchamos con frecuencia las palabras "velocidad" y "rapidez". ¿Qué entienden por velocidad? ¿Es diferente a la rapidez?, ¿en qué?
- Comparen en grupo sus respuestas y registren sus opiniones.

### Desarrollo

#### La rapidez, relación distancia-tiempo

La rapidez y la velocidad son conceptos fundamentales en la descripción del movimiento. Aunque en el lenguaje cotidiano se usan indistintamente, desde el punto de vista físico son diferentes.

#### Analiza

- En parejas, y sin hacer operaciones, analicen las siguientes situaciones y respondan.
  - Mario y Jorge van a la escuela en bicicleta. Mario vive a 5 kilómetros de distancia al este de la escuela, y Jorge, a 4 kilómetros, pero al oeste. Si ambos salen de sus casas a las 6:40 y llegan a la escuela al mismo tiempo a las 6:55, ¿quién es más rápido?
  - Cuando salieron de clase, fueron a la casa de Mario a hacer su proyecto de Ciencias. Jorge llegó en 15 minutos y Mario en 20 minutos. ¿Quién fue el más rápido? ¿Por qué?
  - Comparen sus respuestas con otras parejas. ¿Llegaron a la misma conclusión? Argumenten si consideran que hay respuestas incorrectas.

Observa que en la primera situación Mario y Jorge recorrieron diferentes distancias, pero tardaron el mismo tiempo; en el segundo caso recorrieron la misma distancia, pero lo hicieron en tiempos distintos. La **rapidez** es un concepto que involucra distancia y tiempo, y se define como el cociente entre la distancia recorrida y el tiempo para recorrerla, que matemáticamente se expresa como:

$$\text{Rapidez} = \frac{\text{Distancia recorrida } (d)}{\text{Tiempo empleado } (t)} \text{ o } r = \frac{d}{t}$$

**Calcula**

1. En parejas calculen la rapidez de Mario y Jorge a partir de la definición anterior. Consideren que las unidades de tiempo están en horas (h).

$$r_{\text{Mario}} = \frac{\text{Distancia recorrida } (d)}{\text{Tiempo } (t)} = \frac{\text{km}}{\text{h}} =$$

$$r_{\text{Jorge}} = \frac{\text{Distancia recorrida } (d)}{\text{Tiempo } (t)} = \frac{\quad}{\quad} =$$

donde *r* indica la rapidez.

- a) ¿Cómo son los cocientes de ambas operaciones?
- b) ¿Quién fue el más rápido?
- c) Calculen la rapidez para el inciso b de la actividad anterior.
- d) Comparen sus resultados con las respuestas que dieron a la actividad anterior. ¿Sus resultados son consistentes? Expliquen.

Ahora consideremos los desplazamientos de los dos compañeros. Si en una recta numérica (que será nuestro marco de referencia) la entrada de la escuela coincide con el origen y hacia el este consideramos medidas positivas y hacia el oeste, negativas, entonces la posición inicial de Mario (donde inicia su recorrido) es el punto donde se indican 5 km, y la de Jorge -4 km. La posición final (donde termina el recorrido) de ambos es 0 km. El desplazamiento de cada uno se muestra en la figura 1.11.

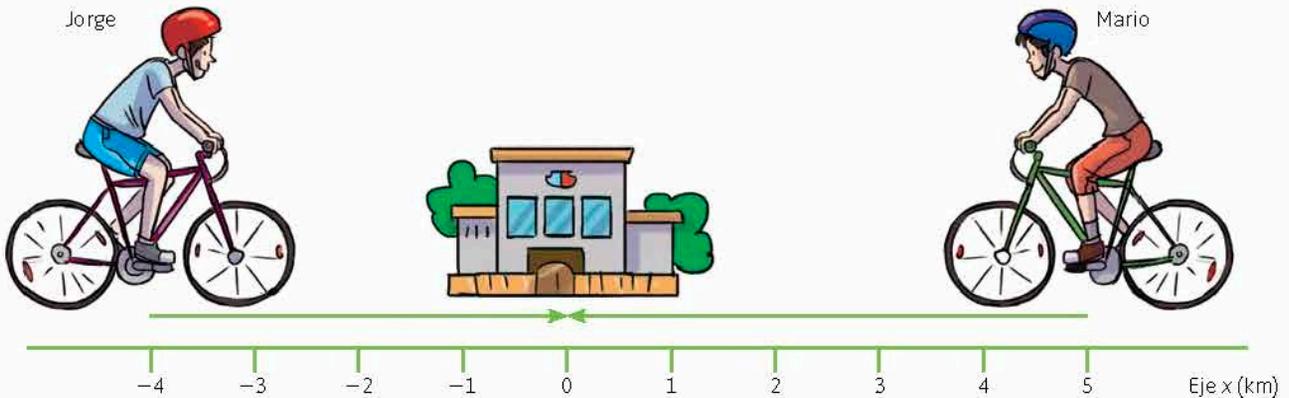


Figura 1.11. La rapidez se relaciona con la distancia; la velocidad, con el desplazamiento.

La **velocidad** es la magnitud que relaciona el cambio en la posición de un objeto (desplazamiento) dividido entre el tiempo, y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Cambio en la posición } (\Delta x)}{\text{Tiempo } (t)} = v = \frac{\Delta x}{t} = \frac{x_f - x_i}{t}$$

donde  $x_i$  es la posición inicial y  $x_f$  la posición final.

### Glosario

G

#### $\Delta x$ .

El símbolo  $\Delta x$  (se lee "delta equis") expresa el cambio en la posición de un objeto y numéricamente es igual a la posición final menos la posición inicial.

#### Milla.

Unidad de medida de longitud usada en algunos países anglosajones y que equivale a 1609.34 m.

### Calcula y analiza

1. En parejas resuelvan lo que se pide y respondan.

a) Calculen la velocidad de Mario y de Jorge de acuerdo con la definición:

$$v_{\text{Mario}} = \frac{\Delta x}{t} = \frac{x_f - x_i}{t} = \frac{\text{km} - \text{km}}{\text{h}} = \frac{\text{km}}{\text{h}} =$$

$$v_{\text{Jorge}} = \frac{\Delta x}{t} = \frac{x_f - x_i}{t} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = \frac{\text{---}}{\text{---}} =$$

- b) Analicen el signo de los resultados y compárenlos con la recta numérica. ¿Cómo es el sentido de los desplazamientos comparado con la orientación de la recta numérica, es decir, con la forma en la que se ubican los números positivos y los negativos? ¿El sentido de la velocidad coincide con el de los desplazamientos?
- c) Comparen en grupo sus respuestas y escriban una conclusión en la que relacionen el sentido de la velocidad y el sentido de los desplazamientos.



Figura 1.12. Distintas unidades para la rapidez y la velocidad.

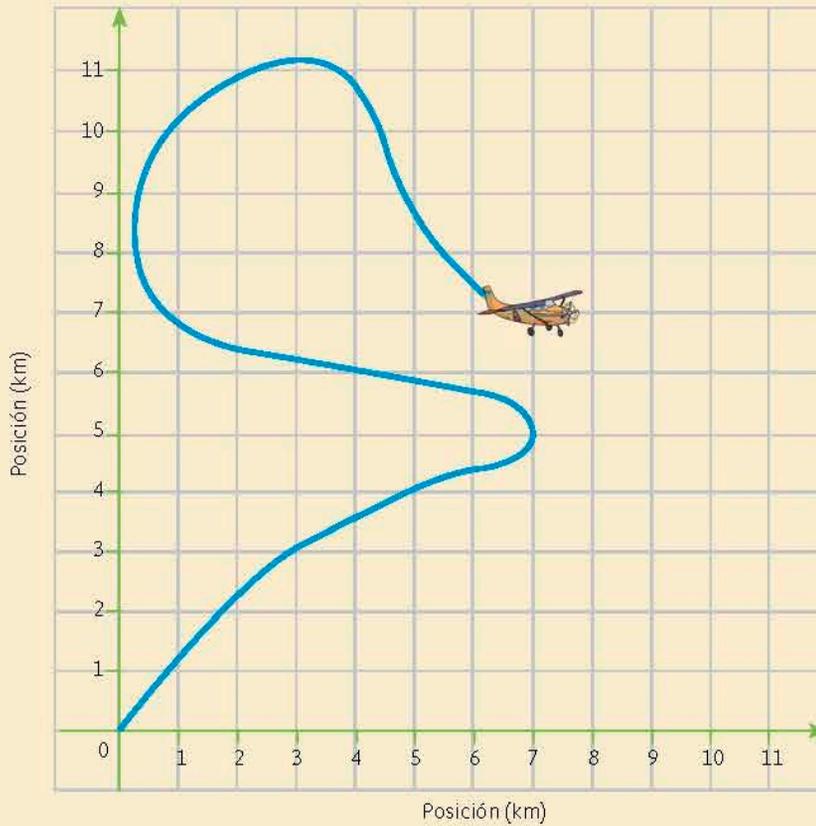
La velocidad es, por tanto, el cociente del cambio de posición de un objeto y el tiempo que tarda en recorrerlo, por lo que incluye dirección y sentido. Así decimos que la rapidez de Mario es de 20 km/h y su velocidad, de  $-20$  km/h, o de 20 km/h en dirección oeste.

Observa que las unidades de la rapidez y de la velocidad son las mismas: unidades de distancia o posición entre unidades de tiempo. En el SI se emplean metros por segundo, m/s, pero también se usan múltiplos o submúltiplos de ellas; por ejemplo, en las carreteras seguramente has visto que la rapidez se indica en kilómetros por hora km/h y en algunos países de habla inglesa se señalan **millas** por hora, mi/h (figura 1.12); la rapidez de la luz es de 300000 km/s; la del sonido en el aire, de 343 m/s y la de un caracol, 1.3 cm/s. ¿Por qué piensas que se expresan en esas unidades?

Cabe mencionar que la rapidez y la velocidad de los ejemplos anteriores corresponden a la **rapidez y velocidad media o promedio**, ya que sólo se consideran tiempos y distancias totales para la rapidez, o las posiciones y tiempos iniciales y finales para la velocidad.

### Calcula y analiza

1. En equipos resuelvan esta actividad. En el plano cartesiano se muestra el movimiento de una avioneta. Obsérvenla, realicen lo que se pide y respondan.



- Midan la distancia recorrida.
- Señalen en el plano el desplazamiento. ¿Cuál es su longitud?
- Si la avioneta realizó su recorrido en 15 min, ¿cuál fue su rapidez media?
- ¿Cuál fue la velocidad media de la avioneta?
- Comparen sus respuestas en **plenaria** y respondan.
  - ¿Cómo determinaron la distancia que recorrió la avioneta?
  - ¿Cómo obtuvieron el desplazamiento?
  - ¿La rapidez y la velocidad de la avioneta fueron iguales o distintas? ¿Por qué?

#### Glosario



##### Plenaria.

Reunión en la que asisten todas las personas que forman un grupo.

En el movimiento en un plano o en el espacio, la rapidez se obtiene determinando la distancia que recorre el objeto en movimiento y se divide entre el tiempo; para la velocidad hay que considerar el desplazamiento que incluye la dirección y el sentido del movimiento.

Es poco probable que la avioneta de la actividad anterior siempre se moviera con la misma rapidez: inició en reposo, después la aumentó al despegar y disminuyó al aterrizar. En este caso, la rapidez que calculaste fue la rapidez media o promedio. Conocer la rapidez de un objeto en cada momento de su trayectoria es más complicado, y se conoce como **rapidez instantánea**, ya que se refiere a un instante preciso.



Figura 1.13. En el movimiento circular un objeto cambia constantemente de velocidad.

Por ejemplo, si un autobús se detiene porque en su trayecto encuentra un semáforo en rojo, en ese momento su rapidez instantánea es cero. De igual manera, a la velocidad de un objeto en un momento preciso se conoce como **velocidad instantánea**.

Observa la figura 1.13. Si el automóvil se mueve alrededor de la glorieta con rapidez constante, ¿su velocidad también es constante? Un objeto puede moverse siempre con la misma rapidez instantánea, pero su velocidad instantánea puede cambiar; por ejemplo, un objeto que se mueve en círculos puede siempre tener la misma rapidez, pero como su dirección cambia en cada momento, su velocidad instantánea no es la misma.



1. Usain Bolt, atleta jamaicano considerado el ser humano más rápido del mundo, posee los récords mundial y olímpico en carreras de 100 y 200 metros planos.

a) En el campeonato mundial de Berlín corrió los 100 metros planos en 9.58 segundos, y en los juegos olímpicos de Londres en 2012, en 9.63 segundos.

• ¿En cuál de las dos competencias fue más rápido? Justifica tu respuesta.

• ¿Cuál fue la rapidez media que alcanzó en ambas competencias?

2. En el ciclismo, el llamado récord de la hora consiste en que el ciclista trate de recorrer la mayor distancia posible en ese tiempo. En enero de 2016, la ciclista australiana Bridie O'Donnell recorrió 46 882 m y en febrero del mismo año la estadounidense Evalyn Stevens, 47 980 m también en una hora.

a) ¿Quién fue la más rápida? Explica.

3. En una zona terrestre representada en un mapa mediante un plano cartesiano donde la dirección

del eje de las  $x$  coincide con la dirección este-oeste, y la del eje de las  $y$ , con la dirección norte-sur, a las 10:39 h un camión se encontraba en la coordenada (20, 20), y a las 11:45 h en la posición (60, 60). Considera que las unidades están en kilómetros y realiza lo siguiente.

a) En tu cuaderno traza un plano cartesiano y, con una escala adecuada, ubica la posición inicial y final del camión.

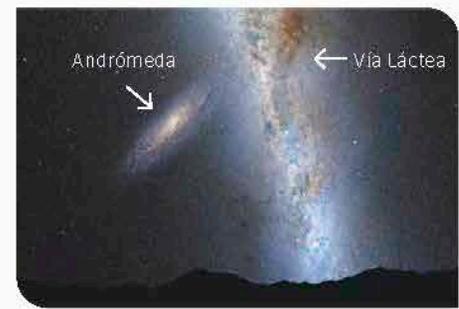
b) Señala el desplazamiento y estima la distancia recorrida a partir de la escala.

c) Determina la rapidez con la que el camión se movió desde la posición inicial hasta la posición final.

d) Describe la velocidad del camión utilizando los puntos cardinales.

e) Verifica en grupo tu procedimiento y tus respuestas.

Al iniciar la secuencia estudiamos que en el Universo todo está en continuo cambio y movimiento, y que el movimiento depende del marco de referencia desde el que se observa. Como sabemos, la Tierra gira sobre su propio eje y completa una vuelta en 24 horas, pero además, nuestro planeta se mueve alrededor del Sol dando una vuelta cada año. Asimismo, el Sol se mueve alrededor de la galaxia con una rapidez de 792 000 km/h jalando con él a todo el Sistema Solar, y nuestra galaxia, la Vía Láctea, se acerca a su vecina, la galaxia de Andrómeda con una rapidez de 468 000 km/h, figura 1.14. Y no sólo eso, las galaxias se mueven alejándose a grandes velocidades. Una vez más cabe la pregunta: ¿nos movemos?, ¿con qué rapidez?



**Figura 1.14.** Andrómeda y la Vía Láctea vistas desde la Tierra. Si continúan moviéndose con la misma rapidez, colisionarán en 5000 millones de años.

### Calcula y reflexiona

1. En parejas resuelvan las preguntas y respondan.
  - a) Si la circunferencia de la Tierra es de 40075 km, ¿con qué rapidez se mueve una persona que se encuentra sobre el ecuador?
  - b) Nuestro planeta se mueve en una órbita casi circular de aproximadamente 150 000 000 km alrededor del Sol. ¿Cuál es su rapidez de traslación?
  - c) Un avión supersónico puede volar con una rapidez de 1225 km/h. ¿Qué distancia recorrería con esa rapidez en 12.5 h?
  - d) Una nave espacial se desplaza con una rapidez de 40 300 km/h. ¿Cuánto tiempo tardaría en llegar a la estrella Próxima Centauri que está a una distancia aproximada de 9 461 000 000 000 km?
  - e) Próxima Centauri es la estrella más cercana a nosotros después del Sol. Si la humanidad se aventurara en viajar a ella, ¿cuántas generaciones tendrían que pasar para llegar? Considera 70 años para cada generación.
  - f) La rapidez máxima posible en el Universo es la velocidad de la luz, que es cercana a los 300 000 km/s. Si un rayo de luz del Sol tarda casi 8 minutos con 19 segundos en llegar a nuestro planeta, ¿cuál es la distancia de la Tierra al Sol?
  - g) Compartan en grupo sus respuestas y validenlas. Propongan procedimientos para resolver problemas semejantes a los de esta actividad.

1. Analiza nuevamente el problema de la liebre y la tortuga.
  - a) Considerando la carrera completa, ¿quién logró mayor rapidez media o promedio, la liebre o la tortuga?
  - b) ¿En algunos momentos de la carrera la liebre fue más rápida que la tortuga? ¿En cuáles? ¿En qué momentos la tortuga fue más rápida que la liebre? ¿En esos momentos la rapidez correspondió a la rapidez media o a la instantánea?
  - c) ¿Qué información necesitarías para calcular la rapidez media de la liebre y de la tortuga?, ¿y para calcular la velocidad media?
  - d) Compara tus respuestas con las que hiciste al inicio de la lección. ¿Cómo cambiaron? ¿Consideras que hubo un progreso en tu aprendizaje? Explica.

Cierre

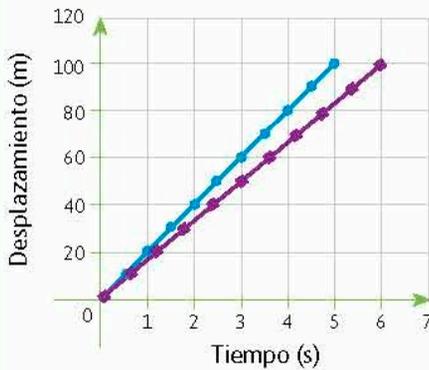
### L3 Gráficas que representen la velocidad (desplazamiento vs. tiempo)

#### Inicio

1. En la siguiente tabla se registran los datos de desplazamiento y tiempo de Relámpago y Arabela, dos caballos de carreras, durante una competencia en un tramo recto. Los desplazamientos se miden desde el lugar de salida que corresponde al origen.

Desplazamiento (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tiempo Relámpago (s)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Tiempo Arabela (s)	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0

La gráfica muestra los datos de la tabla. Analíenla en equipo y respondan en su cuaderno.



- ¿Cuál gráfica representa el movimiento de Relámpago?, y ¿cuál el de Arabela? ¿Cómo lo supieron?
- Si la pista de carreras mide 100 m de largo, ¿cuál de los dos caballos fue el ganador? ¿Cómo lo saben?
- Expliquen con sus propias palabras qué significa que las gráficas que relacionan desplazamiento y tiempo en la carrera de Relámpago y Arabela sean líneas rectas.
- Comparen en grupo sus respuestas y argumenten si consideran que hay respuestas incorrectas.

#### Desarrollo

### Gráficas de rapidez, relación distancia-tiempo



**Figura 1.15.** René Descartes, destacado matemático, físico y filósofo francés, entre cuyos principales aportes está haber relacionado la geometría con el álgebra.

En el siglo XVII, **René Descartes** (1596-1650) ideó los “planos cartesianos”, que ya utilizamos en la primera lección de esta secuencia, los cuales facilitan el estudio de las gráficas. Las gráficas son valiosas herramientas porque permiten representar las relaciones entre dos grupos de datos, como los de desplazamiento y tiempo del ejemplo anterior. En el eje horizontal, o de las  $x$ , ubicamos los valores del tiempo, y en el eje vertical, o de las  $y$ , los datos de desplazamiento. Así, a cada par ordenado de posición y tiempo de cada caballo le corresponde un punto en la gráfica.

Observa que en la tabla los datos de desplazamiento de Relámpago y Arabela aumentan de manera proporcional a los del tiempo; si el tiempo aumenta al doble, de 0.5 s a 1.0 s, la distancia con respecto a la línea de salida que recorre Relámpago también aumenta al doble, de 10 m a 20 m; si el tiempo aumenta al triple, de 0.5 s a 1.5 s, la distancia también se incrementa al triple, de 10 m a 30 m, y, como has visto en tu curso de Matemáticas 1, esto significa que se trata de una relación de proporcionalidad directa.

La gráfica de la relación entre desplazamiento y tiempo de cada caballo se representa por una línea recta que pasa por el origen, lo cual también significa que se trata de una relación de proporcionalidad directa.

### Calcula y relaciona

- En las relaciones de proporcionalidad directa, la constante de proporcionalidad (que estudiaste en tus cursos de Matemáticas) relaciona los valores de un conjunto con los del otro conjunto; en este caso, los valores de desplazamiento y el tiempo transcurrido.
  - En equipo calculen la constante de proporcionalidad que corresponde al recorrido de Relámpago.

$$c_{\text{Relámpago}} = \frac{\text{Valor del desplazamiento}}{\text{Valor del tiempo}} = \underline{\hspace{2cm}} =$$

- Calculen su velocidad.

$$v_{\text{Relámpago}} = \frac{\text{Cambio de posición}}{\text{Valor del tiempo}} = \underline{\hspace{2cm}} =$$

- Calculen la constante de proporcionalidad que corresponde a Arabela.

$$c_{\text{Arabela}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} =$$

- Calculen su velocidad.

$$v_{\text{Arabela}} = \frac{\text{Cambio de posición}}{\text{Valor del tiempo}} = \underline{\hspace{2cm}} =$$

- Comparen sus resultados. ¿Qué observan?

Verifica que, si multiplicas la constante de proporcionalidad por los valores de tiempo, obtienes los de desplazamiento. ¿Esta relación se cumple para cualquier intervalo? Compruébalo.

Observa que la constante de proporcionalidad corresponde a la velocidad. Si la velocidad de un móvil no cambia en todo su recorrido, se dice que se mueve con **velocidad constante** y su representación gráfica es una línea recta. Existe una relación entre la inclinación y la velocidad: a mayor inclinación, mayor velocidad y a menor inclinación, menor velocidad. ¿A quién corresponde la gráfica más inclinada, a Relámpago o a Arabela?

Hasta el momento hemos considerado desplazamiento de los caballos y tiempo y los hemos relacionado con la velocidad, pero también podemos tener en cuenta sólo valores de distancia y tiempo que, como sabes, se relacionan con la rapidez.

## Calcula y explica

1. En parejas consideren la siguiente situación. Un objeto se mueve en línea recta como se indica en la tabla.

Posición (m)	10	8	6	4	2	0
Tiempo (s)	0	1	2	3	4	5

- ¿El objeto se acerca o se aleja del origen del sistema de referencia?
- Calculen su velocidad.
- ¿Qué significa el signo del resultado?
- Tracen en su cuaderno la gráfica correspondiente. ¿Cómo es la pendiente de la gráfica? ¿Qué relación tiene con el signo de la velocidad?
- Comparen en grupo sus respuestas y con base en ellas expliquen cómo es el movimiento del objeto.

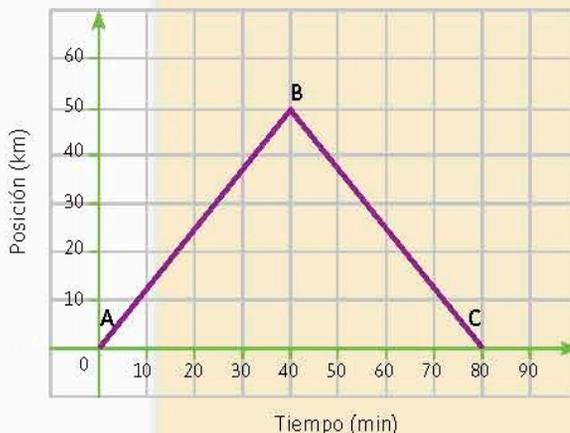
La pendiente es una medida de la inclinación de una recta. Cabe mencionar que sólo en el movimiento en una dimensión y en sentido positivo creciente del marco de referencia la distancia que recorre un objeto a partir del origen coincide con su desplazamiento. En este caso la gráfica desplazamiento-tiempo será igual a la de distancia-tiempo correspondiente. Si el objeto no se mueve en línea recta, no es posible hacer una gráfica de posición-tiempo como las anteriores; por tanto, es más conveniente graficar distancia-tiempo.

## Conoce más



Consulta la siguiente página electrónica: <http://www.edutics.mx/w/s> para observar la relación entre la pendiente de la gráfica posición-tiempo de un objeto con movimiento rectilíneo uniforme y su velocidad. Toma en cuenta que la posición se indica con la letra  $s$ . (Consulta: 11 de septiembre de 2018).

## Calcula y explica



1. Observa que esta segunda gráfica representa el movimiento de un autobús en una carretera recta.
- ¿Qué distancia recorrió?
  - ¿Cuál fue su desplazamiento?
  - ¿Cuál fue su rapidez del punto A al punto B? ¿Y del punto B al C?
  - ¿Su rapidez fue constante? ¿Y su velocidad?
  - Validen en grupo sus respuestas. Argumenten si identifican respuestas erróneas.

La representación gráfica de un movimiento con rapidez o velocidad constante corresponde a una línea recta, pero no es la única forma que adquiere una gráfica. Esta puede ser curva (como verás en la siguiente lección) o de forma irregular, según el tipo de movimiento. Cuando un objeto se mueve en línea recta y con rapidez constante, es decir, con velocidad constante, se denomina **movimiento rectilíneo uniforme** [MRU].

**Experimenta** ¿Podemos observar el movimiento rectilíneo uniforme?

**Propósito**

Observar y describir el movimiento de un objeto ligero al caer. Identificar las variables de distancia y tiempo involucradas, sus relaciones y su representación gráfica. Trabajen en equipos. Para hacer sus mediciones consulten el Anexo de la página 268.

**Material**

Pañuelo desechable, flexómetro o regla, cronómetro (puedes usar el de un reloj digital o el de un teléfono móvil) y cinta adhesiva.

**Procedimiento**

1. Sujeten el pañuelo desechable por su parte media, comprímalo y tuérganlo un poco con los dedos. Observen la fotografía del inciso a.
2. Extiendan el resto del pañuelo para que tenga la forma que muestra la fotografía del inciso b.
3. En la pared de un lugar cerrado sin corrientes de aire, hagan marcas con cinta adhesiva desde el piso hacia arriba cada 50 cm hasta una altura de 2.5 m.
4. Un integrante se subirá a un objeto firme y resistente, y dejará caer el pañuelo desde la altura de 2.5 m.
5. Midan el tiempo que tarda el pañuelo en cruzar cada una de las marcas. Inicien el conteo tanto de distancia como de tiempo a partir de que el pañuelo cruce la marca de 2 m.
6. Lleven a cabo el experimento en varias ocasiones, calculen el promedio de tiempo para cada altura y escriban sus resultados en una tabla.



**Análisis de resultados y conclusiones**

1. Grafiquen los datos de distancia y tiempo promedio para cada medición.
  - a) ¿Qué forma tiene la gráfica? ¿Qué tipo de movimiento representa?
  - b) Si el objeto pudiera cubrir distancias mayores, ¿podrían decir cuál sería el tiempo en el que recorrería 3 m sin hacer más mediciones? Expliquen.
  - c) Obtengan la rapidez de cada par de datos de distancia y tiempo. ¿Podrían asegurar que la rapidez es constante? ¿Por qué? ¿Consideran que esto es una muestra de que los objetos caen con rapidez constante? Discútanlo en grupo.

Las gráficas nos sirven para describir y predecir el movimiento. A partir de ellas es posible determinar cómo se moverá un objeto en un rango mayor que el que proporcionan los datos, o conocer un dato en valores intermedios a los tomados.

1. Responde nuevamente las preguntas del inicio de la secuencia, compara tus respuestas con las primeras y verificalas con lo que has aprendido.

**Portafolio**

**P**

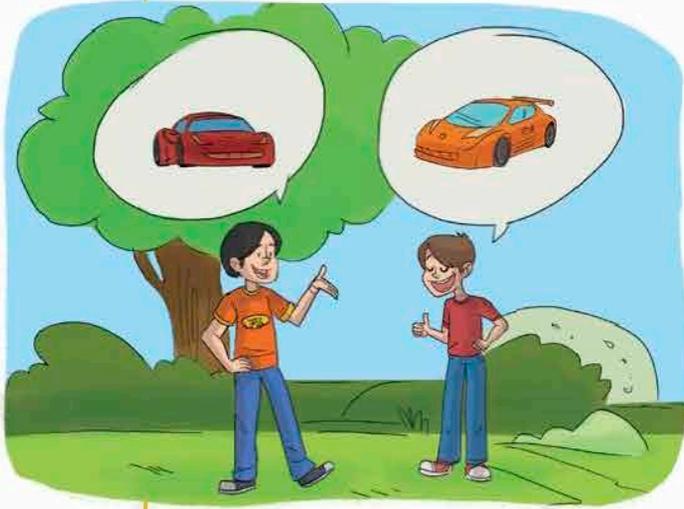
En equipo diseñen una actividad en la que un objeto se mueva con velocidad constante. Midan y grafiquen las variables involucradas. Preséntelo ante el grupo y guárdelo en su portafolio de evidencias.

**Cierre**

## L4 La aceleración como cambio de la velocidad

### Inicio

1. Rufo y Pargo hablan sobre su afición favorita, los autos deportivos:



—¿Sabes, Pargo? Lo he pensado bien, definitivamente el SSC Littorina es el auto de mis sueños.

— Como tú digas, Rufo. Aunque no sé por qué lo prefieres.

— Fácil, es el más rápido: ¡alcanza su velocidad máxima de 413 km/h, yendo de 0 a 100 en 2.7 segundos!

— ¡Oh, ya veo!..., me parece que en cuestión de autos todavía eres un novato.

— ¿Por qué?

— Es mejor el *Strombus Gigas*: velocidad máxima de 407 km/h, y va de 0 a 100 en 2.5 segundos.

— No entiendo cómo puedes preferir el *Strombus*. Es más lento, ¿no?

— A ver, Rufo, ¿qué auto alcanzará primero su velocidad máxima?

— Mmmh...

En equipos discutan y respondan.

- ¿Cómo puede responder Rufo a la pregunta de Pargo?
- El dato de que un auto tarda cierto tiempo en pasar de 0 a 100 km/h, ¿significa que tarda ese mismo tiempo en ir de 100 a 200, de 40 a 140 km/h, etcétera?
- ¿Qué entienden por aceleración?
- ¿Cómo cambia la rapidez de un objeto cuando frena?
- Compartan en grupo sus respuestas y válidenlas.

### Desarrollo

#### La aceleración

Es fácil darse cuenta de que, en la mayoría de los movimientos de la vida cotidiana,



Figura 1.16. En la vida cotidiana los objetos cambian constantemente su velocidad (rapidez o dirección).

la velocidad de los objetos no se mantiene constante. Los móviles que nos rodean cambian con frecuencia su rapidez o su dirección, es decir, modifican su velocidad (figura 1.16). Conocer la forma en que cambia la velocidad de un cuerpo, tanto en rapidez como en dirección, permite anticipar la manera en que se moverá.

Muchos son los factores que afectan el movimiento de un cuerpo, pero ahora nos concentraremos en los cuerpos que se mueven en línea recta, suponiendo que no les afecta la **resistencia** que oponen el aire o las superficies sobre las que se mueven.

**Experimenta** El movimiento acelerado**Propósito**

Analizar **cuantitativamente** cómo varía la velocidad de un objeto que desciende por un plano inclinado.

**Material**

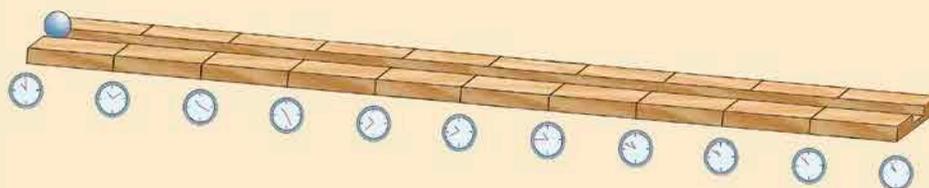
Una canaleta o riel recto rígido de 2 m de largo; libros y revistas; una canica, balón u otro objeto que pueda rodar libremente por la canaleta; cinta métrica; marcador, y reloj con cronómetro.

**Procedimiento**

1. En equipos marquen líneas cada 20 cm en los costados de la canaleta y numérenlas; el punto donde iniciarán las mediciones deberán marcarlo como cero.



2. Con algunos libros y revistas levanten unos 2 cm el extremo de la canaleta marcado con el cero.
3. Un integrante del equipo colocará la canica en la marca 0 y a una señal la soltará para que ruede; los demás miembros del equipo deberán tomar el tiempo que tarda en cruzar cada marca. (Practiquen este procedimiento para mejorar la precisión de sus mediciones antes de registrarlas.)



4. Registren en una tabla los tiempos y las distancias que recorre la canica. Pueden hacer varias mediciones y calcular el promedio para obtener valores más confiables que describan mejor el movimiento que se observa.
5. Con esos valores de distancia y tiempo calculen la rapidez media de la canica o balón entre cada par de marcas **adyacentes**. ¿Cuánto vale la rapidez de la canica en el instante cero, justo al soltarla? Incluyan los resultados en una nueva columna de la tabla.
6. Realicen una gráfica rapidez-tiempo en papel milimétrico (el tiempo en el eje horizontal y la rapidez en el vertical).

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Cómo es la rapidez de la canica conforme desciende por la tabla?
- b) ¿La relación entre la rapidez y el tiempo es directamente proporcional? Justifiquen su respuesta.

**Glosario**

G

**Resistencia.**

Oposición que presenta un objeto al cambio, o a la acción de una fuerza.

**Cuantitativo.**

Referido a la cantidad, es decir, a variables medibles.

**Adyacente.**

Cercano o unido a una cosa u objeto.

- Obtengan la constante de proporcionalidad en la relación entre la rapidez y el tiempo para la gráfica.
- Repitan el procedimiento aumentando ligeramente la inclinación de la tabla.
- ¿Cómo es ahora la gráfica? ¿Qué semejanzas y diferencias encuentran con la anterior?
- ¿Cómo sería la gráfica si aumentan cada vez la inclinación de la tabla? ¿Por qué?
- Compartan en grupo sus respuestas y escriban una conclusión sobre el tipo de movimiento de la canica sobre la canaleta.

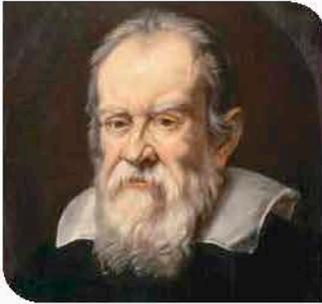


Figura 1.17. Galileo Galilei.

**Galileo Galilei** (1564-1642), médico, matemático, ingeniero, astrónomo y físico italiano famoso por sus descubrimientos con el telescopio (figura 1.17): fue el primer ser humano en observar los cráteres de la Luna y sus montañas; en ver que alrededor de Júpiter giraban pequeños planetas (satélites); en descubrir que la Vía Láctea es un conjunto de estrellas, y observar las manchas solares, entre otros hallazgos. Sin embargo lo más importante para la ciencia fue que por medio de experimentos cuantificados comprobara sus ideas, es decir, con cantidades numéricas. Con ello relacionó los fenómenos físicos con las matemáticas y dio origen al **método científico**.

### Glosario



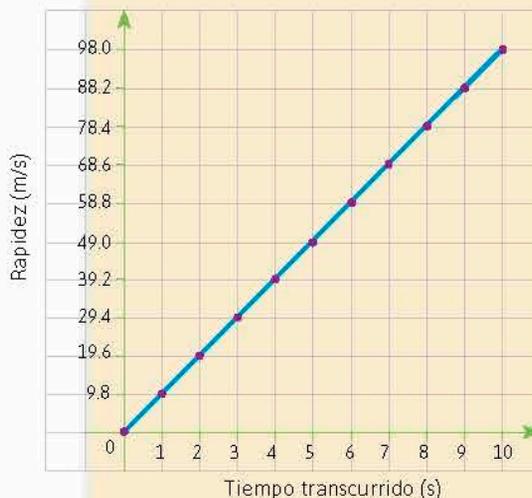
#### Caída libre.

Movimiento de un objeto que cae por acción de su propio peso sin considerar agentes que lo afecten como el rozamiento con el aire.

Uno de los muchos aspectos que estudió durante su vida fue la caída de los cuerpos, algo realmente complicado para su tiempo, ya que en ese entonces no existían relojes precisos para medir el tiempo que un objeto tardaba en caer. Para solucionar este problema experimentó con bolas de bronce que dejaba rodar sobre un plano inclinado y medía el tiempo con un reloj de agua. Con estos experimentos logró demostrar que los objetos caen con la misma aceleración (velocidad variable).

### Observa y analiza

- La gráfica ilustra la relación entre la rapidez y el tiempo de un objeto que realiza un movimiento de **caída libre**. En el eje horizontal se muestra el tiempo transcurrido desde que el objeto se suelta y en el eje vertical, la rapidez con que se mueve desde el reposo.
  - ¿Cuál es la rapidez del objeto al iniciar la caída, es decir, en  $t = 0$  s?
  - ¿Cuál es su rapidez en el tiempo  $t = 1$  s? ¿Y en los tiempos  $t = 2$  s,  $t = 4$  s o  $t = 10$  s?
  - ¿Cómo cambia la rapidez conforme transcurre el tiempo?
  - De acuerdo con la forma de la gráfica, ¿qué tipo de relación existe entre el tiempo y la rapidez con que cae el objeto?
  - En esta relación, calcula el valor de la constante de proporcionalidad.
  - Compara tus respuestas con tus compañeros. ¿Llegaron a las mismas conclusiones? Valídenlas en grupo y escríbelas en tu cuaderno.



En el movimiento de caída libre, la rapidez aumenta siempre de la misma manera; crece 9.8 m/s por cada segundo: en el primer segundo la rapidez es  $9.8 \text{ m/s} = 9.8 \text{ m/s} \times 1$ ; en el siguiente,  $19.6 \text{ m/s} = 9.8 \text{ m/s} \times 2$ ; en el tercer segundo,  $29.4 \text{ m/s} = 9.8 \text{ m/s} \times 3$ , etcétera. Con esta observación podemos prever cómo será la rapidez de un objeto en caída libre en cualquier momento:

$$\text{Rapidez} = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{Tiempo.}$$

Esto significa que el cambio en la rapidez en caída libre es uniforme: la relación entre rapidez y tiempo es de proporcionalidad directa, y el número 9.8 es la constante de proporcionalidad.

Si en la actividad de la página 37 tú y tus compañeros encontraron gráficas parecidas a la de la página 38, entonces podríamos repetir el mismo análisis y llegar a una ecuación parecida a la precedente, ¿cierto? ¿Cuál sería la diferencia entre las ecuaciones? En todos los casos la relación entre la rapidez y el tiempo debería ser proporcional. Así, al generalizar la ecuación anterior tendríamos:

$$r = ct,$$

donde  $c$  es la constante de proporcionalidad. Despejándola obtenemos:

$$c = \frac{r}{t} = \frac{\text{Rapidez}}{\text{tiempo}}.$$

Esta es una variable **cinemática** muy importante que en física recibe el nombre de **aceleración**, y que se define como el cambio de la velocidad de un objeto con respecto al tiempo (no sólo en caída libre, sino en cualquier movimiento) y que, al igual que la velocidad, incluye dirección y sentido:

$$\text{Aceleración} = \frac{\text{Cambio de velocidad}}{\text{Intervalo de tiempo}}, \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i},$$

donde  $v_f$  es la velocidad final;  $v_i$ , la velocidad inicial;  $t_i$ , el tiempo inicial que se considera para calcular la aceleración y  $t_f$ , el tiempo final;  $\Delta v$  es el cambio en la velocidad, y  $\Delta t$ , el intervalo de tiempo en el que ocurre tal cambio. En el SI las unidades de la velocidad son m/s y las del tiempo, s; por tanto:

$$\text{unidades de aceleración} = \frac{\text{unidades de velocidad}}{\text{unidades de tiempo}} = \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\frac{\text{s}}{1}} = \frac{\text{m} \times 1}{\text{s} \times \text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

En caída libre, todos los objetos descienden con la misma aceleración. Tal aceleración se conoce como aceleración de la gravedad; se denota con la letra  $g$ , y en cualquier punto cercano a la superficie de nuestro planeta es aproximadamente:

$$g = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

### Pistas para mi proyecto

Desde tiempos antiguos los seres humanos han inventado máquinas para transportarse y así ahorrar tiempo y esfuerzo al cubrir grandes distancias. ¿Te gustaría diseñar un móvil para transportar cargas o simplemente para jugar? ¿Cómo lo harías?

### Glosario

#### Cinemática.

Rama de la física que estudia los movimientos, así como su clasificación y descripción, sin atender las causas que lo producen.



**Figura 1.18.** En el movimiento **curvilíneo** siempre existe aceleración. ¿Por qué?

### Glosario



**Curvilíneo.**  
Formado por líneas curvas.

En las situaciones que hemos analizado, cambia la rapidez, y si cambia la rapidez, entonces cambia la velocidad; sin embargo, si un objeto cambia la magnitud de su velocidad (rapidez) o su dirección o sentido, entonces tiene un movimiento acelerado (figura 1.18).

### Resuelve

1. Un automóvil cambia su rapidez de 22.22 m/s a 26.388 m/s en 5 s, mientras que un autobús pasa del reposo a 15 km/h en 5 s. Calcula la aceleración de cada uno y compáralas.
2. Un ciclista se desplaza con una rapidez de 10 m/s, pero al llegar a una pendiente experimenta una aceleración de  $4 \text{ m/s}^2$  durante 9 s. ¿Cuál es su rapidez final?
3. Si la propaganda de un automóvil afirma que puede aumentar su velocidad de 0 a 100 km/h en 10 segundos, ¿cuál es su aceleración?
4. Valida tus resultados con tus compañeros.

### La aceleración y la distancia recorrida

#### Observa y analiza

1. En equipos retomen los resultados de la actividad de la página 37. Grafiquen la distancia que recorre la canica en relación con el tiempo. ¿Qué forma tiene la gráfica? ¿Consideran que la relación es de proporcionalidad directa? ¿Por qué?
2. Observen la tabla siguiente que muestra la distancia que un objeto en caída libre recorre con el paso del tiempo.

Tiempo transcurrido (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distancia recorrida (m)	0	4.9	19.6	44.1	78.4	122.5	176.4	240.1	313.6	396.9	490

- a) ¿La relación entre la distancia y el tiempo es proporcional? ¿Por qué?
  - b) En un plano cartesiano tracen la gráfica que corresponde a los datos de la tabla. ¿Qué forma tiene la gráfica?
  - c) De acuerdo con la forma de la gráfica, ¿podrían decir si la relación entre las variables es proporcional? ¿Por qué?
3. En la siguiente tabla eleven al cuadrado los valores del tiempo y tracen la gráfica correspondiente.

Tiempo transcurrido al cuadrado ( $s^2$ )	0	1	4								
Distancia recorrida (m)	0	4.9	19.6	44.1	78.4	122.5	176.4	240.1	313.6	396.9	490

- a) ¿Qué tipo de relación existe entre las variables? Expliquen su respuesta.
  - b) ¿Cuál es el valor de la constante de proporcionalidad? Calcúlenla.
4. Compartan en grupo sus respuestas y escriban una conclusión.

Como observaste, la distancia recorrida en caída libre es directamente proporcional al cuadrado del tiempo, por lo que podemos escribir:

$$d = ct^2.$$

Si analizas, te darás cuenta que  $c = \frac{1}{2}g$ , por tanto:

$$d = \frac{1}{2}gt^2.$$

Con esta relación podemos calcular la distancia que un objeto recorre en caída libre para cualquier tiempo. Y ésta no es sino un caso particular de la ecuación para cualquier aceleración ( $a$ ):

$$d = \frac{1}{2}at^2.$$

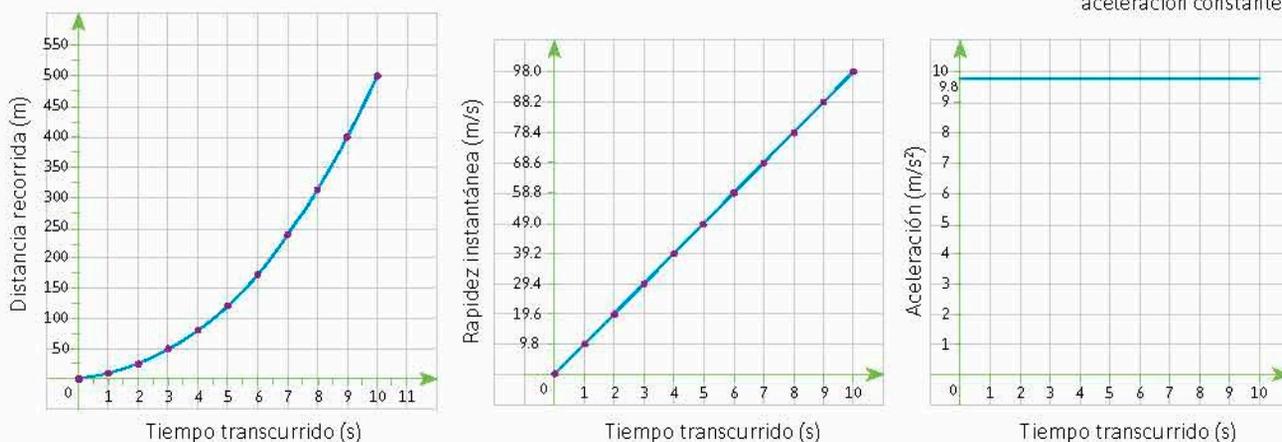
Las ecuaciones anteriores se refieren a objetos que inician su movimiento en reposo, es decir, cuando su rapidez inicial es cero. Una ecuación más general que incluye rapidez inicial distinta de cero es:

$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2.$$

### Gráficas aceleración-tiempo

En resumen, el movimiento en caída libre es un movimiento con aceleración constante, y las gráficas correspondientes se muestran a continuación (figura 1.19).

**Figura 1.19** Gráficas que representan un movimiento con aceleración constante.



1. En equipo analicen la situación inicial y respondan. Expliquen sus respuestas.

- ¿Cuál es la aceleración de cada auto?
- ¿Cuál alcanzará primero su velocidad máxima? ¿Cuál es el más rápido?

Cierre

#### Piensa y sé crítico

- Cuando viajas en automóvil o autobús, probablemente hayas visto el velocímetro, un indicador en el tablero del conductor que mide una magnitud en km/h, pero ¿qué mide realmente el velocímetro: la velocidad o la rapidez?, ¿mide la velocidad o rapidez media, o la velocidad o rapidez instantánea?
- ¿Un objeto que se mueve siempre a una rapidez de 50 km/h puede tener un movimiento acelerado? Argumenta tu respuesta.

## L1 Ondas para "ver"

## Inicio



1. Mario es un apasionado de la música, y como está aprendiendo a tocar la batería, practica todos los días, pero sus familiares y vecinos están molestos por el ruido que hace. ¿Cómo puede reducir el ruido sin dejar de tocar?

## Desarrollo

## El movimiento ondulatorio

¿Has escuchado hablar sobre las ondas? Quizá las más fáciles de ver son las que se forman en el agua; sin embargo, el sonido y la luz también son ondas, los radios y los teléfonos celulares captan ondas, y tal vez te preguntes por qué el horno donde se calienta la comida se llama "de microondas". ¿Cuál es la relación entre las ondas que se forman en el agua y las que aquí mencionamos?

Por experiencia sabes que si golpeas una campana, el sonido que produce puede escucharse a cierta distancia, y si arrojas una piedra a un estanque, a partir del punto donde cae, el agua se mueve hasta los extremos del estanque. Estos fenómenos tienen algo en común: son **ondas**, y a su movimiento se le llama **ondulatorio**.



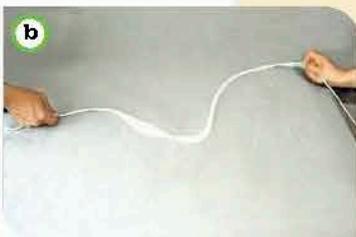
## Experimenta Distintas ondas

## Propósito

Observar algunos tipos de ondas y sus características. Realicen la actividad en equipos.

## Material

Recipiente circular, agua, lápiz, objeto pequeño que flote en el agua, cuerda larga, resorte de alambre delgado o de plástico y cinta adhesiva.



## Procedimiento

En cada paso deben esperar a que el agua esté quieta.

1. Llenen el recipiente con agua y déjenlo en un lugar fijo. Metan y saquen la punta del lápiz del agua una sola vez como muestra la fotografía del inciso a. ¿Qué observan?
2. A continuación metan y saquen la punta del lápiz de manera continua y repetida. Observen el movimiento que se produce. ¿Cómo es?
3. Ahora coloquen el objeto pequeño en el agua y repitan el paso anterior. ¿Cómo se mueve el objeto cuando lo alcanza la onda?

- Coloquen la cuerda en el piso y tómenla por sus extremos. Sin estirla, uno de ustedes muévala rápidamente una sola vez, al ras de suelo y en sentido horizontal perpendicular al largo de la cuerda; el desplazamiento debe ser de unos 15 cm y su mano debe regresar a la posición inicial como muestra la fotografía del inciso b. ¿Qué sucede en la cuerda?
- Repitan el procedimiento anterior, pero moviendo la cuerda varias veces.
- Registren sus observaciones en su cuaderno; incluyan diagramas.
- Coloquen el resorte en forma vertical y ligeramente estirado. Si es necesario, sujeten con cinta adhesiva la parte inferior al piso o a una mesa.
- Tomen el resorte en su parte superior y hagan un movimiento rápido y corto hacia arriba y hacia abajo, regresando de inmediato su mano a su posición inicial (figura c). Pueden repetir este paso hasta lograr un movimiento más fluido.
- Generen varias **perturbaciones** continuas y describan sus observaciones.



### Análisis de resultados y conclusiones

- ¿Qué ocasionó que el objeto que flota sobre el agua se moviera? ¿Se desplazó con la onda? ¿El agua se desplazó desde la perturbación hasta la orilla del recipiente?
- Teniendo como referencia la posición inicial del objeto, ¿en qué dirección se movió cuando pasó la onda? ¿El objeto se desplazó como efecto de la onda?
- ¿Qué forma adquiere la perturbación en la cuerda cuando la mueven una sola vez? ¿Cómo es su movimiento?
- Comparen las características de su cuerda (por ejemplo, grosor, peso, estiramiento) con las de otros equipos y las características de las ondas que produjeron. ¿Qué semejanzas y diferencias encontraron?
- ¿En qué dirección ocurrió la perturbación del resorte? ¿En qué dirección se propagó?
- ¿Qué semejanzas encuentran entre la **propagación** de la perturbación del resorte y la que observaron con el agua y con la cuerda?
- Compartan en grupo sus resultados, expliquen qué se necesita para producir una onda y describan las características de las que produjeron.

### Glosario

G

#### Perturbación.

Variación o cambio en el estado de un objeto o medio físico (por ejemplo, la posición de un cuerpo) respecto a su estado de equilibrio.

#### Propagación.

Hacer que algo llegue a un lugar distinto de donde se produce.

#### Vibración.

Movimiento repetido, corto y rápido alrededor de una posición de equilibrio.

Si arrojas una piedra a un estanque tranquilo, notarás el movimiento de la superficie del agua que, luego de cierto tiempo, llega hasta la orilla. Al golpear el agua, la piedra provoca en ella una perturbación; es esta perturbación la que se desplaza: cada porción de agua se mueve ligeramente de manera horizontal y vertical, describiendo un movimiento que notamos como un vaivén, o **vibración**, que se transmite hasta la orilla del estanque. Una característica del movimiento ondulatorio es que cuando una onda se desplaza no es la materia la que pasa de un lugar a otro a lo largo del medio, sino sólo la perturbación. El movimiento ondulatorio siempre tiene una causa o fuente que lo produce; por ejemplo, las olas del mar se forman cuando el viento agita la superficie del agua.

Cuando sólo se propaga una perturbación recibe el nombre de pulso (figura 1.20a), y si la perturbación es repetida y constante se produce un tren de ondas (figura 1.20b).

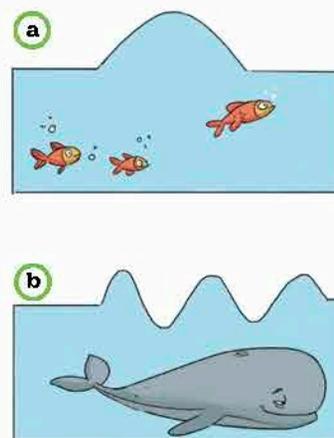


Figura 1.20. a) Representación de un pulso. b) Un tren de ondas.

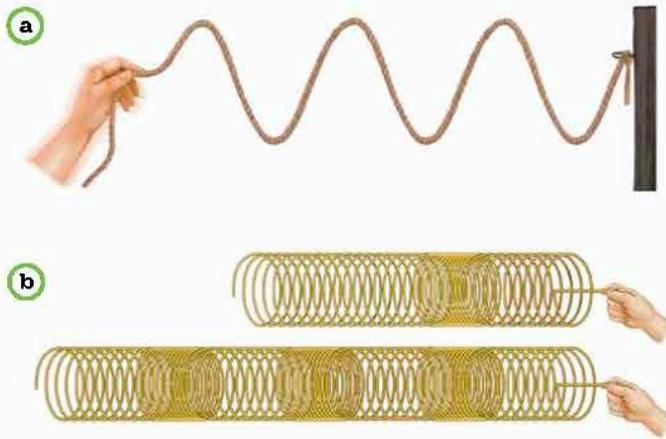


Figura 1.21. a) Onda transversal. b) Onda longitudinal.

### Glosario

#### Compresión.

Acción y efecto de comprimir. Reducir a un menor volumen.

#### Dilatación.

Acción y efecto de dilatar. Hacer que algo ocupe más espacio.

La vibración es perpendicular a la dirección en que se propaga. En la actividad anterior observaste ondas de este tipo en el agua y la cuerda. Por otro lado, cuando la vibración ocurre en la misma dirección en que viaja la onda se le llama **onda longitudinal** (figura 1.21b), que es el caso de la onda en el resorte.

### Características de las ondas

Observa la onda transversal en la figura 1.22a. Las partes más altas de la onda se llaman **crestas** y las más bajas, **valles**. La altura que alcanza la cresta es la **amplitud de la onda** y depende de lo intensa que sea la perturbación inicial; un **ciclo** completo incluye un valle y una cresta. La distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos recibe el nombre de **longitud de onda** (que suele representarse con la letra griega lambda,  $\lambda$ ) sus unidades en el SI son los metros.

En una onda longitudinal observamos zonas de **compresión** y **dilatación** máximas en lugar de crestas y valles, y en este caso la longitud de onda es la distancia entre dos compresiones o dos dilataciones máximas consecutivas.

Como las ondas se propagan, se trasladan en el medio desde el punto donde se originan. El tiempo que tarda una onda o ciclo completo en pasar por un punto fijo se llama **periodo** ( $T$ ) y en el SI se mide en segundos. Otra variable relacionada con las ondas es la **frecuencia** ( $f$ ) y se refiere al número de ondas que pasan por un punto en un segundo y su unidad de medida se denomina hertz (Hz) o ciclos por segundo (ciclos/s); así, una estación de radio que transmite a 960 kHz significa que en cada segundo pasan 960 000 ondas completas por un punto en el espacio. Como el periodo es el tiempo que tarda en cumplirse un ciclo y la frecuencia es el número de ciclos que se cumplen por unidad de tiempo, entonces estas variables son inversas, es decir:  $T = \frac{1}{f}$ .

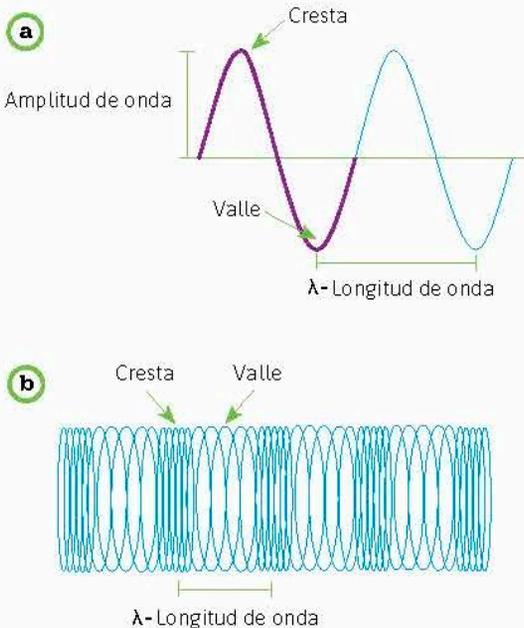


Figura 1.22. a) Partes de una onda transversal. b) Partes de una onda longitudinal.

## Rapidez de propagación

En la secuencia anterior vimos que el concepto de rapidez relaciona la distancia que recorre un objeto y el tiempo que tarda en hacerlo. De igual manera, dado que las ondas se propagan, también lo hacen con una rapidez. Si observamos un punto de una onda (una cresta o un valle) y medimos el tiempo que tarda en cubrir una distancia igual a su longitud de onda, podemos determinar la rapidez con la que se propaga. Si analizas, verás que ese tiempo es igual a su periodo, entonces podemos definir la rapidez de propagación de una onda como:

$$\text{Rapidez de propagación} = v = \text{longitud de onda} \div \text{periodo} = \frac{\lambda}{T}$$

Y como la frecuencia es el inverso del periodo, escribimos:

$$v = \text{longitud de onda} \times \text{frecuencia} = \lambda f.$$

### Calcula

1. El sonido se propaga por medio de ondas en el aire cuando está a una temperatura de 15 °C con una rapidez de 340 m/s. Si la frecuencia de la nota musical *la* es de 440 Hz, ¿cuál es su longitud de onda?
2. ¿Con qué rapidez se propagan las ondas de una estación de radio que transmite con una frecuencia de 1 000 MHz, si la longitud de las ondas que emite es de 0.3 m?
3. Validen sus respuestas en grupo.

## Propiedades de las ondas

**Experimenta** Reflexión, refracción y absorción de las ondas

### Propósito

Observar los fenómenos de reflexión y refracción de las ondas

### Material

Recipiente rectangular, agua, regla que quepa a lo largo del recipiente, trozo de tela de algodón, espejo, control remoto y el aparato que funcione con él, un objeto grande y opaco, vaso con agua, apuntador láser o lápiz y aceite de cocina.

### Procedimiento

1. Viertan un poco de agua en el recipiente rectangular. Coloquen la regla de manera horizontal para meterla y sacarla del agua a fin de producir una perturbación (figura a). Observen qué sucede cuando la onda choca en el otro lado del recipiente.
2. Ubiquen la tela a lo largo del lado donde chocó la onda. Vuelvan a generar una perturbación y observen qué sucede cuando la onda llega a la tela (figura b). Comparen la forma en que rebota la onda con lo que sucede en el paso anterior.



3. Conecten el aparato y verifiquen que funciona al accionar el control remoto.
4. Localicen el sensor del aparato y coloquen un objeto opaco entre él y el control remoto. Accionen el control remoto y vean si hace funcionar al aparato.
5. Coloquen el espejo de manera que quien tiene el control remoto vea el sensor del aparato (figura c). Accionen el control dirigiéndolo hacia el espejo. Al ocupar así el control remoto, ¿permite el funcionamiento del aparato?
6. Agreguen agua hasta la mitad del vaso. Dirijan el haz del láser hacia la superficie del agua o coloquen el lápiz dentro del vaso ligeramente inclinado. No dirijan el láser hacia los ojos de un compañero o animal cercano. Observen la dirección del rayo en el agua o la forma aparente del lápiz.
7. Agreguen aceite en el vaso hasta que alcance unos 3 cm de altura. Vuelvan a dirigir el láser sobre la superficie líquida o coloquen nuevamente el lápiz (figura d). ¿Qué observan?



### Análisis de resultados y conclusiones

- a) En el paso 1, ¿qué pasa a la onda cuando llega al otro lado del recipiente?
- b) ¿Qué sucede con la onda cuando llega a la tela?
- c) ¿Qué diferencias observan entre ambos casos?
- d) ¿Qué ocurre cuando colocan el objeto opaco entre el control y el aparato? ¿Por qué?
- e) Propongan una explicación de los resultados que obtienen al utilizar el espejo en el paso 5.
- f) ¿Qué ocurre con el láser cuando atraviesa el agua? ¿Qué ocurre cuando atraviesa el aceite y el agua?
- g) Comparen en grupo sus respuestas y analicen los resultados. Propongan explicaciones de los fenómenos que han observado.

Hemos señalado que el sonido se propaga mediante ondas. ¿Se escucha igual un sonido en el aire que a través de un objeto sólido, metálico por ejemplo? ¿Se escucha igual que en el agua? El sonido se propaga en distintos medios materiales, y también pasa de un medio a otro, por lo que podemos escuchar, por ejemplo, a través de una puerta de madera.

Cuando una onda **incide** sobre un medio distinto del que se propaga, se presentan tres situaciones interesantes: parte de la onda se refleja, fenómeno que se conoce como **reflexión**. ¿En qué parte de los experimentos que realizaste en esta secuencia observaste la reflexión de las ondas? Con el sonido sucede lo mismo, si las ondas de sonido se reflejan en una superficie dura, se produce el **eco**; ¿lo has escuchado?, ¿en qué circunstancias?

### Glosario



#### Incidir.

Llegar o chocar sobre un lugar, punto o superficie.

Otra parte puede propagarse por un nuevo medio, y como consecuencia cambia su rapidez y dirección; este fenómeno se llama **refracción**, que es lo que ocurrió cuando dirigiste el rayo láser hacia el aceite y el agua. También la refracción explica lo que sucede cuando comes algún alimento crujiente y sientes que estás produciendo un escándalo, aunque nadie parece notarlo: el sonido se propaga de modo distinto en tu cuerpo que en el aire.

En general, los materiales absorben parte de las ondas que reciben, pero algunos en mayor cantidad que otros, y otros absorben mejor algunas frecuencias específicas, como las salas de conciertos (figura 1.23). ¿Qué ocurrió con las ondas de agua cuando chocaron con la tela?, ¿se reflejaron igual que en la pared del recipiente? ¿Has notado que en un cuarto vacío el eco se escucha claramente? Esto no sucede cuando hay muebles y cortinas, ¿por qué?



**Figura 1.23.** Las salas de conciertos están especialmente diseñadas para apreciar mejor las ondas sonoras, aprovechando las propiedades de absorción y reflexión de los materiales.

**Analiza y concluye**

1. En parejas lean la información y respondan.

Los murciélagos son los únicos mamíferos capaces de volar y en su mayoría son animales de vida nocturna. Para localizar a sus presas en la oscuridad, los murciélagos insectívoros emiten sonidos inaudibles para los seres humanos, y por el eco que producen cuando chocan con los objetos son capaces de ubicarlos.

Para observar órganos internos los médicos utilizan ecografías; que usan ondas de ultrasonido que atraviesan la piel humana y rebotan en las partes internas del cuerpo generando información que una computadora convierte en imágenes.

Durante la Segunda Guerra Mundial, científicos y técnicos de diferentes países inventaron el radar, dicho sistema emite pulsos de ondas que chocan con un objeto, rebotan y los recibe un detector (el mismo radar). Así es posible encontrar y calcular la posición y velocidad del objeto.

- a) ¿Qué propiedades de las ondas se aplican en las ecografías y en la **ecolocalización** de los murciélagos? ¿Por qué las imágenes obtenidas por ultrasonido se llaman ecografías?
- b) ¿Por qué las ondas del inciso anterior reciben el nombre de ultrasonidos?
- c) ¿Cuál es la importancia de las ondas en el desarrollo de la tecnología?

**Glosario**

**Ecocalización.** Técnica usada por algunos animales para localizar objetos basada en la emisión de sonidos y en la recepción de sus ecos.

1. Regresa a la situación inicial. ¿Cómo resolverías el problema planteado? ¿Qué propiedad de las ondas aplicarías? Comprueba tus respuestas.

**Piensa y sé crítico**

Las ondas son nuestro medio de comunicación con el mundo: los sonidos e imágenes son ondas que reconocemos con nuestros sentidos, y aunque no percibimos el ultrasonido ni las ondas de radio y televisión también las usamos para comunicarnos. ¿Cómo detectamos las ondas que no percibimos?, ¿qué otros usos les damos?

**Cierre**

Describe, representa y experimenta la fuerza como la interacción entre objetos y reconoce distintos tipos de fuerza. Identifica y describe la presencia de fuerzas en interacciones cotidianas (fricción, flotación, fuerzas en equilibrio).

## L1 La fuerza como interacción entre los objetos

### Inicio



1. Levitar, es decir, elevarse en el aire, ha sido uno de los actos que más han fascinado al ser humano, desde aquellas leyendas de alfombras voladoras en las historias de *Las mil y una noches* hasta los trucos de los “magos” que aún despiertan la admiración de cientos de espectadores.

- ¿Realmente es posible la levitación?
- ¿Qué fuerzas se deben vencer para levantar un objeto?
- ¿Por qué caen las cosas?
- ¿Cómo harías levitar un objeto? Propón un truco y preséntalo ante el grupo; después explica cómo logra levitar.

### Desarrollo

#### ¿Qué es la fuerza?

La palabra “fuerza” se utiliza en distintas situaciones cotidianas; por ejemplo, Gerardo dice que debe asear la casa “a fuerza”, porque prefería ver el fútbol; Angélica afirma que ella y Enrique están unidos por la “fuerza” del amor, pero Jimena opina que es más bien por la “fuerza” de la costumbre, y muchos dicen que doña Agustina es atemorizante porque tiene un carácter “fuerte”. Esta palabra también permite describir lo que se hace en relación con los objetos: a quien puede cargar bultos de 100 kg merece que lo llamemos “fuerte”, y logramos romper algo si lo golpeamos, empujamos, jalamos o lanzamos con la fuerza suficiente. En física este término se utiliza de un modo especial; decimos, por ejemplo, que para mover un objeto pesado, como un auto, hay que aplicar mucha fuerza; en cambio, para mover un objeto ligero, por ejemplo un globo, afirmamos que no se necesita mucha fuerza. Igualmente decimos que para aplastar una lata se necesita de tanta fuerza que sólo una persona muy fuerte puede hacerlo; en cambio, para deformar un poco de plastilina no se requiere gran fuerza.



#### Observa y describe

1. Observen las imágenes en equipo y respondan.
- ¿Qué tipo de fuerzas se manifiestan en cada imagen?
  - ¿Quién o qué aplica cada fuerza? ¿Qué efectos producen?
  - ¿Qué fuerzas experimentan ustedes en su entorno? ¿Cuáles son sus efectos?
  - Compartan en grupo sus respuestas e identifiquen qué tienen en común todas las fuerzas que mencionaron.

En la secuencia 1 vimos que las cosas cambian; sin embargo, no lo hacen por sí solas, sino por su **interacción** con otras. Así, una persona empuja su auto descompuesto para moverlo, el agua de una olla puesta al fuego hierve, las ramas de los árboles se mueven con el viento, un globo inflado con **helio** se eleva, un florero cae al suelo y se rompe. ¿Se te ocurren otros ejemplos? ¿Es necesario que los objetos estén en contacto para que interactúen?

**Glosario**

G

**Interacción.** Acción recíproca entre dos o más objetos.

**Helio.** Elemento químico gaseoso a temperatura ambiente. Es más ligero que el aire.

**Experimenta** Fuerzas de contacto y a distancia**Propósito**

En esta actividad observarás diferentes formas en que interactúan los objetos.

**Material**

Plastilina, un cuadrado de papel de China o de seda de 2 cm por lado, una tachuela, un vaso de plástico transparente desechable, un globo.

**Procedimiento**

1. Con la plastilina pega la tachuela a una mesa, de manera que la punta quede hacia arriba. Dobla el papel por la mitad y colócalo sobre la punta de la tachuela como una tienda de campaña (procura no perforar el papel).
2. A una distancia aproximada de 15 cm sopla sobre el papel; primero ligeramente y luego cada vez más fuerte.
3. Cubre el papel con el vaso. Infla el globo y amárralo; frótalo varias veces sobre tu cabello (que debe estar limpio y seco) y acércalo a diferentes distancias del vaso. Observa.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Qué pasó con el papel en cada situación? ¿Qué objetos interactuaron en cada caso?
- b) ¿En qué caso estuvieron en contacto los objetos que interactuaron?
- c) ¿Qué ocurre si repites el paso 3, pero sin frotar el globo o sin usar el vaso? ¿Y si utilizas otros objetos ligeros, como una pluma de ave o confeti?
- d) ¿Cuál crees que es la intención de utilizar el vaso?
- f) Compartan en grupo sus respuestas y distinguan qué interacciones son de contacto y cuáles a distancia.

En física se distinguen dos tipos de interacciones: por contacto y a distancia. Las primeras, también llamadas **mecánicas**, ocurren si los cuerpos que interactúan entran en contacto físico: cuando se jala, arrastra, empuja, sopla, etcétera, un cuerpo. En las **interacciones a distancia** no es necesario que los objetos involucrados estén en contacto. Todos los objetos interactúan entre sí, es decir, se afectan mutuamente: si jalas algo, sientes un “jalón” del objeto; cuando dos autos chocan, ambos cambian su estado de movimiento y su forma: se detienen o cambian su velocidad, la lámina se comprime, el parabrisas se estrella, etcétera.

**Pistas para mi proyecto**

¿Te gustaría diseñar un mecanismo para transmitir fuerzas? ¿Cómo lo harías?



Figura 1.24. La fuerza magnética actúa a distancia.



Figura 1.25. Los cuerpos caen debido a la fuerza de gravedad que actúa a distancia.

Una **fuerza** es una interacción entre dos o más objetos y se caracteriza por su capacidad de cambiar la forma, el tamaño o el movimiento del objeto sobre el cual se aplica; por ejemplo, cuando comprimes una pelota puedes modificar su forma; si aprietas suficiente, quizá logres desinflarla y cambiar su tamaño, y con un golpe podrás modificar su movimiento.

Es evidente quién o qué ocasiona las interacciones por contacto, en cambio, en las interacciones a distancia, si no contamos con los conocimientos previos al respecto, no siempre es fácil saber quién o qué genera el cambio en los objetos. Así, un alfiler se mueve si le acercamos un imán; este es un ejemplo de interacción magnética a distancia (figura 1.24), mientras que el papel y el globo de la actividad anterior mostraron un caso de interacción electrostática a distancia (en la unidad 2 estudiaremos más sobre los fenómenos relacionados con la electricidad y el magnetismo).

Seguramente has experimentado que al soltar un objeto desde cierta altura éste cae al suelo. ¿Con qué interactúa el objeto para provocar su movimiento de caída? Si el estado de movimiento del objeto se modifica al caer, entonces hay una fuerza actuante. ¿Esa fuerza es de contacto o a distancia? ¿Por qué?

La fuerza que hace caer a los objetos es la misma que mantiene a la Tierra y a los planetas girando alrededor del Sol y recibe el nombre de **fuerza de gravedad**, que estudiarás más adelante. El peso de los objetos es la medida de esa fuerza.

### La medición de la fuerza

¿Cómo podemos medir una fuerza? ¿De qué manera sabemos cuándo se ha aplicado una fuerza y su magnitud? Medir la magnitud de una interacción por su efecto en los objetos indica qué tan grande o pequeña es la fuerza aplicada. En otras palabras, la magnitud de una fuerza está estrechamente relacionada con los cambios (en el movimiento o la forma) que provoca en los cuerpos sobre los que se ejerce: el cambio es el efecto de aplicar una fuerza. Esta propiedad se aprovecha por los dinamómetros. Por ejemplo, algunos utilizan resortes que se estiran o comprimen a la aplicar una fuerza. La magnitud de la deformación indica la fuerza aplicada.

En este momento cabe aclarar que **masa** y **peso** no son lo mismo, la masa es la cantidad de materia que tiene un objeto. Pero existe una relación muy estrecha entre masa y peso: un objeto con más masa es más pesado que uno con menos masa. La masa y el peso son cantidades proporcionales y por eso en la vida cotidiana utilizamos estos conceptos de manera indistinta. En estricto sentido, un dinamómetro no mide la masa, sino el peso de los objetos, es decir, la magnitud de la fuerza. Las unidades de fuerza son los **newtons (N)** (que estudiaremos más adelante). La fuerza que ejerce una masa de 1 kilogramo se conoce como kilogramo-fuerza y equivale a 9.8 N.

### Fuerza de flotación

¿Alguna vez has tratado de sumergir una pelota en una tina con agua? ¿Se sumerge fácilmente una piedra en un estanque? ¿Dónde desciende más rápido una piedra, en el aire o en el agua?



Figura 1.26. Las básculas (a) funcionan con el mismo principio que los dinamómetros (b): utilizan objetos elásticos que se deforman o cuyas propiedades cambian al aplicarles una fuerza.

**Experimenta** La fuerza de flotación

**Propósito**

Experimentar la fuerza de flotación. Realicen la actividad en equipo.

**Material**

Recipiente con agua, dinamómetro, distintos objetos de la misma forma y tamaño pero de diferentes materiales (canicas, balines, pelotas, etcétera) hilo resistente y delgado.

**Procedimiento**

1. Midan y registren el peso de los objetos con el dinamómetro.
2. Cuelguen uno por uno los objetos del dinamómetro y sumérganlos en el recipiente con agua.
3. Registren la medida que marca el dinamómetro con cada objeto cuando está en el agua y compárenlo con su peso. ¿Qué observan?



**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Cómo cambia el peso de los objetos cuando están dentro y fuera del agua?
- b) Calculen la diferencia entre las mediciones anteriores para cada objeto.
- c) Propongan una explicación de sus resultados y compárenlas con la de otros equipos. Valídenlas entre todos.

Todos los objetos sumergidos en algún fluido experimentan una fuerza ascendente. Esta fuerza es la causa de que algunos objetos floten, por lo que se conoce como **fuerza de flotación**.

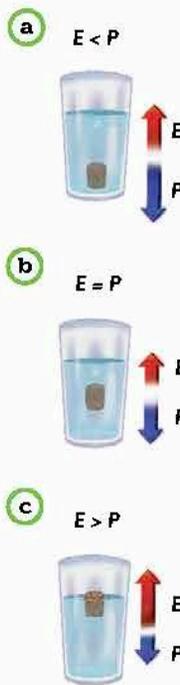
En el siglo III a. n. e. **Arquímedes de Siracusa** (287 a. n. e.-212 a. n. e.), un matemático griego, descubrió que “todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje vertical igual al peso del volumen del fluido desalojado por el objeto”; a esta afirmación se le conoce como **principio de Arquímedes**.

Por tanto, en todo cuerpo sumergido en un fluido, actúan dos fuerzas principalmente: su propio peso y la fuerza de empuje, y dependiendo de la magnitud de éstas se presentan 3 situaciones: si el peso es mayor que el empuje, el cuerpo se hunde (figura 1.27a); si el peso y el empuje son iguales, el cuerpo no se hunde ni emerge (figura 1.27b); si el empuje es mayor que el peso, el objeto flota (figura 1.27c).

El principio de Arquímedes aplica en todos los fluidos, no sólo en líquidos o en el agua. ¿Por qué un globo de helio se eleva?

**Portafolio**

Diseña tu propio instrumento para medir fuerzas y guárdalo en tu portafolio de evidencias.



**Figura 1.27.** Cuerpo sumergido en un fluido. E es la fuerza de empuje y P representa su peso.

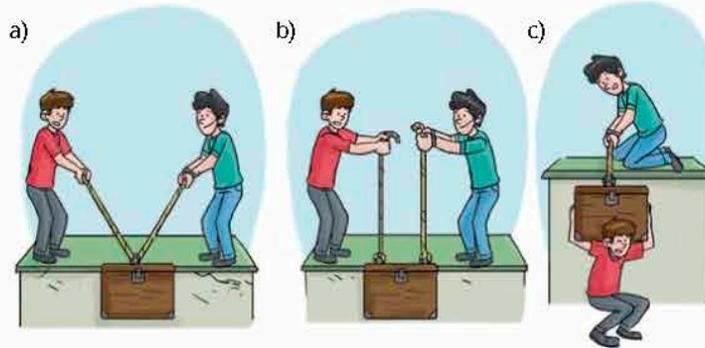
1. Regresa a la situación de la sección Inicio.
  - a) ¿Qué fuerzas debe vencer un objeto para levitar?
  - b) Consideras que es posible la levitación? ¿Por qué?
  - c) ¿Lograste hacer levitar un objeto? ¿Cómo lo hiciste? Explica a tus compañeros su funcionamiento.
  - d) Al final en grupo validen sus respuestas y argúmentenlas.

**Cierre**

## L2 Suma de fuerzas

## Inicio

1. Checo y Manolo deben subir un baúl a la azotea de la manera que les implique el menor esfuerzo y han imaginado las soluciones que se muestran a continuación.



Analicen en parejas las propuestas suponiendo que Checo y Manolo tienen la misma fortaleza física y respondan.

- En su opinión, ¿cuál de las soluciones requiere menor esfuerzo de Checo y Manolo?, ¿cuál requiere mayor esfuerzo? ¿Por qué?
- ¿Creen que algunas de estas soluciones son equivalentes, es decir, que necesitan el mismo esfuerzo de Checo y Manolo? ¿Cuáles serían? ¿Por qué?
- Compartan en grupo sus respuestas. Argumenten para justificarlas.

## Desarrollo

## Fuerza, magnitud y dirección

En la lección anterior vimos que una fuerza puede deformar un cuerpo o modificar su estado de movimiento. Imagina que eres el delantero estrella de tu equipo de fútbol y estás por cobrar el penalti que es la última oportunidad de ganar el partido. Dejando a un lado tu estado de ánimo, tu aplomo y la habilidad del portero, ¿de qué depende que logres meter el gol? La respuesta se refiere propiamente a la física involucrada en esta acción: la fuerza.



Figura 1.28. La fuerza incluye una magnitud, una dirección y un sentido.

Si pateas con mucha fuerza, el balón se moverá con gran rapidez y al portero le resultará más difícil detenerlo o desviarlo; en cambio, si pateas con poca fuerza, será menor la rapidez con la que salga disparado y el portero podría detenerlo más fácilmente. Este “tamaño” o intensidad de la fuerza se llama **magnitud** y se expresa con una cantidad numérica. Por otro lado, es fácil imaginar la dirección que seguirá el balón: si lo pateas a la derecha, saldrá disparado a la derecha; si lo pateas hacia la

izquierda, se moverá en esa dirección. ¿Cómo representarías de manera gráfica estos elementos de la fuerza: magnitud y dirección? A diferencia de otras cantidades, como la temperatura o la distancia, que se expresan con una cantidad numérica, la fuerza requiere indicar la magnitud y la dirección, como en el caso del desplazamiento y la velocidad. Así, la fuerza se representa gráficamente con una flecha cuya longitud, en una escala adecuada, es proporcional a la magnitud de la fuerza, y su dirección y su sentido coinciden con la dirección y el sentido de la fuerza.

## Suma de fuerzas

El concepto de fuerza, como hemos visto, se usa en física para describir la interacción entre dos cuerpos, pero es común que un cuerpo interactúe con más de uno a la vez; cuando varias fuerzas actúan sobre un mismo objeto se dice que forman un **sistema de fuerzas**.

**Experimenta** Observar el efecto de un sistema de fuerzas

### Propósito

En esta actividad construirán un dispositivo para observar los efectos de aplicar diferentes fuerzas sobre un objeto.

### Material

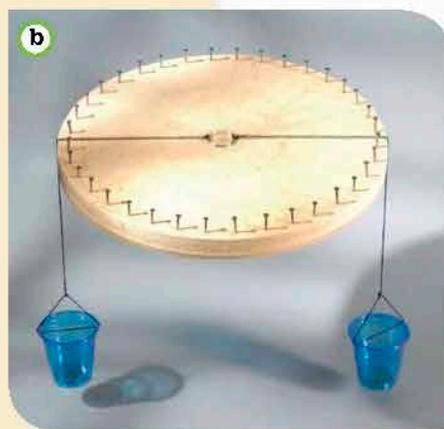
Círculo de madera de 20 cm de diámetro aproximadamente, clavos de  $\frac{1}{2}$  pulgada, transportador, aro metálico, hilo resistente, tres vasitos para gelatina desechables, martillo, varios objetos con el mismo peso (monedas de la misma denominación, canicas de igual tamaño, etcétera).

### Procedimiento

1. En equipos ubiquen y marquen el centro del círculo.
2. Marquen con el transportador ángulos cada 10 grados en toda la circunferencia.
3. Coloquen un clavo en cada marca de los ángulos.
4. Amarren dos trozos de hilo al aro metálico de manera que no queden fijos, sino que tengan movilidad.
5. En los extremos de cada hilo amarren un vaso para colocar los objetos.
6. Pongan el dispositivo en una base de manera que los hilos con los vasos queden libres.
7. Coloquen el aro en el centro del círculo.

### Análisis de resultados y conclusiones

- a) Alineen uno de los hilos con su vaso en el ángulo  $0^\circ$  y coloquen uno de los objetos en el vaso figura b. ¿Qué sucede con el aro? Describan su movimiento.
- b) ¿Cómo será el movimiento del aro si colocan 2 o más objetos? Hagan una predicción y compruébenla experimentalmente. Representen en un diagrama las fuerzas aplicadas y el movimiento del aro.
- c) Coloquen nuevamente el aro en el centro y alineen dos hilos con sus respectivos vasos: uno en el ángulo de  $0^\circ$  y otro en el de  $180^\circ$ . Pongan un objeto en cada vaso. Suelten el aro, ¿qué observan? Representen en un diagrama las fuerzas aplicadas y la dirección en que se mueve el aro.
- d) ¿Qué ocurrirá si colocan diferentes cantidades de objetos en los vasos? Hagan predicciones y verifíquenlas experimentalmente.
- e) Completen en su cuaderno una tabla como la siguiente.



Fuerzas aplicadas		Efecto de las fuerzas	Diagrama de fuerzas
Objetos en el vaso 1	Objetos en el vaso 2		

f) Compartan sus resultado con otros equipos y escriban una conclusión sobre los efectos de aplicar dos fuerzas sobre un objeto en la misma dirección y en igual o diferente sentido.

¿Cómo podemos saber el efecto que tendrán varias fuerzas sobre un cuerpo en particular? Es posible averiguarlo si sumamos las fuerzas considerando sus respectivas magnitudes y direcciones.



Figura 1.29. Comprender el efecto de un sistema de fuerzas sobre un objeto es de gran utilidad práctica, por ejemplo, para transportar cargas muy pesadas de manera segura.

En la actividad anterior observaron el cambio del movimiento del aro metálico al aplicarle distintas fuerzas. ¿En qué dirección y sentido se movió el aro al colocar un objeto en el vaso? ¿En qué dirección y en qué sentido se aplicó la fuerza? ¿Cómo la representaron? ¿Cómo representaron la fuerza aplicada cuando colocaron dos objetos en el vaso? ¿Qué semejanzas y diferencias observan entre las representaciones anteriores?

Observa la figura 1.30, donde las tres flechas representan las fuerzas con que los chicos jalan el coche; la dirección y el sentido de cada flecha están determinados por la orientación y el tiro de la cuerda correspondiente, y la longitud de cada flecha muestra la magnitud de la fuerza aplicada.

Si lo piensas un poco, podrás concluir que un hombre de gran fortaleza física, con una cuerda lo suficientemente resistente, lograría el mismo efecto que los tres chicos juntos, pero aplicando una sola fuerza; es decir, el efecto de esa única fuerza equivaldría a las tres que aplican los chicos.

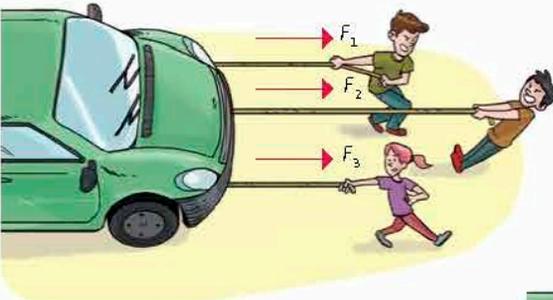
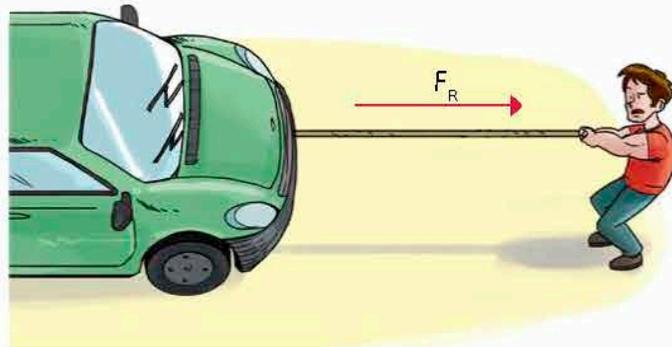


Figura 1.30. Las fuerzas que actúan en la misma dirección y sentido se conocen como **colineales**.

**Glosario** G  
**Colineal.** Se dice de dos puntos que se encuentran en la misma recta.

Figura 1.31. La fuerza resultante equivale a la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto.



¿Qué longitud y dirección debe tener la flecha que representa la fuerza del hombre fuerte? En el diagrama de la figura 1.32 se representan las fuerzas de los tres chicos. Obsérvala y reflexiona.

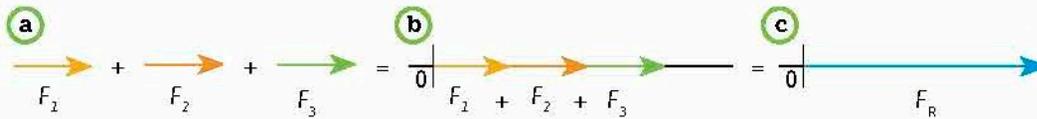


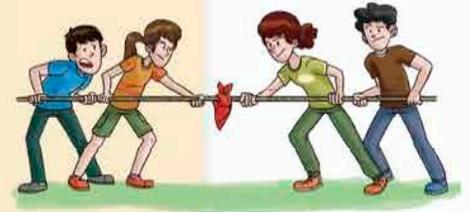
Figura 1.32. Suma de fuerzas.

Como las tres fuerzas actúan en el mismo sentido, las tres tienen la misma dirección y las tres contribuyen al movimiento del auto, así que la fuerza total aplicada es la suma de las tres fuerzas (inciso b). Sin embargo, la fuerza del hombre fuerte equivale a la de los tres chicos, por lo que su magnitud es igual a la suma de las tres anteriores y la dirección es la misma que la de las fuerzas de los tres chicos. A la fuerza equivalente a la suma otras fuerzas se le conoce como **fuerza resultante** ( $F_R$ ).

### Calcula y analiza

Realiza la actividad.

- Supón que los tres chicos que jalan el coche lo hacen con una fuerza de 70 N, 35 N y 52.5 N, respectivamente, y que éstas son las únicas fuerzas que actúan.
  - ¿Cuál es la magnitud de la fuerza resultante?
- Observa las imágenes de la derecha y responde.
  - Si cada chico jala con una fuerza de 50 N, todas las fuerzas actúan horizontalmente y no se consideran otras fuerzas, ¿hacia dónde se mueve el pañuelo en cada caso?
- Compartan en grupo sus procedimientos y resultados. ¿Los consideran correctos? Validen sus respuestas y establezcan un procedimiento para sumar fuerzas que actúan en la misma dirección, ya sea en igual o diferente sentido.



Cuando sobre un objeto en reposo actúan dos o más fuerzas en sentidos opuestos, es posible que el objeto no se mueva. Esto ocurre si se anulan los efectos de las fuerzas, es decir, si la fuerza resultante es 0 N, o puede ocurrir que el objeto se mueva de acuerdo con la magnitud y dirección de la fuerza resultante; por ejemplo, comparen el movimiento del aro metálico de la actividad de la página 53 cuando en un vaso colocan un solo objeto y cuando en un vaso colocan dos objetos y uno en otro, pero en sentido contrario.

### Experimenta Suma de fuerzas no colineales

#### Propósito

En esta actividad observarán el efecto de aplicar más de dos fuerzas en diferente dirección.

#### Material

El dispositivo que construyeron en la actividad de la página 53.

#### Procedimiento

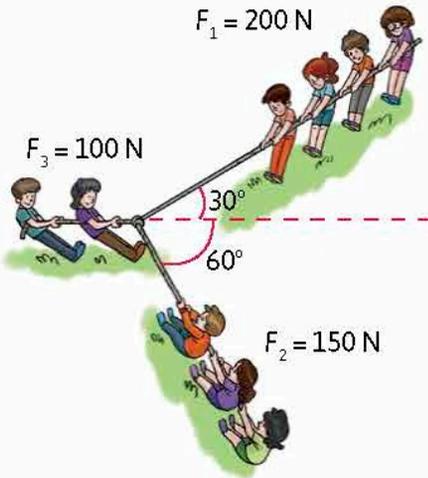
- Amarren un tercer hilo al aro metálico con su respectivo vaso.
- Coloquen el aro en el centro del círculo.



**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) Alineen uno de los vasos en el ángulo  $0^\circ$ , otro en el de  $120^\circ$  y otro en el de  $240^\circ$ .
- b) Sujeten el aro en el centro del dispositivo y coloquen un objeto en cada vaso. Dejen libre el aro y observen su movimiento. ¿Cómo se mueve?
- c) Representen gráficamente las fuerzas que actúan sobre el aro y la fuerza resultante.
- d) Ubiquen los vasos en diferentes direcciones y con distintas cantidades de objetos. En cada caso representen gráficamente las fuerzas actuantes y describan el movimiento obtenido. ¿Cuál es la relación entre el movimiento del aro y la fuerza resultante? ¿Cómo podrían determinar la fuerza resultante? Expliquen.
- e) En grupo comparen sus representaciones, ¿coinciden? ¿Consideran que algunas no son adecuadas? Argumenten sus respuestas.
- f) Comparen sus respuestas para determinar la fuerza resultante, ¿sus propuestas son lógicas? Argumenten su respuesta.

**Portafolio**  
 Guarden sus representaciones gráficas de la suma de fuerzas que hicieron en el experimento en su cuaderno de evidencias.

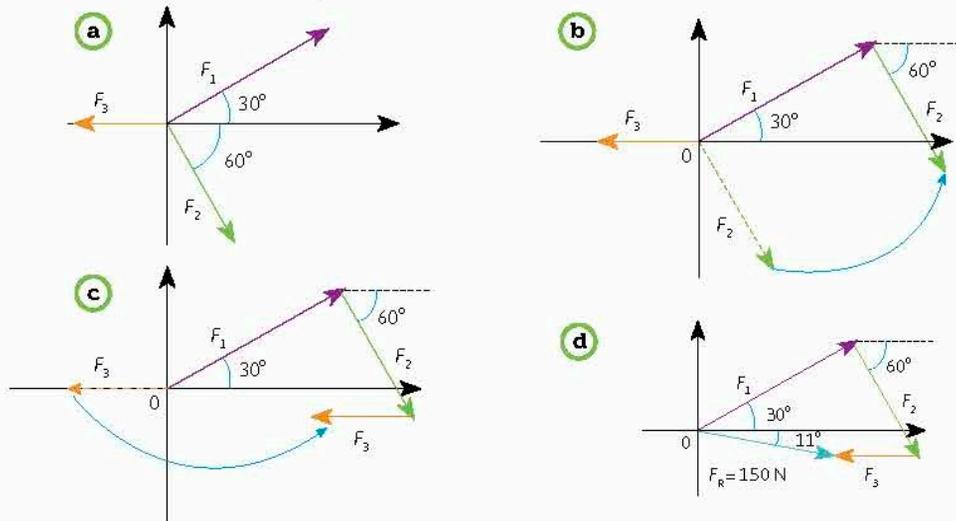


**Figura 1.33.** Se dice que dos o más fuerzas son concurrentes cuando se aplican en un mismo punto.

Observa la figura 1.33. ¿El pañuelo se moverá si cada chico jala con una fuerza de 50 N?, ¿hacia dónde? Observa que las fuerzas no están orientadas en la misma dirección y no son precisamente contrarias, pero en este caso también podemos hallar la suma de las fuerzas mediante un diagrama. Para ello ubicamos nuestro sistema de fuerzas sobre un plano cartesiano y tomamos la posición inicial del pañuelo como origen del sistema de referencia. Los ángulos que se muestran se han medido respecto al eje horizontal.

La figura 1.34 muestra las flechas que representan la fuerza de cada grupo de niños, la cual se obtiene al sumar las fuerzas que aportan los integrantes del grupo; esto nos da: 100 N, 150 N y 200 N. Recuerda que todas las flechas se dibujan con la misma escala, de modo que la longitud de cada una indica la magnitud de la fuerza que representa.

¿Cómo sumamos estas fuerzas? Procederemos de modo similar al caso de las fuerzas colineales, recordando que las fuerzas no cambian sus efectos si se desplazan paralelamente, es decir, sin alterar su longitud, dirección y sentido.



**Figura 1.34.** Representación gráfica de las fuerzas y su resultante.

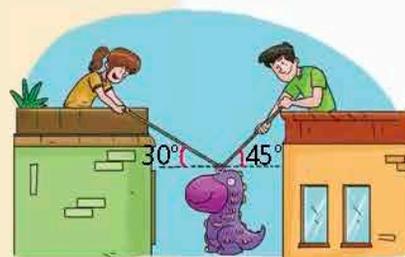
Dejamos fija la flecha que representa la fuerza  $F_1 = 200\text{ N}$  y desplazamos las otras dos flechas de manera que una inicie donde termina la anterior, como muestra la figura 1.33. La flecha que va del inicio de  $F_1$  hasta la punta de  $F_3$  representa la fuerza resultante,  $F_R$ . Dado que esta fuerza no es cero, podemos concluir que el pañuelo se moverá en la dirección y sentido de la fuerza resultante. Al medir con una regla y un transportador sobre el diagrama de la figura 1.33d encontramos aproximadamente que  $F_R = 150\text{ N}$  y forma un ángulo de  $11^\circ$  por debajo del lado positivo del eje horizontal. Podemos decir que el movimiento del pañuelo sería el mismo si sólo se aplicara una fuerza de  $150\text{ N}$  en un ángulo de  $11^\circ$  por debajo del sentido positivo del eje horizontal. Este procedimiento para sumar fuerzas se conoce como **método del polígono**, por la forma que se describe al acomodar los vectores.

### Conoce más +

En la siguiente liga encontrarás una aplicación para sumar fuerzas en un plano  
<http://www.edutics.mx/Uzg>  
 (Consulta: 17 de septiembre de 2018).

### Calcula y analiza

- Dos personas sostienen una piñata con una cuerda. Una jala con una fuerza de  $98\text{ N}$  formando un ángulo de  $45^\circ$  con la horizontal, y la otra, con una fuerza de  $80\text{ N}$  en un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. El peso de la piñata es de  $109.3\text{ N}$ . Observa la imagen.
  - En parejas calculen la fuerza resultante. ¿Qué relación observan entre ésta y el hecho de que la piñata cambie o no de posición?
  - Argumenten cómo debe ser la suma de fuerzas que actúan sobre un objeto para que permanezca inmóvil.
- Con el dispositivo que hicieron en la página 53 hagan arreglos con tres o más fuerzas de modo que el aro quede en reposo en el centro del círculo. Obtengan la fuerza resultante.
- Compartan en grupo sus respuestas y válidenlas.



### Fuerzas en equilibrio

¿Cómo fue la fuerza resultante que calcularon en el inciso a de la actividad anterior? Cuando un cuerpo se encuentra en reposo, es decir, sin movimiento, significa que el resultado de la suma de fuerzas que actúan sobre él es igual a cero: se anulan mutuamente. Y si usamos el método del polígono para sumarlas podemos ver que la fuerza resultante es nula; es decir, el inicio de la primera flecha y la punta de la última coinciden en el mismo punto; cuando esto sucede se dice que las fuerzas están en **equilibrio**.

Más adelante verás que cuando las fuerzas que actúan sobre un objeto están en equilibrio, pueden ocurrir dos cosas en cuanto al movimiento del objeto: que permanezca en reposo o que se mueva con velocidad constante.

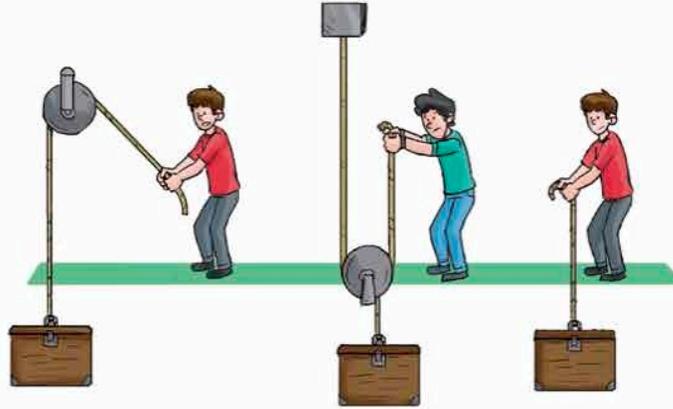
- Volvamos a la situación inicial y supongamos que Checo y Manolo aplican cada uno una fuerza de  $400\text{ N}$ , y que el baúl pesa  $700\text{ N}$ .
  - Si en la primera imagen de la situación de Inicio el ángulo que ambas cuerdas hacen con la horizontal es de  $45^\circ$ , ¿es posible que suban el baúl?
  - ¿Es posible hacerlo según muestran las imágenes b) y c)? ¿En cuál se aplica mayor fuerza?
  - Argumenta tus respuestas a las preguntas de la situación inicial.

Cierre

### L3 Máquinas simples

#### Inicio

1. Checo y Manolo aún tienen el problema de subir un baúl a la azotea, y han ideado las soluciones que se muestran a continuación. ¿Cuál creen que les implica menor esfuerzo?



- a) Analiza las propuestas con un compañero y justifiquen sus respuestas.  
b) Comparen sus respuestas y explicaciones con las de otras parejas. ¿Consideran que son coherentes y lógicas? ¿Cómo podrían comprobar quién tiene la respuesta correcta?

#### Desarrollo



**Figura 1.35.** La gran pirámide de Keops, la más alta, fue construida con 2 600 000 bloques de piedra.

La gran pirámide de Keops, en Egipto, es considerada una de las siete maravillas del mundo antiguo; fue construida alrededor del año 2570 a. n. e., y su base, casi cuadrada, mide aproximadamente 230 m por lado con una altura original de 146.50 m. Está construida con bloques de piedra cuyo peso en promedio es de 2500 kg; las de la base son más grandes y pesadas, cerca de 15 **toneladas**, y las de la parte superior pesaban entre 500 kg y 1000 kg. ¿Cómo pudieron los antiguos constructores transportar, elevar y colocar estas enormes rocas para formar esa colosal obra?

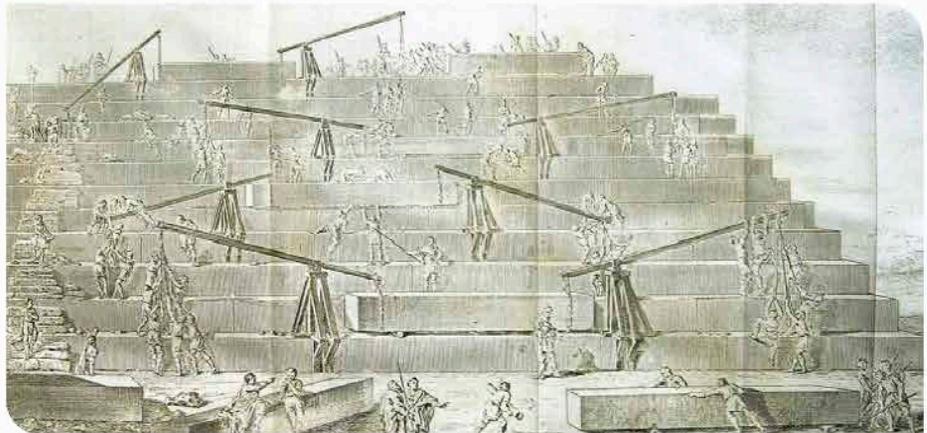
Desde la Antigüedad, filósofos, historiadores y constructores especularon distintas posibles técnicas para el logro de estas impresionantes construcciones, y en general coinciden en una respuesta: el uso de **máquinas simples**.

#### Glosario



**Tonelada.** Unidad de medida de masa equivalente a 1000 Kg.

**Figura 1.36.** Interpretación de Herodoto (484-425 a. n. e.), historiador de la Grecia antigua, sobre la construcción de las pirámides.



## ¿Qué es una máquina simple?

Las máquinas simples se clasifican en seis tipos: palancas, ruedas, plano inclinado, tornos y ruedas, tornillo y cuña. En las páginas 62 y 63 encontrarás una descripción de ellas.

### La palanca

#### Experimenta La palanca

##### Propósito

En esta actividad analizarán el funcionamiento de las palancas.

##### Material

Regla de madera o metal de 30 cm de largo, repuesto de goma con forma cilíndrica o la goma de un lápiz, monedas de la misma denominación y tamaño.

##### Procedimiento

1. En equipos coloquen la goma sobre una superficie firme, lisa y horizontal.
2. Coloquen la regla sobre la goma, de manera que quede equilibrada; para lograrlo ubiquen sobre la goma la parte media de la regla.
3. Coloquen una moneda en un extremo de la regla. ¿Qué sucede con la regla?
4. Coloquen otra moneda en el extremo opuesto de la regla. Verifiquen que la distancia del punto donde se ubica la goma hacia el centro de las monedas sea la misma. ¿Qué ocurre con la regla? (figura a)
5. Coloquen una de las mismas monedas a la mitad de la distancia que hay del centro al extremo de la regla (figura b) ¿Qué sucede con la regla?
6. Coloquen otra moneda sobre la moneda que movieron en el paso anterior. ¿Qué ocurre con la regla?
7. Ahora muevan la goma a la mitad de la distancia del centro de la regla y el punto donde se encontraba la moneda del extremo. Coloquen una moneda en el otro extremo. ¿Qué observan?
8. Coloquen otra moneda sobre la que está en el extremo más cercano a la goma. ¿Qué sucede con la regla?
9. Propongan distintas posiciones de las monedas y de la goma de manera que la regla siempre esté en equilibrio. Verifiquen experimentalmente sus propuestas.

##### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Existe una relación entre el número de monedas y su distancia a la goma con el hecho de que la regla quede equilibrada? ¿Cuál?
- b) En grupo describan esa relación.

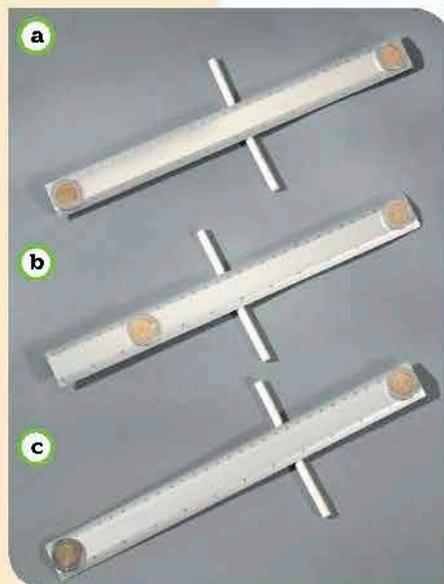




Figura 1.37. Elementos de una palanca.

Una **palanca** es una máquina simple que consta de los elementos que muestra la figura 1.36.

En las palancas se cumple la siguiente relación

$$F \times d_F = R \times d_R,$$

donde  $R$  es la resistencia, es decir, la fuerza que se quiere vencer;  $F$  es la fuerza aplicada;  $d_F$ , la distancia del fulcro (punto de apoyo de la palanca) al punto de aplicación de la fuerza, y  $d_R$ , la distancia del fulcro al punto de aplicación de la resistencia. ¿Esta relación se cumple en la actividad que hicieron con la regla y las monedas?

**Calcula**

1. Si se desea mover un objeto con peso de 100 N aplicando una fuerza de 10 N, ¿a qué distancia del fulcro debe aplicarse la fuerza si el objeto se encuentra a 20 cm del fulcro pero en el lado opuesto?
2. Se tiene una barra metálica de 3 m de largo. Si una persona de 75 kg quiere levantar un vehículo de 300 kg, ¿a qué distancia del vehículo debe ubicar el fulcro para que al subirse en el extremo opuesto de la barra pueda levantarlo? Justifica tu respuesta.
3. Comparte tus respuestas con tus compañeros y valídenlas.

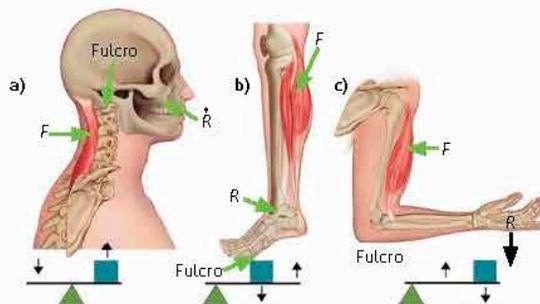
Las palancas se clasifican en diferentes tipos dependiendo de la ubicación del fulcro, la resistencia y el punto de aplicación de la fuerza.

Tipo	Descripción	Esquema	Ejemplo
1	El fulcro se encuentra entre la resistencia y el punto de aplicación de la fuerza.		
2	La resistencia se ubica entre el fulcro y el punto de aplicación de la fuerza.		
3	El punto de aplicación de la fuerza se encuentra entre el fulcro y la resistencia.		

**Portafolio**



Investiga otras partes del sistema locomotor en los que se apliquen palancas. Elabora esquemas e identifica sus elementos. Guarda los esquemas en tu portafolio de evidencias.



En el cuerpo humano también se presentan los tres tipos de palancas, en particular en el sistema locomotor.

Figura 1.38. Funcionamiento loco motor. a) movimiento de la cabeza, b) movimiento del pie, c) movimiento del brazo.

## El plano inclinado

### Experimenta El plano inclinado

#### Propósito

En esta actividad analizarán el funcionamiento del plano inclinado.

#### Material

Tabla de 50 cm de largo o más, carrito de juguete metálico, pedazo de hilo resistente y el dinamómetro que construyeron en la lección 1, página 50.

#### Procedimiento

1. Cuelguen el carrito del dinamómetro y midan la fuerza que ejerce.
2. Hagan una rampa con la tabla y sobre ella coloquen el carrito. Jalen el carrito con el dinamómetro y midan la fuerza que aplican para moverlo.
3. Varíen la inclinación de la tabla y en cada ocasión midan la fuerza con el dinamómetro. ¿Qué observan?



#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Cómo cambia la fuerza aplicada al carrito para subirlo sobre la rampa en relación con la inclinación?
- b) Analicen en grupo la ventaja de usar un plano inclinado para subir un objeto a cierta altura.

#### Portafolio



Elabora un reporte y diseña un experimento para explicar el funcionamiento de una cuña. Preséntala ante el grupo y guárdala en tu Portafolio de evidencias.

Un **plano inclinado** es una rampa, es decir, una superficie plana inclinada por la que se pueden subir objetos. Al usar un plano inclinado la distancia por la que se desplaza el objeto aumenta, pero, si no se considera la fricción, la fuerza necesaria para subirlo disminuye de acuerdo con la siguiente relación:

$$F \times d = R \times h,$$

donde  $F$  es la fuerza aplicada para subir el objeto;  $d$ , la longitud del plano inclinado;  $R$ , el peso del objeto, y  $h$ , la altura a la que se subirá.

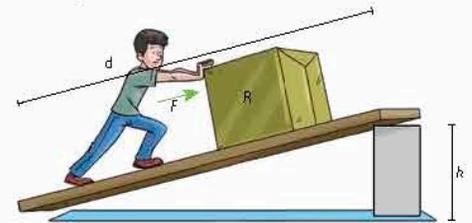


Figura 1.39. El plano inclinado.

#### Calcula

1. ¿Qué fuerza se debe aplicar a una caja de 100 N de peso para subirla a un templete a una altura de 80 cm si se usa una rampa de 240 cm?
2. Se necesita subir una carga de 500 kg (4900 N) a una altura de 1.5 m deslizando sobre una rampa inclinada, ¿qué longitud debe tener la rampa si sólo se puede aplicar una fuerza de 1633.33 N?
3. ¿Qué relación existe entre el plano inclinado y la cuña?
4. Comparte tus respuestas con tus compañeros y valídenlas.

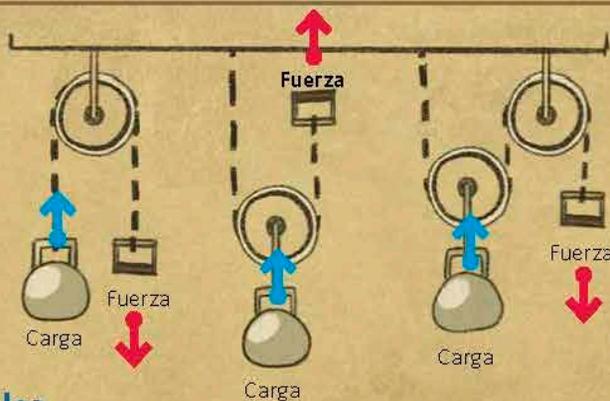
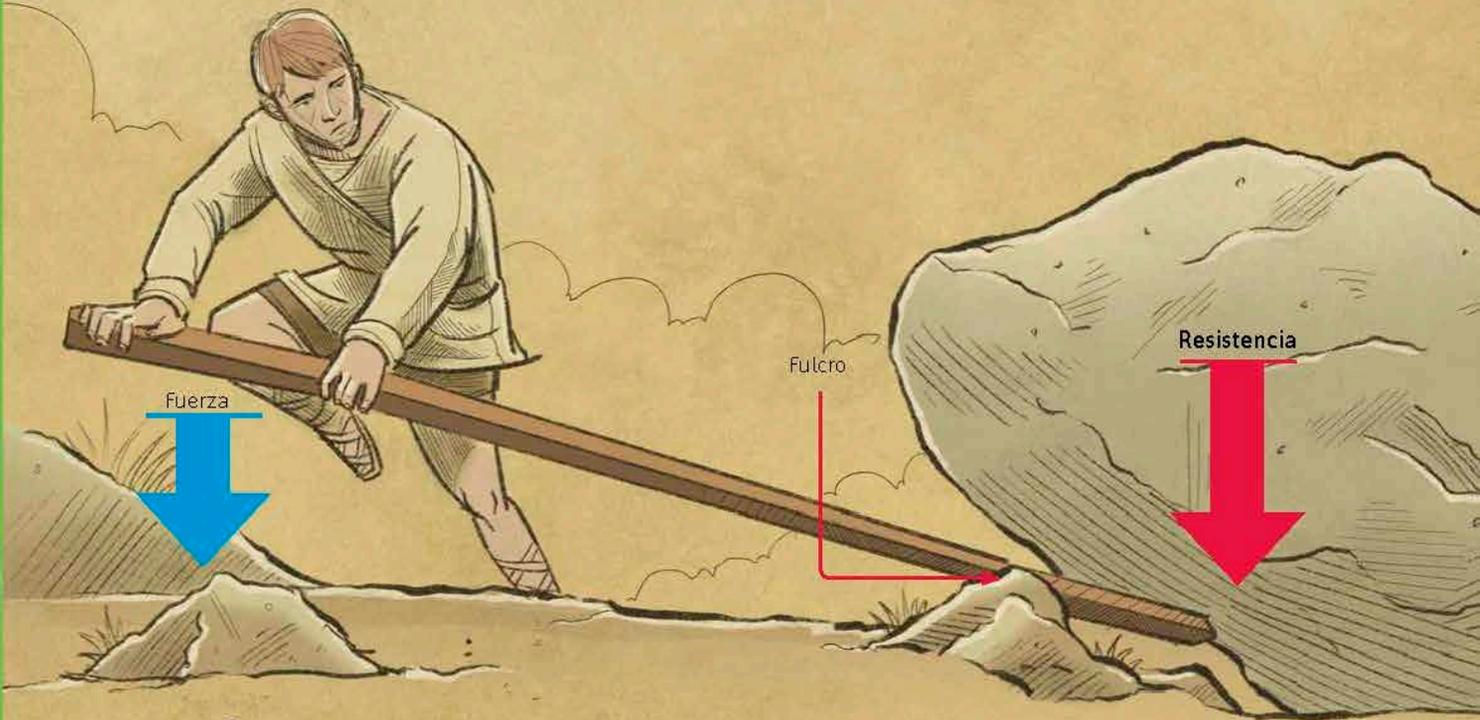
# DADME UN PUNTO DE APOYO Y MOVERÉ EL MUNDO

## MÁQUINAS SIMPLES

Una máquina simple es un aparato con el cual se puede obtener una fuerza grande aplicando una fuerza menor, por lo que se dice que representan una ventaja mecánica.

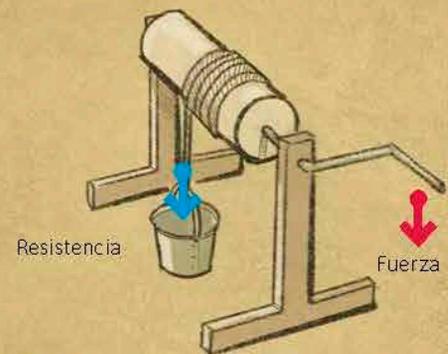
### Palanca

La palanca consta básicamente de una barra rígida apoyada en un punto llamado fulcro, la fuerza aplicada en un punto de la barra se transmite a otro donde se ubica la fuerza a vencer o resistencia.



### Polea

Una polea es una "rueda" **acanalada** por la que pasa una cuerda y cuya función es modificar la dirección en la que se aplica la fuerza. En las poleas móviles o las combinaciones de poleas se pueden vencer grandes resistencias con la aplicación de menos fuerza.

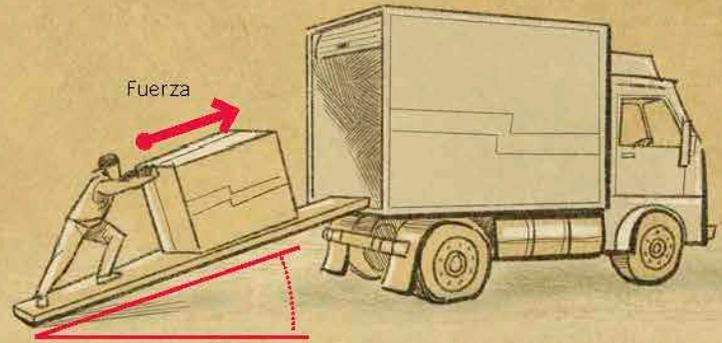


### Torno

El torno se forma con un cilindro y una manivela o rueda de mayor diámetro que el cilindro. Al girar la manivela, se obtiene una ventaja mecánica para vencer la resistencia.



Cuenta la leyenda que Arquímedes, el gran matemático de la Antigüedad, tras descubrir las leyes que rigen las palancas, expresó las cualidades de este gran invento con la frase: "Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo".

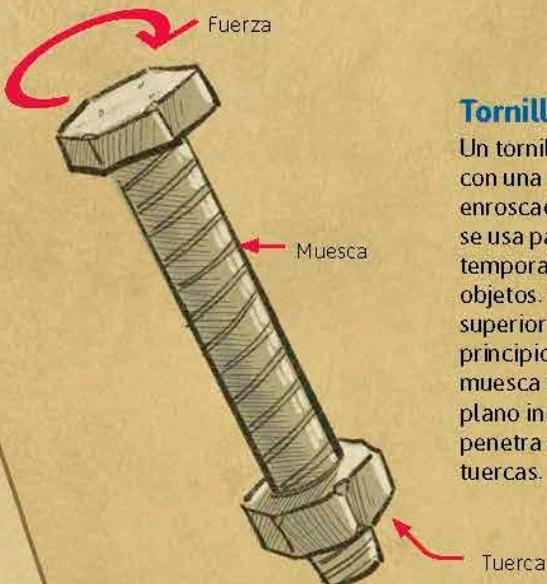
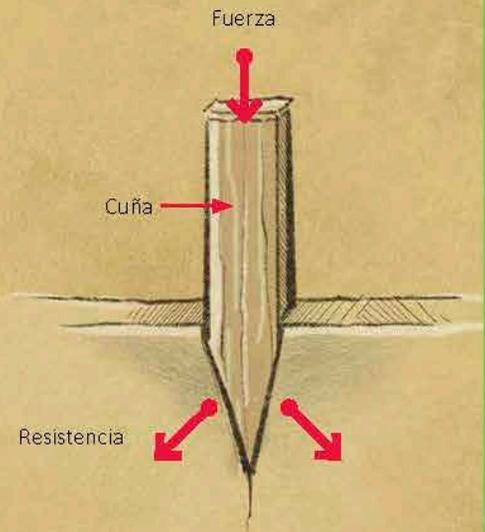


### Plano inclinado

También llamada rampa, es una superficie recta inclinada que forma un ángulo agudo con el suelo y que sirve para subir objetos a una altura determinada.

### Cuña

Es una pieza con forma de prisma triangular que transforma la fuerza vertical que recibe en fuerzas horizontales a sus costados, por lo que sirve para abrir, cortar o separar objetos.



### Tornillo

Un tornillo es un cilindro con una **muesca** enroscada a su alrededor, se usa para unir piezas temporalmente o mover objetos. Se gira en su parte superior aprovechando el principio del torno, y la muesca tiene la forma de un plano inclinado circular que penetra en los objetos o en tuercas.

### Analiza la infografía y responde.

- ¿Qué tareas o trabajos se pueden realizar con máquinas simples?
- ¿En qué cambiaría el esfuerzo si no se utilizara la máquina simple?
- ¿Qué artefactos conoces que combinen máquinas simples? ¿Cómo funcionan?

### La rueda y el torno

La rueda es una máquina simple que utilizas con frecuencia. ¿Qué usos se le dan? La rueda es un objeto circular que gira alrededor de un eje y sus aplicaciones son muy variadas.



Figura 1.40. Rueda.

- a) Rueda de transporte: facilita el desplazamiento de objetos y cargas, ya que gira al contacto con el suelo o las superficies por donde se mueven los objetos.
- b) Rueda dentada o engrane: se utiliza para transmitir el movimiento al conectar engranes entre sí.
- c) Rueda de paletas: aprovecha el movimiento en sus extremos para transmitirlo a su eje como movimiento circular.



Figura 1.41. Tipos de ruedas. a) de transporte, b) engranes, c) de paletas.

#### Glosario

##### Acanalado.

Que tiene una hendidura cóncava y larga, con forma de canal.

**Muesca.** Hueco hecho en un objeto para encajar otro.

#### Experimenta El torno

##### Propósito

En esta actividad analizarán el funcionamiento de un torno.

##### Material

Una botella de base circular resistente.

##### Procedimiento

1. En parejas, uno de ustedes deberá tomar la botella de la parte más ancha y su compañero de la parte angosta, de la boca. Quien sujetó la botella de la parte ancha deberá hacer girar la botella y su compañero, evitar que gire.
2. Después el que tomó la botella por el lado de la boca deberá hacerla girar y su compañero deberá evitarlo. Intercambien sus posiciones.

##### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿En qué situación fue más fácil girar la botella?
- b) ¿En qué caso fue más difícil girarla o evitar que girara?
- c) En grupo propongan una explicación a sus observaciones.

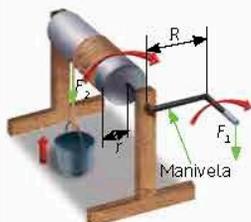


Figura 1.42. Torno.

El **torno** es una máquina simple que consiste en un objeto cilíndrico con dos radios diferentes (uno de ellos puede corresponder al de una manivela). Al aplicar una fuerza sobre uno de los radios, ésta se transmite al otro de acuerdo con la siguiente relación:

$$F_1 \times R = F_2 \times r,$$

donde  $F_1$  es la fuerza aplicada en la parte del cilindro de radio  $R$ , y  $F_2$ , la fuerza que se aplica en la parte del cilindro de radio  $r$ .

### La polea

La polea es una rueda acanalada por la que pasa una cuerda. En una polea fija simple se modifica la dirección de una fuerza (figura 1.43a); en una polea móvil su eje se sujeta a la carga y uno de los extremos de la cuerda que la sujeta se amarra a una superficie fija; la fuerza se aplica en el extremo opuesto (figura 1.43b). Al jalar la cuerda una longitud  $L$ , la carga se levantará una longitud  $\frac{L}{2}$ , y la relación entre las fuerzas cumple la siguiente relación:

$$F \times L = R \times \left(\frac{L}{2}\right), \text{ es decir, } F = \frac{R}{2},$$

donde  $F$  es la fuerza aplicada;  $R$ , la resistencia, y  $L$ , la longitud de la cuerda desplazada.

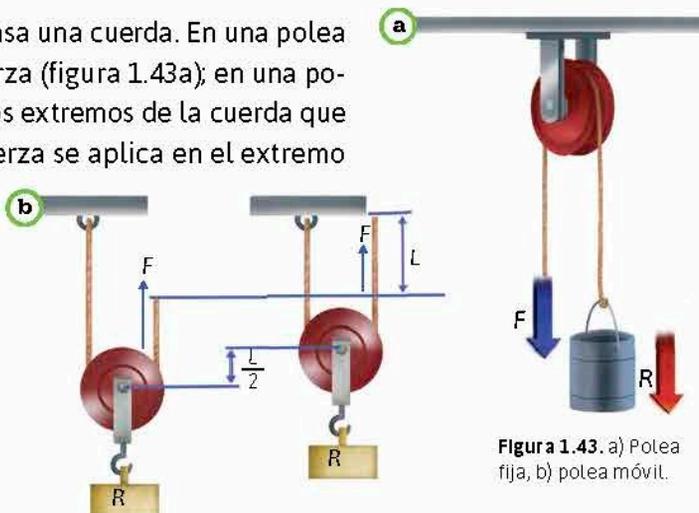


Figura 1.43. a) Polea fija, b) polea móvil.

### Calcula

1. Calcula la fuerza que se obtiene en el cilindro de un torno de radio 10 cm si sobre la manivela de radio 50 cm conectada al torno se aplica un fuerza de 35 N.
2. ¿Qué relación existe entre el torno y el **tornillo** (que es una máquina simple)?
3. ¿Con qué fuerza se debe jalar un peso de 45 N si se usa una polea fija?, ¿y si se usa una polea móvil?
4. ¿Por qué se utiliza una polea fija si no representa una ventaja en cuanto a la aplicación de una fuerza?
5. Compartan en grupo sus respuestas y válídenlas.

1. Retoma la situación de la sección Inicio y responde nuevamente la pregunta.
  - a) Se dice que una máquina representa una ventaja mecánica. ¿Qué significa esta frase?

### Piensa y sé crítico

¿Qué tan fuerte puede ser una hoja de papel? En equipo traten que una hoja de papel sostenga una libreta. La hoja debe quedar vertical de algún modo y sobre ella la libreta; pueden usar un poco de cinta adhesiva o pegamento. Cuando lo hagan, preséntelo a sus compañeros, expliquen cómo lo lograron y dibujen un diagrama que muestre las fuerzas que actúan sobre la libreta.

### Pistas para mi proyecto

- Las máquinas simples se combinan para hacer máquinas compuestas que facilitan labores humanas. ¿Has necesitado una máquina para hacer algún trabajo?, ¿alguna vez has ideado una?, ¿te gustaría inventar una?, ¿para qué la usarías?

Cierre

Describe, representa y experimenta la fuerza como la interacción entre objetos y reconoce distintos tipos de fuerza. Identifica y describe la presencia de fuerzas en interacciones cotidianas (fricción, flotación, fuerzas en equilibrio).

## L1 Primera Ley de Newton

### Inicio



Fotografía de la Tierra a 6 400 millones de kilómetros.

1. En 1977 la sonda espacial Voyager 1 abandonó la Tierra para siempre; su misión original era observar de cerca a Júpiter y Saturno, y se estimaba que su aventura duraría sólo cuatro años; pero en 2012 la nave alcanzó el borde del Sistema Solar: ahora está más lejos que cualquier planeta, a unos 18 mil millones de kilómetros de la Tierra, y se espera que siga enviando datos hasta 2025 (cuando agote su batería) mientras continúa su viaje por el espacio interestelar.

El 14 de febrero de 1990, cuando se hallaba a 6400 millones de kilómetros, el Voyager 1 tomó una foto de la Tierra que la NASA publicó con el título de "Un punto azul pálido".

El astrónomo **Carl Sagan** (1934-1996), a propósito de esa foto, escribió: "Mira ese punto. Eso es aquí. Eso es nuestro hogar. Eso somos nosotros. Ahí ha vivido todo aquel de quien hayas oído hablar alguna vez, todos los seres humanos que han existido... Nuestro planeta es un solitario grano de polvo

en la gran penumbra cósmica que todo lo envuelve... En mi opinión, no hay quizá mejor demostración de la locura de la soberbia humana que esta distante imagen de nuestro minúsculo mundo. Para mí, subraya nuestra responsabilidad de tratarnos los unos a los otros más amable y compasivamente, y de preservar y querer ese punto azul pálido, el único hogar que jamás hemos conocido".

Reflexiona y comenta en grupo.

- a) La batería de la sonda espacial se usa para la telecomunicación, es decir, a la sonda no la impulsa ningún tipo de motor, su combustible se agotó hace mucho tiempo. ¿Por qué entonces se mueve la nave Voyager 1?, ¿continuará así por siempre?

### Desarrollo

#### La inercia



Figura 1.44. Un objeto en reposo tiende a mantenerse en reposo.

Seguramente has visto el truco en el que un mago quita el mantel de una mesa sobre el que hay platos, vasos y otros objetos sin que caigan al piso (figura 1.44), ¿cómo logra hacerlo? ¿Por qué es importante usar el cinturón de seguridad al viajar en auto? ¿Por qué un corredor o un automóvil, no pueden frenar de manera inmediata? ¿Sabes qué es la inercia?

Cuando abor das un autobús, tanto tú como el vehículo están en reposo. Cuando éste inicia su marcha, sientes que te mueves hacia la parte trasera como si una fuerza actuara sobre ti en dirección contraria al movimiento, ¿y cuando el autobús se detiene, te mueves en alguna dirección?

### Experimenta La inercia

#### Propósito

Observarás cómo se comportan dos cuerpos cuando cambia su estado de movimiento. Con esta actividad lograrás distinguir entre un huevo crudo y uno cocido sin abrirlos.

#### Material

Huevo crudo, huevo cocido, plato extendido.

#### Procedimiento

1. En parejas hagan girar un huevo dentro del plato.
2. Enseguida deténganlo por un segundo apoyando sobre él el dedo índice, y retiren el dedo. Observen lo que ocurre con el huevo.
3. Repitan el experimento con el otro huevo. ¿Qué sucede?

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Qué pasó con cada huevo cuando retiraron el dedo?: ¿permanecieron quietos o siguieron girando? ¿Por qué piensas que ocurre esto?
- b) Analicen cada caso e intenten adivinar cuál es el huevo crudo y cuál el cocido. Argumenten su respuesta.
- c) Comparen en grupo sus respuestas y argumentos, ¿consideran que son correctos? Expliquen.



¿Habrá algo en común entre lo que te sucede en el autobús y lo que ocurrió con el huevo que siguió girando? Existe una tendencia natural de los cuerpos a mantener su estado de movimiento. Por ello, cuando estás en reposo en un autobús, tu cuerpo tiende a seguir en reposo, y cuando el vehículo avanza, sientes una fuerza hacia atrás, aunque el autobús vaya hacia adelante; sin embargo, ésta no es una fuerza real (ningún cuerpo actúa sobre ti): se trata de un efecto que origina la tendencia de tu cuerpo a permanecer en reposo. Ahora, cuando viajas en un autobús, la velocidad de tu cuerpo es la misma que la del vehículo, y si éste se detiene, tu cuerpo sigue un movimiento en línea recta con la misma rapidez que el autobús (figura 1.45). Esta tendencia a continuar en reposo o movimiento en línea recta y a velocidad constante es una propiedad de los cuerpos llamada **inercia**. ¿Ahora puedes explicar lo que sucedió en la actividad?



**Figura 1.45.** Si nos encontramos dentro o sobre un objeto en reposo y éste empieza a moverse, sentimos que nos movemos en sentido contrario, pero ¿nos movemos o tendemos a permanecer quietos? ¿Y si el objeto está en movimiento y se detiene, nos detenemos inmediatamente o seguimos moviéndonos?

**Figura 1.46.** Un objeto en movimiento tiende a continuar en movimiento. De Vaartkapoen, escultura de Tom Franzen, Bélgica.

### Reflexiona y responde

1. Observa los camiones, responde y argumenta.



- ¿Cuál de ellos será más fácil poner en movimiento?
- ¿Cuál podría aumentar más rápido su velocidad?
- Si ambos se mueven a la misma velocidad, ¿a cuál le resultaría más difícil frenar?, ¿ambos podrían tomar una curva con la misma facilidad?
- Imagina que el camión cargado tira gradualmente parte de su cargamento, y que el conductor pisa el acelerador con la misma fuerza y mantiene el volante en la misma dirección. ¿Qué piensas que pasará con su rapidez?, ¿y si en vez de perder carga fuera recibiendo más?
- Discutan en grupo sus respuestas y verifiquen que sus argumentos sean correctos. Diseñen un experimento para comprobar sus respuestas.



### La masa como medida de la inercia

Existe una relación directamente proporcional entre la masa de los cuerpos y su inercia: es difícil poner en movimiento los cuerpos con mucha masa (figura 1.47), e igualmente es difícil detenerlos o modificar la dirección de su movimiento; por ello se dice que la **masa** es una forma de medir la inercia de los objetos: a mayor masa, mayor inercia; a menor masa, menor inercia.

**Figura 1.47.** La masa de un objeto es proporcional a su inercia.

### Primera Ley de Newton

En la Antigüedad, Aristóteles afirmaba que el estado natural de movimiento de los objetos era el reposo y que todos tienden a quedarse quietos. Decía que si un objeto está en reposo, así se quedará, a menos que se le aplique una fuerza, y si un objeto está en movimiento, en algún momento se detendrá. Esto nos lo muestra la experiencia, ¿verdad?



**Experimenta** la fuerza de fricción

#### Propósito

Observar la fuerza de fricción.

#### Material

Taza, vaso, portalápices u objeto parecido, hoja de lija, hoja de papel, superficie muy lisa.



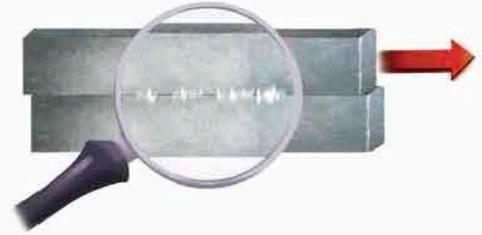
#### Procedimiento

- En equipos coloquen el objeto sobre la hoja de lija. Sujeten la lija y den un leve empujón al objeto. ¿Qué tanto avanzó?
- Repitan el ejercicio sobre la hoja de papel y después sobre la superficie lisa. En todos los casos traten de aplicar la misma fuerza al empujar el objeto.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- ¿En qué superficie avanzó más el objeto? ¿En cuál avanzó menos? ¿Por qué?
- ¿Cuál superficie ofrece mayor resistencia al movimiento del objeto? ¿Por qué creen que fue así?
- Supongan que la base del objeto es perfectamente lisa; ¿cuánto avanzaría sobre una superficie igual de lisa?
- ¿En qué medio consideran que un transbordador espacial se desplace con mayor facilidad: en la atmósfera terrestre o en el espacio exterior? ¿Por qué?
- Argumenten en grupo sus respuestas y válídenlas.

En nuestra vida cotidiana siempre está presente una fuerza que se manifiesta cuando dos superficies en contacto se deslizan una sobre la otra y siempre se opone al movimiento: la **fricción**. Por eso todos los objetos que se mueven en la Tierra en algún momento se detienen: si empujas una caja sobre el suelo, no tardará mucho en detenerse; incluso un auto con ruedas, aunque después de un empujón se mueva una distancia mayor que la caja, se detendrá, pues la fricción entre la llanta y el eje lo frenará. La fricción puede ser perjudicial para mecanismos cuyas piezas embonan y se deslizan unas sobre otras, pues provoca desgaste; para reducir este efecto se usan grasas y lubricantes. La fricción también está presente en los medios donde hay movimiento; el aire, el agua y todos los líquidos ofrecen resistencia al movimiento. Pero ¿qué sucedería con un objeto que se mueve a velocidad constante si no existiera la fricción ni otros objetos con los que pudiera chocar a su paso? El físico inglés **Isaac Newton** (1642-1727), a partir de los estudios de Galileo, respondió esta pregunta con su **Primera Ley**, que se enuncia así: Todo objeto tiende a mantener su estado de reposo o movimiento en línea recta con velocidad constante, a menos que una fuerza que actúe sobre él le obligue a cambiar ese estado; es decir, un objeto en movimiento conservará su velocidad (rapidez, dirección y sentido) siempre que sobre él no influya la fricción ni cualquier otra fuerza, o siempre que las fuerzas que actúan sobre él se anulen mutuamente.



**Figura 1.48.** Aunque las superficies de los objetos en apariencia sean lisas, tienen imperfecciones que dificultan el deslizamiento entre ellas; a esto se debe la fricción.

- Retoma la pregunta de la situación de Inicio y responde.
  - ¿Por qué las naves Voyager I y II mantienen su movimiento?
- ¿Por qué un mago (o cualquier persona) puede quitar el mantel de una mesa con platos, copas y cubiertos sin que ninguno se caiga?
  - ¿Si cambiaran las condiciones obtendría el mismo resultado; por ejemplo, que el mantel fuera de papel de lija o que jalara lentamente el mantel, o si en vez de platos y tazas tuviera una caja pesada? ¿Por qué?
- ¿Cuándo es benéfica y cuándo es perjudicial la fuerza de fricción?
- ¿Por qué un paracaidista puede lanzarse desde muy alto y no sufrir daños al llegar a tierra?
- Discute en grupo tus respuestas y lleguen a un acuerdo sobre cuáles son las respuestas correctas.

Cierre

## L2 Segunda Ley de Newton

### Inicio



1. La discusión entre Rufo y Pargo continúa.

—Hola, Pargo. He estado pensando que si adaptamos el motor del SSC *Littorina* a un auto compacto, fácilmente vencería al auto de tus sueños.

—No estoy seguro, Rufo, el motor del *Strambus Gigas* fue diseñado para su propia carrocería, y por eso tiene mejor aceleración que cualquiera.

—Pero un auto compacto tiene menor peso, es más ligero, así que se acelerará más que el motor del *Littorina*.

a) ¿Tiene razón Rufo? ¿Por qué? Compartan en grupo sus respuestas y argumenten si consideran algunas incorrectas.

### Desarrollo

Hasta ahora sabes que los objetos tienden a mantener su estado de reposo o movimiento con velocidad constante. ¿Cómo es posible alterar ese estado de movimiento? Si la velocidad cambia, ¿qué tipo de movimiento realiza el objeto?

**Experimenta** Relación fuerza, masa y aceleración

#### Propósito

Observar la relación entre fuerza, masa y aceleración.

#### Material

Coche de juguete, dinamómetro ligero de laboratorio, polea pequeña, hilo de cáñamo, vaso desechable, cinta adhesiva (cinta de enmascarar o *masking tape*), plumón, varias monedas u objetos iguales, cronómetro.



#### Procedimiento

1. Fijen la polea en el extremo de una mesa.
2. Peguen, a partir de la polea, una tira de cinta adhesiva de 1 m en línea recta sobre la trayectoria que recorrerá el coche en la superficie. Hagan marcas en la cinta cada 20 cm.
3. Aten un extremo del dinamómetro al hilo y el otro al carrito.
4. Amarren el vaso en la punta libre del hilo y pasen éste por la polea, dejando colgar el vaso. El largo del hilo debe ser igual a la distancia de la polea al piso.
5. Coloquen el carro sobre una marca de la cinta. El dispositivo deberá quedar como se observa en la fotografía.
6. Coloquen en el coche algunos de los objetos iguales; esta cantidad se mantendrá fija por el momento. Coloquen un objeto en el vaso y observen el movimiento del carrito; si no se mueve, agreguen poco a poco más objetos.
7. Inicien de nuevo; a una señal, un compañero deberá soltar el juguete, y los demás medirán el tiempo que tarda en pasar por cada marca. Mientras el juguete se desliza anoten la fuerza que marca el dinamómetro.

#### Conoce más

En la siguiente dirección electrónica <http://www.edutics.mx/UBf> un applet simula este experimento. (Consulta: 12 de septiembre de 2018).

8. Con los datos de distancia y tiempo calculen la velocidad media entre cada par de marcas consecutivas y obtengan la aceleración del coche. Repitan el procedimiento agregando en el vaso un objeto más en cada ocasión. Registren sus resultados.
9. En una segunda parte del experimento mantengan fija una cantidad de objetos en el vaso y modifiquen el número de objetos en el coche. En cada caso determinen la masa del coche con su carga de monedas y calculen su aceleración.

### Análisis de resultados y conclusiones

- a) En la primera parte del experimento, ¿qué sucede con la aceleración cuando se incrementa la fuerza aplicada?
- b) En la segunda parte, ¿cómo cambia la aceleración al aumentar la masa del coche?
- c) Compartan en grupo sus resultados y establezcan una conclusión sobre la forma en que se relacionan la masa, la fuerza y la aceleración del coche.

¿Qué nos enseña la actividad anterior? A mayor fuerza aplicada, mayor aceleración del objeto si mantenemos fija la masa. Mientras que a mayor masa del objeto, su aceleración es menor si se aplica la misma fuerza. En realidad la aceleración del objeto es directamente proporcional a la fuerza, e inversamente proporcional a la masa.

En su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural* Isaac Newton combinó las dos relaciones anteriores en una sola ecuación conocida como **Segunda Ley de Newton**, cuya expresión matemática es:

$$a = \frac{F}{m}, \text{ que también se expresa como: } F = m \times a,$$

donde  $F$  es la fuerza aplicada;  $m$ , la masa del objeto, y  $a$ , la aceleración; es decir, la aceleración que experimenta un objeto es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada (si se aplican varias fuerzas a la vez, entonces esta es la fuerza resultante) e inversamente proporcional a su masa y tiene la misma dirección que la fuerza aplicada. La fuerza está dada en newtons, la masa en kilogramos y la aceleración en metros sobre segundo al cuadrado; entonces:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

Una fuerza de un newton acelera un cuerpo de 1 kg de masa en  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . En cualquier situación que involucre masa y aceleración se aplica una fuerza.

1. Retomen el problema de la situación de Inicio y justifiquen si Rufo tiene razón.
2. ¿Por qué un camión necesita un motor más grande que uno compacto?
3. ¿Por qué si un auto compacto tiene un motor más pequeño aumenta más rápido su velocidad que un camión?
4. En grupo, comparen y validen sus respuestas.



Figura 1.49. La aceleración de un objeto depende de la fuerza que se le aplique.

Cierre

## L3 Tercera Ley de Newton

### Inicio



1. En las carreras de velocidad la salida es un momento muy importante, pues si el corredor logra un buen “despegue” puede obtener ventaja sobre sus oponentes. Para favorecer esta situación se usan los llamados “bloques de salida”, que son un par de soportes especiales, de metal o madera, fijos al piso justo detrás de la línea de salida.

El corredor toma la postura adecuada, apoyando los pies sobre los bloques, y al arrancar estira fuertemente la pierna que tiene adelantada impulsándose hacia adelante, despliega los brazos y comienza a correr.

- Si en la salida el corredor empuja el bloque hacia atrás, ¿hacia dónde se mueve él? ¿Esta situación es extraña? ¿Ocurre algo similar mientras corre por la pista? ¿Y mientras una persona camina?
- ¿Alguien muy pesado podría ser competitivo en estas carreras? ¿Por qué?
- ¿Por qué los velocistas siguen corriendo después de llegar a la meta?

### Desarrollo

#### Acción y reacción

Seguro que lo piensas dos veces antes de patear una piedra o golpear una pared; por experiencia sabes que aunque tú eres quien golpea (quien aplica la fuerza), también sentirás la fuerza del golpe y te dolerá. Esta experiencia cotidiana es consecuencia de otra de las leyes que obedecen las fuerzas.



**Experimenta** Pares de fuerzas

#### Propósito

En esta actividad observarás en acción la Tercera Ley de Newton.

#### Material

Balón de basquetbol, carrito con ruedas al que pueda subirse un compañero.

#### Procedimiento

- Trabajen la actividad en equipos en el patio de su escuela. Uno de ustedes deberá sentarse en el carrito y sostener con sus manos el balón. Observen la fotografía.
- El compañero que está en el carrito debe lanzar el balón con todas sus fuerzas hacia delante. Las llantas del carrito deben estar alineadas en la misma dirección en la que lanzan el balón. Observen lo que sucede.

#### Análisis de resultados y conclusiones

- ¿Hacia dónde se desplazó su compañero? ¿Hacia dónde lanzó el balón?
- Tracen un diagrama de fuerzas de la actividad y representen la fuerza que provocó el movimiento del balón y la que hizo que el carrito con su compañero se moviera. ¿Cómo son entre sí esas fuerzas?
- Compartan en grupo sus respuestas y argumenten si las consideran correctas.

Newton observó que en la interacción entre dos cuerpos las fuerzas siempre actúan en pares; por ejemplo, si permaneces mucho tiempo acostado, con la cara sobre la almohada, te quedan marcados los dobleces de la funda, pues dejas caer el peso de tu cabeza sobre la almohada y ésta ejerce otra fuerza hacia tu rostro: ahí está el par de fuerzas.

En su **Tercera Ley** Newton propuso el principio de acción y reacción, que expone en términos científicos la interacción que hemos tratado hasta aquí. Esta ley puede formularse así: cuando un objeto ejerce una fuerza (acción) sobre otro, este último ejerce una fuerza (reacción) al mismo tiempo de igual magnitud y en dirección opuesta sobre el primero.

Las fuerzas de **acción** y de **reacción** son simultáneas y ocurren para todo par de cuerpos que interactúan. Es importante aclarar que, aunque son de la misma magnitud, estas fuerzas no se anulan porque no actúan sobre el mismo objeto.

Otro ejemplo de las fuerzas de acción y de reacción ocurre al caminar: cuando das un paso tu pie empuja el piso hacia atrás, y el piso empuja tu pie hacia adelante: gracias a ello avanzas.



**Figura 1.50.** Los cohetes espaciales funcionan con base en la Tercera Ley de Newton. ¿Por qué?

### Experimenta y explica

1. Construyan en equipos un cohete de agua. Los materiales básicos son una botella de PET vacía, un corcho, una válvula para inflar balones, agua y una bomba de inflar.
  - a) Diseñen su cohete y organicen una competencia para ver cuál se eleva más alto. Para ello trabajen las distintas variables como cantidad de agua, ajuste del corcho, etcétera.
3. En grupo decidan cuál es el mejor cohete y expliquen cómo funciona con base en las leyes de Newton.



1. Revisa la situación inicial y responde.
  - a) ¿Cómo funcionan los bloques de “salida” de las carreras olímpicas?
  - b) ¿Los atletas podrían correr (o caminar) sobre la pista si a lo largo de ella no hubiera fricción? ¿Por qué? ¿Para qué sirven los tacos en la suela de los tenis?
  - c) ¿Has experimentado que al dar un paso para bajar de una lancha te impulsas con el pie hacia delante aplicando una fuerza y la lancha retrocede en sentido contrario al muelle? ¿Por qué sucede así?

### Piensa y sé crítico

1. Cuando se dispara un arma de fuego, los gases de la combustión de la pólvora expulsan la bala por la boca del arma y ésta recula (se mueve hacia atrás).
  - a) ¿Cómo explicas este movimiento del arma? ¿Por qué el tirador adopta posturas con un pie desplazado hacia atrás?
  - b) En las películas de acción cuando alguien recibe el impacto de una bala es lanzado por los aires. ¿Esto es posible en el mundo real? ¿no debería ocurrir algo similar con la persona que disparó? Explica.

### Cierre

#### Portafolio



Guarden sus cohetes en su portafolio de evidencias junto con sus explicaciones sobre su funcionamiento.

Analiza la gravitación y su papel en la explicación del movimiento de los planetas y en la caída de los cuerpos (atracción) en la superficie terrestre.

## L1 Ley de Gravitación Universal

### Inicio



Wernher von Braun, el científico que hizo posible los viajes espaciales.

### El "hombre cohete"

El ser humano siempre ha sido muy inquieto en sus pretensiones; desde hace cientos de años el incesante deseo de viajar a la Luna lo había mantenido en una ilusión que se hizo realidad el siglo pasado. El ingeniero alemán **Wernher von Braun** (1912-1977) lo hizo posible gracias a su talento y su sueño de la infancia de volar al espacio. Desde niño, Wernher diseñaba pequeños autos-cohete y leía con ansiedad libros de viajes espaciales fantásticos, como *De la Tierra a la Luna* escrito por Julio Verne en 1865. A pesar de que ya existían diseños previos de cohetes espaciales, las ideas de Wernher permitieron el diseño de cohetes capaces de salir de la Tierra hacia otros cuerpos celestes, como la Luna. De hecho, el cohete Saturno V, que en 1969 llevó a la superficie de la Luna a los primeros seres humanos, fue diseñado y construido con su supervisión.

- ¿Qué dificultades enfrentó Wernher para lograr que el primer cohete saliera de la Tierra?
- ¿Habrá la misma dificultad que un cohete despegue de la Tierra a que salga de la Luna?  
¿Por qué? ¿Y de que salga de un planeta más grande, como Júpiter?
- Si todos los objetos caen, ¿por qué la Luna no ha caído sobre nosotros?

### Desarrollo

### La fuerza de gravedad



**Figura 1.51.** En la Antigüedad antípoda significaba literalmente "pie opuesto o contrario", y se refería a las personas que se encontraban del lado opuesto de la Tierra.

¿Recuerdas desde cuándo eres capaz de distinguir entre «arriba» y «abajo»? Si la Tierra es esferoide, ¿nosotros estamos arriba o abajo? En la Antigüedad se pensaba que estos conceptos eran absolutos, y se argumentaba que la Tierra no podía ser esférica porque los antípodas (figura 1.51), como llamaban a los habitantes del otro lado del mundo, caerían al vacío. Sin embargo, los descubrimientos geográficos al fin comprobaron la redondez de la Tierra y se supo que "abajo" en realidad significa hacia el centro del planeta.

Si sueltas un objeto, éste caerá en línea recta hacia el centro de la Tierra. Como sabes, Galileo descubrió que la caída libre es un movimiento acelerado y que todos los cuerpos experimentan esta aceleración con la misma magnitud. De acuerdo con la segunda Ley de Newton, en todo objeto con movimiento acelerado debe actuar una fuerza. En el caso de la caída libre esa fuerza corresponde al peso del objeto, pero ¿por qué pesan los objetos?, ¿de dónde surge esa fuerza?

Isaac Newton describió esta fuerza, conocida como **fuerza de gravedad**, interacción gravitatoria o gravitación, como la propiedad de los cuerpos con masa de atraerse mutuamente; es decir, todos los cuerpos, por el simple hecho de tener masa, se atraen. Debido a ello los objetos caen y cuesta levantarlos del suelo: los objetos pesan porque son atraídos por la Tierra.

Newton nació en 1642. Mientras estudiaba el doctorado en el Trinity College en Cambridge, Londres padeció una epidemia de peste e Isaac tuvo que refugiarse en la finca de su madre para evitar el contagio. Cuenta una leyenda que, en esa finca, mientras reflexionaba bajo un manzano vio caer una manzana, y en ese momento comprendió la causa de que los objetos caigan al suelo y de que los planetas giren alrededor del Sol (en ese entonces la comunidad científica ya aceptaba plenamente la teoría heliocéntrica). Por supuesto, ésta sólo es una leyenda: los grandes descubrimientos son producto de arduo trabajo intelectual y experimental; en realidad, lo que desencadenó la deducción de la causa de la caída de los objetos fue que **Robert Hooke** (1635-1703) propuso a Newton analizar el movimiento curvo y relacionarlo con el de los planetas. ¿A qué se refería con movimiento curvo? Sabemos que un objeto cae en línea recta vertical, pero ¿qué sucede si lanzamos horizontalmente, por ejemplo, una pelota de beisbol? ¿Cómo es su trayectoria? La fuerza de gravedad que ejerce la Tierra provoca que la pelota se desvíe del movimiento uniforme en línea recta (que por la ley de la inercia debería seguir) y describa trayectorias curvas.

En su análisis, Newton hizo más que describir el movimiento de objetos cotidianos por acción de la gravedad; se preguntó qué pasaría si un cañón disparara horizontalmente una bala desde lo alto de una montaña. Si la Tierra fuese plana, la bala describiría una trayectoria con forma de parábola y siempre llegaría al suelo. Entre mayor fuera la velocidad inicial de la bala, mayor distancia recorrería antes de chocar con el piso; pero dado que la superficie de la Tierra es curva, la bala recorrería una distancia mayor siguiendo la forma del planeta antes de tocar su superficie. Si la rapidez de la bala fuera lo suficientemente grande, su trayectoria sería tan curva como el mismo planeta y podría regresar hasta el punto desde el que se disparó dando una vuelta completa sin tocar el suelo; y si nada disminuyera la magnitud de la rapidez de la bala, ésta giraría alrededor de la Tierra de manera indefinida; sería un satélite de la Tierra (figura 1.54).

Newton se percató de que esa es precisamente la situación de la Luna. Si la Luna no fuera afectada por la Tierra, seguiría una trayectoria en línea recta, moviéndose a velocidad constante, tal y como dice la Primera Ley de Newton, pero en realidad la Luna “cae” hacia la Tierra de manera constante, es decir, es atraída hacia nuestro planeta siempre. La combinación de estos dos movimientos es la causa del movimiento aproximadamente circular de la Luna con respecto al centro de la Tierra (figura 1.55a).



Figura 1.52. El trabajo científico tiene como una de sus finalidades modelar los fenómenos mediante expresiones matemáticas.



Figura 1.53. El “tiro parabólico”, es decir, que tiene forma de parábola, es un tipo de movimiento curvo muy común.

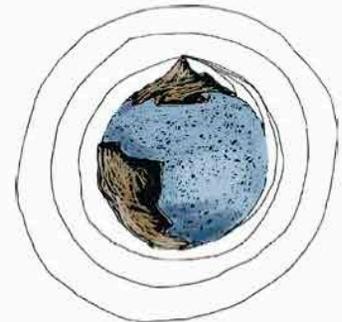
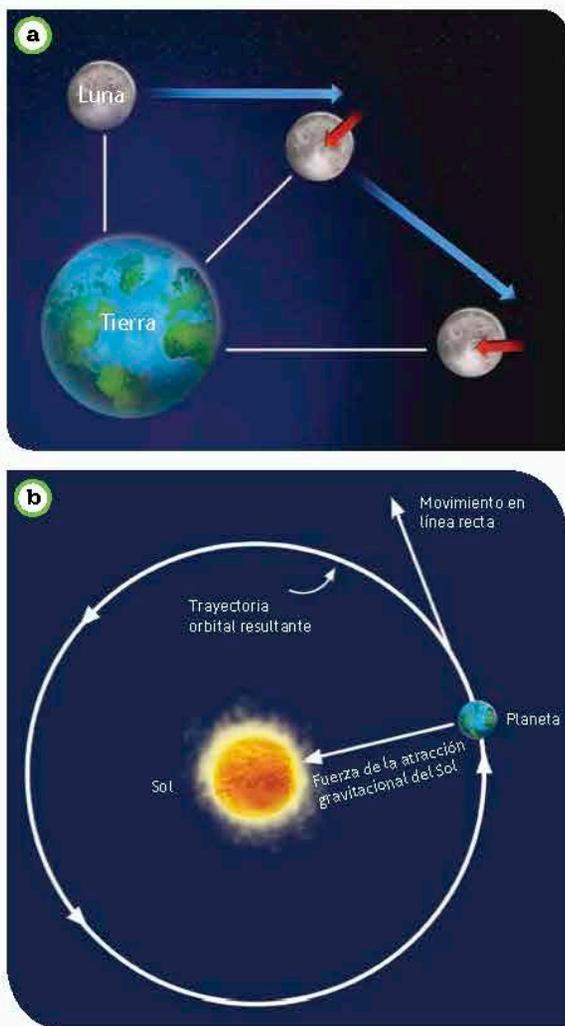


Figura 1.54. El “cañón de Newton” es un experimento pensado con el que observó la relación entre los movimientos de caída y las órbitas de los planetas.



**Figura 1.55** a) El movimiento de la Luna al rededor de la Tierra lo causa la atracción gravitacional de nuestro planeta y la tendencia natural de la Luna a moverse en línea recta. b) Todos los planetas que giran en torno al Sol tienen un comportamiento análogo al de la Luna.

#### Conoce más



Para saber sobre la notación de potencias de 10 consulta el anexo de la página 266.

#### Glosario



##### Centros de masa.

Punto del espacio en el que se puede considerar que se concentra toda la masa de un objeto. Para una esfera este punto coincide con su centro geométrico.

donde  $F$  es la fuerza de gravedad, que siempre es de atracción y actúa a lo largo de la línea que une los **centros de masa** del par de objetos que la experimentan;  $M$  y  $m$  son las masas de los objetos considerados;  $r$  es la distancia entre los centros de masa de los objetos y  $G$ , la constante de gravitación universal cuyo valor es  $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .

Las fuerzas de gravitación tienen alcance infinito, es decir, dos cuerpos, por muy alejados que estén, experimentan esta fuerza. Un hecho histórico importante acerca de la Ley de Gravitación Universal fue que, de manera definitiva, unificó las leyes del movimiento en la Tierra y en el resto del Universo; no son dos realidades distintas, los fenómenos terrestres forman parte integrante del gran cosmos.

En general, el Sistema Solar (y cualquier sistema planetario y de cuerpos celestes) funciona de la misma forma: los planetas se encuentran en movimiento en torno al Sol debido a la atracción gravitacional (figura 1.54b).

Newton conocía los trabajos de Galileo y sabía que los cuerpos cercanos a la superficie de la Tierra experimentan aceleraciones de la misma magnitud en caída libre; trató entonces de calcular la aceleración de caída que la Luna experimentaba y compararla con el valor de  $g$  ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ), ya conocido, para comprender cómo varía la fuerza de atracción gravitacional con respecto al de la distancia de separación entre los objetos.

Newton encontró que la aceleración de la Luna era de sólo  $0.27 \text{ cm/s}^2$ , 3 640 veces menor que la aceleración sobre la superficie de la Tierra ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ). Así concluyó que la fuerza de atracción disminuye cuando la distancia de separación de los objetos aumenta. Un objeto cercano a la superficie de la Tierra se encuentra a 6 371 km del centro de la Tierra (el radio terrestre); el centro de la Luna se halla a 384 400 km del centro de la Tierra, es decir, 60.1 veces más lejos que un objeto cercano a la superficie del planeta. Al comparar estas dos cantidades, 3 640 y 60.1, Newton observó que la primera es casi el cuadrado exacto de la segunda. Este resultado lo llevó a deducir que la fuerza de gravedad disminuye de manera inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Otra variable que estudió fue la masa de los objetos y concluyó que su producto es proporcional a la fuerza de gravedad. Al completar estas observaciones con las leyes que ya había propuesto, Newton postuló la Ley de Gravitación Universal, que toma la forma matemática:

$$F = G \frac{M \times m}{r^2},$$

### Calcula y compara

1. Calcula la fuerza gravitacional que una persona ejerce sobre otra si ambas tienen una masa de 60 kg y están separadas 2 m.
2. Ahora calcula la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre Marte; la masa de Marte es de  $6.42 \times 10^{23}$  kg y la de la Tierra, de  $5.98 \times 10^{24}$  kg. Considera la menor distancia entre los planetas que es de  $55.7 \times 10^6$  km.
3. Obtén la fuerza con la que la Tierra atrae una piedra de 1 kg de masa. ¿Cuál es la fuerza si la piedra tiene una masa de 88 kg?, ¿cuál es la fuerza si la piedra está en la cima de una montaña de 8 km de altura?
4. En grupo ordenen de mayor a menor los resultados, compárenlos y expliquen por escrito sus conclusiones en función de la Ley de Gravitación Universal y de las variables que trabajaron en los problemas.

### Relación de la gravitación universal con la caída libre y el peso de los objetos

Tal como vimos, podemos obtener la fuerza con la que, recíprocamente, se atraen dos masas cualesquiera. Calculemos la fuerza de atracción gravitacional entre un objeto de masa  $m$  que se encuentra cerca de la superficie terrestre y la Tierra a partir de la Ley de Gravitación Universal.

Si introducimos los valores conocidos de la masa ( $M$ ); el radio de la Tierra como la distancia entre el centro de masa y el objeto, y el valor de la constante gravitacional:

$$M = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}, \quad r = 6.37 \times 10^6 \text{ m}, \quad G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2}.$$

La fuerza de atracción es:

$$F = G \frac{Mm}{r^2} = (6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}^2}) \times \frac{(5.98 \times 10^{24} \text{ kg})m}{(6.37 \times 10^6 \text{ m})^2} = \frac{(3.99 \times 10^{14} \frac{\text{Nm}^2}{\text{Kg}})m}{4.05 \times 10^{13} \text{ m}^2} = (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) m,$$

donde vemos que:

$$F = (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) m.$$

Recuerda que, de acuerdo con la Segunda Ley de Newton, la magnitud de la fuerza que experimenta un objeto es igual al producto de su masa por su aceleración:

$$F = ma.$$

Como ves, ambas fuerzas son producto de la fuerza de atracción gravitacional de la Tierra; es decir, en realidad hablamos de la misma fuerza calculada mediante dos formulaciones distintas, de manera que podemos igualarlas:

$$ma = m (9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}).$$



**Figura 1.56.** La Tierra atrae a la piedra y ésta, a su vez, atrae a la Tierra con una fuerza igual al peso de la piedra (según la Tercera Ley de Newton). Vemos el movimiento de la piedra, pero ¿por qué no observamos el de la Tierra?

#### Conoce más

Encuentra en la siguiente dirección electrónica un simulador de la caída libre de diferentes objetos <http://www.edutics.mx/wna> (Consulta: 14 de septiembre de 2018).



**Figura 1.57.** En caída libre todos los objetos caen con la misma aceleración cerca de la superficie de la Tierra.



**Figura 1.58.** El peso de los cuerpos cambia de acuerdo con el tamaño y la masa de los planetas. Un astronauta en la Luna pesa menos que uno en la Tierra. ¿Cambia su masa?

Si ambos lados de la igualdad los dividimos entre  $m$ , el resultado es:

$$a = 9.8 \frac{m}{s^2}.$$

Este valor ya lo conoces: es la aceleración de la gravedad,  $g$ , de un objeto en caída libre. Nota, además, que la última expresión indica que esta aceleración no depende de la masa del objeto, es una constante. Por ello podemos concluir que todos los objetos en las cercanías de la superficie terrestre caerán con la misma aceleración, como Galileo ya lo había descubierto con sus experimentos. Esta aceleración podemos interpretarla de la siguiente manera: por cada segundo que pasa, un cuerpo que cae aumenta su rapidez en 9.81 m/s. La fuerza de gravedad para cualquier objeto cerca de la superficie terrestre se obtiene de la Segunda Ley de Newton y del valor de la aceleración de la gravedad:

$$F = mg.$$

Esta fuerza se conoce como peso de los objetos, de modo que para un objeto de masa  $m$ :

$$\text{Peso} = mg.$$

Como ves, la diferencia entre peso y masa es clara. ¿Cuál sería el peso de una persona con una masa de 90 kg? ¿En qué unidades se expresa el peso?

### Calcula y analiza

1. Completa la tabla, calcula tu peso en cada uno de los astros que se indican.

Astro	Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )	Tu peso (N)
Mercurio	3.7	
Venus	8.87	
Tierra	9.8	
Marte	3.69	
Júpiter	20.87	
Saturno	7.207	
Urano	8.43	
Neptuno	10.71	
Plutón	0.62	
Luna	1.622	
Sol	274	

Analiza en grupo y respondan.

- ¿Tu peso cambia en cada situación? ¿Cambia tu masa?
- ¿En que planeta pesas más? ¿Y en cuál menos?
- ¿Qué puedes concluir acerca de la masa y el peso?

## ¡Vámonos al Espacio! Velocidad de escape

¿Qué pasa con un objeto si lo lanzas verticalmente hacia arriba? Un dicho dice: "Todo lo que sube tiene que bajar". ¿Consideras que es cierto? Sin **autopropulsión**, un objeto saldrá de la Tierra sin que regrese; es decir, vencerá la fuerza de gravedad si se lanza con una rapidez suficiente. ¿Por qué? Esta rapidez se conoce como **velocidad de escape** y se puede calcular para cualquier astro, incluida la Tierra, mediante la siguiente expresión:

$$v_{\text{escape}} = \sqrt{2gr},$$

donde  $g$  es la constante gravitacional en la superficie de un astro o planeta, y  $r$ , su radio.



Figura 1.59. Los cohetes espaciales requieren una velocidad mínima para escapar de la fuerza de gravedad y ponerse en órbita.

### Analiza

- En equipo comenten las siguientes preguntas.
  - ¿Para cuál de los astros de la tabla anterior consideran que es mayor la velocidad de escape? Argumenten su respuesta.
  - Realicen las operaciones necesarias y verifiquen si su respuesta es correcta; de lo contrario, rectifíquenlas y replanteen sus argumentos. ¿Qué otra información necesitan para hacer las operaciones? Investiguen.
  - ¿Cuál es la velocidad de escape de la superficie de la Tierra? ¿Les parece pequeña o grande con respecto a la velocidad de un avión comercial (aproximadamente 850 km/h)? Expliquen.
  - ¿Objetos con mucha o poca masa requieren la misma velocidad de escape para salir del planeta? ¿Por qué?
  - A partir de la respuesta anterior expliquen por qué en los actuales viajes al espacio se busca utilizar objetos y maquinaria del menor tamaño y peso posibles.
  - Compartan en grupo sus respuestas y seleccionen las correctas. No olviden argumentar su elección.

### Glosario

#### Autopropulsión.

Se dice de un objeto que se impulsa por sí mismo.

- En equipo analicen la situación inicial y respondan las preguntas con base en lo que aprendieron en la lección. ¿Sus respuestas cambiaron? Expliquen cuáles fueron sus errores y cómo modificaron sus ideas.
- Discutan las siguientes preguntas.
  - ¿Por qué los astronautas parecen flotar cuando se desplazan por la superficie de la Luna?
  - ¿Qué ocurriría si no existiera la gravedad en la Tierra? ¿Sería posible la vida? ¿Podrías caminar, comer o nadar?
  - ¿Qué se requeriría para que la Luna dejara de girar alrededor de la Tierra?
  - Si existiera otro sistema planetario como el nuestro, ¿los astros y sus posibles planetas necesariamente girarían alrededor de su estrella (Sol)? ¿Por qué?
  - Comenten en grupo sus respuestas y válidenlas.

Cierre

## L2 Newton, vida y obra, sus aportaciones para la ciencia

### Inicio



1. Entre los pobladores del México precolombino (antes de la llegada de Cristóbal Colón a lo que hoy es América) había quienes conocían el movimiento de los astros, en qué momento habría luna llena, el tránsito de los planetas e incluso predcían la fecha en que sucedería un eclipse solar. Los mayas a partir de cálculos matemáticos, obtuvieron conocimientos astronómicos para decidir el momento más propicio de la siembra y la cosecha de sus cultivos.

a) En parejas consideren el contexto de aquella época y discutan cómo lograron los pueblos del pasado hacer esas predicciones.

b) ¿Qué es un planeta? ¿Qué es una estrella? ¿Cómo pueden, en el cielo nocturno, distinguir un planeta de una estrella?

c) ¿Por qué es posible saber en dónde estará ubicado un planeta en uno o diez años? ¿Cómo es posible saber cuándo aparecerá un cometa?

d) ¿Consideran posible conocer completamente el movimiento de un planeta, como Saturno, sin necesidad de visitarlo?

### Desarrollo

#### ¿Cómo era Isaac Newton?

Isaac Newton nació en Woolsthorpe, Inglaterra, en 1642; su padre murió poco antes de que él naciera y a los tres años quedó al cuidado de su abuela, al casarse su madre por segunda vez.

Desde temprana edad Newton se interesó por comprender su entorno. Entre los libros que aumentaron su inquietud está *Los misterios de la naturaleza y el arte*, de John



Figura 1.60. Desde niño, Newton tuvo la inquietud por descubrir y experimentar.

Bate; se cuenta que fue tanto su interés por el libro que por tres días seguidos no soltó el libro y se los pasó haciendo apuntes y memorizando diferentes partes. El libro trata diversos temas, como el agua, los fuegos pirotécnicos y los colores. Tal fue su fascinación que incluso reprodujo los artefactos que se mencionaban, que por supuesto funcionaban. Isaac elaboró relojes de sol, papalotes equipados con petardos y juguetes mecánicos, además de dibujar intensamente y tomar notas de sus observaciones en una bitácora.

A pesar de sus dificultades económicas, Isaac pudo ingresar como estudiante becado a la universidad en Cambridge, condición que implicaba atender a los comensales y el derecho a comer las sobras. En Cambridge, Newton pudo dedicarse a sus estudios y, por su propio esfuerzo, alcanzó el nivel intelectual que le permitió proponer los conceptos físicos que ya hemos estudiado.

El joven Newton poseía una extraña personalidad: profundamente neurótico y poco sociable; temía exponer sus pensamientos, sus creencias y descubrimientos a la inspección y la crítica; solía ser rencoroso y vengativo, temperamento que lo llevó a lamentables polémicas con otros científicos notables, como **Wilhelm Leibniz** (1646-1716), Robert Hooke y **John Flamsteed** (1646-1719); se enajenaba y no publicaba nada, excepto bajo presión extrema. Newton era capaz de mantener un problema en su mente durante horas, días y semanas, hasta que encontraba la solución. No conocía límites con tal de satisfacer su curiosidad; se dice, por ejemplo, que en sus estudios sobre la luz y el color llegó a mirar directamente al Sol e introducirse un **punzón** en la cuenca de los ojos con el inevitable daño.

De sus 85 años de vida, Isaac Newton dedicó aproximadamente 20 a la investigación científica y otros tantos a llenar cuadernos con sus trabajos sobre **alquimia**, jeroglíficos y **teología**. Newton murió en 1727 en Cambridge, Inglaterra.

### Aportaciones de Newton.

Sin duda, el libro *Principios matemáticos de la filosofía natural*, publicado en 1687, es la obra más conocida de Isaac Newton. En él, Newton establece los principios de lo que sería la física clásica o el estudio del movimiento. Aunque Newton no fue el primero en realizar dichos estudios, sí describió y predijo el movimiento a partir de leyes generales expresadas matemáticamente. Galileo Galilei, por ejemplo, al describir algunos sistemas en donde los cuerpos cambian su estado de movimiento (una piedra que cae o una esfera que baja por un plano inclinado) permitió el cálculo y la relación de variables físicas, como el tiempo, el desplazamiento y la rapidez; sin embargo, la descripción de todo tipo de movimiento, incluyendo el movimiento de los planetas, sólo fue posible gracias a las ideas de Newton que logró a partir de las observaciones que otros científicos, como Copérnico, Brahe, Kepler y el mismo Galileo Galilei, hicieron antes que él.

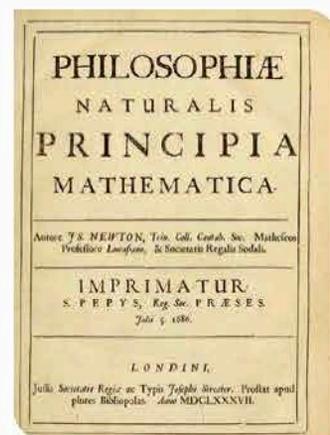
Como vimos en la secuencia anterior, de acuerdo con Newton, para describir y predecir el movimiento de un cuerpo son suficientes tres leyes:

1. Si la fuerza neta sobre un cuerpo es cero, su estado de reposo o su movimiento con velocidad constante no cambia (primera ley).
2. La suma de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es la que permite o no el cambio en el movimiento, es decir, el cambio en el movimiento se genera a partir de las fuerzas que se ejercen sobre un cuerpo (segunda ley).
3. Las fuerzas son resultado de la interacción opuesta entre dos cuerpos, de uno sobre otro y viceversa (tercera ley).

Una de las aplicaciones más exitosas de las ideas de Newton fue la descripción del movimiento celeste. Con mediciones precisas y aplicando dichas leyes se podía saber todo acerca del movimiento de los planetas y en general de los cuerpos celestes; esto es, conocer su posición y velocidad en cualquier instante, algo que habían hecho, de manera aproximada, otros científicos y culturas antiguas mediante la observación.



**Figura 1.61.** La Universidad de Cambridge, cuna de grandes científicos y lugar en donde Newton desarrolló muchas de sus ideas.



**Figura 1.62.** Los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* es la obra cumbre de Isaac Newton.

### Glosario

#### Punzón.

Instrumento metálico puntiagudo para perforar o hacer marcas.

**Alquimia.** Estudio experimental con sentido esotérico que buscaba transformar sustancias, en particular metales en oro.

**Teología.** Estudio que trata sobre Dios y del conocimiento del ser humano sobre él.

## El descubrimiento de Neptuno: un triunfo de las leyes de Newton

### Analiza

1. En equipo lean el texto y respondan.



Representación del Sol y los planetas.

Hasta la primera mitad del siglo XVIII sólo se identificaban seis planetas en el Universo. Nada se sabía sobre Urano y Neptuno, ni nadie esperaba que hubiera un planeta más allá de Saturno.

A partir de los 35 años, el inglés **William Herschel** (1738-1822), músico de profesión, comenzó sus estudios de astronomía. Consciente de la necesidad de mediciones precisas en el estudio de las estrellas, construyó su propio telescopio y en 1780 logró publicar sus primeros resultados sobre las manchas solares, las montañas lunares, el eje de rotación de Marte, entre otros.

En 1781 Herschel observó una estrella que, en el mismo campo de visión, era más grande que el resto de las estrellas. Herschel había descubierto un nuevo planeta, el Sistema Solar era más grande y se planteó la existencia de planetas aún más lejanos.

Una vez que el resto de los astrónomos supo que Urano giraba en torno al Sol se aplicaron las leyes de Newton para analizar su movimiento. Eran necesarios cálculos precisos para que se pudiera conocer el movimiento de cualquier astro y predecir su posición en cualquier momento. Sin embargo, después de las observaciones, cálculos y mediciones, los astrónomos se dieron cuenta de que Urano no seguía fielmente la trayectoria esperada. ¿Qué sucedía? ¿El planeta había sido golpeado por un cometa o algún otro astro? ¿Acaso las leyes de Newton no se cumplían para esas zonas del Universo? ¿Existía algún planeta o fuerza invisible que perturbaba el movimiento de Urano?

La inexplicable causa del movimiento anómalo de Urano fue de tal importancia para la comunidad astronómica que en 1842 se reunió en la Academia de Ciencias de Göttingen, Alemania, y ofreció un premio a quien resolviera el problema. El 18 de septiembre de 1846, el astrónomo francés **Urbain Leverrier** (1811-1877), con base en sus cálculos, afirmó la existencia de un astro causante de la modificación de la órbita de Urano. Pidió a **J. G. Galle** (1812-1910), quien trabajaba en el observatorio de Berlín, que buscara ese astro indicándole las coordenadas donde debía estar. Cinco días después Galle descubrió Neptuno, muy cerca de la posición que Leverrier había indicado.

Los resultados de los cálculos del astrónomo francés también los obtuvo el matemático inglés **John Couch Adams** (1819-1892). No es la primera vez que dos o más científicos realizan el mismo descubrimiento de manera casi simultánea. Al final, ambos trabajos fueron reconocidos.

1. Analiza el texto y argumenta por qué las aportaciones de Newton son importantes para el desarrollo del conocimiento científico y práctico.
2. ¿En qué otras áreas se aplican las leyes de Newton?
3. En grupo discutan y compartan sus ideas al respecto.

Los trabajos de Newton acerca del movimiento incluyen la descripción del movimiento de los líquidos, la explicación de las mareas y la propagación del sonido, así como una teoría sobre la formación de las estrellas; sin embargo, también realizó aportaciones importantes en otras áreas.

1. En el área de las matemáticas desarrolló el cálculo diferencial e integral, una herramienta necesaria para ampliar las aplicaciones de las leyes de la mecánica. Esta herramienta la desarrolló, en la misma época, el matemático alemán Gottfried Wilhelm Leibniz.
2. En la óptica, con sus estudios sobre la naturaleza de la luz que él suponía constituida por pequeñas partículas que podían rebotar sobre los objetos, descubrió que la luz blanca se puede descomponer en los colores del arcoíris.
3. Diseñó el telescopio reflector, distinto al de Galileo porque usa espejos en vez de lentes para enfocar la luz (figura 1.64).

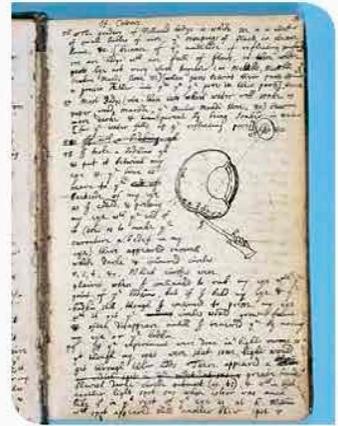


Figura 1.63. Manuscrito de Newton que muestra los discos oscuros que se ven cuando se presiona el globo ocular.

Las leyes de Newton son consideradas una de las aportaciones más relevantes de la física a la humanidad porque son la base de la mecánica clásica, la teoría general del movimiento. Asimismo representan el auge del conocimiento de su tiempo y aún son ampliamente utilizadas para describir una gran cantidad de sistemas **macroscópicos**, que contribuyen al avance científico y tecnológico. La gran contribución de Newton al quehacer científico fue la generalización de sus leyes, es decir, dio a las leyes físicas el carácter de universales.



Figura 1.64. a) Telescopio reflector newtoniano. b) Esquema de funcionamiento.

Sin duda, Newton modificó para siempre la forma en que vemos el mundo. La búsqueda de leyes universales que describan el comportamiento de la naturaleza es hoy la meta de muchos científicos.

En la siguiente frase de Newton se resume el significado que para él tenía el conocimiento.

“No sé cómo puedo ser visto por el mundo, pero en mi opinión, me he comportado como un niño que juega al borde del mar, y que se divierte buscando de vez en cuando una piedra más pulida y una concha más bonita de lo normal, mientras que el gran océano de la verdad se exponía ante mí completamente desconocido”.

**Glosario**

**Macroscópico.**  
Que por su tamaño no requiere de microscopios para ser visto.

1. En equipo compartan sus respuestas a la situación inicial y respondan las siguientes preguntas.
  - a) ¿Cómo lograron las antiguas civilizaciones predecir el movimiento de los planetas? Investiguen cuáles y qué tan exactas fueron las predicciones astronómicas de la civilización maya.
  - b) ¿Cuáles era las diferencias entre lo que científicamente se hacía antes y después de Newton?
  - c) En grupo discutan en qué radica la validez de las leyes de Newton e investiguen si aún son válidas, en qué casos sí y en cuáles no.

Cierre

## L3 El movimiento regular de los cuerpos del Sistema Solar: las leyes de Kepler

### Inicio



1. Sabemos que un año dura 365 días, el tiempo que la Tierra tarda en dar una vuelta alrededor del Sol, y que durante ese tiempo percibimos cuatro estaciones: primavera, verano, otoño e invierno. Contesta en tu cuaderno.
  - a) Si las cuatro estaciones tuvieran la misma duración, ¿de cuántos días y horas en total sería cada estación?
  - b) Si nuestro planeta estuviera más alejado del Sol, ¿las estaciones durarían más o menos tiempo? ¿Por qué?
  - c) ¿Qué consecuencias traería este cambio en nuestra forma de vida?
2. En equipos consideren que la Tierra gira alrededor del Sol y discutan las posibles causas por las que la intensidad de los rayos del Sol que recibe la Tierra cambia a lo largo del año. Escriban sus opiniones en su cuaderno.

### Desarrollo

#### El movimiento de los planetas alrededor del Sol



**Figura 1.65.** Antiguamente se pensaba que todas las estrellas se encontraban a la misma distancia de la Tierra en una esfera llamada bóveda celeste.

El asombro que despierta una noche estrellada y la observación detallada del movimiento de los astros provocan el deseo de conocer la naturaleza del Universo. Todas las culturas, motivadas por la curiosidad y la necesidad de medir el tiempo, sobre todo para el desarrollo de la agricultura, han observado el movimiento del Sol, de la Luna y de las estrellas.

Con base en sus observaciones los pensadores griegos de la Antigüedad crearon su propio modelo del Universo; se percataron de que las estrellas parecían moverse en círculos, lo cual trajo como consecuencia la idea de que la Tierra estaba fija en el centro de una enorme esfera que giraba cada 24 horas, y en la cual se encontraban las estrellas (figura 1.65). Sin embargo, existían siete astros que se movían de manera distinta: el Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Los tres últimos presentan un movimiento llamado retrógrado, ya que parecen avanzar, retroceder y nuevamente avanzar en la bóveda celeste (figura 1.66).

¿Cómo elaborar un modelo que reproduzca el comportamiento de los astros? Platón, el famoso filósofo griego, formuló esta pregunta y durante muchos siglos los astrónomos trabajaron en ella. En ese tiempo la esfera y el círculo se consideraban formas perfectas y, por tanto, de carácter divino. Se pensaba entonces que todos los astros debían ser esféricos y seguir movimientos circulares, pero sus razones no eran científicas, sino de belleza geométrica.

**Eudoxo** (408-355 a. n. e.) y **Calipo** (370-310 a. n. e.), discípulos de Platón, propusieron un modelo de esferas concéntricas y transparentes, donde las esferas interiores se movían con los planetas o el Sol alrededor de la Tierra. A pesar de que este modelo no se ajustaba plenamente al movimiento real de los astros fue apoyado por Aristóteles.

A pesar de que este modelo no se ajustaba plenamente al movimiento real de los astros fue apoyado por Aristóteles.



**Figura 1.66.** Fotografía de larga exposición que muestra el movimiento retrógrado del planeta Marte.

El astrónomo alejandrino **Claudio Ptolomeo** (100-170) propuso un modelo diferente al de Aristóteles, el cual consistía en círculos concéntricos alrededor de la Tierra, uno para cada planeta. En el perímetro de cada círculo se encontraban las órbitas circulares o **epiciclos** de los planetas; es decir, éstos giraban en círculos alrededor de otros círculos más grandes (figura 1.66). Este nuevo modelo reproducía las propiedades del modelo platónico de las esferas concéntricas, pero también el movimiento retrógrado de los planetas, aunque era de una complejidad tremenda. El modelo de Ptolomeo permaneció hasta el Renacimiento.

Aunque el astrónomo griego **Aristarco de Samos** (siglo III a. n. e) fue el primero en considerar un modelo en el que los planetas (incluida la Tierra) giran alrededor del Sol, no pudo convencer a sus contemporáneos y su teoría quedó olvidada. Fue hasta el siglo XVI que el astrónomo polaco **Nicolás Copérnico** (1473-1543) retomó las ideas de Aristarco y en su obra *Sobre las revoluciones de las esferas celestes* justificó matemáticamente que la Tierra gira en torno al Sol, razón por la que su modelo recibió el nombre de heliocéntrico, palabra que deriva de la palabra griega *helios*, que significa Sol. Posteriormente el italiano Galileo Galilei defendió este modelo a partir de sus descubrimientos con el telescopio para argumentar que Saturno y sus lunas formaban un sistema parecido al Sistema Solar. Cabe señalar que la pretensión de Copérnico era encontrar un modelo geométrico del Sistema Solar que explicara de manera más simple el movimiento de los planetas, para diseñar calendarios más precisos. En ese tiempo se usaba el **calendario juliano**, que ya presentaba un desfase con fenómenos como los equinoccios. La pretendida simplificación no fue tal. En realidad la importancia de su modelo fue haber cambiado la idea de que la Tierra era el centro del Universo y darle la categoría de un planeta más.

Finalmente el alemán **Johannes Kepler** (1571-1630) perfeccionó el heliocentrismo y allanó, así, el camino para las leyes de Newton. Kepler se inspiró en el trabajo del astrónomo danés **Tycho Brahe** (1546-1601), quien antes de la invención del telescopio observó y midió de manera muy precisa las trayectorias de los planetas. En 1609 Kepler dedujo las leyes que rigen el movimiento de los planetas que se exponen en la infografía de las páginas 86 y 87.

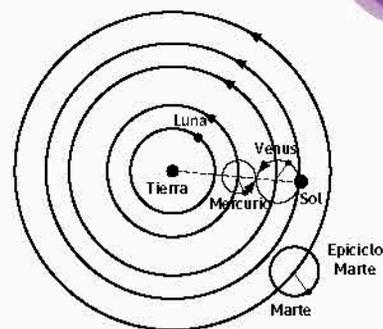


Figura 1.66. Modelo de Ptolomeo, también llamado geocéntrico, pues considera que la Tierra es el centro del Universo.



Figura 1.67. Representación del modelo heliocéntrico de Copérnico.

**Glosario**

**Epiciclo.** Círculo cuyo centro está en la circunferencia de otro círculo mayor.

**Calendario Juliano.** Calendario instaurado por Julio César en el año 46 a. n. e. que consideraba como bisiestos todos los años múltiplos de 4.

**Cierre**

1. En equipos analicen la situación inicial e intercambien y comenten sus respuestas.
2. Investiga y representa con un esquema la trayectoria elíptica de la Tierra alrededor del Sol. Considera que en el hemisferio norte el verano corresponde a la región más alejada del Sol y el invierno, a la región más cercana. Explica por qué las estaciones tienen diferente duración aplicando las leyes de Kepler.

**Piensa y sé crítico**

En la actualidad existe la idea de hacer viajes tripulados a Marte, pero se dice que sólo sería un viaje de ida, sin posibilidad de regreso. ¿Consideras que esto es cierto? ¿Por qué? ¿Te aventurarías a un viaje así?

## EL MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS

# LEYES DE KEPLER

Johannes Kepler buscó una explicación matemática al movimiento de traslación de los planetas y otros astros alrededor del Sol. Expresó sus conclusiones con las tres leyes que llevan su nombre.

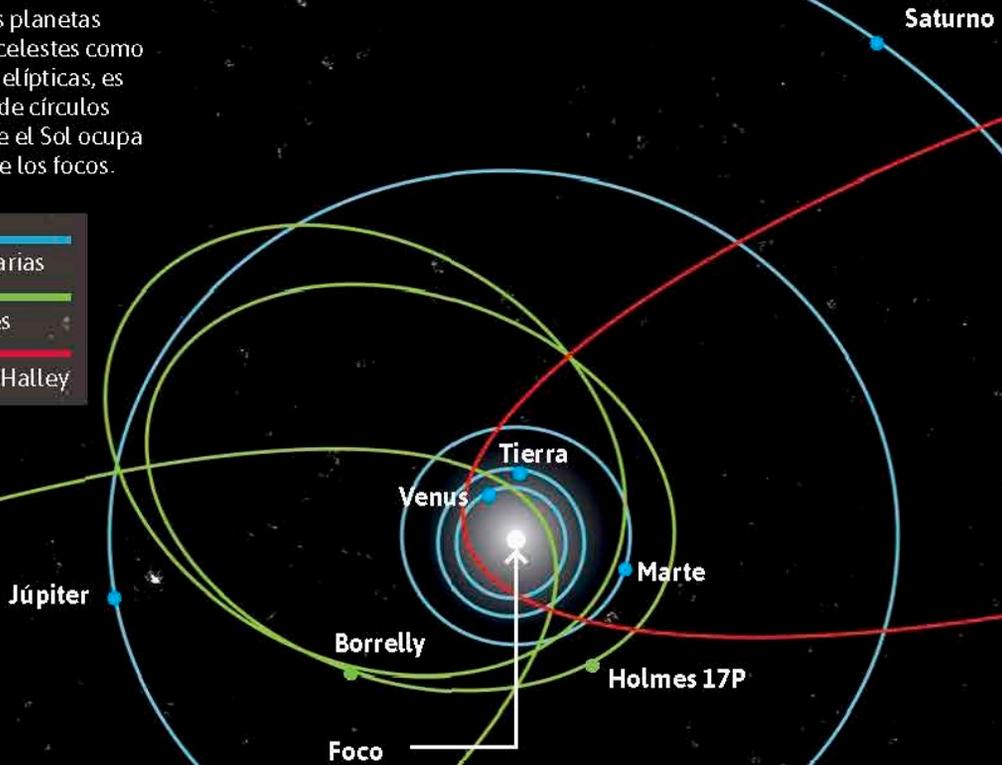
### ● Primera Ley

Las órbitas de los planetas (y otros cuerpos celestes como los cometas) son elípticas, es decir, con forma de círculos achatados, donde el Sol ocupa el lugar de uno de los focos.

Órbitas planetarias

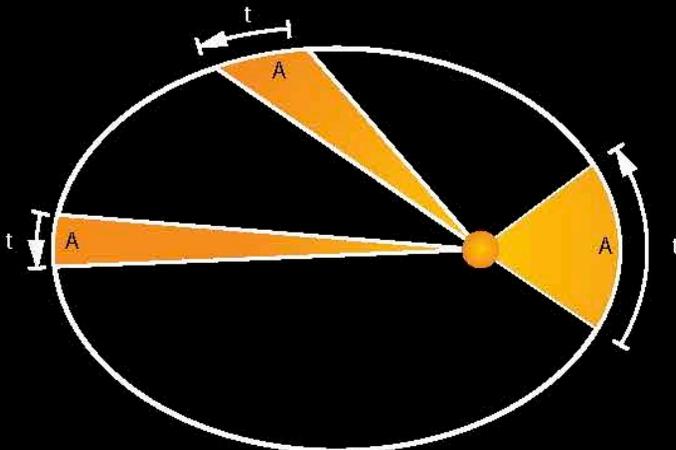
Órbitas celestes

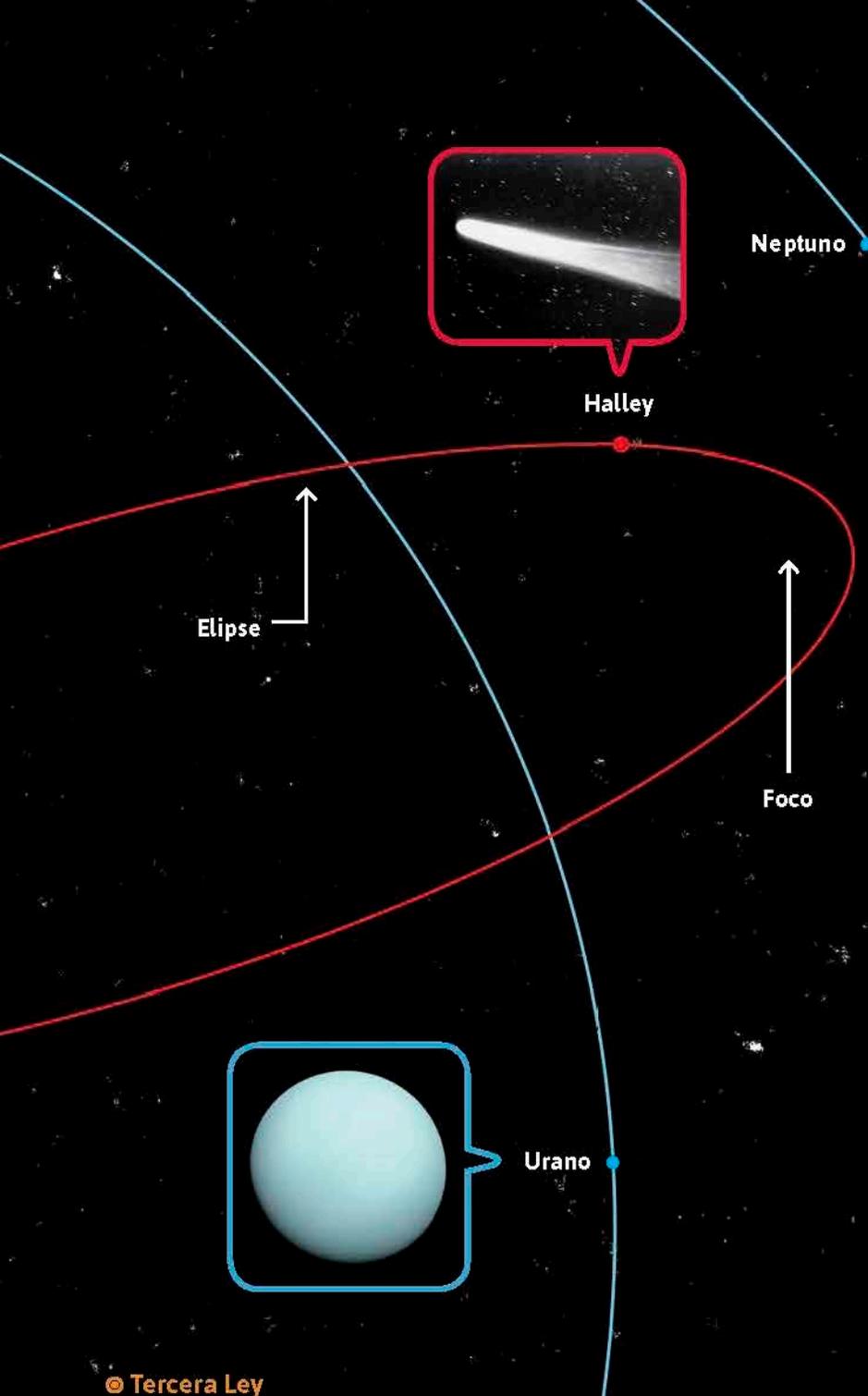
Órbita cometa Halley



### ● Segunda Ley

La línea imaginaria que une los planetas al Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales.





### Johannes Kepler

Fue un astrónomo y matemático alemán que trabajó con el astrónomo danés Tycho Brahe considerado, este último, el mayor observador del cielo antes de la invención del Telescopio. Fue gracias a las mediciones de Brahe sobre las órbitas de los planetas que Kepler pudo deducir las leyes del movimiento que llevan su nombre.



### Importancia de las leyes de Kepler

Las leyes de Kepler significaron un gran avance en la comprensión del Universo, rompió con la idea de las órbitas circulares perfectas y afianzó para siempre la teoría heliocéntrica. La descripción del movimiento planetario de Kepler fue majestuosamente explicada por Sir Isaac Newton a través de su Ley de la Gravitación Universal. Kepler explicó cómo se mueven los astros en el cielo; Newton, el porqué.

### ● Tercera Ley

La razón del cuadrado del periodo de traslación de un planeta entre el cubo de su distancia media al Sol es un valor constante.

Planeta	Periodo de revolución: T (días)	Distancia media al Sol: D (millones de km)	$k = \frac{T^2}{D^3}$
Mercurio	88	57.9	0.039896027
Venus	224	108.2	0.039610858
Tierra	365.25	149.56	0.039878065
Marte	686.98	227.9	0.039870824
Júpiter	4331.865	778	0.039848414

### Analiza y resuelve.

- De acuerdo con la segunda ley de Kepler, ¿cómo cambia la velocidad de un planeta o cometa al estar cerca o alejado del Sol?
- ¿Cómo es el periodo de revolución a medida que la órbita es más alejada del Sol?
- Investiga y completa la tabla sobre la tercera ley de Kepler con Saturno, Urano, Neptuno y el cometa Halley.

# Autómatas y otros artefactos mecánicos automáticos

Los autómatas son artefactos que imitan la forma y los movimientos de una persona, un animal o un personaje. El funcionamiento de los autómatas mecánicos, en particular, se basa en principios físicos sencillos y accesibles, y sus movimientos se transmiten por resortes, engranes, poleas, palancas, etcétera.

Si pudieran construir un autómata, ¿qué utilidad práctica le darían? ¿Cómo harían su propio autómata o artefacto mecánico automático? ¿Pueden idear un artefacto mecánico automático para resolver un problema o una tarea rutinaria en su escuela o comunidad?

## Planeación

Antes de iniciar un proyecto es indispensable planearlo y organizarlo, así como establecer las responsabilidades de cada integrante del equipo en las actividades a realizar. Recuerda que el buen resultado de un equipo de trabajo depende del desempeño de cada integrante.

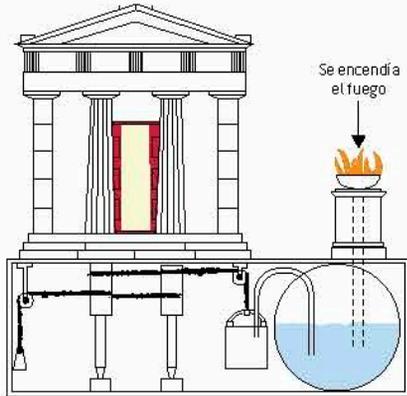
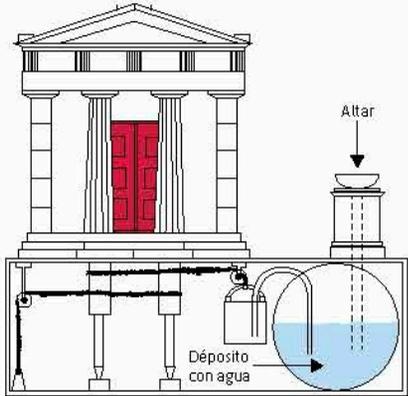
Los mecanismos automáticos se diseñan para efectuar tareas muy concretas, de modo que los primeros pasos a seguir son considerar su objetivo, los recursos de los que disponen (materiales y de información) y definir qué tipo de proyecto desean realizar. Es decir, plantéense las preguntas: ¿Qué hacer y para qué?

Presentamos algunas ideas pero sólo son sugerencias. Ustedes pueden proponer proyectos diferentes y darles la orientación de su agrado o conveniencia.

Pueden trabajar en un proyecto de tipo ciudadano para compartir lo que aprendan y descubran con gente de su comunidad, o pueden revisar la influencia de los autómatas en la filosofía, el arte o en las artesanías: hay juguetes tradicionales que son artefactos de este tipo, y en algunos lugares aún existe el teatro de autómatas, por ejemplo. Un proyecto científico puede consistir en explicar de manera precisa y detallada el funcionamiento de un artefacto o dispositivo automático cotidiano; por ejemplo, el inodoro es un artefacto automático notable: pueden investigar su funcionamiento e identificar algunos principios físicos en acción.

Un proyecto tecnológico podría consistir en diseñar y construir un artefacto para realizar una tarea e incluso tener algún beneficio comunitario; también podrían construir, con materiales reciclados, un autómata que realice la acción que deseen. Las siguientes fuentes pueden sugerirles un punto de partida:

- Chimal, Carlos, *La cibernética*, Conaculta, México, 1999.
- Poe, Edgar A., *El jugador de ajedrez de Maelzel*, Ensayo recopilado en diversas publicaciones.



Máquina para abrir las puertas del templo en Alejandría en el siglo I. El mecanismo de engranes estaba oculto, por lo que la gente de aquella época percibían con asombro que la acción del fuego causara la apertura de las puertas del templo.

## Organización de las actividades

Tengan en cuenta la sección “Pistas para mi proyecto”. Establezcan estrategias para alcanzar los objetivos de su proyecto. Planeen sus actividades; para ello pueden establecer un cronograma que consiste en una estimación de las actividades necesarias para realizar un proyecto, incluyendo fechas de inicio y término de cada una; así como los responsables de cada actividad. A continuación, les mostramos un ejemplo.

Actividades	Tiempo programado	Observaciones
Elección del proyecto a desarrollar considerando intereses personales y necesidades de la comunidad.		
Investigación documental en fuentes confiables.		
Elaboración del proyecto: planes, estrategias, etcétera.		
Desarrollo del proyecto.		
Presentación del proyecto.		
Evaluación y conclusiones del proyecto.		

El tiempo para la elaboración de su proyecto es de al menos dos semanas.

## Desarrollo

### Búsqueda, organización y análisis de la información

Investiguen de acuerdo con sus objetivos, metas y la organización de sus actividades. Si consultan información en internet, verifiquen que sea confiable; accedan a páginas de instituciones reconocidas. Para analizar su información usen lo que aprendieron en sus cursos de Español o de Ciencias y tecnología 1. Consideren tablas, gráficas, cuadros sinópticos, mapas mentales, etcétera.

### Elaboración del producto

El producto es el resultado material o tangible de su proyecto, ya sea un trabajo escrito o el artefacto elaborado. Su producto debe responder satisfactoriamente a sus objetivos e intereses iniciales.

### Comunicación

Planeen la forma de presentar los productos de su proyecto; sean creativos; pueden hacerlo mediante una plática, una exposición, un cartel, un tríptico, un informe escrito, un video, etcétera. Si su proyecto fue tecnológico y elaboraron algún instrumento, preparen una demostración y expliquen su funcionamiento.

### Conclusiones

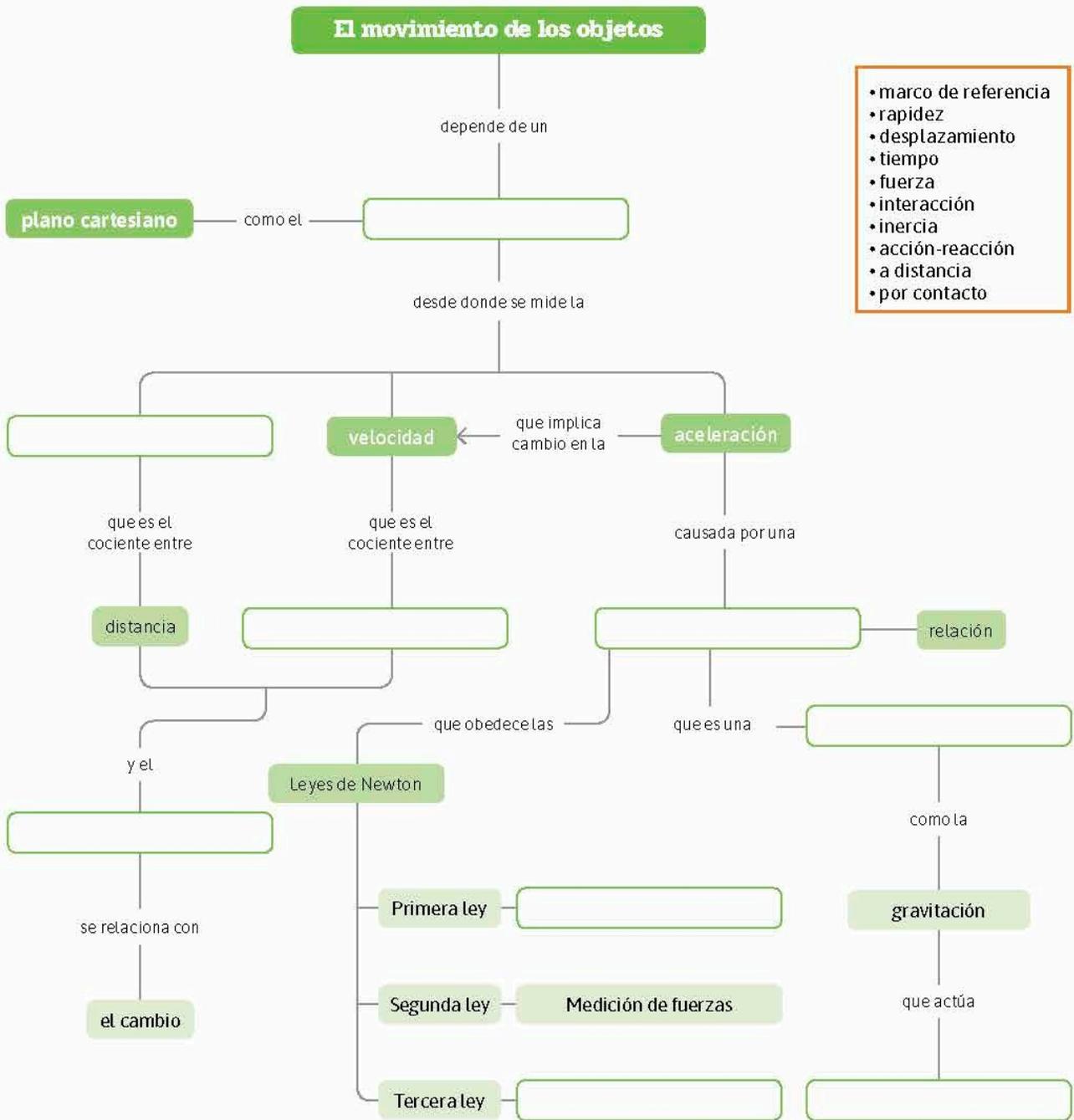
Hagan una retroalimentación de los logros de su proyecto y de cómo los ayudó a comprender mejor el tema que desarrollaron.

### Evaluación

¿Consideran que el proyecto les permitió profundizar los conocimientos que adquirieron en la unidad? ¿Les ayudó a reconocer la importancia del trabajo científico en la solución de problemas de su comunidad? Expliquen.

Realiza las siguientes actividades.

1. Analiza el mapa conceptual y complétalo con las palabras del recuadro:



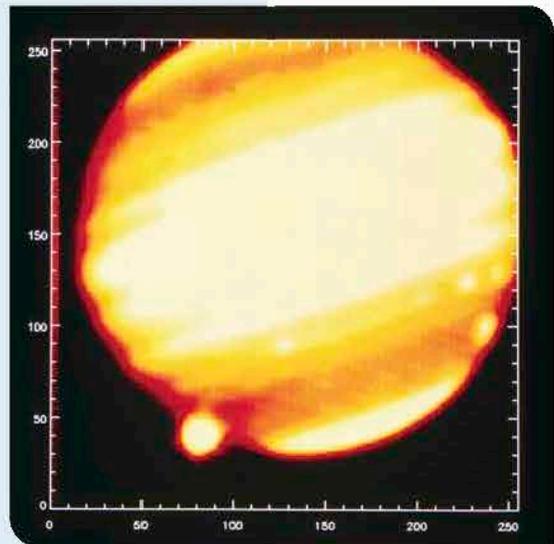
2. Construye un mapa conceptual similar al anterior a partir de las siguientes palabras y frases; incluye las que consideres necesarias.

- movimiento ondulatorio
- transversal
- longitud de onda
- frecuencia
- ondas mecánicas
- perturbación
- longitudinal
- amplitud
- periodo
- ondas electromagnéticas

3. Lee el texto, analiza las preguntas y subraya la respuesta correcta.

Desde el 16 y hasta el 22 de julio de 1994 ocurrió un suceso astronómico que por primera vez fue posible apreciar de manera directa en cientos de observatorios de todo el mundo: el impacto de un cometa (o, más precisamente, sus fragmentos) en uno de los planetas del Sistema Solar. Se trataba del cometa Shoemaker-Levy 9 (SL9). Se piensa que este cometa originalmente orbitaba alrededor del Sol, como la mayoría de los cometas, pero que al pasar cerca de Júpiter, tal vez entre las décadas de 1960 y 1970, fue atrapado por la fuerza gravitacional de este planeta gigante. Así, el cometa giraba alrededor de Júpiter como uno más de sus múltiples satélites; sin embargo, y debido a su cercanía con el mayor de los planetas del Sistema Solar, la órbita del cometa se acercó cada vez más a la superficie joviana, provocando su quebrantamiento (lo que quizá ocurrió en 1992); los astrónomos llegaron a contar hasta 23 fragmentos, que nombran con las letras del abecedario.

Finalmente, el 16 de julio de 1994 el primer fragmento impactó en la superficie del planeta; los efectos en la atmósfera de Júpiter fueron evidentes: manchas negras en las zonas donde impactaron los fragmentos, causadas por incendios en la atmósfera, de la misma manera en que se incendian los meteoritos al entrar en la atmósfera de nuestro planeta. El mayor de los impactos fue el que causó el fragmento G, que dejó una mancha de 12000 km de diámetro y liberó la energía equivalente a 600 veces el arsenal atómico de todo el mundo. El último pedazo hizo contacto con el planeta el 22 de julio.



El cometa Shoemaker-Levy 9 (SL9) fue llamado así porque fue descubierto en 1993 por el matrimonio formado por Carolyn y Eugene Shoemaker y David Levy en el observatorio Palomar, en California, Estados Unidos de América.

1. Si el estado natural de movimiento de los objetos es, según Galileo, el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme, ¿por qué los planetas y astros del Sistema Solar giran alrededor del Sol?
  - Porque según la Segunda Ley de Newton, todo objeto sometido a una fuerza debe tener una aceleración.
  - Porque la fuerza de gravedad del Sol que los atrae se combina con el movimiento rectilíneo al que tienden debido a la inercia.
  - Porque para los astros y planetas el movimiento circular es su movimiento natural.
2. Si el cometa SL9 orbitaba originalmente alrededor del Sol, ¿por qué al pasar cerca de Júpiter empezó a orbitar a su alrededor?
  - Porque los astros tienden a formar órbitas con los objetos celestes más cercanos.
  - Porque la radiación que emite el Sol aleja de él a los astros.
  - Debido a que, por su cercanía con Júpiter, la fuerza de atracción gravitacional era mayor entre el cometa y el planeta que entre el cometa y el Sol.

## Un viaje sin retorno

### 1. Lee y reflexiona.

#### El viaje de Laika

El primer ser vivo que orbitó nuestro planeta fue Laika; una perrita callejera que, por sus características físicas y comportamiento, fue elegida por los científicos rusos para viajar a bordo del satélite artificial Sputnik 2: era pequeña y podía estar quieta y tranquila en espacios reducidos durante mucho tiempo.

Cuando en noviembre de 1957 se lanzó el Sputnik 2, Laika fue equipada con un traje con sensores que monitoreaban sus signos vitales; viajó en una pequeña cabina provista de agua y alimentos para siete días. Gracias a los datos recogidos en esta y otras misiones espaciales, menos de cuatro años después el primer ser humano, Yuri Gagarin, orbitó la Tierra.

Oficialmente los científicos rusos dijeron que Laika completó su misión y murió tranquila luego de comer un último alimento que contenía una prevista dosis de veneno. En 2002, sin embargo, uno de ellos afirmó que Laika murió de calor y pánico cinco horas después del despegue. En 2007 una novela gráfica rindió homenaje a Laika relatando su historia, pero —a petición del público— con varios finales alternativos en los que volvía a la Tierra sana y salva.



#### Comunicación asertiva. Emitir juicios de valor

Un juicio es la afirmación o negación de una idea; emitir un juicio es una habilidad que implica conocer y comparar. No es posible juzgar si se tiene desconocimiento del tema o si se ignoran otras opiniones. Hacer juicios sobre los problemas o situaciones que ocurren a nuestro alrededor equivale a tener un punto de vista, una opinión personal.

#### Una estrategia

Para emitir un juicio o una opinión se deben considerar los valores e ideas personales y tener en cuenta las de los demás. Una forma de expresar nuestras opiniones y puntos de vista es mediante una actitud asertiva, lo cual significa reconocer que tenemos derecho a nuestras creencias, pensamientos e ideas propias, así como a expresarlas libremente sin agredir ni ser agredidos. Al compartir opiniones debe prevalecer el respeto mutuo.

### 2. Responde.

- El uso de animales en experimentos científicos es común. ¿Qué opinas de sacrificar seres vivos en nombre del desarrollo científico? ¿Se justifica su muerte y sufrimiento? ¿Por qué?
- Comparte en grupo argumentando tu postura.

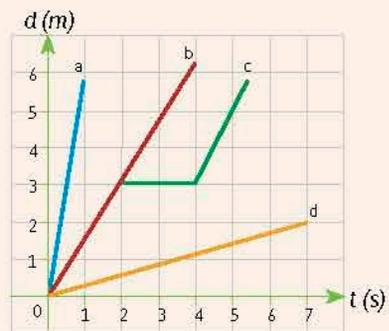
### 3. Escribe un juicio sobre la experimentación en animales y su posible beneficio para los seres humanos.

## Elige la opción correcta.

- Un automóvil que se desplaza 100 m en línea recta y entra a una glorieta que recorre cubriendo media circunferencia; considera que en ese punto termina su recorrido. Si la glorieta tiene un radio de 50 m, ¿cuál fue su desplazamiento?, y si en todo momento su rapidez fue constante, ¿cómo fue su velocidad?
  - 150 m. Constante.
  - 200 m. Constante.
  - 200 m. Variable.
  - 314.16 m. Variable.
- Si en la Tierra dejamos caer, desde la misma altura, 1 kg de plomo y 1 kg de algodón extendido, ¿cuál llegará primero al suelo?
  - Llegarán al mismo tiempo, tal como lo predijo Galileo.
  - Aristóteles afirmaba que objetos del mismo peso caen con la misma rapidez, así que ambos llegarán al suelo al mismo tiempo.
  - La rapidez de caída libre no depende de la masa, sino del volumen: a menor volumen mayor rapidez; por ello primero caerá el kilogramo de plomo.
  - Al kilogramo de algodón lo afecta mayormente la resistencia del aire, por tanto, tardará más en caer.
- Desde lo alto de un edificio de 15 m de altura se deja caer una bola de boliche; si cae libremente, ¿cuánto tiempo tardará en llegar al suelo?
  - 3 s
  - 1.5 s
  - 1.75 s
  - No se puede determinar porque la rapidez de caída es variable.
- Sobre un elevador actúa la fuerza de gravedad y la fuerza del cable que lo sostiene. Si asciende con rapidez constante, ¿cuál es el resultado de la suma de fuerzas que actúan sobre el elevador?
  - La fuerza del cable es mayor que la fuerza de gravedad; por tanto, el elevador sube.
  - La suma de las fuerzas es igual a cero.
  - La fuerza de gravedad es mayor que la fuerza del cable que lo sostiene.
  - La fuerza del cable es mayor, de lo contrario se rompería.

Observa la gráfica y contesta la preguntas 5, 6 y 7.

- ¿Cuál es el objeto más rápido?
  - El objeto a.
  - El objeto c.
  - El objeto d.
  - El objeto b.
- ¿Cuál objeto no se desplaza con movimiento rectilíneo uniforme?
  - El objeto a.
  - El objeto c.
  - El objeto d.
  - El objeto b.



7. ¿Con qué rapidez se mueve el objeto b?  
 a) A 0.667 m/s    b) A 1.5 m/s    c) Permanece en reposo.    d) A 9.8 m/s<sup>2</sup>
8. ¿Por qué las tijeras para cortar papel tienen cuchillas largas y mangos cortos, y las tijeras para cortar ramas tienen mangos largos y cuchillas cortas?  
 a) Porque el papel es plano y las ramas son cilíndricas.  
 b) Porque el papel es blando y las ramas son duras.  
 c) Los mangos de las tijeras para cortar papel son cortos para guardarlos en los bolsillos, mientras que los de las tijeras para cortar ramas son largos para alcanzar las ramas de la copa de los árboles.  
 d) No tiene relación con la física.
9. ¿Por qué se mueve un ciclista que baja por una pendiente si no pedalea?  
 a) Por la inercia de la bicicleta.  
 b) La situación es imposible; para que haya movimiento se necesita pedalear.  
 c) Porque sobre la bicicleta actúa la fuerza de gravedad.  
 d) Se mueve debido a la fricción entre las llantas de la bicicleta y el piso.
10. Dos jóvenes están sentados en sillas rodantes. El joven A tiene el doble de masa que el joven B. ¿Qué sucederá si el joven A empuja al joven B?  
 a) El joven A se moverá con la mitad de la aceleración que el joven B pero en sentido contrario.  
 b) Sólo se moverá el joven B, ya que su masa es menor.  
 c) Ninguno se moverá.  
 d) Ambos se moverán con la misma aceleración porque la Tercera Ley de Newton afirma que a toda acción corresponde una reacción de igual magnitud.
11. Sobre dos objetos, A y B, se aplica una fuerza de la misma magnitud y en la misma dirección. Si el objeto A adquiere una aceleración de  $2 \text{ m/s}^2$ , y el objeto B, de  $4 \text{ m/s}^2$ , ¿cuál de las afirmaciones es correcta? Considera despreciable la fricción entre los objetos y la superficie sobre la que se desplazan.  
 a) La masa de A es el doble que la de B.  
 b) La masa de A es la mitad que la de B.  
 c) La masa de ambos objetos es la misma.  
 d) La situación no es posible; si no hay fricción, entonces ambos se desplazan con la misma aceleración sin importar la magnitud de la fuerza.

### Reflexiono sobre mi desempeño

**Coevaluación.** Reúnete con un compañero para compartir y validar sus respuestas.

**Heteroevaluación.** En grupo revisen las secuencias que estudiaron en la unidad para identificar cuáles temas comprendieron mejor, y en cuáles tuvieron dificultades. Propongan una estrategia de trabajo para favorecer su aprendizaje.

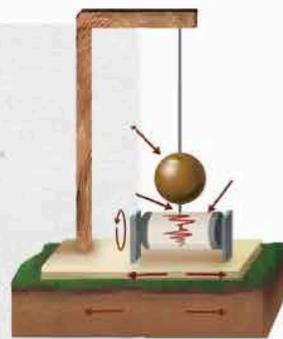


## 1. Lee el texto, analiza y responde.

Para medir la intensidad de los temblores se utiliza el **sismógrafo**, un aparato inventado en 1842 por el físico escocés James David Forbes (1809-1868).

En su versión más elemental se trata de un cuerpo pesado suspendido de un hilo con una punta fina capaz de dibujar delicados trazos sobre un papel y un mecanismo que desplaza el papel a velocidad constante. Así, cuando ocurre un temblor, los trazos del sismógrafo sobre el papel muestran un patrón de ondulaciones amplias, que crecen hasta alcanzar un valor máximo y luego decrecen.

Versiones modernas y más sofisticadas de este aparato usan tecnología basada en componentes electrónicos y computacionales; sin embargo, la idea básica (observar el movimiento de un cuerpo pesado) sigue siendo la misma.



- Durante cierto tipo de temblor el suelo se mueve horizontalmente. Explica qué ocurre con la masa colgante (ver figura) según la Primera Ley de Newton.
  - ¿Dirías que el suelo se mueve bajo la masa colgante mientras ésta permanece en reposo? Argumenta tu respuesta.
  - ¿Por qué se requiere que el objeto colgante sea pesado? ¿No funcionaría igual uno ligero?
  - ¿Cuál es la utilidad de mover el papel a velocidad constante? ¿En qué consistiría la diferencia si su velocidad no fuese constante?
2. En otro tipo de temblor el movimiento del suelo es vertical (arriba-abajo). ¿Pienzas que el sismógrafo descrito también medirá esos temblores? Si piensas que no, dibuja una propuesta de ajustes para lograrlo.

3. Investiga acerca de los temblores: sus tipos, su relación con el movimiento ondulatorio, y lo que debemos hacer para protegernos cuando ocurre uno de ellos. Planea como compartir esta información con tu familia.

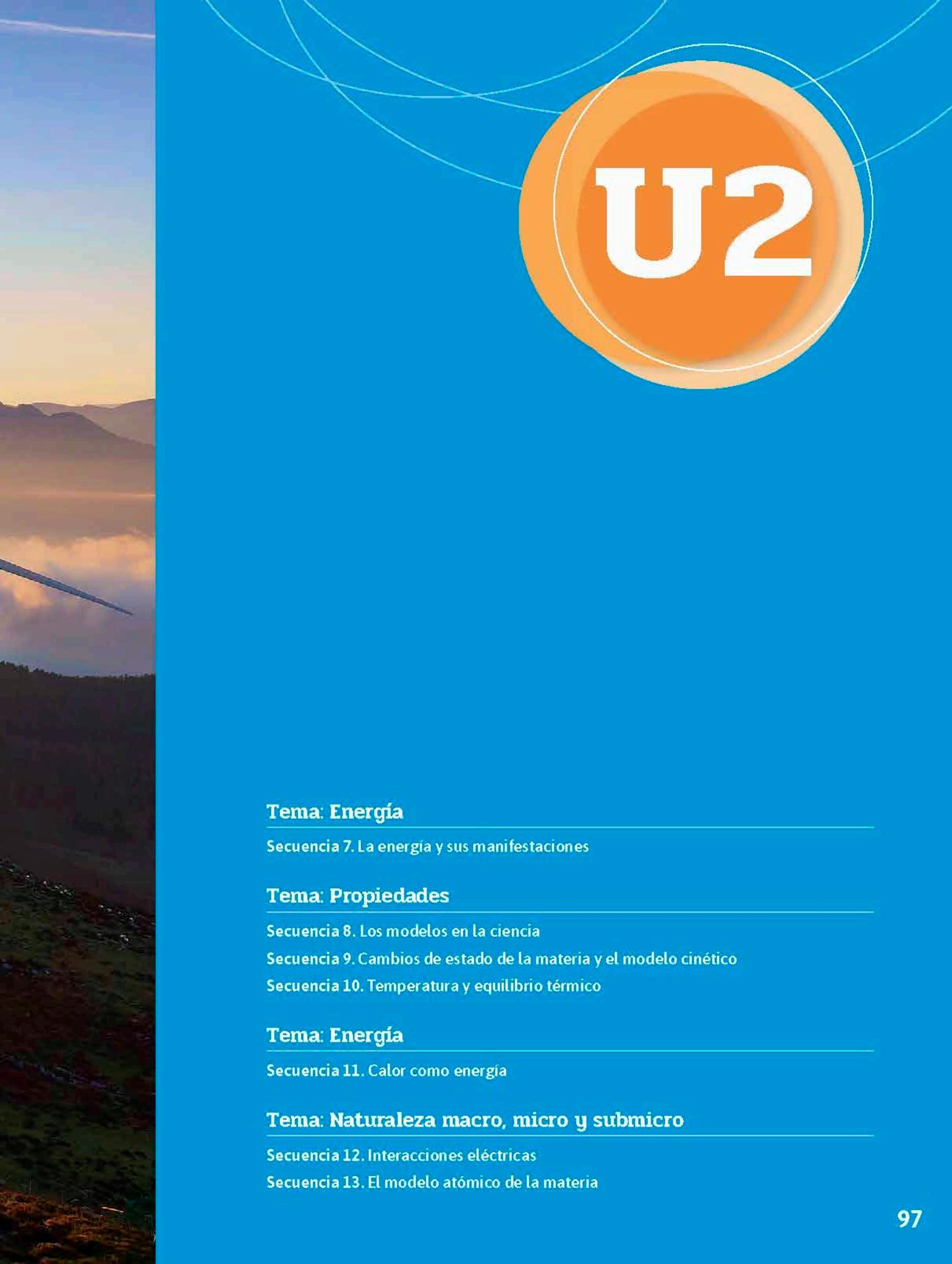




El uso de hidrocarburos como el petróleo, el gas y el carbón nos proporciona la energía que satisface la vida actual, pero generan gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático, sin contar con que se calcula que en nuestro país los hidrocarburos se agotarán en una década.

Las energías renovables como la solar, geotérmica, hidráulica y eólica podrían ser la solución para la vida moderna y un camino a la sustentabilidad.

¿Qué beneficios habría para nuestro país y el planeta si aprovechamos estas fuentes de energía limpias?



# U2

## **Tema: Energía**

---

Secuencia 7. La energía y sus manifestaciones

## **Tema: Propiedades**

---

Secuencia 8. Los modelos en la ciencia

Secuencia 9. Cambios de estado de la materia y el modelo cinético

Secuencia 10. Temperatura y equilibrio térmico

## **Tema: Energía**

---

Secuencia 11. Calor como energía

## **Tema: Naturaleza macro, micro y submicro**

---

Secuencia 12. Interacciones eléctricas

Secuencia 13. El modelo atómico de la materia

La energía y sus manifestaciones. ▶

1. Lee el texto y responde. Comenta tus respuestas con tus compañeros.



El físico teórico Robert Oppenheimer (a la derecha), director científico del Proyecto Manhattan para la construcción de la primera bomba atómica de la historia.

La fotografía muestra la bola de fuego que se formó durante la detonación de la primera bomba atómica de la historia: la Prueba Trinity, el 16 de julio de 1945.

La energía liberada por una bomba atómica y, por tanto, su poder destructivo, se mide en kilotones. Un kilotón equivale a la energía que libera la explosión de 1 000 toneladas de TNT (un explosivo químico). Para darte una idea de esta energía considera que la detonación de una tonelada de TNT libera 4 000 veces más energía que la requerida para elevar un automóvil de 1 000 kg a una altura de 100 m. Impresionante, ¿no te parece? Pues la detonación en la

Prueba Trinity liberó 20 kilotones de energía, elevando la temperatura a 10 000 000 °C, creando un cráter de 700 m de diámetro, vaporizando la torre de acero sobre la que se encontraba la bomba y **crystalizando** la arena en un radio de 1 000 m.

**Robert Oppenheimer** (1904-1967), director científico del proyecto, declaró que mientras miraba esta bola de fuego recordó las siguientes palabras del Bhagavad-Gita (un texto religioso hinduista): "Me he convertido en la muerte, el destructor de mundos".

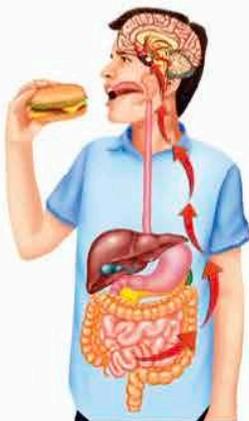
a) ¿Qué es la energía? Intenta definirla con tus propias palabras.

b) La elevación de la temperatura es una manifestación de la energía. ¿De qué otras formas se presentó la energía durante la explosión?

c) La energía térmica es un tipo de energía que se manifiesta con la elevación de la temperatura. ¿Qué otros tipos de energía conoces? ¿Cómo se manifiestan? ¿Es verdad que un tipo de energía se puede transformar en otro? Explica.

2. ¿Has visto que los médicos tienen esquemas del cuerpo humano en sus consultorios? Estos esquemas son un modelo del cuerpo humano, y en tu curso de Ciencias y tecnología 1 conociste algunos de ellos. ¿Qué entiendes por modelo? ¿Para qué sirven los modelos del cuerpo humano? Explica.

Los modelos en la ciencia. ▶



Esquema del aparato digestivo.

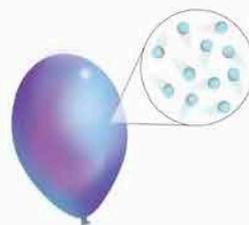
### Glosario



**Cristalizar.** Proceso por el cual un material adquiere forma y estructura cristalina.

3. Lee el texto y marca verdadero o falso según corresponda en cada enunciado. El modelo cinético de partículas afirma que la materia está constituida por partículas pequeñísimas (imperceptibles al ojo humano), indivisibles y en constante movimiento. Una porción de gas aumentada millones de veces se vería, por ejemplo, como ilustra la figura de la derecha.

El modelo cinético de partículas y los estado de agregación de la materia.



	V	F
Los globos de helio ascienden porque las partículas del gas no tienen masa y, por tanto, no las afecta la gravedad.		
Es posible reducir el volumen de un gas, como el del globo, porque entre las partículas hay mucho espacio vacío.		
Es difícil comprimir un sólido porque entre las partículas que los constituyen hay poco espacio vacío.		
El movimiento de las partículas que constituyen un gas es mayor que el de las que forman un líquido o un sólido.		

4. Selecciona la respuesta correcta.

Temperatura y equilibrio térmico

- a) Instrumento que sirve para medir la temperatura.

- Pirómetro
- Termómetro
- Baumanómetro
- Calorímetro

- b) Un alimento a temperatura ambiente se enfría en el congelador porque...

- el congelador le transfiere frío al alimento.
- el alimento le transfiere calor al congelador.
- el alimento transfiere calor al congelador y éste transfiere frío al alimento de manera simultánea.
- no hay ningún tipo de transferencia entre el alimento y el congelador: el alimento se adapta a la temperatura del congelador.

5. ¿Qué sabes sobre el modelo atómico? Marca verdadero o falso, según corresponda, en cada enunciado.

El modelo atómico de la materia.

	V	F
Todas las cosas están hechas de átomos.		
Los átomos no se pueden dividir.		
Todos los átomos son iguales, sin importar las sustancias u objetos que componen.		
Los átomos están formados por partículas más pequeñas.		
Los átomos se unen entre sí formando moléculas.		
Todos los átomos son radiactivos.		

## L1 Tipos de energía

### Inicio



Los dinosaurios vivieron hace 240 millones de años y permanecieron en el planeta por casi 175 millones de años, lo que los hace un tipo de seres vivos muy exitosos en términos de adaptación.

1. En equipos analicen el texto y respondan.

¿Conoces la teoría del meteorito que causó la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años? Los científicos dicen que cayó sobre la península de Yucatán y que la energía del impacto era equivalente a la que liberarían 5 000 millones de bombas atómicas como la lanzada sobre Nagasaki. El meteorito debió tener un diámetro mayor a 10 km y moverse a 54 000 km/h.

Debido al impacto se formó un cráter de 100 km de diámetro, se elevó la temperatura en esa zona y se produjo un enorme resplandor: fragmentos incandescentes, tanto del meteorito como del terreno donde cayó, salieron disparados provocando incendios en distintas partes del planeta.

Como consecuencia del choque se levantó una gran cantidad de polvo que cubrió el cielo e impidió el paso de la luz solar, lo que limitó la fotosíntesis de las plantas y alteró las redes tróficas.

- La luz y el calor son manifestaciones de la energía. ¿Qué piensan que provocó la formación de fragmentos incandescentes al caer el meteorito? ¿De dónde provenía la energía que causó la luz y el fuego durante el impacto?
- Si el meteorito hubiera sido más pequeño, ¿habría producido tanta destrucción? ¿Y si se hubiera movido con una rapidez menor?
- ¿En qué situaciones de la vida cotidiana han escuchado la palabra “energía”? ¿En esas situaciones hay algo que cambie o se transforme? ¿Podrían decir qué es la energía?

### Desarrollo

## La energía: un concepto tan familiar como misterioso



Figura 2.1 Cotidianamente requerimos energía. Nosotros mismos la necesitamos para subsistir.

Es probable que tú, tu familia y tus amigos utilicen la palabra “energía” de manera cotidiana: saben que si la energía eléctrica “se va”, la televisión, el refrigerador o la licuadora no funcionan. Es posible que hayan escuchado que en las noticias se refieren a los combustibles fósiles como energéticos, y que entre ellos está el petróleo y el gas natural, o que en algún comercial hablen de pilas que “dan más energía”. Seguramente sabes que si la batería de un teléfono móvil se agota, hay que conectarlos a una toma de corriente eléctrica. En tu curso de Ciencias y tecnología 1 aprendiste que incluso nosotros necesitamos energía para realizar nuestras funciones vitales, la cual obtenemos de los alimentos mediante la digestión.

Pero, ¿qué es la energía?, ¿cómo se manifiesta? ¿Cómo se relacionan la energía y el movimiento, por ejemplo, para que se mueva un automóvil? La energía tiene manifestaciones muy diversas y es casi seguro que hayas experimentado muchas de ellas.

**Reflexiona**

1. Relaciona los tipos de energía con sus fuentes. En tu cuaderno anota al menos un ejemplo en el que se utilice o aplique cada tipo de energía.

Tipos de energía	Fuente						
	Sol	Combustibles fósiles	Alimentos	Agua	Sustancias químicas	Viento	Volcanes
Solar							
Térmica	X	X			X		X
Química							
Hidráulica							
Eléctrica							
Luminosa							
Nuclear							
Eólica							

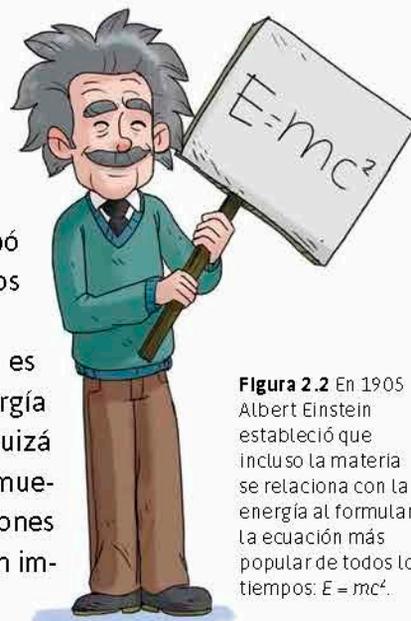
a) A partir de tus ejemplos, examina qué usos se dan a la energía. ¿Qué tienen en común?, ¿en ellos se transforma o modifica algo? Analiza con tus compañeros las respuestas y lo que entienden por energía; en un texto expresen el significado del término.

**¿Qué es la energía?**

¿Si la energía nos parece un concepto tan familiar por qué resulta tan difícil definirlo? Tal vez porque la energía es un concepto abstracto: no es un objeto o una sustancia. A diferencia de la materia, no podemos ver ni tocar la energía y, sin embargo, es uno de los conceptos fundamentales de la ciencia, y quizá el más importante de toda la física (figura 2.2). Te sorprenderá saber que incluso a Isaac Newton se le escapó el concepto de energía, y que más de un siglo después de su muerte los científicos aún cuestionaban su existencia.

Sin embargo, lo que todas las formas de energía tienen en común es que pueden transformarse de una forma a otra; por ejemplo, la energía eléctrica puede provocar movimiento y transformarse en calor que quizá has percibido al encender una licuadora o un ventilador: las aspas se mueven y después de un tiempo el aparato se calienta. Estas transformaciones pueden cuantificarse, y el número que resulta es siempre el mismo sin importar la cantidad de transformaciones que sucedan.

Por ahora definiremos la **energía** como la capacidad que tiene una persona, un objeto, una máquina, un robot, un animal, etcétera, para interactuar con otros objetos. Siempre que hablamos de energía la relacionamos con algún cambio, presente o futuro, en los objetos a los que nos referimos: cambian de estado de movimiento, de forma, de composición (por ejemplo, durante la combustión), de lugar, etcétera.



**Figura 2.2** En 1905 Albert Einstein estableció que incluso la materia se relaciona con la energía al formular la ecuación más popular de todos los tiempos:  $E = mc^2$ .



Figura 2.3 El cambio en la posición de un objeto requiere de energía.

## La energía mecánica

¿Cómo se modifica el estado de reposo o de movimiento de un objeto? En efecto, con la aplicación de una fuerza; por tanto, y de acuerdo con la definición de energía, existe una estrecha relación entre la energía y la fuerza. En todo cambio de posición o de movimiento de un objeto la energía está involucrada, pero para que se dé dicho cambio debe tener lugar un desplazamiento.

Si un coche se mueve con cierta rapidez y acelera hasta alcanzar una rapidez mayor, requerirá energía (la cual proporciona el combustible); el vehículo, por tanto, está cambiando su estado de movimiento y se realiza un desplazamiento.

Si una caja inicialmente se encuentra en el piso, cuando se coloca en lo alto de un librero tiene un cambio en su posición: para subirla se requirió una cierta energía y hubo un desplazamiento.

De esta manera, el cambio en el movimiento o en la posición de un objeto se comprende no sólo a partir del concepto de fuerza, sino también con base en el de energía. La energía relacionada con el movimiento o la posición de un objeto se conoce como **energía mecánica**, y se manifiesta cuando cambia su estado de movimiento o su posición al aplicarle una determinada fuerza.

Para cuantificar la energía mecánica definiremos dos conceptos nuevos: energía cinética y energía potencial.

## Energía cinética

### Analiza y reflexiona

1. En equipos contesten con base en la definición provisional de energía.
  - a) ¿Cuál coche posee mayor energía, uno que viaja a 100 km/h o uno que lo hace a 50 km/h? Justifica tu respuesta.
  - b) ¿Cuál auto necesita menos energía para desplazarse, uno de carreras que viaja a 300 km/h o una avioneta que vuela a la misma velocidad?
  - c) ¿Qué vehículo requiere más energía si ambos se desplazan a la misma velocidad, un auto compacto o un camión de carga?
  - d) Discutan en grupo cómo aplicaron el concepto de energía para responder.



Figura 2.4 Michael Phelps consumía 12 000 calorías al día durante sus entrenamientos. En tu curso de Ciencia y tecnología 1 viste que las calorías son las unidades de medida de la energía que proporcionan los alimentos.

Si has andado en bicicleta, jugado fútbol o competido en una carrera, sabrás que después del ejercicio te sientes cansado. ¿Sabías que **Michel Phelps** (1985), nadador estadounidense que ha ganado 28 medallas olímpicas, para entrenar comía lo mismo que cinco adultos? Es un hecho que para llevar a cabo un esfuerzo físico se requiere energía, y por eso, después de ejercitarnos, sentimos hambre. Con lo anterior queremos decir que el movimiento está relacionado con la energía. La energía que posee un cuerpo debido a su movimiento se conoce como **energía cinética** (del griego *kinetos*: que se mueve). Si te has golpeado con un balón de fútbol o te has golpeado un dedo del pie contra un mueble mientras caminas, entonces has sentido los efectos de la energía cinética.

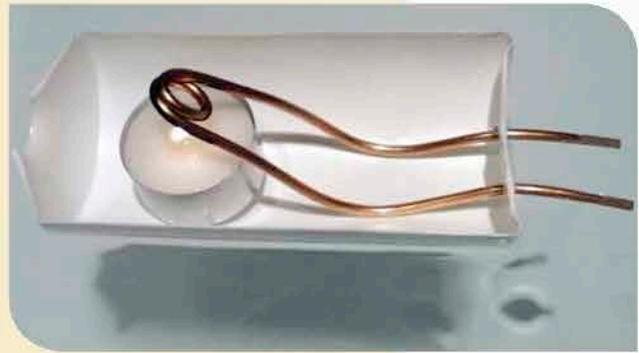
## Experimenta e infiere Transformaciones de energía

### Propósito

En esta actividad construirán en equipo un barco de vapor, lo que les permitirá inferir de qué variables o cantidades físicas depende la energía cinética.

### Material

Botella de PET de 1 litro vacía y limpia (puede ser reciclada); navaja o cúter; cabo de vela; plastilina o pegamento de silicón; 1 m de tubo flexible de cobre de 1/4 o 3/8 de pulgada (se consigue en una ferretería); pinzas de corte; palo cilíndrico de madera o marcador de 1.5 cm de diámetro, aproximadamente; clavo; tinaja o balde lo más grande posible llena de agua; cronómetro; regla de 30 cm.



### Procedimiento

1. Con la navaja (y mucho cuidado) corten longitudinalmente la botella a la mitad. Una mitad será el casco del barco.
2. Adhieran la vela a la parte delantera del casco y cerca de la boca de la botella.
3. Con las manos, y hacia la mitad del tubo, doblen el tubo de cobre alrededor del palo haciendo una pequeña circunferencia como se muestra en la fotografía.
4. Con el clavo hagan dos agujeros en la parte trasera del barco para introducir los extremos del tubo de cobre. Con plastilina o silicón cubran los huecos que queden alrededor del tubo para evitar filtraciones.
5. Con las pinzas corten los extremos del tubo de manera que sobresalgan un poco de la parte trasera del barco y dóblenlos de manera que queden sumergidos en el agua al colocar el barco en la tinaja.
6. Introduzcan agua en el tubo de cobre; lo pueden hacer al sumergir un extremo al agua y succionar en el otro extremo del tubo.
7. Enciendan la vela y ahora sí, ¡leven anclas!

### Análisis de resultados y conclusiones

- a) Cuando el barco se desplace aproximadamente en línea recta calculen su rapidez.
- b) Repitan el cálculo, pero aumenten la masa del barco al doble; usen como carga un pedazo de plastilina. ¿Cómo cambia la rapidez en este caso respecto de la que habían calculado?
- c) ¿Qué tipo de relación existe entre la rapidez y la masa?
- d) ¿En qué casos el barco tiene mayor energía cinética? ¿Cómo lo saben?
- e) ¿Qué tendrían que hacer para que el barco se moviera al doble de la rapidez que cuando no tenía carga adicional?
- f) Si la energía cinética es la energía debida al movimiento, ¿de qué variables o cantidades físicas consideran que depende esta energía?
- g) ¿Cuál es la fuente de energía del barco? ¿Cómo se transforma esa energía?

Como experimentaste, la energía cinética de un cuerpo en movimiento depende de dos variables o magnitudes físicas: su masa ( $m$ ) y su rapidez ( $v$ ). La ecuación que relaciona ambas variables y define a la energía cinética ( $E_c$ ) es:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2.$$

Las unidades de la energía cinética, derivadas a partir de su ecuación, son las de masa por las de rapidez al cuadrado:  $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ , que corresponden a las unidades de la energía en el SI; es decir, al joule (J). Como sabes, la unidad de fuerza es el newton (N), y 1 N equivale a  $1 \text{ kg m}/\text{s}^2$ , de manera que:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ Nm}.$$

### Responde



1. Considera un carro de la montaña rusa de 300 kg en el que suben ocho personas con una masa promedio de 60 kg. Si en la parte más baja de una curva descendente el carro lleva una rapidez de 120 km/h:
  - a) ¿Cuál es su energía cinética en ese instante?
  - b) ¿En qué lugares o situaciones la energía cinética será cero?
  - c) ¿Cómo cambiaría la energía cinética del carro en la parte más baja de una curva descendente si se suben menos personas?
2. ¿Cuál es la masa de un avión que se desplaza a 800 km/h si su energía cinética es de 30 000 000 J?

### Energía potencial



**Figura 2.5.** Con una altura que supera los 5 400 m sobre el nivel del mar, el volcán Popocatepetl es el segundo pico más alto de México sólo después del Pico de Orizaba.

### Analiza y reflexiona

1. En parejas respondan.
  - a) ¿Quién utiliza más energía, una persona que sube a un edificio de cinco pisos o una que escala a la cima del volcán Popocatepetl? ¿Por qué?
  - b) ¿Cuál tiene mayor energía, una piedra en reposo en el piso o una con la misma masa que se encuentra a una altura de 5 m también en reposo? ¿Por qué?
  - c) ¿Qué objeto produciría mayores cambios al interactuar con otros debido a la atracción gravitacional, uno de menor o uno de mayor masa?
  - d) ¿Un cuerpo puede tener energía aun sin moverse? Explica.

Si colocas un libro en la parte superior de un librero, utilizas una fuerza y lo desplazas cierta distancia; por tanto, requieres cierta energía para llevar a cabo el cambio en su posición, pero el libro, aun inmóvil, interactúa con la Tierra (lo que se manifiesta por su peso), puede caer y desplazarse una distancia. Debido a esta posibilidad se dice que el libro tiene energía potencial. Así, podemos definir la **energía potencial gravitacional** como la energía que tiene un cuerpo en virtud de su posición y que está relacionada con la fuerza de gravedad.

La energía potencial depende de la altura del objeto con respecto a un marco de referencia, que puede ser la superficie terrestre, la mesa de trabajo, el pupitre, de modo que todo objeto que se encuentre en el origen de nuestro marco de referencia tendrá energía potencial gravitacional igual a cero. Mientras más alta sea la posición de un objeto en relación con el origen, mayores serán los cambios que pueda producir al interactuar con otros objetos y, por tanto, mayor será su energía potencial gravitacional.

La energía potencial también depende de la masa de un cuerpo. Así, la ecuación para el cálculo de la energía potencial gravitacional ( $E_p$ ) involucra a la masa de un cuerpo ( $m$ ), la altura a la que se encuentra con respecto al marco de referencia ( $h$ ) y la aceleración de la gravedad ( $g$ ):

$$E_p = mgh.$$



Figura 2.6 La energía potencial de un objeto se relaciona con su posición.

La unidad de la energía potencial, como la de la energía cinética, es el joule (J). ¿Puedes demostrarlo a partir de la ecuación?

Antes dijimos que la **energía mecánica** ( $E_m$ ) de un cuerpo está en función de su movimiento y su posición, es decir, la energía mecánica depende de la energía cinética y de la energía potencial de acuerdo con la siguiente expresión:

$$E_m = E_c + E_p.$$

### Calcula

1. ¿Cuál es la masa de un objeto que está a una altura de 100 m y cuya energía potencial es de 1000 J?
2. ¿Puede un objeto en una playa tener la misma energía potencial gravitacional que otro de la misma masa que está en la Ciudad de México a una altitud de 2240 m sobre el nivel del mar? Explica.
3. ¿Cómo es la energía potencial de un avión de carga que viaja a una altura de 4000 m a 900 km/h y que tiene una masa de 500 toneladas con respecto a un jet de 250 toneladas que viaja con una rapidez de 1800 km/h a la misma altura?
4. Calcula la cantidad de energía mecánica total de un automóvil que sube una montaña, el cual tiene una masa de una tonelada, se localiza a una altura de 500 m y lleva una rapidez de 50 km/h.

1. Retoma el problema de la situación de la sección Inicio y verifica si tus respuestas fueron correctas. Después responde.
  - a) ¿Es posible que un meteorito como el que cayó en la península de Yucatán hace 60 millones de años haya provocado una catástrofe mundial? ¿Por qué?
  - b) ¿Qué tipo de energía tenía el meteorito? Explica.
  - c) ¿Esa energía pudo causar la gran cantidad de calor y luz que se supone se generó durante el impacto? ¿Por qué?
  - d) ¿Qué entiendes por energía?

Cierre

## L2 La conservación de la energía mecánica

### Inicio



El skate tuvo sus orígenes a principios del siglo xx, y el primer skatepark se construyó en Florida, Estados Unidos de América, en 1976.

- Una actividad muy popular entre algunos jóvenes es el skate, donde el skater se desliza sobre una patineta. Aunque el skate puede practicarse en cualquier lugar, existen complejos especiales, conocidos como skateparks, equipados con rampas de varios tipos. El *half pipe* (medio tubo) es una rampa en forma de "U" especialmente diseñada para "surfear en seco".

El skater se desliza desde el borde del *half pipe* y, haciendo gala de habilidad y equilibrio, intenta alguna rutina de trucos que asombren a su público: el skate es un deporte de exhibición, pero, desde otra perspectiva, en él hay mucha física involucrada.

- Si el skater se desliza desde el borde del *half pipe*, sin impulsarse, alcanza el lado opuesto y vuelve, iniciando un movimiento oscilatorio. ¿En qué puntos su energía potencial alcanza sus valores máximos y mínimos?
- Y qué hay de la energía cinética, ¿en qué puntos alcanza sus valores máximos y mínimos? ¿En qué puntos se logra la mayor rapidez y en cuáles la mínima?
- Si cuando se lanza el skater sólo posee energía potencial, ¿de dónde "sale" su energía cinética?
- Si no se impulsa, ¿el skater podría sobrepasar el borde opuesto?
- ¿Cambia su energía mecánica total en un movimiento de ida y vuelta en el *half pipe*?
- Comparte y argumenta en grupo tus respuestas y valídenlas.

### Desarrollo

#### La energía se transforma

Hemos hablado mucho acerca de la energía, pero ¿ya te diste cuenta de que todavía no se ha dado una definición precisa y definitiva de lo que es? Ya sabes bastante sobre la energía: que se manifiesta de diversas formas, que existen muchas fuentes y varios tipos de energía e incluso que hay fórmulas matemáticas para calcularla. Entonces, ¿qué es la energía?, ¿cuál es su definición? Te asombrará saberlo: actualmente los físicos continúan sin saber qué es la energía, y quizá ya no estén interesados en plantear una definición definitiva. En realidad no importa. Lo que verdaderamente interesa saber acerca de la energía es cómo se comporta, cómo se transforma.

Veamos cómo se comporta, en concreto, la energía mecánica.



#### Calcula y Analiza

- El edificio más alto del mundo —hasta el momento— es el Burj Khalifa, ubicado a orillas del golfo Pérsico en Dubai, ciudad de Emiratos Árabes Unidos: mide 828 m de altura.
 

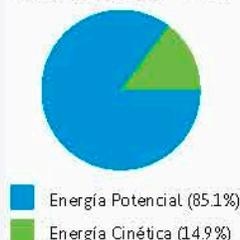
Imagina que desde una altura igual a la de la torre se deja caer una pelota de 100 g y considera que no hay fricción del aire ni variaciones en el valor de la aceleración de la gravedad.

  - ¿Cuánto tiempo tardará la pelota en llegar al suelo?
  - ¿Qué velocidad tendrá justo antes de tocarlo?

- c) Calculen en equipo los resultados. Estos problemas no son nuevos para ustedes, pero vamos un poco más allá: observar lo que ocurre con la energía de la pelota.
- d) Calculen la energía cinética, potencial y mecánica de la pelota cada segundo, desde que se suelta, es decir, desde  $t = 0$  s, y para el valor del tiempo de caída. Anoten los resultados en una tabla como la siguiente y grafíquenlos.

Tiempo (s)	0	1	2	3	4	5	6	5	7	8	9	10
Energía potencial (J)												
Energía cinética (J)												
Energía mecánica (J)												

a) Energía total (100%) = 811.4 J



- e) Aquí presentamos como ejemplo la gráfica correspondiente a  $t = 5$  s. Observen que incluimos una gráfica circular (figura a) y una de barras (figura b) para optimizar el análisis.
- f) ¿Cuál es el valor de la energía potencial de la pelota al momento de soltarla, es decir, en  $t = 0$  s? ¿Cuánto vale la energía cinética?, ¿y la energía mecánica total?
- g) ¿Qué valor tiene la energía potencial de la pelota un instante antes de que toque el piso? ¿Cuánto vale la energía cinética?, ¿y la energía mecánica total?
- h) Ordenen las gráficas según la secuencia temporal y obsérvenlas. ¿Qué notan?, ¿cómo cambia la energía potencial en el transcurso del tiempo?, ¿la cinética?, ¿y la total?
- i) ¿Qué pasa con la energía cinética cuando cambia la potencial? ¿Qué relación hay entre estas cantidades?
- j) ¿Cuáles son sus conclusiones? Regístruelas en su cuaderno.



Ya conocemos cuatro leyes de la Física. No todas las leyes físicas se resumen en fórmulas matemáticas. Ahora consideraremos una ley relacionada con la energía; quizá —si te pones un poco curioso— te asombre su formulación porque es un poco distinta de las anteriores. **Richard Feynman** (1918-1988), uno de los más ingeniosos, destacados y extravagantes físicos de la historia y ganador del premio Nobel de Física en 1965, la explicaba así:

Existe una cierta cantidad, que llamamos energía, que no cambia cuando en la naturaleza ocurre un cambio. Es una idea de lo más abstracta porque es un principio matemático que dice que hay una cantidad que no cambia cuando algo sucede. No es la descripción de un mecanismo ni algo concreto. Es tan sólo un hecho extraño el que seamos capaces de calcular un número, y que al volver a calcularlo después de observar las piruetas de la naturaleza, éste sea el mismo.

Richard Feynman, *Feynman Lectures on Physics*, volumen 1 (1963), en <http://fisica.ciens.ucv.ve/asovief/textos/feynman.sp.pdf> (Consulta: 5 de junio de 2018).



**Figura 2.7** "Es bien curioso, pero en las pocas ocasiones en que he sido requerido para tocar el bongó en público, al presentador nunca se le ocurrió mencionar que también me dedico a la física teórica. Pienso que esto puede deberse a que respetamos más las artes que las ciencias." Richard Feynman.

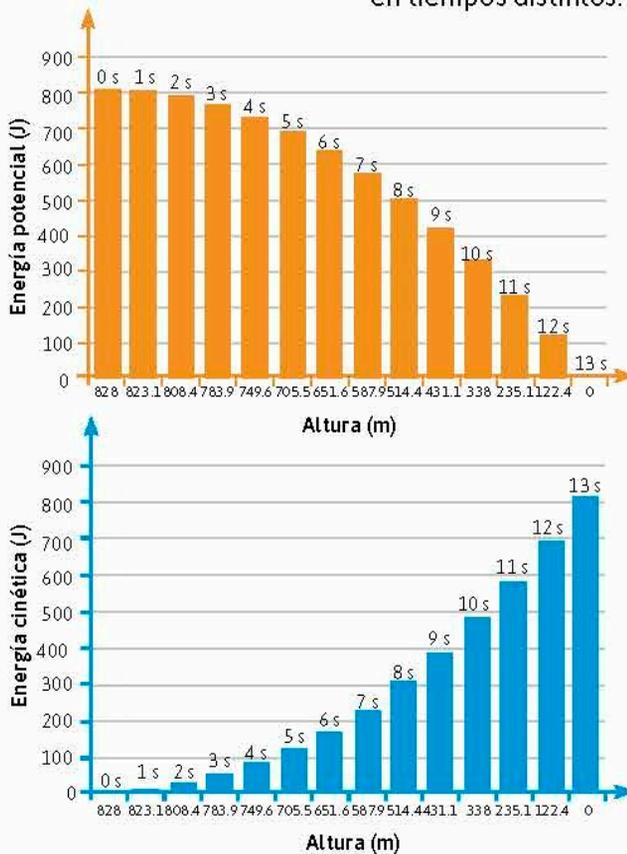


**Figura 2.8** En una montaña rusa el descenso en un rizo produce una vertiginosa rapidez y por tanto una enorme energía cinética, misma que se puede aprovechar para impulsar el carro a otro rizo.

En la actividad anterior la energía mecánica total no cambió; a esto se refiere Feynman. Sucedió algo (al menos hipotéticamente): la pelota cayó 828 m y, sin embargo, la energía total conservó su valor inicial. Este es un ejemplo de la **Ley de Conservación de la Energía**, que afirma que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma de una forma a otra. En nuestro caso la energía potencial se transformó en energía cinética. Nota que lo fundamental aquí (y la diferencia con las otras leyes que hemos considerado antes) radica en comparar la energía total en dos (o más) tiempos diferentes. Podemos entonces escribir:

$$E_{m1} = E_{P1} + E_{C1} = E_{P2} + E_{C2} = E_{m2};$$

donde los subíndices 1 y 2 indican que las energías se calculan o miden en tiempos distintos. Esta es una fórmula muy útil.



**Figura 2.9** Gráficas de a) energía potencial y b) energía cinética en relación con la altura.

#### Conoce más

En la siguiente liga encontrarás información sobre energía mecánica. <http://www.edutics.mx/w86> (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

#### Experimenta y analiza La energía mecánica en un péndulo

##### Propósito

Observar las transformaciones de la energía mecánica en un péndulo.

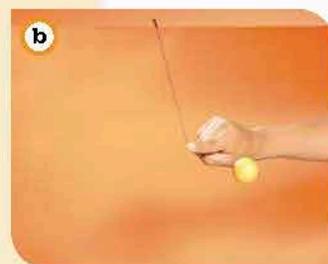
##### Material

Pelota de esponja chica, hilo, aguja de canevá larga, regla, balanza.

##### Procedimiento

1. Ensarten el hilo en la aguja y atraviésenla por la parte media de la pelota.

- Hagan un nudo en el extremo libre del hilo y jalen el extremo que atraviesa la pelota hasta que el nudo se atore en la pelota sin atravesarla. La pelota debe pender del hilo.
- Cuelguen el péndulo de algún soporte. Levanten la pelota, manteniendo estirado el hilo y suéltela para hacerla oscilar (figura a).
- Hagan oscilar nuevamente la pelota, pero uno de ustedes coloque su dedo en la trayectoria, de modo que interfiera el movimiento (figura b).



### Análisis de resultados y conclusiones

- Calculen la energía potencial de la pelota en la parte más alta de su recorrido. ¿En qué punto de su trayectoria la energía cinética de la pelota es la mayor posible? ¿Cuál es su valor en ese punto? ¿Cómo obtuvieron ese resultado? ¿Y cuál es su rapidez?
- Describan las transformaciones de energía mecánica que ocurren.
- Al colocar un dedo en la trayectoria del hilo, ¿qué altura alcanzó el péndulo? ¿Cuál es el valor de la energía potencial en ese punto? ¿Por qué?
- ¿La energía potencial de la pelota depende de la distancia a la superficie terrestre o de la altura desde su punto más bajo hasta su punto más alto?
- El péndulo no oscilará en forma permanente; en algún momento se detendrá. ¿Por qué? ¿Acaso no se conserva la energía mecánica? Expliquen su respuesta.
- Comparen en grupo sus resultados. Argumenten si consideran que son o no correctos y establezcan una conclusión.

### Portafolio

P

Diseña un experimento en el que muestres las transformaciones de la energía mecánica y guárdalo en tu portafolio de evidencias.

### Glosario

G

**Disipar.** Dispersión de una sustancia hasta que deja de ser visible.

En el experimento anterior el péndulo osciló algún tiempo y luego se detuvo. ¿Qué pasó con su energía? ¿Esto significa que la energía no se conserva? ¿Qué modificó el estado de movimiento del péndulo? En efecto, fue una fuerza: la fricción actuó sobre el péndulo a lo largo de su desplazamiento y **disipó** su energía. Pero entonces, ¿a dónde se fue toda esa energía?

- Retoma el problema de la situación de la sección Inicio y responde.
  - ¿Cuáles son las transformaciones de energía que suceden cuando un skater se balancea en el *half pipe*. ¿Por qué podría balancearse casi indefinidamente?
  - Si un skater simplemente se suelta desde el borde del *half pipe*, ¿podría sobrepasar el borde opuesto? ¿Por qué? ¿Qué debería hacer para sobrepasar el borde opuesto por 0.5 m?

### Piensa y sé crítico

- Si la energía potencial de una pelota se debe a su interacción gravitacional con la Tierra, ¿por qué hablamos entonces de la energía como si fuera algo que posee la pelota? Es decir, sin la presencia de la Tierra no habría tal energía, ¿o sí?
- Si la energía se conserva, ¿por qué entonces se habla tanto de la crisis energética y de conservar las fuentes de energía?

Cierre

Describe las características del modelo de partículas y comprende su relevancia para representar la estructura de la materia.

## L1 Explicación de los fenómenos de la naturaleza a partir de modelos

### Inicio



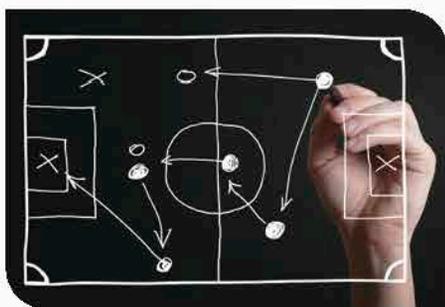
1. En equipos analicen el texto y respondan.  
 ¿Sabías que en nuestro país está una de las ciudades más colosales del planeta? Con más de 1 485 km<sup>2</sup> la Ciudad de México es la cuarta más grande del mundo, sólo detrás de Tokio, en Japón, y de Nueva York y Los Ángeles, en Estados Unidos de América.  
 En 2016, en el centro interactivo Futura CDMX se inauguró la Gran Maqueta de la Ciudad de México, un modelo de esa megalópolis que compacta su superficie en un área de sólo 13 m<sup>2</sup> × 18 m<sup>2</sup>. En esta representación de la ciudad cada elemento (edificio, vialidad, área verde, zona boscosa, línea del metro o metrobús, red hidráulica, etcétera) se diseñó a escala y fabricó con impresoras 3D; cada centímetro de la maqueta representa 25 m de la capital de nuestro país.

Los expertos aseguran que el modelo permitirá la planeación urbana, que será una herramienta para analizar la viabilidad de proyectos, como rutas viales o de infraestructura.

- ¿Qué características deber tener la maqueta para apoyar la planeación urbana?
- ¿Qué elementos no sería importante representar en la maqueta? Argumenta.
- ¿Qué entiendes por modelo científico?

### Desarrollo

#### ¿Para qué sirven los modelos?



**Figura 2.10** El "ensayo" del partido no sólo se hace practicando jugadas o anticipando las que hará el equipo contrario. Un entrenador de fútbol puede representar la cancha y a los jugadores en un modelo de jugada.

¿Te gusta el fútbol?, ¿sabías que es un deporte de estrategia? Los expertos afirman que el arma más poderosa de un entrenador es la táctica, las jugadas estudiadas y ensayadas. El entrenador dibuja, sobre una pizarra o un cuaderno, un rectángulo que representa la cancha de juego; y sobre éste puede representar a los jugadores con dibujos, símbolos u objetos, y a los movimientos con flechas o líneas. La mayoría de las veces es más sencillo diseñar una estrategia de juego con el modelo que en la cancha real, pues con el primero se puede repetir la jugada, una y otra vez y evaluar todas las posibilidades; todo sin cansar a los jugadores. ¿Qué características debe tener el dibujo en el que el entrenador planea las jugadas de su equipo?

Todos los entrenadores recurren a elementos similares en su representación; consideran las dimensiones y la forma real de la cancha, una portería en cada extremo y, sin importar si representa a sus jugadores con cruces, círculos o triángulos no podrá haber más de 11 por equipo. ¿Por qué entonces las estrategias son distintas?

Además de las características fijas de la cancha y las reglas del juego, el entrenador deberá considerar las características de cada jugador; pondrá atención en su velocidad, resistencia, dominio del balón y definición de tiro.

No puede cambiar las reglas del juego, pero sí alinear a un jugador en lugar de otro, cambiarlo de posición o proponerle diferentes movimientos. Los trazos en la pizarra no son los jugadores reales, sino una representación de ellos, y si bien es importante considerar sus características, no es necesario tener en cuenta todas: para el juego no importa si el cabello del jugador es lacio o crespo, o si es rubio o moreno.

Además de diseñar jugadas y estrategias, este tipo de representaciones le dan al entrenador una herramienta importantísima: puede ponerse en el lugar del contrincante e imaginar las jugadas del rival es decir, puede predecir el comportamiento de su contrincante.

Por supuesto quedan muchos factores fuera de esta representación, y para fortuna de los aficionados las sorpresas en el juego real son posibles.

Construir modelos siempre ha sido una respuesta del ser humano para entender el mundo (figura 2.12). Un **modelo** es la representación conceptual o física de un **sistema** real. Una caricatura, un retrato y una fotografía tuya son ejemplos de modelos que te representan. El modelo tiene por objeto representar el sistema real para simplificar su estudio.



**Figura 2.11** Representación de una jugada estratégica de tiro de esquina: lanzamiento raso al centro del área grande con desmarque previo de un jugador.

**Figura 2.12** “Para nosotros, las pinturas rupestres recrean el estilo de vida del cazador como un vislumbre de historia; vemos el pasado a través de ellas. Mas para el cazador, sugiero, constituían una mirilla hacia el futuro; miraba hacia adelante”. Así es como el matemático Jacob Bronowski interpreta las representaciones rupestres en su obra, *El ascenso del hombre*.

### Lee y analiza

1. En equipo lean el texto y respondan.

### Del rigor en la ciencia

En aquel imperio, el arte de la cartografía logró tal perfección que el mapa de una sola provincia ocupaba toda una ciudad, y el mapa del imperio, toda una provincia. Con el tiempo, estos mapas desmesurados no satisficieron y los colegios de cartógrafos levantaron un mapa del imperio, que tenía el tamaño del imperio y coincidía puntualmente con él. Menos adictas al estudio de la cartografía, las generaciones siguientes entendieron que ese dilatado mapa era inútil y no sin impiedad lo entregaron a las inclemencias del sol y los inviernos...

Jorge Luis Borges

Tomado de: <http://www.mi.sanu.ac.rs/~kosta/O%20strogosti%20u%20nauci.pdf>

- a) ¿Un mapa es un modelo? ¿Por qué?
- b) ¿Piensas que el mapa de la narración era inútil como afirmaban los nuevos cartógrafos? ¿Por qué?
- c) En primer grado de secundaria cursaste la asignatura de Geografía y estudiaste diversos mapas. ¿Qué elementos debe tener un mapa para ser útil?
- d) Comparte tus respuestas con tus compañeros y enriquezcanlas.

### Glosario



**Sistema.** Conjunto de elementos que interactúan entre sí en un espacio determinado.

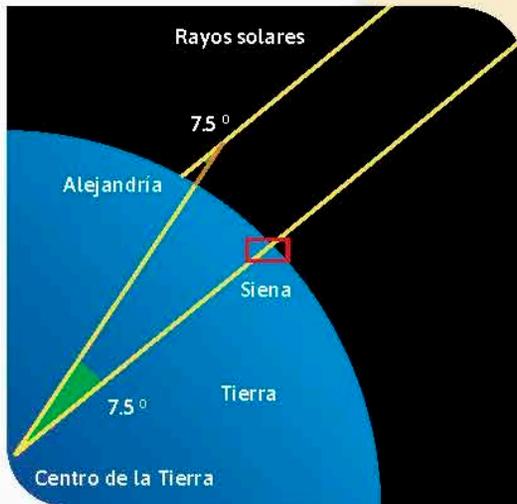




**Figura 2.13** La expresión matemática de la Segunda Ley de Newton,  $F = ma$ , es un modelo de los efectos que producen las fuerzas sobre los cuerpos.



**Figura 2.14** La posición de la Tierra en nuestro Sistema Solar no ha cambiado en la realidad, pero sí se ha modificado en los distintos modelos que la han representado. Este instrumento, con la Tierra al centro, se utilizaba para explicar el sistema geocéntrico en las escuelas. ¡Así habrías tenido que estudiar en esos tiempos!



Los griegos de la época de Eratóstenes sabían que la Tierra era redonda.

El uso de modelos (como el de la pizarra de los entrenadores de fútbol o la Gran Maqueta de la Ciudad de México) es muy útil en la ciencia y en la tecnología. Los modelos no son únicamente representaciones físicas de objetos, como los barcos a escala, un mapa, una gráfica o un esquema del aparato circulatorio, también representan ideas abstractas, como es el caso de las ecuaciones matemáticas (figura 2.13).

Para que un modelo se emplee en la ciencia debe reunir elementos específicos:

- Representar las características del objeto o fenómeno que se desea estudiar.
- Definir las reglas de operación; características del entorno y del fenómeno, así como la forma en que interactúan.
- Ser lo más simple posible.
- Ser compatible con las teorías que se relacionen con el tema a tratar.
- Ser capaz de predecir fenómenos y comprobarlos en forma experimental.

Los modelos en la ciencia se basan siempre en la observación y en datos experimentales, y se utilizan como herramienta para representar, comprender y explicar un fenómeno; gracias a ellos se obtiene información con la que es posible predecir qué sucederá en distintas condiciones. ¿Por qué puede haber distintos modelos de un mismo fenómeno? Esto es posible porque son representaciones enfocadas a características específicas que el científico quiere estudiar, es decir, son abstracciones de la realidad (figura 2.14).

### Analiza

1. En equipos analicen el texto y respondan.

Es increíble lo que se puede hacer con una vara y un poco de geometría. La vara sola no resulta muy útil, pero si añadimos la geometría, podemos usarla para medir la circunferencia de la Tierra. La idea se le ocurrió por primera vez al matemático y astrónomo griego **Eratóstenes de Cirene** (276 a. n. e.-194 a. n. e.).

En un papiro que encontró en la biblioteca de Alejandría, Eratóstenes leyó acerca de un lugar llamado Siena (hoy Asuán), situado al sur de Alejandría, donde había un pozo muy profundo en cuyas aguas se podía reflejar el Sol justo al mediodía en el solsticio de verano. Eratóstenes clavó en Alejandría una vara en el suelo y observó, también en el solsticio de verano a mediodía, que allí la vara proyectaba sombra, lo que no ocurriría en Siena.

Eratóstenes dedujo que si los rayos del Sol incidían directamente en Siena, pero en Alejandría hacían un ángulo con la vertical, ese ángulo era igual al que formarían las verticales de las dos ciudades si las prolongáramos hasta el centro de la Tierra; es decir, era igual a la diferencia de latitud geográfica entre Siena y Alejandría. Llamemos a este ángulo  $A$ ; una vez medido el ángulo  $A$ , Eratóstenes mandó medir la distancia entre las dos ciudades.

El ángulo  $A$ , como comprobó Eratóstenes, era de alrededor de  $7.5^\circ$ . La distancia de Alejandría a Siena era de unos 5 250 estadios (un estadio era una medida antigua que equivalía a cerca de 157.5 m). Con esta información, Eratóstenes se dijo: el ángulo  $A$  ( $7.5^\circ$ ) es la cuadragésima octava parte de un círculo completo ( $360^\circ$ ), por tanto, la distancia entre Alejandría y Siena debe estar en la misma proporción a la circunferencia total de la Tierra, o sea, 48 veces 5 250 estadios, o 252 000 estadios; entonces, la circunferencia de la Tierra debe ser de 40 000 km, aproximadamente:

$$\frac{(360^\circ \text{ (Círculo completo)})}{A} = \frac{\text{Circunferencia de la Tierra}}{\text{Distancia entre Alejandría y Siena}}$$

Modificado de un texto de Sergio de Régules Ruiz-Funes, [http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act\\_permanentes/conciencia/fisica/medicion/meteratostenes.htm](http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act_permanentes/conciencia/fisica/medicion/meteratostenes.htm)

2. El resultado al que llegó Eratóstenes está muy cercano a la cifra que se obtiene con métodos modernos.
  - a) Debido a la distancia entre el Sol y la Tierra se puede considerar que los rayos del Sol inciden paralelos entre sí sobre la superficie terrestre. Si Eratóstenes hubiera pensado que la Tierra era plana, ¿habría podido explicar que en Alejandría una vara vertical formara sombra y que a la misma hora en Siena no? ¿Qué modelo de la Tierra usó Eratóstenes para medir su circunferencia? ¿Consideras que el modelo sirvió? Argumenta.
  - b) ¿Por qué la geometría es importante en este caso? ¿Conocer la distancia entre Siena y Alejandría fue relevante? ¿Por qué?
  - c) Respondan en grupo: ¿cómo influyen los datos de las observaciones en la formulación de un modelo?

### Glosario

G

**Teoría.** Conjunto de hipótesis y leyes científicas que conforman un modelo en la ciencia capaz de interpretar un conjunto de fenómenos.

**Abstracción.** Proceso mental mediante el cual separamos características y cualidades de un objeto para tratarlas en forma aislada.

## El papel de los modelos en la ciencia

En la ciencia existen numerosos ejemplos de representaciones o analogías de objetos o fenómenos que no vemos, pero que percibimos mediante sus manifestaciones. Cuando lanzas una pelota hacia arriba no puedes ver la fuerza que la empuja ni la fuerza de gravedad que la atrae de nuevo hacia el suelo; sin embargo, estos conceptos son resultado de una **teoría** (la de la gravitación) con la que se explica el fenómeno y predice, por ejemplo, cuánto tardará en caer la pelota. La **abstracción** en la ciencia nos permite hacer representaciones que ilustran las propiedades o características de lo que no podemos ver. Los modelos son, entonces, una herramienta fundamental para los científicos. En las siguientes secuencias estudiaremos modelos de la estructura de la materia que explican propiedades de los materiales, entre ellas la temperatura.



**Figura 2.15** El modelo de la caída libre de los cuerpos de Galileo y el del movimiento de Newton, así como la introducción y la evolución del concepto de fuerza han posibilitado el desarrollo de áreas tan diversas como la aeronáutica, la física del deporte y el diseño de vehículos.

1. Retoma las preguntas de la actividad de inicio y responde:
  - a) ¿La Gran Maqueta de la Ciudad de México es un modelo científico? ¿Por qué?
  - b) Los científicos pueden emplear dos modelos distintos para explicar el mismo fenómeno. ¿Por qué? Proporciona un ejemplo.

Cierre

## L2 Ideas en la historia en torno a la estructura de la materia

### Inicio



a) Escultura de Demócrito de Abdera.  
b) Retrato de Leucipo de Mileto. Es importante aclarar que el objetivo de los filósofos griegos era explicar el cambio y la permanencia, pues les intrigaba que las cosas cambiaran constantemente y, sin embargo, el cosmos pareciera siempre el mismo. Así, los atomistas griegos propusieron que en el Universo algo siempre permanecía: los átomos, y que los cambios se referían a las combinaciones de éstos.

1. ¿Sabías que gran parte de nuestra cultura se originó en la antigua Grecia? En esa civilización se desarrollaron las matemáticas, el derecho, la filosofía, la historia, la medicina; allí surgieron los Juegos Olímpicos y tuvieron gran auge las artes (en especial el teatro y la escultura), pero quizás lo más importante fue que ahí se desarrolló una forma racional de pensar que buscaba una explicación de los fenómenos separada de creencias y dogmas.

Una de las cuestiones que intrigaba a los antiguos pensadores griegos era la naturaleza de las cosas, saber de qué estaban hechas y cuál era su origen. Hace muchos años, los griegos **Leucipo** (450–370 a. n. e.) y **Demócrito** (460–370 a. n. e.) hicieron un ejercicio mental: si tomamos un trozo de materia —de madera, por ejemplo— y comenzamos a partirlo en pedazos cada vez más pequeños, y los volvemos a partir una y otra vez, llegará el momento en que las partículas serán tan pequeñas que ya no

será posible dividirlos. A estas partículas les dieron el nombre de átomos, palabra griega que significa “indivisible”. Así, todo está formado por átomos, partículas muy pequeñas, imperceptibles al ojo humano.

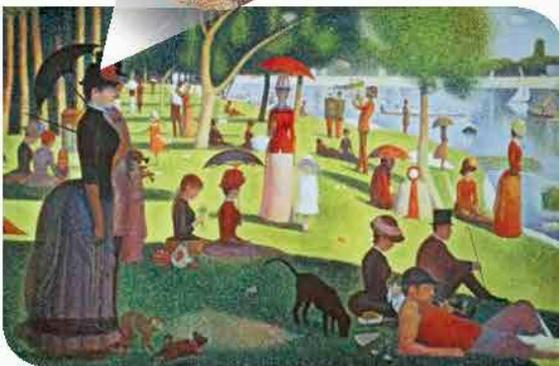
- ¿La explicación de Leucipo y Demócrito es un modelo científico? ¿Por qué?
- Si dividieras un poco de agua, ¿llegaría el momento en que tuvieras partículas de agua tan pequeñas que ya no pudieras dividirlos más?, ¿serían sólidas o líquidas?
- Si los átomos de Leucipo y Demócrito constituían todas las cosas, ¿qué podría haber entre ellos?
- En grupo reflexionen estas preguntas y argumenten sus opiniones.

### Desarrollo

#### ¿De qué está hecha la materia?

¿Cómo explicaba el modelo de partículas de los antiguos griegos la diversidad de objetos que existen? Según Leucipo y Demócrito consideraban que había distintos tipos de átomos (revisa la infografía de las páginas 116 y 117) y que éstos se movían para combinarse y formar diferentes objetos. Por ello creían necesario el vacío donde los átomos podían desplazarse; en otras palabras, todo está constituido de átomos y vacío. Ellos también sostenían que los átomos eran eternos e inmutables: si no se podían dividir, entonces no podían cambiar ni destruirse o crearse.

No obstante, algunos filósofos (entre ellos Aristóteles) pensaban que la existencia del vacío iba en contra de la lógica: el vacío significa ausencia de materia, es decir, “nada”, y la nada simplemente no existe. Aristóteles afirmaba que el espacio está definido por el cuerpo que lo ocupa, y si no hay cuerpo, simplemente no hay espacio. ¿Tú qué opinas?



**Figura 2.16** Aunque un objeto parezca continuo, los atomistas dedujeron que debía estar formado por partículas indivisibles e invisibles. *Tarde de domingo en la isla de la Grande Jatte*, obra de Georges Seurat.

Además estaba la siguiente cuestión: si después de dividir un objeto, como decían Leucipo y Demócrito, ya no es posible seguir dividiéndolo, ¿esto se debe a que no se tienen los instrumentos adecuados? ¿Cómo podemos estar seguros de que los átomos son realmente indivisibles?

Estas ideas y la negación del vacío hicieron suponer a Aristóteles que la materia es continua, es decir, que siempre se puede dividir, no existe “vacío” en ella.

### Desarrollo histórico del modelo cinético de partículas

Las ideas de Aristóteles dominaron el mundo europeo occidental por más de 2 000 años, y sólo a partir de los trabajos de Newton la idea de “átomo” volvió a considerarse. Con su modelo, Newton explicaba fenómenos como la **reflexión** (mediante el “rebote” de las partículas que componen la luz) y la **refracción** (con el cambio en dirección y rapidez de las partículas al cambiar de medio), pero no explicaba por qué si la luz está formada por corpúsculos, la masa de los objetos no disminuye cuando la emiten.

El **modelo cinético corpuscular** de la materia nació a principios del siglo XVIII, cuando el matemático suizo **Daniel Bernoulli** (1700-1782) empleó el modelo de una esfera rígida para representar las partículas que forman la materia; sin embargo, esta idea, así como la existencia de los átomos y moléculas (unión de dos o más átomos), no fue aceptada.

Durante las décadas de 1860 y 1870, el escocés **James C. Maxwell** (1831-1879) y el austriaco **Ludwig Boltzmann** (1844-1906) aplicaron a los gases el modelo cinético de partículas, considerando que el comportamiento de sus moléculas se puede explicar aplicando a éstas las leyes de Newton.

En 1905 **Albert Einstein** (1879-1955) publicó un artículo acerca del movimiento browniano, que es el movimiento aleatorio de partículas en un fluido, por ejemplo, polen en el agua. En su trabajo, Einstein afirmaba que ese movimiento era causado por el choque de los átomos con el polen; es decir, demostraba la existencia de los átomos. Einstein estableció lo siguiente:

- El desplazamiento de las partículas en el movimiento browniano aumenta si se eleva la temperatura.
- El desplazamiento de las partículas en el movimiento browniano es mayor si la partícula es de menor tamaño.
- El desplazamiento de las partículas en el movimiento browniano es menor si la viscosidad del líquido es mayor.

#### 1. Reflexiona y responde.

- a) Las propuestas de los antiguos filósofos se basaban sólo en la reflexión y en la lógica. ¿Qué diferencias encuentras entre este procedimiento y el método de la ciencia actual?
- b) Si Einstein demostró que los átomos existen, ¿esto significa que también existe el vacío? Argumenta tu respuesta.
- c) ¿Por qué se dice que la ciencia es una actividad en constante evolución?



**Figura 2.17** Al combinar la estadística, la probabilidad y las leyes de Newton, Boltzmann sentó las bases de la teoría cinética moderna; sin embargo, sus resultados no le fueron reconocidos en vida. Enfermo y desanimado por la continua oposición de muchos científicos, Boltzmann se suicidó en 1906, ignorando que unos meses antes Einstein había probado la existencia de los átomos.

#### Conoce más

Visita la página <http://www.edutics.mx/wh6> donde encontrarás una animación del movimiento que tendrían las partículas de un gas (Consulta: 13 de septiembre de 2018).

#### Cierre

#### Portafolio

Investiga y haz una línea del tiempo del desarrollo histórico del modelo de partículas. Preséntalo al grupo y guárdalo en tu Portafolio.

## EL DESARROLLO DEL MODELO CINÉTICO DE PARTÍCULAS

El modelo cinético de partículas explica los fenómenos de la materia (por ejemplo, que se presente en distintos estados de agregación: sólido, líquido o gaseoso) con base en el principio de que todo lo que existe está constituido por partículas muy pequeñas, imperceptibles al ojo humano.



400  
a. n. e

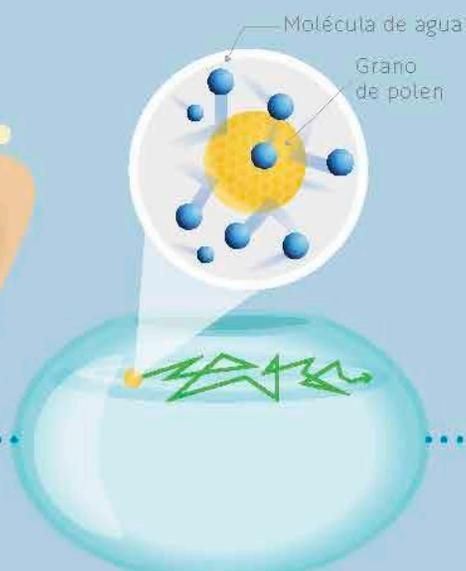
### Los átomos de Leucipo y Demócrito

Leucipo y Demócrito plantean que los átomos no pueden cambiar, ni ser creados o destruidos, y que se desplazan en el vacío para combinarse.

### Todo está formado por átomos

Si divides una hoja de papel en pedacitos cada vez más pequeños. ¿Llegará el momento en que los pedazos sean tan pequeños que ya no puedas dividirlos más?

Los griegos Leucipo y Demócrito pensaban que sí y llamaron átomos (palabra griega que significa "indivisible") a estos últimos trozos de materia.



1905

### Einstein y la teoría cinética

Einstein analiza el fenómeno del movimiento "browniano": el movimiento incesante y aleatorio que presenta, por ejemplo, un grano de polen sobre la superficie del agua. Deduce que esto se debe a las colisiones de las moléculas del agua con los granos de polen.

Los fotones son emitidos a gran velocidad y en todas direcciones



1672

**Newton recupera la idea del átomo**  
Newton propone que la luz también está compuesta por pequeñas partículas (conocidas actualmente como fotones).

1738

### Nace el modelo cinético corpuscular

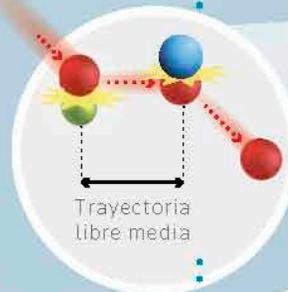
Daniel Bernoulli plantea que las partículas que constituyen la materia son esferas rígidas (como bolas de billar).



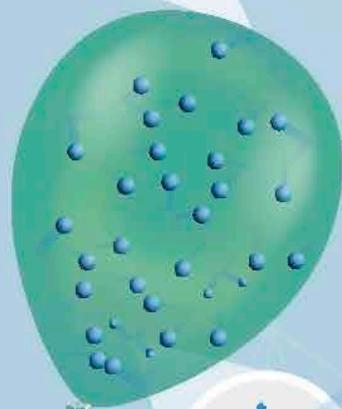
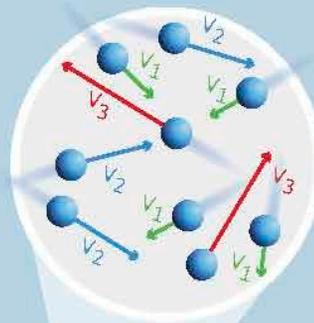
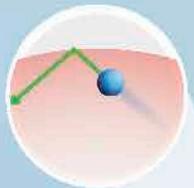
1857

### La trayectoria libre media

Rudolf Clausius determina, matemáticamente, la distancia promedio que una partícula (en un gas) recorre libremente entre colisiones sucesivas; la nombra trayectoria libre media.



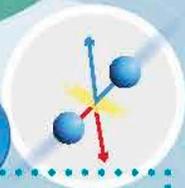
Trayectoria libre media



1870

### La contribución de James C. Maxwell y Ludwig Boltzmann

Maxwell y Boltzmann aplican el modelo de Bernoulli a los gases; consideran que las esferas rígidas colisionan entre sí y contra las paredes del recipiente que contiene al gas.



1859

### La velocidad promedio de las partículas

Maxwell y Boltzmann determinan (usando cálculos matemáticos y las leyes de Newton) la velocidad promedio a la que se mueven las partículas en un gas.

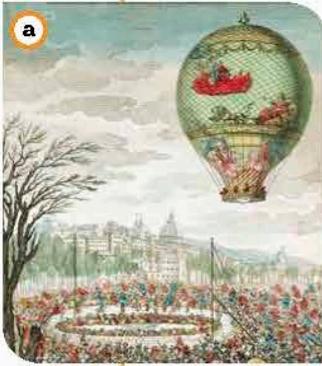


### Analiza la infografía y responde.

1. Si las partículas que constituyen a los gases siguen las leyes de Newton, ¿también tendrán masa?, ¿por qué?
2. ¿Cómo explica el modelo de partículas propuesto por Maxwell y Boltzmann el comportamiento de un gas?

## L3 Aspectos básicos del modelo cinético de partículas

### Inicio



a) Globo de los hermanos Montgolfier. b) Globo actual.

### 1. ¡Física de altura!

En 1783, cuando escuchó que los hermanos Montgolfier habían construido un globo aerostático de aire caliente (un globo de papel de unos 12 m de diámetro y 250 kg de peso), **Jacques Alexandre César Charles** (1746-1823), químico y físico francés, amante de la aeronáutica, decidió construir el suyo, pero se le ocurrió usar hidrógeno —el gas más ligero que existe— en lugar de aire caliente. Su idea funcionó: tripulando su globo pudo remontarse a 2 km de altura y recorrer unos 24 km en los 45 min que duró su viaje.

En la actualidad, para elevar un globo aerostático de aire caliente primero se extiende e infla con ventiladores y luego se enciende un quemador de gas en la boca del globo para calentar el aire; sin embargo, los globos de hidrógeno o helio pueden mantenerse volando por más tiempo.

a) Los globos aerostáticos encierran grandes volúmenes de gas (aire u otro) para elevarse. ¿Esto significa que el gas no tiene peso? Si el globo se eleva, entonces, ¿no lo afecta la gravedad? ¿Los gases tienen masa?, ¿cómo demostrarías que poseen masa?

b) El aire caliente tiende a subir; ¿por qué crees que es así?

c) ¿Consideras que el globo de Charles funcionó mejor que uno de aire caliente?

d) ¿Qué relación tiene toda esta discusión con el modelo cinético de partículas?

### Desarrollo

### Propiedades de las partículas microscópicas

El interés por explicar los fenómenos de la materia en términos de las partículas que la componen es muy antiguo, pero para completar un modelo científico necesitamos probar experimentalmente sus premisas.



**Experimenta Difusión** de un gas

#### Propósito

Relacionar la difusión en un gas con el modelo cinético.

#### Material

En grupo consigan una guayaba y una cebolla.

### Glosario



**Difusión.** Acto de esparcir o extender una luz, olor o fluido en todas direcciones.

### Procedimiento

1. Coloquen la guayaba en el centro del salón; aléjense a las orillas del aula e indiquen si perciben su olor.
2. Partan la guayaba y esperen un rato; ¿perciben ahora su olor?
3. Procedan igual con la cebolla.

### Análisis de resultados y conclusiones

- a) Expliquen sus resultados en términos del modelo cinético de partículas.
- b) Investiguen cómo se relaciona la percepción olfativa con el modelo cinético.

Lo que observaste en la actividad anterior se explica en términos del modelo cinético de partículas: al partir la guayaba (o desgarrar la cebolla), sus moléculas **volátiles** se liberan al ambiente donde se difunden permitiendo que las percibas con tu sentido del olfato; sin embargo, la idea de que la materia está constituida por partículas no basta por sí misma. Si queremos entender el comportamiento de la materia en términos de las partículas que la componen, debemos plantear hipótesis sobre su naturaleza, ante todo, ¿qué características tienen?, ¿siguen las leyes mecánicas de los objetos que vemos a nuestro alrededor? También necesitamos afrontar el problema de tratar con cantidades enormes de partículas para describir incluso un objeto pequeño.

Demócrito imaginó que la materia estaba formada por partículas microscópicas con espacios vacíos enormes entre ellas (en comparación con el tamaño de las mismas), pero Aristóteles no estuvo de acuerdo. ¿Quién tenía la razón?

## Glosario

G

**Volátil.** Propiedad de un cuerpo de pasar fácilmente del estado líquido o sólido al gaseoso.

### Experimenta Cambios en el volumen de los gases

#### Propósito

Observar los cambios de volumen de una muestra de aire por distintos agentes externos.

#### Material

Botella de plástico de 600 mL vacía, globo mediano, olla de unos 2 L de capacidad, cinta adhesiva, guante de cocina, agua. Es necesario contar con una parrilla o estufa y un congelador (o usar hielos espolvoreados con un puñado de sal).

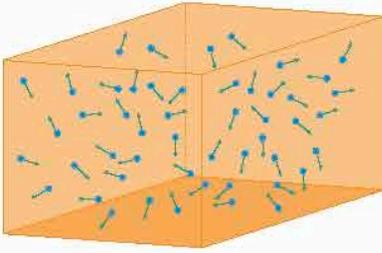
#### Procedimiento

1. En equipos fijen con cinta adhesiva el globo en la boca de la botella.
2. Calienten en la olla un litro de agua. Cuando empiece a hervir, retiren la olla del fuego y con cuidado introduzcan la botella con el globo unos 5 min; quien sostenga la botella deberá usar el guante de cocina. Observen lo que pasa con el globo (figura a).
3. Retiren la botella y enseguida métenla con el globo al congelador o sumérla en un recipiente con hielo. Déjenla allí unos 5 min y observen qué ocurrió con el globo (figura b).



#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Cómo varió el volumen de aire dentro de la botella en las dos situaciones?
- b) ¿Cambió la cantidad de aire dentro de la botella? Argumenten su respuesta.
- c) Si imaginan el aire constituido por partículas microscópicas, ¿cómo estarían distribuidas dentro de la botella en cada caso? Intenten dibujar un esquema de esa distribución.
- d) ¿Consideran que las partículas de aire dentro de la botella estuvieron en reposo o en movimiento?
- e) ¿Cómo explicarían el cambio de volumen en términos del modelo cinético molecular? ¿Demócrito tenía razón?



**Figura 2.18** En el modelo cinético de la materia, las partículas están en permanente movimiento.

### Pistas para mi proyecto

¿Cómo aplicarías el modelo de partículas para explicar la formación de nubes o el ciclo del agua? ¿Te gustaría usar esta idea para elaborar un proyecto?

Según el modelo cinético, la materia está constituida por partículas microscópicas e indivisibles. Una porción de aire aumentada millones de veces, se vería como ilustra la figura 2.18. Aceptamos que esas partículas tienen masa, pues es lógico pensar que la masa de un objeto debe ser la suma de las masas de las partículas que lo componen, ¿cierto?, pero aceptémoslo sólo como hipótesis, igual que aceptamos que son indivisibles.

Esto nos lleva a la conclusión de que podemos aplicar las leyes de Newton a estas partículas, pues si un objeto tiene masa, es posible hablar de su inercia y que interactúa con otros cuerpos, al menos gravitacionalmente.

Sabemos que hay mucho espacio vacío entre estas partículas porque es posible reducir el volumen de una muestra de materia (como el aire de la actividad anterior), así como que las partículas deben estar en continuo movimiento gracias a fenómenos como la difusión y el movimiento browniano que estudiamos en la lección anterior.

El modelo cinético de la materia considera que estas conclusiones son válidas para toda la materia, no sólo para los gases. La diferencia que observamos entre un gas y un objeto sólido consiste en que las partículas del sólido interactúan mediante otro tipo de fuerzas, eléctricas, por ejemplo.

También, según el modelo cinético, las partículas de la materia se mueven todo el tiempo, lo cual explica la difusión de los olores en el aire, como vimos en el experimento con la guayaba. En los líquidos igual se observa este fenómeno, pero ¿ocurre siempre con la misma rapidez?



### Experimenta Difusión en líquidos

#### Propósito

Observar la rapidez de difusión de una gota de tinta en agua.

#### Material

Dos frascos transparentes limpios y sin etiquetas ni tapa, tinta china de color oscuro, agua caliente y helada, toalla de papel y guantes de cocina.

#### Procedimiento

1. Llena un frasco con agua no muy caliente y el otro con agua helada. Limpia con la toalla la humedad que se forme en el exterior de los frascos. Usa los guantes al manipular el agua caliente.
2. Deja caer una gota de tinta en cada frasco.

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿La gota se difundió con la misma rapidez en ambos frascos? ¿En cuál fue más rápido?
- b) ¿Cómo se relaciona la rapidez de difusión de la tinta con la temperatura del agua?
- c) Si imaginamos que el agua y la tinta están hechos de partículas en movimiento, ¿en cuál frasco piensas que se mueven más rápido? Explica con base en los resultados del experimento.

- d) ¿Cómo se relaciona la rapidez de las moléculas del agua con la temperatura?  
 e) ¿En qué frasco crees que las partículas tengan más energía mecánica?  
 f) Enriquece tus respuestas compartiéndolas con tus compañeros.

En el siglo XX se propuso el modelo cinético de partículas o molecular que intentaba explicar el comportamiento de los gases a partir de los siguientes supuestos:

- Un gas está formado por pequeñas partículas muy alejadas unas de otras, y entre ellas sólo hay espacio vacío.
- Las partículas que forman un gas están en continuo movimiento.
- Las moléculas de un gas chocan continuamente entre sí y con las paredes del recipiente que las contiene.
- La **presión** que un gas ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene se debe a los choques de las moléculas contra esas paredes.
- La energía cinética de las moléculas depende de la temperatura y su estado de agregación; a mayor temperatura la energía cinética es mayor; es decir, las moléculas se mueven más rápidamente.

Si las partículas están en movimiento, podemos hablar de su velocidad (en los gases y líquidos el movimiento es más libre que en los sólidos); sin embargo, no sería práctico estudiar por separado el movimiento de cada una, son millones, así que sólo podemos hablar de una velocidad promedio. El modelo cinético supone que en los choques de las partículas no se pierde su energía cinética por lo que conservan su misma velocidad en promedio.

### 1. Analiza otra vez la situación inicial y contesta.

- ¿Las partículas de un gas se afectan por la gravedad aunque se eleven?
- ¿Las velocidades de las moléculas del aire caliente son iguales que las del aire frío? ¿Y sus volúmenes? ¿Esto tiene relación con el hecho de que los globos aerostáticos se eleven?
- ¿Cómo imaginas que son las moléculas del aire comparadas con las del hidrógeno en relación con el volumen que ocupan?
- Si tomaras cierto volumen de aire del interior del globo y otro volumen igual del aire exterior, ¿esperarías que los dos tuvieran la misma cantidad aproximada de partículas?

### Piensa y sé crítico

Responde aplicando el modelo cinético de partículas:

- ¿Por qué se produce el vapor que vemos sobre la superficie del café caliente? ¿Por qué el café se enfría si soplamos sobre él?
- La atmósfera es una capa de gas que envuelve al planeta. Si la Tierra se mueve por el espacio, ¿por qué estos gases no se han quedado atrás?
- Si el agua, el hielo y el vapor están formados por partículas del mismo tipo, ¿por qué lucen tan diferentes?

### Glosario

G

**Presión.** Relación entre la fuerza aplicada y el área donde se aplica, matemáticamente se expresa como Fuerza/área.

### Conoce más

+

Te recomendamos la página: <http://www.edutics.mx/JSY> donde encontrarás simulaciones computacionales del movimiento de partículas según el modelo cinético. (Consulta: 13 de septiembre de 2018).

### Cierre



Una taza de café humeante es un buen motivo para hablar de la teoría cinética.

# Cambios de estado de la materia y el modelo cinético

Explica los estados y cambios de estado de agregación de la materia, con base en el modelo de partículas.

## L1 Propiedades de la materia: forma, volumen, estados de agregación, compresibilidad, etcétera

### Inicio



1. El hielo flota en el agua, y es sorprendente que un hecho tan simple tenga repercusiones enormes para la vida en nuestro planeta. Cuando en un cuerpo de agua se forma hielo, éste flota y congela las capas superficiales del líquido; esta capa de hielo aísla térmicamente el agua bajo ella. Gracias a este efecto **aislante** las aguas profundas no se congelan ni se enfrían demasiado, por lo que diversos organismos habitan en ellas.

¿Qué ocurriría si el hielo se hundiera? Al irse al fondo, el agua se congelaría; el hielo del fondo no se derretiría con el calor del sol y casi todos los océanos de la Tierra estarían congelados a ciertas profundidades, haciendo imposible la vida en el planeta.

- a) ¿Estás de acuerdo con que si el hielo no flotara se afectaría la vida en todo el planeta? Argumenta.
- b) El agua se presenta en distintas formas (líquida, sólida y gaseosa). ¿Sabes qué características tiene cada una? Explica en términos del modelo cinético de partículas.
- c) En general, en distintas sustancias una misma cantidad de materia en estado sólido es más pesada que en estado líquido. ¿Consideras que esto sucede también con el agua? ¿Por qué el hielo flota en el agua? ¿Por qué el vapor se eleva en el aire?
- d) En equipos compartan y analicen sus respuestas y escriban sus conclusiones.

### Desarrollo

#### Glosario

**Aislante.** Material que impide la transmisión de calor, electricidad, sonido, etcétera.

### La materia

Dado que ahora conocemos las características principales del modelo cinético de partículas, lo usaremos para explicar la estructura y las propiedades de la materia.

¿Has escuchado el término “materia”? ¿Qué es? El concepto de materia no es tan abstracto como el de energía o fuerza. **Todo lo que ocupa un lugar en el espacio es materia**, es decir, la materia tiene volumen, masa, forma, etcétera; es observable o detectable con

distintos medios y, en cada caso, es medible; por ejemplo, determinamos su masa con una balanza, conocemos su temperatura con un termómetro y podemos medir su volumen.

¿Qué cosas no son materia? Por ejemplo, una idea, una emoción, un sueño; es evidente que nada de eso ocupa un lugar en el espacio y por tanto no lo podemos medir.



**Figura 2.19.** Sin importar el tamaño de los objetos, estos tienen masa y por tanto son materia.

Como ya mencionamos, la materia posee diferentes propiedades; veamos algunas de ellas.

### Volumen

El tamaño de los objetos se mide en tres direcciones: largo, alto y ancho; estas longitudes determinan el espacio que ocupan los objetos y a ese espacio se le llama **volumen**. Como en el SI la unidad básica de longitud es el metro (m), la unidad derivada para medir el volumen es el metro cúbico (m<sup>3</sup>). Un concepto estrechamente relacionado con el volumen es la **capacidad**, cuya unidad de medida es el litro (L) y se refiere a la cantidad de sustancia que cabe en un contenedor cúbico de 10 cm de lado.



**Figura 2.20.** Para una cantidad fija de granadas, ¿crees que la disposición de las frutas determina el volumen total?

### Analiza y responde

1. Recuerda cómo has calculado el volumen de objetos regulares y contesta.
  - a) ¿Cómo medirías el volumen de este libro?, ¿y el de una sola de sus hojas?
  - b) ¿Cómo medirías el volumen de una piedra, un melón, un balón o el de tu cuerpo?
  - c) ¿Cómo medirías tu capacidad pulmonar, o sea el volumen de aire que inhalas en una respiración?
  - d) Propón actividades o experimentos para resolver las preguntas anteriores y llévalas a cabo ante el grupo.
  - e) Comparte en grupo tus resultados y valídenlos.

### Experimenta ¿El aire tiene volumen?

#### Propósito

Analizar una propiedad del aire como materia.

#### Material

Dos botellas de PET (pueden ser recicladas) vacías con boca estrecha, clavo y globo.



#### Procedimiento

1. Sujeta el globo a la boca de la botella de manera que la cubra completamente e introdúcelo en ella como se observa en la fotografía.
2. Reta a tus compañeros a que inflen el globo dentro de la botella.
3. Perfora con el clavo la base de otra botella, vuelve a colocar el globo. Tú deberás realizar lo mismo, inflar el globo dentro de la botella. Y demuestra a tus amigos que tú sí puedes inflar el globo.

#### Analiza y concluye

- a) ¿Por qué tus compañeros no pudieron inflar el globo?, ¿Por qué tú sí?
- b) ¿Qué propiedad o propiedades del aire se manifiesta en esta actividad?
- c) Expliquen en grupo sus resultados a partir de lo que han estudiado sobre las propiedades de la materia.



**Figura 2.21** Cada uno de los paquetes que cargan estos hombres ¿tienen poca o mucha masa?, ¿por qué?

## Masa

La **masa** es una propiedad de la materia que analizamos en la primera y segunda leyes de Newton, e interpretamos como una medida de la inercia; la ley de la gravitación ayudó a entenderla como una propiedad por la cual los objetos interactúan por medio de la fuerza de gravedad.

En el modelo cinético de partículas la masa se interpreta como la cantidad de materia que posee un cuerpo. Recuerda que, de acuerdo con este modelo, la materia está constituida por partículas indivisibles y con masa; entonces podemos decir que cuando comparamos dos cuerpos con la misma composición química, el de mayor masa debe tener necesariamente mayor número de partículas, ¿cierto?

### Experimenta La densidad

#### Propósito

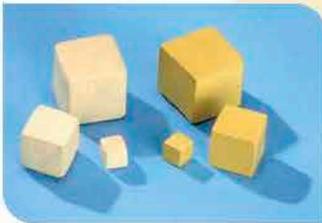
Observar la relación entre la masa y el volumen en distintos materiales.

#### Material

Distintos materiales que se puedan moldear: plastilina, masa para tortillas, migajón de pan, etcétera, balanza y regla graduada.

#### Procedimiento

1. En equipos hagan con cada material varios cubos de diferente tamaño: de 1 cm de lado, de 2 cm, etcétera, y determinen el volumen de cada uno.
2. Midan con la balanza la masa de cada cubo.
3. Dividan la masa de cada cubo entre su volumen. Escriban sus resultados en una tabla como la siguiente.



Material	Longitud de los lados del cubo (cm)	Masa (g)	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Razón masa entre volumen (g/cm <sup>3</sup> )
Plastilina	1			
	2			
	3			

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Cómo es el resultado de dividir la masa entre el volumen para cubos del mismo material?
- b) ¿Qué tipo de relación (proporcional, lineal, etcétera) hay entre la masa y el volumen de los cubos del mismo material?
- c) ¿Para qué material el resultado de dividir la masa entre el volumen fue mayor?
- d) Consideren cubos del mismo volumen, pero distinto material, ¿cómo son sus masas? ¿Observan alguna relación entre la masa de los cubos y su respuesta a la pregunta anterior?
- e) Compartan en grupo sus respuestas y escriban una conclusión que relacione los resultados de dividir la masa entre el volumen con cada tipo de material que emplearon.

## Densidad

La **densidad** se refiere a la cantidad de masa contenida en determinado volumen; por ello, su valor resulta del cociente de la masa entre el volumen:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

donde:  $m$  es la masa,  $V$  el volumen y  $\rho$  la densidad. De la relación anterior se sigue que la unidad derivada de la densidad es la unidad de masa entre la de volumen, por ejemplo:  $\text{kg}/\text{m}^3$  o  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

En términos del modelo cinético, la densidad indica la concentración de partículas de una sustancia en cierto volumen. En general, la densidad de una sustancia depende de la temperatura y la presión, pero no del tamaño de la muestra, y es siempre la misma en las mismas condiciones.

### Conoce más

En la siguiente página electrónica encontrarás una actividad interesante sobre densidad:  
<http://www.edutics.mx/wHE>  
 (Consulta: 13 de septiembre de 2018).

### Experimenta Compresibilidad

#### Propósito

Diferenciar materiales considerando su compresibilidad, es decir, su capacidad para comprimirse o disminuir su volumen.

#### Material

Dos botellas de PET del mismo tamaño con tapa, agua.

#### Procedimiento

1. En parejas llenen con agua una botella.
2. Tapen ambas botellas y opriman cada una de ellas.

#### Análisis de resultados y conclusiones

1. ¿Cuál de las dos botellas es más difícil de oprimir?
2. ¿Qué sucede al volumen del contenido al oprimir las botellas?
3. Proponga una hipótesis para explicar la diferencia de compresibilidad entre el aire y el agua a partir del modelo de partículas y válidenlo en grupo.



Cierre

1. Responde de nuevo las preguntas de la situación inicial.
  - a) Cuando cierta cantidad de agua se congela, su volumen aumenta; ¿cómo cambia su densidad? ¿Cómo es su densidad en relación con la del agua líquida?
2. Cuando el aire se calienta, su volumen aumenta; ¿cómo cambia la densidad en relación con el aire que lo rodea?
3. Investiga por qué el hielo flota y los globos de aire caliente se elevan.
  - a) ¿Hay alguna relación entre la densidad y la dureza de los materiales?
  - b) El término densidad se usa en muchos contextos. ¿Podrías interpretar ahora frases como "densidad de población" o "densidad de ideas"?
4. En grupo compartan sus respuestas y analicen el uso que se ha dado a las propiedades de algunos materiales.

## L2 Cambios de estado de agregación

### Inicio



1. La utilidad de las cantimploras es ampliamente reconocida entre campistas, scouts, militares, excursionistas, etcétera. Por supuesto que las utilizan para transportar líquidos, y si son metálicas, ya sean de acero inoxidable o aluminio, hasta pueden calentar líquidos en su interior si las colocan al fuego. Pero quizá lo más sorprendente es que las cantimploras mantienen el agua fresca o incluso fría aún en días calurosos: ¿cómo se logra? Fácil, aprovechando el fenómeno de la evaporación; así es, por lo común la cantimplora está cubierta con una funda de tela, que los campistas mojan para que después de un tiempo el agua esté más fresca.

Responde en equipos.

- a) ¿Qué es la evaporación?, ¿cómo se realiza?, ¿en qué situaciones la han observado?
- b) ¿Por qué el agua de la cantimplora se enfría si mojan el exterior? ¿Qué relación tiene este hecho con la evaporación?
- c) ¿Por qué sudamos cuando hacemos mucho ejercicio? ¿Cómo cambia la temperatura de nuestro cuerpo después de hacer ejercicio? ¿Por qué es necesario tomar agua después de hacer ejercicio o en días calurosos?
- d) Expliquen el proceso de evaporación con base en el modelo cinético de partículas y expongan sus conclusiones al grupo.

### Desarrollo

#### Pistas para mi proyecto

Los cambios de estado y el ciclo del agua están estrechamente relacionados; además de que el agua es el compuesto fundamental para la vida en el planeta. ¿Te gustaría hacer un proyecto sobre esta sustancia?

#### Portafolio

Realiza modelos de partículas de los estados de agregación en tres dimensiones y guárdalos en tu portafolio de evidencias.

### Estados de agregación de la materia

De acuerdo con el modelo cinético de partículas existen fuerzas de atracción y fuerzas de repulsión entre éstas. Según sea la magnitud de la interacción entre sus partículas, la materia se presenta en distintos **estados de agregación: sólido, líquido o gaseoso.**

#### Reflexiona e infiere

1. En parejas imaginen y representen en los círculos cómo se distribuyen las partículas de cada material según su estado de agregación

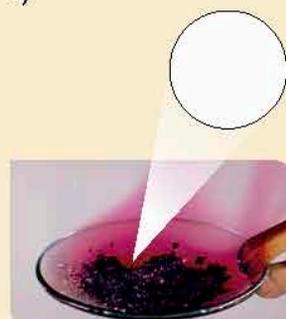
a)



b)



c)



- a) Justifiquen sus representaciones argumentando a partir del modelo cinético de partículas. Compártanlas en clase y valídenlas.

De acuerdo con el modelo cinético de partículas, en los **sólidos** éstas se encuentran muy próximas entre sí porque las fuerzas de atracción entre ellas son muy grandes; su único movimiento es el de vibración, y por ello tienen **forma y volumen definidos**. En los **líquidos** las partículas están más separadas y se mueven de manera que cambian su posición, pero las fuerzas que las atraen, menos intensas que en los sólidos, impiden que puedan “independizarse”; esto explica que los líquidos tengan volumen definido, pero que **adquieran la forma del recipiente que los contiene**. Las partículas de los **gases** están muy separadas entre sí y se mueven a grandes velocidades, prácticamente libres de fuerzas de atracción. Por ello se pueden comprimir fácilmente, **no tienen forma ni volumen fijo** y adquieren los del recipiente que los contiene, es decir, tienden a ocupar todo el espacio del recipiente en el que se encuentren.



**Figura 2.22** Las lámparas de plasma son un ejemplo de plasma generado artificialmente.

Existe otro estado de la materia que, a pesar de ser el más abundante en el Universo, no lo es en nuestro planeta y es del que menos se habla en los libros: recibe el nombre de **plasma** y está constituido por un gas cuyas partículas tienen carga eléctrica, por lo que es conductor de electricidad. Lo podemos encontrar en el interior de las lámparas fluorescentes, en las estrellas, los relámpagos y en el fuego.

### Temperatura y cambios de estado

En la vida cotidiana es fácil percatarse del cambio de estado de las sustancias, por ejemplo, un charco de agua se evapora con el calor del mediodía y el pasto se escarcha durante las madrugadas frías. Un buen modelo de la materia debería permitirnos explicar estos fenómenos, ¿no lo crees? Veamos cómo explicarlos en términos del modelo cinético de partículas.

Si mantienes un chocolate blando en la mano, se derrite. ¿Qué factores determinan que eso ocurra? Tu mano y el chocolate están a diferente temperatura: el chocolate está a temperatura ambiente; tu mano, a una mayor; por tanto, cederá calor al chocolate. En términos del modelo cinético, parte de la energía cinética de las partículas de tu mano se transmitirá a las del chocolate.

El estado de agregación está determinado por dos factores: qué tan cercanas entre sí se encuentran las partículas (o que tan intensas son las fuerzas de mutua interacción entre ellas) y qué tan rápido se mueven, es decir, la magnitud de su energía cinética.

¿Qué podemos concluir si observamos que un sólido se transforma en un líquido? Que las moléculas que lo componen han alcanzado la energía cinética necesaria para liberarse parcialmente de las atracciones que las mantenían unidas.

El cambio de estado de una sustancia depende de la energía cinética de las moléculas que la constituyen. En el estado gaseoso las moléculas tienen mayor energía cinética que en el líquido y éstas, a su vez, más que en el sólido. La temperatura determina el cambio de estado físico de una sustancia al aumentar la energía cinética promedio de esas moléculas.



**Figura 2.23** Para moldear la plastilina fácilmente resulta útil frotarla previamente con tus manos. ¿Por qué?

**Experimenta** Los cambios de estado de la materia**Propósito**

En equipo diseñen un experimento para determinar cuánto tiempo tarda el agua en pasar del estado sólido al líquido y luego al gaseoso, y cómo varía la temperatura durante el proceso.



En nuestro planeta se presentan los tres estados de agregación del agua.

**Procedimiento**

1. Escriban sus hipótesis sobre la forma que tendrá una gráfica de temperatura contra tiempo, así como sus ideas para resolver el problema y la información que necesitarán.
2. Elaboren una lista de materiales y anoten su desarrollo experimental; recuerden ser claros y concisos. Antes de comenzar comenten sus propuestas con otros equipos y hagan recomendaciones para mejorar su experimento. Argumenten si consideran que la propuesta tiene problemas que dificultarían alcanzar el objetivo.
3. Elaboren una tabla con los datos obtenidos; recomendamos medir la temperatura en tiempos cortos (10 s, por ejemplo); no olviden registrar las cantidades de agua utilizadas. Repitan el experimento para cantidades diferentes. En papel milimétrico tracen gráficas que relacionen las variables involucradas.

**Conoce más**

Visita la página <http://www.edutics.mx/ZxN> y observa una simulación de cómo se transforma el hielo en agua y luego en vapor al aumentar la temperatura, en el contexto del modelo cinético de partículas. (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

**Portafolio**

Guarda las gráficas en tu portafolio de evidencias.

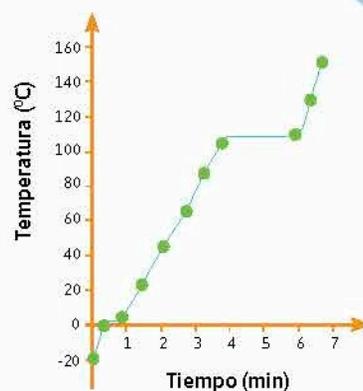
**Análisis de resultados**

- a) ¿La temperatura en que ocurre un cambio de estado se modifica con el volumen de agua empleada? ¿Por qué?
- b) ¿En algunos momentos la temperatura fue constante? Considérenla constante si tienen varias mediciones iguales.
- c) ¿Qué tendencia muestran sus gráficas cuando el agua cambia de estado?
- d) ¿En qué estado de agregación las moléculas tienen la mayor energía cinética? Argumenten su respuesta.
- e) ¿Qué sucede a nivel molecular si aumenta la temperatura de una sustancia?, ¿cómo se relaciona esto con el cambio de su estado de agregación?
- f) ¿Qué tipo de energía se puede proporcionar a la materia para que cambie de estado de agregación?
- g) Si la temperatura permanece constante, ¿significa que en el sistema no aumenta la energía de las moléculas? Expliquen.
- h) Mencionen casos en los que se libera energía a partir de un cambio de estado.

**Conclusiones**

1. Escriban la solución al problema y un resumen de su procedimiento. Comenten en grupo las respuestas y establezcan conclusiones respecto al proceso molecular de los cambios de estado de agregación.

Incrementar la temperatura aumenta la energía cinética de las partículas; sin embargo, durante un cambio de estado la temperatura se mantiene constante aun cuando se mantenga la fuente de energía. Por ejemplo, supón que calientas agua en la estufa. Mientras se calienta, la temperatura aumenta: la energía empleada en este cambio se conoce como **calor sensible**. Cuando el agua empieza a hervir, la temperatura ya no aumenta. Toda la energía se emplea para el cambio del estado líquido a vapor; la energía para esta parte del proceso recibe el nombre de **calor latente** (figura 2.24).



**Figura 2.24** Gráfica de la temperatura del agua al suministrar energía térmica. Las fases de cambio de estado se identifican cuando la gráfica es horizontal, lo que corresponde al suministro de calor latente.

1. En parejas observen el diagrama en que se indican los nombres de los diferentes cambios de estado de un sistema; luego realicen lo que se pide.



- a) Señalen con flechas rojas los procesos en los que se debe agregar energía para lograr el cambio de estado, y con flechas azules, los procesos a partir de los cuales se libera energía.

Es necesario aclarar que no en todas las sustancias ocurren los procesos que observaron para el agua: el hielo seco (dióxido de carbono sólido), la naftalina y el yodo, por ejemplo, cambian directamente de estado sólido a gaseoso, sin pasar por el líquido. Este cambio se conoce como **sublimación**.

1. Regresa a la situación inicial y explica por qué el agua de la cantimplora se enfría si se moja la tela que la cubre.
2. Describe el proceso de sudoración y su resultado en nuestro cuerpo.

**Piensa y sé crítico**

Un enfriador de arcilla se compone de dos ollas de arcilla o barro de diferente tamaño. La olla pequeña se coloca dentro de la grande y el espacio entre ambas se rellena con arena, que debe mantenerse húmeda. Los alimentos a enfriar se introducen en la olla pequeña; el conjunto se ubica en un lugar fresco y seco a la sombra. ¿Cómo funciona este instrumento? ¿Funcionará en cualquier clima?

**Pistas para mi proyecto**

El ciclo del agua ocurre por los cambios de estado, lo que es indispensable para la vida en la Tierra. ¿Te gustaría desarrollar un proyecto sobre este tema?

Cierre

## L1 Temperatura

### Inicio



Mucho de lo que sucede, aparentemente extraño o misterioso, tiene una explicación científica y lógica.

### ¿Una casa embrujada?

1. Nadie quería pasar una noche en la vieja casona del pueblo. Decían que, por las noches, especialmente cuando el día había sido muy caluroso, se escuchaban toda clase de ruidos. Las escaleras de madera crujían, como si alguien subiera por ellas; los pisos y las paredes rechinaban; en las tuberías se escuchaban tronidos e, incluso, algunos afirmaban que se oían voces. A causa de la superstición y el abandono, la vieja casa se fue deteriorando.

- a) ¿Qué significa la palabra "caluroso"?
- b) ¿Decir que un día fue caluroso es lo mismo que decir que la

temperatura ambiente fue alta? ¿Por qué?

- c) ¿Qué es la temperatura?, ¿cómo se mide? ¿Sabes si el calor se puede medir?, ¿cómo? ¿Calor y temperatura son lo mismo?
- d) ¿Decir que algo es frío significa que su temperatura es baja? Argumenten.
- e) ¿Por qué en los días calurosos es difícil abrir algunas puertas y ventanas metálicas? ¿Qué ocurre con el volumen de los objetos sólidos cuando se calientan?, ¿y cuando se enfrían?
- f) ¿Piensan que hay una relación entre los cambios de temperatura durante el día y la noche con los ruidos que se escuchan en algunas casas?

### Desarrollo

En la vida cotidiana, en los días en que la temperatura ambiental es elevada, es común escuchar expresiones como: ¡qué calor hace!; en física, sin embargo, calor y temperatura son conceptos que tienen un significado muy distinto.

En esta secuencia aplicaremos lo que hemos aprendido sobre el modelo cinético de partículas para entender la diferencia entre estos términos y comprender los fenómenos con los que se relacionan.

La energía es una propiedad de la materia que se vincula con la capacidad para transformar, deformar o poner en movimiento un objeto. Como viste en la secuencia 7, la energía se manifiesta de diferentes formas que pueden transformarse unas en otras.

Una manera de reconocer la energía es analizando sus manifestaciones; por ejemplo, la energía potencial gravitacional de una manzana que colocamos a cierta altura se manifiesta cuando la soltamos, primero como movimiento de la manzana (cuando se transforma su energía de potencial en cinética) y después como deformación de la misma al chocar con el suelo. Otra manifestación de la energía es la **temperatura**.



Figura 2.25. Calor y temperatura son dos conceptos relacionados pero distintos.

**Experimenta** Los sentidos y la temperatura**Propósito**

Analizar el papel de los sentidos en la percepción de la temperatura.

**Material**

Tres recipientes iguales que contengan, respectivamente, agua fría (pueden agregar hielo), agua a temperatura ambiente y agua caliente.

**Procedimiento**

1. Sumerjan una de sus manos en el agua fría y la otra en el agua caliente por 10 s. Asegúrense de que el agua caliente sea soportable para que no les cause daño. Describan lo que sienten.
2. Pasen ahora ambas manos al agua a temperatura ambiente. ¿Qué sensación percibieron en cada mano?

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Sintieron el agua a temperatura ambiente de la misma manera con ambas manos? Propongan una explicación de ese resultado.
- b) ¿Consideran que el sentido del tacto es confiable para determinar la temperatura de un objeto? ¿Por qué?
- c) Mediante el sentido del tacto, nuestro sistema nervioso es capaz de detectar diferencias muy leves de temperatura; sin embargo, sólo las percibimos de manera cualitativa. Expliquen la diferencia entre cualitativo y cuantitativo.

**Diferencia entre calor y temperatura**

Cotidianamente usamos expresiones como hace frío o calor; decimos que algo está caliente o frío para referirnos al estado del tiempo o a la temperatura de los objetos; sin embargo, estas afirmaciones son **subjetivas**, pues las sensaciones de calor o frío dependen de cada persona o sujeto: para alguien un clima caluroso puede ser agradable pero no para otra persona; una persona puede necesitar un abrigo en invierno, cuando otra se siente a gusto con una playera. Por medio del tacto podemos comparar cualitativamente la temperatura de dos cuerpos, decir cuál está “más caliente” o “más frío”; sin embargo, para medir la temperatura de manera precisa y objetiva se utiliza el instrumento llamado termómetro.

Si ponemos en contacto un cuerpo caliente con uno frío, el objeto caliente le suministra energía, en forma de **calor**, al objeto frío. El flujo de energía se detiene cuando ambos cuerpos alcanzan la misma temperatura; se dice, entonces, que se ha alcanzado el **equilibrio térmico** del sistema. Todos los termómetros funcionan mediante este principio y, algunos aprovechan otra propiedad de la materia: el volumen de las sustancias que cambia al variar su temperatura.

**Glosario****G**

**Subjetivo.** Que depende de la percepción o modo de pensar o de sentir del sujeto.



**Figura 2.26.** ¿Sabías que cuando se colocan los rieles en las vías del tren nunca se unen totalmente? ¿Cuál crees que sea la razón?



### Experimenta El termómetro

#### Propósito

Construir y analizar el funcionamiento de un termómetro.

#### Material

Termómetro de laboratorio, frasco mediano de vidrio con tapa, tubo de vidrio delgado de aproximadamente 10 cm de largo (o un popote transparente), alcohol, cronómetro, plastilina, tripié, tela de asbesto, vela, lámpara de alcohol, vela o mechero de Bunsen (también pueden usar una estufa con comal), clavo, martillo, agua y plumón de punta fina.

#### Procedimiento

1. Trabajen en equipo. Hagan con mucho cuidado dos orificios a la tapa del frasco; en uno introduzcan el tubo de vidrio y en el otro, el termómetro.
2. Sellen con la plastilina el termómetro y el tubo de vidrio a la tapa.
3. Viertan alcohol en el frasco y tápenlo (dejen un espacio de aproximadamente 1 cm entre el nivel del líquido y el borde del frasco).
4. Calienten el frasco con flama baja. Cada 20 s marquen con el plumón la altura del alcohol en el tubo de vidrio y registren la temperatura que marca el termómetro. ¡Tengan mucho cuidado, recuerden que el alcohol es inflamable!
5. Detengan el experimento cuando el líquido comience a hervir o antes de que se derrame.
6. Repitan el experimento usando agua en vez de alcohol.

#### Análisis de resultados y conclusiones

1. Elaboren en su cuaderno una tabla como la siguiente y complétenla con los datos que obtuvieron.

Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Altura alcohol (mm)	Altura agua (mm)

- a) ¿Qué pasó con la altura del líquido en el tubo al calentarlo? ¿Por qué?
- b) ¿Qué diferencia notan entre las alturas que alcanzaron el agua y el alcohol?
- c) Si no tuvieran un termómetro, ¿el tubo con alcohol serviría para medir la temperatura? ¿Por qué? ¿Y el tubo con agua? ¿Por qué?
- d) Si cada línea que marcaron equivale a un grado de su propia escala, ¿cuántos grados en el termómetro hay por un grado de su escala?
- e) Comparen su escala con la de otros compañeros; ¿son iguales?, ¿por qué?
- f) Discutan con sus compañeros y escriban cuál es la relación de este experimento con el modelo cinético de partículas y con el funcionamiento de los termómetros de mercurio.

Consideremos un termómetro de mercurio, el cual consta de un bulbo de vidrio que contiene mercurio conectado a un tubo delgado (capilar). Si el bulbo se pone en contacto con un objeto a mayor temperatura, recibe energía en forma de calor y el mercurio que contiene se dilata, es decir, aumenta su volumen, de modo que sube por el **capilar** de vidrio; así una medida de ese volumen indica la temperatura que alcanza el termómetro. De manera similar, si el bulbo se pone en contacto con un objeto a menor temperatura, cede energía en forma de calor al objeto y baja su temperatura; como consecuencia, el mercurio disminuye su volumen y baja por el capilar.

**Portafolio**

P

Diseña otros termómetros que funcionen con materiales distintos al que hiciste en la actividad de la página anterior. Preséntalo al grupo y guárdalo en tu portafolio de evidencias.



Figura 2.27. Partes de un termómetro de mercurio.

**Temperatura y sus escalas de medición**

Los primeros termómetros se basaban en la dilatación del agua, pero como comprobaste, su dilatación no es uniforme. Los líquidos que cumplen con esta característica son el alcohol y el mercurio. Imagina que en vez de los termómetros que comúnmente usas en el laboratorio o en casa midieras la temperatura con los termómetros que construyeron en la actividad anterior, ¿qué sucedería?, ¿todos registrarían las mismas medidas?

A principios del siglo XVIII para medir la temperatura se utilizaban más de 30 escalas diferentes. ¿Imaginas el problema que representaba que hubiera tantas? Actualmente, las más utilizadas son tres: la escala Celsius, la escala Kelvin y la escala Fahrenheit (figura 2.29).



Figura 2.28. Termómetros antiguos.



Figura 2.29. Representación de las tres escalas de temperatura con valores medidos a nivel del mar.

**Glosario**

G

**Capilar.** Que tiene un diámetro interior aproximado al del grosor de un cabello.



Figura 2.30. Anders Celsius.

### Escala Celsius

El científico sueco **Anders Celsius** (1701-1744) ideó la escala que lleva su nombre. Para un termómetro de mercurio eligió como puntos de referencia la temperatura de fusión (la temperatura a la cual un sólido pasa al estado líquido) del hielo y la de ebullición (en la que un líquido pasa al estado gaseoso) del agua a nivel del mar. Al primero asignó el valor de 100 y al segundo, el valor de cero, con lo cual fijó el valor del grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) como la centésima parte del intervalo de temperatura comprendido entre esos dos puntos fijos (por eso antes se le denominaba grado centígrado). Más tarde, discípulos de Celsius invirtieron los valores, asignando a la temperatura de fusión del hielo el valor de cero y a la de ebullición del agua, el de 100, que es como lo utilizamos en la actualidad.

### Escala Fahrenheit

**Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686-1736), físico alemán que desarrolló la escala de temperatura que ahora lleva su nombre. Fahrenheit eligió como puntos de referencia las temperaturas de congelación y de evaporación del cloruro de amonio en agua. A la primera asignó el valor de cero y a la segunda, de 100. En esta escala el punto de congelación del agua es  $32^{\circ}\text{F}$ , y el de ebullición,  $212^{\circ}\text{F}$  con 180 divisiones entre estos dos puntos. La escala Fahrenheit no se usa en México, pero sí en Estados Unidos de América, Reino Unido, Canadá, Sudáfrica, Nueva Zelanda y Australia.

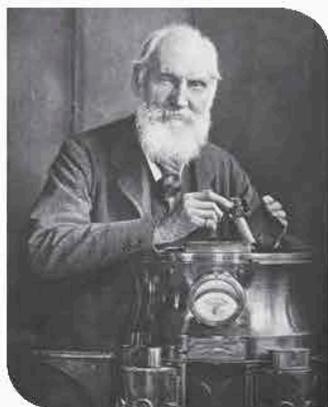


Figura 2.31. Lord Thompson Kelvin.

### Escala kelvin

A la escala de kelvin también se le conoce como escala de **temperatura absoluta**, ya que no utiliza un punto de referencia arbitrario (como las anteriores). **William Thompson Kelvin** (1824-1907) no determinó la temperatura mínima de su escala mediante una medida experimental, sino a partir de cálculos matemáticos que lo llevaron a concluir que no puede existir una temperatura más baja que  $-273.15^{\circ}\text{C}$ , ya que a esa temperatura las moléculas tendrían una energía cinética igual a cero, es decir, estarían en reposo absoluto. Kelvin colocó el punto cero de su escala termométrica en el cero absoluto de temperatura, y por razones prácticas conservó el tamaño de las divisiones de la escala Celsius. Así, en la escala kelvin el punto de congelación del agua es de  $273.15\text{ K}$ , mientras que el punto de ebullición, de  $373.15\text{ K}$ .

Para convertir temperaturas de grados Celsius a kelvins basta con sumar 273.15 a la temperatura dada en grados Celsius:

$$T_{\text{K}} = T_{\text{C}} + 273.15$$

Igualmente, para convertir de kelvins a grados Celsius se resta 273.15 a la temperatura en kelvins.

$$T_{\text{C}} = T_{\text{K}} - 273.15$$

La conversión entre grados Fahrenheit (°F) y grados Celsius (°C) es más compleja. Consideremos las temperaturas de ebullición y de fusión del agua: en la escala Celsius son 100 °C y 0 °C, respectivamente, y en grados Fahrenheit, 212 °F y 32 °F, como la relación entre ambas escalas es lineal, podemos construir la siguiente gráfica.

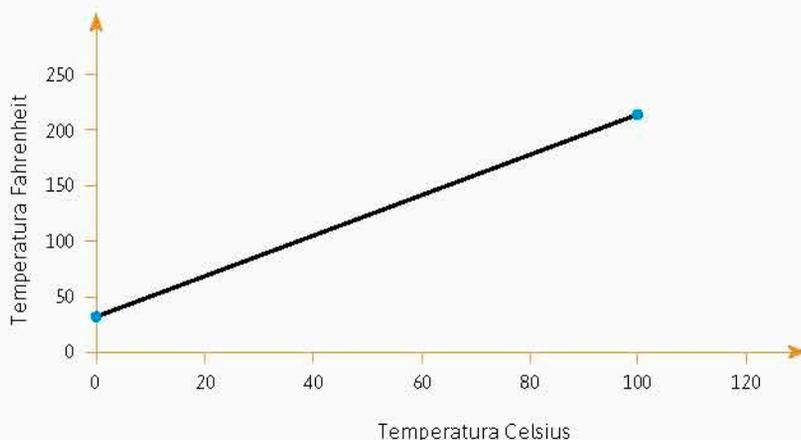


Figura 2.32. Temperatura Fahrenheit vs Celsius.

Por tanto, la relación es de la forma  $y = mx + b$ .

La pendiente es:  $m = \frac{212 - 32}{100 - 0} = \frac{180}{100} = 1.8$

Y la ordenada al origen: 32.

Por consiguiente, la relación entre ambas temperaturas es:

$$T_{°F} = (1.8 \times T_{°C}) + 32$$

En equipos expliquen la fórmula para convertir una temperatura de grados Fahrenheit a Celsius:

$$T_{°C} = \frac{T_{°F} - 32}{1.8}$$

### Calcula y reflexiona

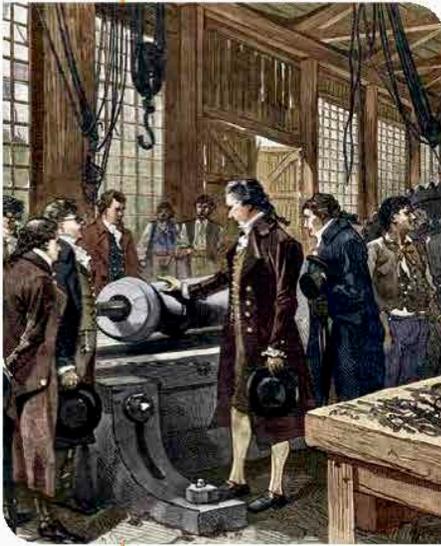
1. En equipos respondan.
  - a) Se considera que una persona tiene fiebre cuando su temperatura corporal es superior a 37 °C. ¿A cuánto equivale esa temperatura en grados Fahrenheit?
  - b) En un noticiero se informó que la temperatura de la ciudad de Nueva York era de 77 °F. ¿A cuánto equivale en grados Celsius? ¿En Nueva York hacía calor o frío?
  - c) ¿Cuál intervalo de temperatura es mayor, el comprendido por 1 °F o por 1 °C?
  - d) ¿Existe una temperatura en que un termómetro graduado en la escala Celsius marque lo mismo que otro graduado en la escala Fahrenheit? ¿Cuál?
  - g) ¿Para proponer las escalas, pudieron haberse tomado como referencia las temperaturas de fusión y ebullición de cualquier otra sustancia? ¿Por qué?

1. A partir de lo que aprendiste en esta lección responde ahora las preguntas de la sección Inicio y compara tus respuestas.
2. ¿Cómo cambia el volumen de los objetos con los cambios de temperatura?

Cierre

## L2 Calor y temperatura

### Inicio



1. Hasta el siglo XVIII los científicos creían que el calor lo causaba un fluido que contenían los objetos, al que llamaban **calórico** así, cuando un objeto con más fluido (a mayor temperatura) se ponía en contacto con otro con menos fluido, el primero le transfería calórico al segundo hasta que ambos tenían la misma cantidad y alcanzaban igual temperatura. Asimismo, se pensaba que al frotar un objeto se le “extraía” el calórico y por eso se calentaba.

Pero en 1791 **Benjamin Thomson** (1753-1814), militar inglés, al supervisar la construcción de cañones, que en ese tiempo se hacían perforando cilindros de acero, observó que la cantidad de calor que se obtenía por la fricción del cilindro con las barrenas que lo perforaban era prácticamente inagotable. Sumergió un cilindro en un barril de agua y ésta hervía cada vez que la barrena taladraba el acero lo suficiente, sin importar cuántas veces lo hiciera.

En equipos respondan.

En equipos respondan.

- a) Si el calor fuese un fluido, ¿en algún momento se agotaría después de que dos objetos se frotaran mutuamente? Argumenten su respuesta.
- b) La fricción a la que se refería Thomson la causaba el movimiento de la barrena dentro del cañón; ¿qué tipo de energía está asociada al movimiento?
- c) ¿En qué se transformaba esa energía del movimiento durante la fabricación de los cañones? Justifica tu respuesta.
- d) ¿Qué es el calor? ¿Qué es la temperatura? ¿Son lo mismo?
- e) Compartan en grupo sus respuestas y verifiquen si sus explicaciones y argumentos son correctos.

### Desarrollo

### Calor y transferencia de energía

Hay una gran diferencia entre calor y temperatura: si sumaras la energía cinética de un conjunto de moléculas, ésta sería directamente proporcional a la **energía térmica** total

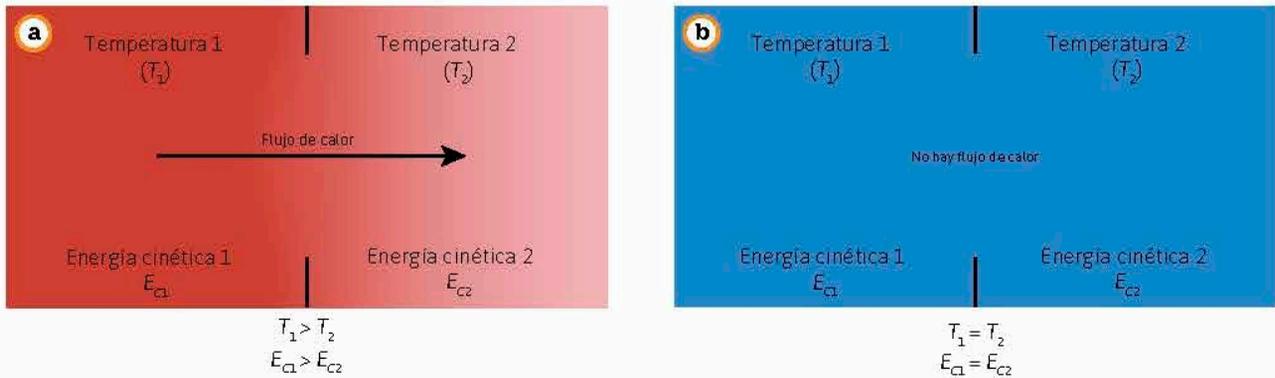
del cuerpo, que es la energía que se relaciona con los conceptos de calor y temperatura. Así, es posible definir a la **temperatura** como una medida de la energía cinética promedio de las moléculas que constituyen un cuerpo. A mayor energía cinética, mayor temperatura y viceversa.

Se llama **calor** a la energía que intercambian dos sistemas en contacto térmico (cuando transfieren energía térmica entre sí) con distinta temperatura hasta alcanzar el **equilibrio térmico**. El cuerpo con mayor temperatura cede energía en forma de calor al cuerpo de menor temperatura hasta que la de ambos se iguala; cuando esto ocurre se dice que alcanzan el equilibrio térmico.



**Figura 2.33.** En la imagen se muestra el vaciado de hierro fundido sobre un molde. ¿De qué objeto a qué objeto u objetos se realiza la transferencia de energía térmica?

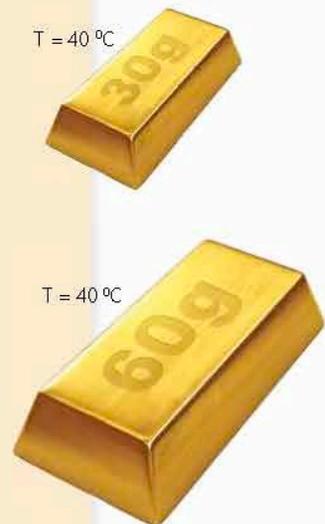
La energía procede del movimiento de las partículas, por lo que en la transferencia de calor, las partículas del cuerpo a mayor temperatura pierden movilidad, mientras que las del cuerpo a menor temperatura aumentan su movimiento. La dirección del flujo de calor entre dos objetos depende de sus temperaturas, y no de la energía térmica de cada uno (figura 3.34).



**Figura 2.34.** a) La energía térmica siempre fluye del cuerpo de mayor al de menor temperatura.  
 b) Cuando la temperatura se iguala (equilibrio térmico), el flujo de calor cesa.

### Analiza

1. En parejas observen que los dos bloques de la figura se encuentran a la misma temperatura pero la masa de uno es el doble que la del otro.
  - a) ¿Cómo es la energía promedio de las partículas que los conforman?
  - b) El segundo bloque tiene el doble de masa que el primero; ¿cómo es el número de partículas que lo constituyen en comparación con el primer bloque? Argumenten su respuesta.
  - c) ¿La energía térmica de los dos bloques es la misma? ¿Por qué?
  - d) ¿La temperatura de un objeto depende de su masa?
  - e) La energía térmica se modifica al cambiar la masa de un cuerpo.
  - f) Dado que el calor es la transferencia de energía cinética de las moléculas y si el segundo bloque tiene el doble de energía interna que el primero, ¿habrá transferencia de energía al poner en contacto los dos bloques? ¿Por qué?
  - g) Comparen en grupo sus respuestas y argumenten si las consideran correctas o incorrectas.



### Pistas para mi proyecto

¿Cómo intervienen el calor y la temperatura en el ciclo hidrológico?  
 ¿Cómo emplearías estos conceptos para elaborar tu proyecto?

### Experimenta Transferencia de energía térmica

#### Propósito

Observar el cambio de temperatura de dos objetos en contacto.

#### Material

Balanza o báscula, dos vasos de unicel, puñado de clavos gruesos atados con un hilo, termómetro de laboratorio, mechero o vela, tripié, tela de asbesto, dos vasos de precipitados o recipientes de vidrio resistentes al calor.



### Procedimiento

1. En equipo coloquen los clavos en un vaso de unicel y midan su masa. En otro vaso pongan los clavos y añadan lentamente agua fría hasta que tenga la misma masa que el vaso con los clavos?
2. Midan la temperatura del agua. Posteriormente, calienten el agua hasta que hierva, en el vaso de precipitados, y registren su temperatura.
3. Cuando el agua esté hirviendo, agréguela con cuidado al vaso con clavos hasta cubrirlos y déjenlos ahí dos minutos.
4. Después de ese tiempo midan y anoten la temperatura del agua con clavos. ¿Los clavos tendrán la misma temperatura que el agua?
5. ¿La energía cinética del agua y de los clavos será la misma?
6. Ahora supongan que pasan los clavos a un vaso con agua fría. ¿Cuál será la temperatura final de ambos? Hagan un pronóstico.
7. Jalen el hilo para sacar los clavos del agua caliente y colóquenlos rápidamente en otro vaso con agua fría. Midan y anoten la temperatura del agua hasta que deje de ascender.
8. ¿Qué pasó con la energía cinética de las moléculas del agua y la de los clavos al estar en contacto? Expliquen.
9. Sequen los clavos con papel, colóquenlos en un vaso y midan su masa. Agreguen agua caliente a otro vaso e igualen su masa con la del vaso con clavos. Anoten la temperatura del agua caliente.
10. Enfrien los clavos sumergiéndolos en un vaso con agua y hielos; esperen un minuto y tomen la temperatura del agua. ¿Por qué deben esperar un minuto para tomar la temperatura?
11. Pronostiquen la temperatura de la mezcla cuando introduzcan los clavos fríos en el agua caliente.
12. Saquen los clavos del agua fría y rápidamente introdúzcanlos en el agua caliente. Registren la temperatura cuando deje de variar.

### Análisis de resultados y conclusiones

- a) Registren sus resultados y sus respuestas a las preguntas anteriores en su cuaderno. Al final elaboren un reporte del experimento y preséntenlo a su maestro.
- b) Anoten en la tabla las temperaturas que registraron y las que predijeron.

	Temperatura esperada	Temperatura medida
Clavos con agua caliente		
Clavos con agua fría		

- c) ¿Qué tan cercana fue su predicción respecto al valor obtenido?
- d) Supongan que tienen masas iguales de agua y clavos, ambos a la misma temperatura y que los calientan con la misma fuente de energía durante igual periodo. ¿La temperatura de una sustancia será la misma que la de la otra? ¿Por qué piensan que ocurre eso? ¿Cuál alcanzará la mayor temperatura?
- e) Compartan en grupo sus resultados y respuestas y válídenlas.

### ¿Acalorado?

Si la temperatura corporal es de 36 °C, ¿por qué sentimos calor cuando la temperatura ambiente es de 30 °C? Esto se debe al fenómeno llamado rapidez de transferencia de energía la cual depende de dos factores:

- De la facilidad del material para conducir calor.
- De la diferencia de temperaturas de los dos cuerpos.

Si un material es buen conductor de calor, la rapidez de transferencia será mayor, e igual sucede si hay una gran diferencia de temperatura entre los cuerpos. La sensación de calor o frío se relacionan con el concepto de rapidez de transferencia de energía. Cuando tocamos un objeto a baja temperatura, la transferencia de energía de nuestro organismo al objeto es alta y eso nos da la sensación de “frío”; por el contrario, si la diferencia de temperaturas es menor, la sensación de frío disminuye porque la transferencia de energía es más lenta, y puede aparecer la sensación de calor; incluso, si nuestro organismo recibe energía de un objeto a alta temperatura tendremos la sensación de quemarnos.

### Propagación del calor

Como dijimos, el calor es una forma de transferencia de energía entre cuerpos u objetos en contacto térmico y se realiza de tres maneras distintas.

- La **conducción** es el típico medio de transferencia en los cuerpos sólidos, donde las partículas de los cuerpos con mayor temperatura tienen mayor energía cinética y, al estar en contacto con objetos a menor temperatura, transfieren su energía cinética a esas partículas hasta que se alcanzan el equilibrio.
- La **convección** se presenta en los fluidos, en donde el fluido con mayor temperatura se expande, por lo que su densidad disminuye y se eleva sobre el fluido a menor temperatura. Durante este movimiento las partículas de ambos se mezclan provocando intercambio de energía cinética, lo que permite alcanzar el equilibrio térmico.
- En la **radiación** los cuerpos no necesitan estar en contacto físico, e incluso pueden estar separados por un gran espacio vacío. Los cuerpos con mayor temperatura emiten radiaciones electromagnéticas (que verás en la unidad 3) que absorben los cuerpos con menor temperatura.



Figura 2.35. Nuestras sensaciones de calor o frío dependen de la rapidez de transferencia de energía térmica entre nuestro cuerpo y los objetos con los que tenemos contacto térmico.



Figura 2.36. Los termos mantienen la temperatura de la sustancia que contienen. El recipiente interior está recubierto por una capa blanca o un espejo y entre el recipiente interior y el exterior del termo hay vacío o una cámara de aire. ¿Por qué se diseñan así?

1. Retoma el problema de la situación de Inicio y responde.
  - a) ¿Cuál es la diferencia entre el concepto del “calórico” y el del calor que abordamos en la secuencia?
  - b) Explica los resultados de Thomson a partir del concepto de calor. ¿Qué transferencias de energía se observan en su experimento?

### Piensa y sé crítico

1. Para ahorrar energía se recomienda no introducir alimentos calientes en el refrigerador, sino dejarlos en el exterior para que alcancen la temperatura ambiente. Explica si esta recomendación es correcta.

Analiza el calor como energía. Describe los motores que funcionan con energía calorífica, los efectos del calor disipado, los gases expelidos y valora sus efectos en la atmósfera.

Analiza las formas de producción de energía eléctrica, conoce su eficiencia y los efectos que causan al planeta. Describe el funcionamiento básico de las fuentes renovables de energía y valora sus beneficios.

## L1 Energía térmica

### Inicio



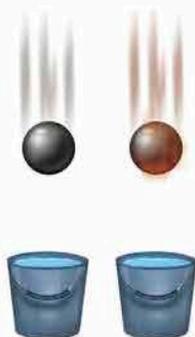
Bajo ciertas condiciones algunos líquidos calientes se congelan más rápido que los fríos.

1. **Erasto Mpemba** (1950) tenía 13 años cuando un día, en la Escuela Secundaria de Magamba, descubrió algo que lo haría famoso. Él y un compañero preparaban sus propios helados. Mientras Erasto hervía la leche observó que su compañero metía al congelador la suya sin hervir. Temiendo perder su lugar, Erasto vació la leche caliente en un recipiente; esperando no estropearlo, lo metió al congelador y retornó a sus actividades. Un par de horas después, él y su compañero volvieron en busca de sus helados, ¿y qué crees? Contrario a la intuición, ¡el de Erasto estaba congelado, pero no así el de su compañero! Erasto buscó una explicación. Le preguntó a su profesor de física, pero éste no le creyó. Según la **ley de enfriamiento de Newton**, la rapidez con la que un cuerpo se enfría es directamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre el cuerpo y sus alrededores. El profesor concluyó que Mpemba se había equivocado. Pero no fue así, Erasto tenía razón; sus propios experimentos y los de otros lo confirmaron. Hoy, a lo que Erasto observó, siendo un estudiante como tú, se le llama **efecto Mpemba**.

- a) ¿Cuál era el resultado esperado del “experimento” de Erasto y su compañero, según la ley de enfriamiento de Newton? ¿Por qué?
- b) ¿El efecto Mpemba implica que la ley de enfriamiento de Newton es incorrecta?
- c) Intenta dar una explicación del efecto Mpemba.
- d) Erasto no descansó hasta obtener una respuesta, incluso cuando sus profesores aseguraban que estaba equivocado. ¿Qué reflexiones te inspira esta situación?

### Desarrollo

## Energía térmica



**Figura 2.37.** Dos bolas de hierro, una de ellas al rojo vivo, se dejan caer desde la misma altura sobre baldes rebosantes de agua. ¿Qué le ocurre al agua?

¿Qué es la energía térmica? ¿En qué se distingue de las energías cinética y potencial? Para responder estas preguntas hagamos un experimento pensado con base en tus experiencias y en los principios físicos que hemos estudiado.

Imagina que desde cierta altura dejas caer una bola de hierro sobre un balde rebosante de agua. ¿Qué pasaría? Su energía potencial se transformaría en energía cinética. Y cuando la bola impactara el agua, le transmitiría parte de su energía mecánica (cinética y potencial). Por ello observaríamos que parte del agua saltaría fuera del balde. ¿Estás de acuerdo?

Bien, repitamos el experimento, pero imaginemos un detalle más: suponemos que la bola está muy caliente. Como estamos usando nuestra imaginación y no corremos peligro ni tenemos que pagar el gas, imaginemos que la bola de hierro está al rojo vivo. Y así de caliente la dejamos caer desde la misma altura sobre un balde rebosante idéntico al anterior, ¿qué pasaría?

Claro: ya lo imaginaste. Pasaría lo mismo y algo más: el agua terminaría regada alrededor de la cubeta como antes, pero ahora también parte de ella herviría al contacto con la bola de hierro al rojo vivo. El agua se calentaría y la bola de hierro se enfriaría, y además de un charco de agua, tendríamos una bonita nube de vapor. ¿Estás de acuerdo?

El efecto de las bolas de hierro en el agua no sería el mismo. Al final tendríamos menos agua dentro del segundo balde que en el primero (porque en el segundo caso además de salpicar se evaporó). Si aceptamos que la energía es la responsable de que ocurran los cambios físicos, debemos admitir que en el segundo balde el agua recibió más energía porque el efecto fue mayor. En consecuencia, también debemos admitir que la bola al rojo vivo portaba una energía extra, no mecánica (pues no hay razón para que ésta cambiara), sino relacionada con su temperatura.

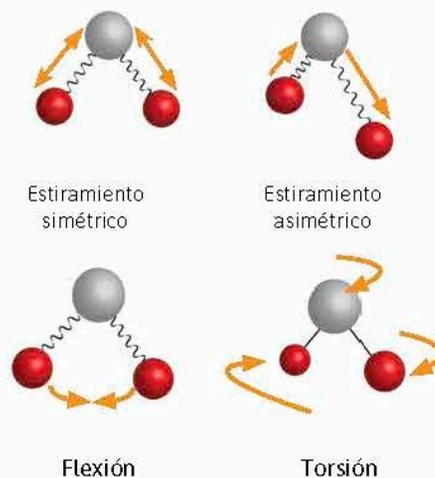
Ahí tienes a la **energía térmica**. Ahora puedes responder las preguntas planteadas al principio de esta sección.

La energía térmica de un objeto o un sistema es proporcional a su temperatura absoluta (es decir, medida en la escala Kelvin). ¿Puedes comprobar esta conclusión con tu experimento pensado?

Pero, ¿recuerdas cómo definimos la temperatura en términos del modelo cinético de partículas?

La temperatura de un cuerpo es proporcional a la energía cinética de traslación promedio de las partículas que lo componen (átomos o moléculas). Así pues, tenemos aquí los dos cabos de una misma cuerda: la energía térmica de un cuerpo parece expresar la energía cinética traslacional promedio de sus partículas, y la utilidad de conceptualizar este tipo de energía radica en que nos da una conexión entre el modelo microscópico y el macroscópico, ¿no crees?

Las moléculas, además de trasladarse de un lado a otro dentro del cuerpo que integran, también pueden rotar o vibrar sin trasladarse. La energía térmica no tiene en cuenta las contribuciones que esas rotaciones o vibraciones aportan a la energía de las partículas. A la suma de la energía cinética, más la de rotación, vibración y cualquier tipo de energía que puedan tener todas las moléculas de un cuerpo se le llama **energía interna** del cuerpo (figura 2.38).



**Figura 2.38.** Las moléculas de un cuerpo pueden vibrar o rotar sin trasladarse de un lugar a otro y también podrían hacer simultáneamente las tres cosas.

### Analiza e infiere

1. En equipos analicen y respondan.
  - a) Al definir la temperatura en términos del modelo cinético de partículas, ¿por qué sólo se considera la traslación de éstas y no su vibración ni rotación?
  - b) ¿Por qué se dice que la energía térmica no toma en cuenta la rotación o vibración de las moléculas de un cuerpo?
  - c) ¿La vibración de unas moléculas puede aumentar la energía cinética de otras? Argumenten su respuesta.
  - d) Si dos volúmenes de agua, de 1 L y 2 L, respectivamente, están a la misma temperatura, ¿tienen la misma energía interna?
  - e) Comparen en grupo sus respuestas y enriquezcanlas.

## El calor como energía

Los dos primeros párrafos de las *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, que Sadi Carnot publicó en 1824, dicen lo siguiente:



**Figura 2.39.** Sadi Carnot fundó los estudios que hoy se conocen como termodinámica.

Todo el mundo sabe que el calor puede ser la causa del movimiento y que también posee un gran potencia motriz: las máquinas de vapor, hoy tan extendidas, son una prueba visible de ello.

Al calor deben atribuirse los grandes movimientos que se nos presentan sobre la tierra; a él son debidas las agitaciones de la atmósfera, la ascensión de las nubes, la caída de las lluvias y de los otros meteoros, las corrientes de agua que surcan la superficie del globo y de las cuales sólo una pequeña parte ha logrado el hombre emplear para su uso; por último, los terremotos y las erupciones volcánicas reconocen también como causa el calor.

(Carnot, S. *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*. México, IPN, 1987).

¿Qué opinas de estas afirmaciones de Carnot? ¿Estás de acuerdo con él? Para responder revisemos con cierto detalle cómo actúa el calor, es decir, cómo se transmite la energía térmica de un cuerpo a otro.

### Experimenta e infiere La transmisión del calor.

#### Propósito

Comprender los diferentes procesos de transmisión de calor.

#### Material

Dos alambres (de cobre y otro metal), ambos del mismo grosor y ambos de 30 cm de largo, pinzas, cerillos, vela, clips; recipiente ancho de vidrio transparente para hervir agua, un poco de aserrín; dos envases de refresco de 600 ml vacíos y con tapa, pinturas blanca y negra, brocha, termómetro de laboratorio.

#### Procedimiento

Trabajen en equipos con el apoyo de un adulto y con precauciones para no quemarse.

1. Trecen con las pinzas 10 cm de los dos alambres; separen los 20 cm libres para formar una "Y". Usen gotas de cera para pegar, perpendicularmente y del mismo lado de cada alambre en su parte no trenzada, una hilera de clips distanciados cada 2 cm.
2. Con las pinzas pongan la parte trenzada de los cables en contacto con la llama de la vela. Esperen a ver qué ocurre con los clips y registren sus observaciones en su cuaderno.



- Llenen tres cuartas partes del recipiente con agua, viertan el aserrín y pónganlo al fuego. Esperen a que el agua hierva y observen qué ocurre con el aserrín; registren sus observaciones.



- Pinten uno de los envases de blanco y el otro de negro. Cuando la pintura haya secado, llénelos de agua. Dejen ambos envases al sol de mediodía de modo que les de la luz por igual. Esperen media hora y ábralas; midan la temperatura del agua en ambos envases. Registren sus observaciones y mediciones.



### Análisis de resultados y conclusiones

Intenten explicar sus respuestas en términos del modelo cinético de partículas.

- ¿Qué ocurrió con los clips? ¿Hubo diferencias en lo que sucedió en los dos alambres? Propongan una hipótesis para explicarlo.
- ¿Qué pasó con el aserrín en el agua? ¿Y al agua cuando hirvió?
- ¿Hubo diferencias de temperatura del agua en ambas botellas?
- En grupo revisen sus respuestas y propongan una explicación de los fenómenos.

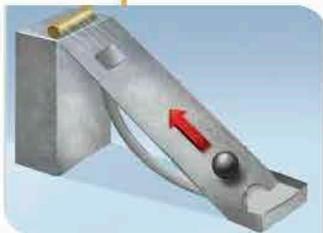
- En equipo revisen de nuevo la situación de inicio y respondan.
  - Según la ley de enfriamiento de Newton si un cuerpo está a la misma temperatura que sus alrededores, la rapidez con la que se enfría es cero. ¿Este planteamiento está de acuerdo con lo que ahora saben del calor?
  - Investiguen en internet explicaciones del efecto Mpemba (todavía no se acepta una definitiva, pero hay muchas).
- En nuestro experimento pensado no consideramos la dilatación térmica del hierro, ¿esto invalida las conclusiones? ¿Cómo mejorarías el experimento?
- Justifica las afirmaciones de Sadi Carnot a partir de lo que ahora sabes acerca de los mecanismos de transferencia del calor.

Cierre

## L2 Calor y otras formas de energía

### Inicio

1. Durante siglos la humanidad se ha fascinado con la idea de construir un móvil perpetuo, un mecanismo capaz de continuar en movimiento sin ninguna influencia externa después del impulso inicial. El registro histórico acerca del diseño y construcción de esas máquinas se remonta al siglo XIII. En cada época los inventores han utilizado los materiales y conocimientos disponibles. La primera figura, por ejemplo, muestra el diseño de un móvil perpetuo más o menos moderno: un balón, atraído por un potente imán, sube un plano inclinado hasta caer en la ranura; se desliza entonces por una rampa hasta la base del plano inclinado, donde otra vez es atraído por el imán y sube de nuevo. Ingenioso, ¿verdad?



Tres ejemplos de diseños de móviles perpetuos correspondientes a diferentes épocas.

Las otras dos figuras muestran otros diseños más antiguos. Uno mecánico con balines atrapados en sectores de una rueda con eje, y uno hidrostático, un **sifón** que se vacía en el recipiente del que toma el agua.

¿Porque esta idea ha fascinado tanto a la humanidad? Porque un móvil perpetuo podría usarse como un **motor perpetuo**, una máquina capaz de realizar un trabajo útil de manera automática sin requerimientos externos de energía después del impulso inicial. ¿Imaginas las posibilidades de una máquina así?

- Describe el funcionamiento de los móviles perpetuos de la segunda y tercera e identifica el tipo de energía que intervienen en su funcionamiento.
- ¿Crees que los diseños mostrados funcionarían en realidad? Argumenta tu respuesta.
- Investiga otras máquinas perpetuas que hayan fascinado a la humanidad durante siglos. ¿Cuáles de ellas se han realizado?
- ¿Crees que un día la humanidad pueda construir un motor perpetuo? ¿Qué posible utilidad imaginas para él?
- Comparte tus respuestas en grupo y entre todos analícenlas y respóndanlas.

### Desarrollo

## Transformación entre calor y otras fuentes de energía



Figura 2.40. Estufa eléctrica.

¿Cómo interviene el calor en un día ordinario de tu vida? Es probable que antes de salir de casa eches una mirada al exterior para darte una idea del estado del tiempo, o te informes sobre él para precaverte con la ropa adecuada, pero aparte del tiempo, ¿en qué otros fenómenos notas la presencia del calor?

### Analiza e infiere

- En parejas analicen las cuestiones y respondan.
  - ¿Qué aparatos para calentar alimentos conocen? ¿Cuál es la fuente de energía con la que funcionan? Describan cómo funcionan en términos del modelo cinético de partículas y de los procesos de transmisión del calor que hemos estudiado; si es necesario, investiguen.
  - Compartan sus explicaciones con otros compañeros.

### Glosario



**Sifón.** Tubo curvo que sirve para sacar líquidos de un recipiente haciéndolo pasar por arriba de su nivel.

La forma más tradicional y común de calentar alimentos es ponerlos en contacto con el fuego. El fuego emite luz y calor que resultan de un proceso violento de **combustión**. Este proceso permite extraer energía del **combustible** —gas o la leña, digamos— y aprovecharla para un trabajo útil: calentar nuestra comida.

Para comprender los principios físicos involucrados analicemos algunos mecanismos de calentamiento como los explorados en la actividad anterior.

¿Cómo funciona un calentador eléctrico y cuál es su fuente de energía? Es fácil responder esto último, pues su nombre lo indica: la fuente de energía es la electricidad. Como veremos más adelante, la electricidad consiste en el movimiento de electrones, partículas que forman parte de los átomos.

El calentador es un dispositivo muy sencillo: un alambre enrollado por el cual se hace pasar electricidad.

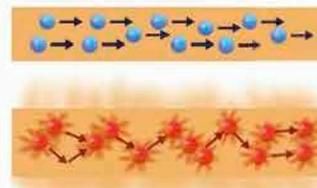
¿Recuerdas el experimento con los dos alambres en la secuencia anterior? Ese experimento nos mostró que no todos los materiales conducen el calor de igual manera, hay mejores y peores materiales para transferir esta energía. Como el calor y la electricidad implican el movimiento traslacional de partículas, un buen conductor de calor también lo es de la electricidad.

El truco del funcionamiento del calentador está en que el alambre enrollado es un mal conductor de electricidad, generalmente aluminio. Los electrones cruzan el cable de manera ruda, golpeando a su paso los átomos de aluminio, esto aumenta la energía cinética de traslación promedio de los átomos de aluminio; es decir, aumenta la temperatura del alambre. Y ¿qué pasa cuando dos cuerpos a diferente temperatura se ponen en contacto? Claro, aparece el calor: la energía térmica se transfiere del cuerpo caliente al frío. El alambre de aluminio calienta el agua.

¿Observas lo que ocurre en este proceso? La electricidad se convirtió, gracias a la mala conducción del alambre, en la energía térmica que calienta el agua.

¿Cómo funciona un horno de microondas y cuál es su fuente de energía? Las microondas son un tipo de radiación electromagnética; el componente principal del horno es un **magnetron**, un dispositivo que convierte la electricidad en ondas electromagnéticas (que estudiarás en la unidad 3) de una frecuencia específica, las llamadas microondas. El magnetron transmite energía por radiación a las moléculas de los alimentos haciéndolas rotar o vibrar, no aumentando su velocidad de traslación; sin embargo, en su agitación, las moléculas de los alimentos golpean las moléculas de agua, lo que aumenta la energía térmica del agua.

Tenemos así, en cada ejemplo, tres elementos: una fuente de energía, un proceso de transformación y el calor como resultado.



**Figura 2.41.** El choque de electrones con los átomos de aluminio del alambre es el mecanismo básico por el que funciona un calentador eléctrico.



**Figura 2.42.** El magnetron emite un rayo de microondas, el ventilador reflejante hace rebotar ese rayo y el plato giratorio contribuye a que el rayo toque por igual todas las partes del alimento.

### Analiza e infiere

1. ¿Has notado que los alimentos que se calientan en microondas tienen una consistencia distinta a los que se calientan al fuego?
  - a) En equipo expliquen la diferencia en términos del modelo cinético de partículas.



**Figura 2.43.** Los recipientes de autocalentado funcionan al romper un seguro y poner en contacto sustancias químicas, que al mezclarse producen una reacción exotérmica y liberan calor.

Un dispositivo más moderno es el que utilizan los recipientes de alimentos o bebidas con sistema de autocalentado. En este caso, una reacción transforma sustancias químicas para generar calor, pero aquí también tenemos los tres elementos que hemos señalado.

### Motores térmicos

Hemos revisado cómo algunos tipos de energía se convierten en calor, pero ¿puede ocurrir lo contrario, es decir, que el calor se convierta en otro tipo de energía?

#### Experimenta con la Eolípila

##### Propósito

Comprender el funcionamiento de un motor térmico.

##### Material

Tubo de ensayo con tapón de hule de dos orificios, dos tubos de vidrio, soporte, aguja e hilo, mechero o vela, guantes de cocina.

##### Procedimiento

Realicen la actividad en equipos con el apoyo de un adulto y con las debidas precauciones para no quemarse.

1. Pidan al adulto que forme “aspas” con los tubos de vidrio, calentándolos y doblándolos de modo que cada uno forme dos ángulos rectos perpendiculares como muestra la figura.
2. Pasen con la aguja un trozo de hilo por el centro del tapón de goma y aseguren el extremo inferior del hilo para evitar que se suelte del tapón.
3. Metan un extremo de los tubos en el tapón de goma, de manera que los extremos libres apunten en direcciones opuestas. Observen la figura.
4. Aseguren el extremo del hilo libre a un soporte, en forma que el dispositivo gire libremente sin que el hilo se enrede.
5. Llenen con agua una tercera parte del tubo de ensayo y póngale el tapón modificado. Verifiquen que cuelgue y gire sin enredarse.
6. Enciendan el mechero o la vela y pónganlo en contacto con la base del tubo. Observen qué ocurre y registren sus observaciones en su cuaderno.

##### Análisis y conclusiones

- a) ¿Qué ocurrió con el tubo de ensayo? Expliquen lo que sucedió en términos del modelo cinético de partículas.
- b) ¿Son necesarios los dos tubos de vidrio? ¿El aparato funcionaría igual sólo con uno? Justifica tu respuesta.
- c) ¿Por qué a este dispositivo se le llama motor térmico? ¿Creen que puede tener una utilidad práctica?
- d) ¿Dirían que en este caso el calor se transformó en otro tipo de energía? ¿En cuál? Argumenten su respuesta.



La energía térmica puede convertirse en energía mecánica mediante motores térmicos, como el que construyeron en la actividad anterior, que es una versión moderna de la eolípila, la primera máquina de vapor de la historia, un invento de **Herón de Alejandría** (10-70), que data de hace dos mil años.

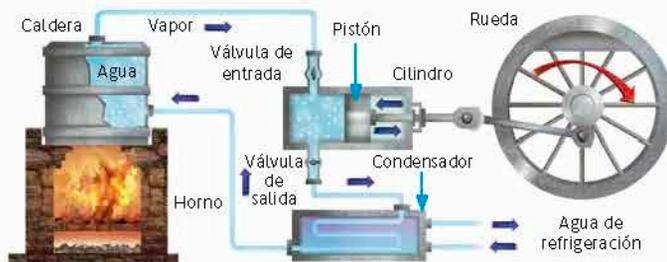


Figura 2.44. Esquema de una máquina de vapor.

Las máquinas de vapor volverían a aparecer hasta el siglo XVIII como la invención que desencadenó la primera revolución industrial en Inglaterra. **James Watt** (1736-1819) y otros personajes idearon dispositivos para aprovechar la energía térmica del vapor. La figura 2.44 muestra el esquema de una máquina de vapor básica; su funcionamiento ocurre, a grandes rasgos, en las siguientes etapas cíclicas:

1. El fuego calienta el agua de la **caldera** y produce vapor que se conduce al interior de un cilindro con un **pistón** conectado a una rueda. Con la **válvula** de entrada abierta y la de salida cerrada, el vapor empuja al pistón hacia afuera.
2. Por inercia de la rueda el pistón se mueve hacia adentro, y como la válvula de entrada se cierra y la de salida se abre en este paso, el pistón empuja el vapor hacia un **condensador**; el agua resultante se lleva de nuevo a la caldera.

Una **biela** convierte el movimiento oscilatorio del pistón en un movimiento circular, que puede aprovecharse para mover un vehículo u otra máquina.

**Glosario**

**Pistón.** Pieza que se mueve en un cilindro impulsando un fluido o siendo impulsado por él.



**Analiza e infiere**

1. En parejas respondan a partir del texto y la figura 2.44.
  - a) ¿Cuáles serían los elementos más básicos de la máquina de vapor?
  - b) ¿Cuál es su fuente de energía: el combustible, el fuego o el vapor?
  - c) ¿En qué se distingue la máquina de vapor de un motor perpetuo?
  - d) En términos del modelo cinético de partículas, ¿por qué el vapor es capaz de mover el pistón? ¿Cómo funciona el condensador?
  - e) Compartan sus respuestas y válidenlas en grupo.

**Portafolio**

Diseña y elabora tu propia máquina térmica y guárdala en tu portafolio de evidencias.



Carnot se percató de que el funcionamiento de estas máquinas seguían los mismos principios físicos, sin importar lo complejo de sus mecanismos y accesorios. Así elaboró un modelo simple y general que actualmente se conoce como la **máquina ideal de Carnot** y se representa como en la figura 2.45. El principio físico clave es el que ya conocemos: cuando dos cuerpos a diferente temperatura (técnicamente se les llama **reservorios** caliente y frío, respectivamente) se ponen en contacto, la energía térmica transita del de mayor temperatura al de menor temperatura. El truco está en interponer un dispositivo (la máquina térmica) que aproveche ese tránsito de energía (el calor) para efectuar un trabajo útil. ¿Puedes identificar estos elementos en la máquina de vapor y la eolípila?

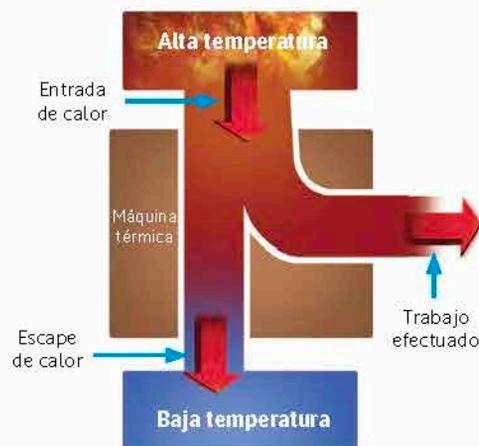


Figura 2.45. Máquina ideal de Carnot en una versión moderna.

## Conoce más

En la siguiente página de internet observa una animación del funcionamiento de una máquina de combustión interna.  
<http://www.edutics.mx/UaZ>  
 (Consulta: 26 de septiembre de 2018).

Ahora bien, ¿la máquina de vapor aprovecha toda la energía térmica que suministra su fuente? La energía térmica se pierde por muchas razones: el contacto térmico de la máquina con el ambiente, por la fricción del pistón, etcétera. A la capacidad de una máquina de aprovechar la energía que recibe para hacer su función se le conoce como **eficiencia**, y se expresa como la relación entre el trabajo realizado por la máquina ( $W$ ) y el calor recibido ( $Q_{\text{entrada}}$ ):

$$\text{Eficiencia} = \frac{W}{Q_{\text{entrada}}}$$

En la época de Carnot los científicos e ingenieros pensaban que las fugas de calor podrían resolverse disminuyendo la fricción de los componentes de la máquina o reduciendo la conducción térmica; pero Carnot demostró, con su máquina ideal, que esto no era posible, que sólo una fracción máxima de la energía térmica de la fuente se puede convertir en trabajo. Esta fracción es llamada **eficiencia ideal** de la máquina, porque no considera las fugas mencionadas anteriormente sino solamente las temperaturas absolutas de los reservorios; y se define como:

$$\text{Eficiencia ideal} = \frac{T_{\text{caliente}} - T_{\text{frío}}}{T_{\text{caliente}}}$$

## Calcula y analiza

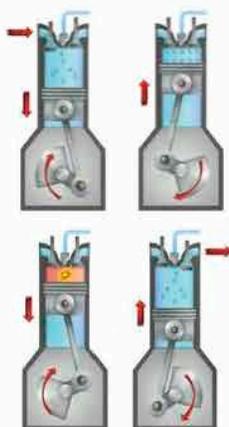
1. En parejas observen el esquema de la máquina de Carnot de la figura 2.45. Si la temperatura del vapor en la caldera es de  $127^\circ\text{C}$  (400 K) y en el condensador, de  $27^\circ\text{C}$  (300 K), ¿cuál es la eficiencia ideal de la máquina de vapor?, ¿qué pasa con la fracción de energía restante?
2. Estimen la eficiencia ideal de la eolípila que construyeron.
3. Validen en grupo sus respuestas.

## Glosario

**Bujía.** Dispositivo de los motores de combustión que produce una chispa eléctrica.

El análisis de Carnot llevó al descubrimiento de la **segunda ley de la termodinámica**, que se puede expresar en los siguientes términos: cuando una máquina efectúa trabajo, funcionando entre dos temperaturas,  $T_{\text{caliente}}$  y  $T_{\text{fría}}$ , solamente una fracción del calor tomado del reservorio a  $T_{\text{caliente}}$  puede convertirse en trabajo, y el resto es expulsado a  $T_{\text{fría}}$ .

Observa que dice “máquina”, no “máquina térmica”, porque si bien el análisis se hizo sobre las máquinas de vapor, la ley tiene una aplicación mucho más general.



Motor Diesel a cuatro tiempos.

## Analiza, investiga e infiere

1. En parejas analicen, investiguen y respondan.

La máquina de vapor es un **motor de combustión externa**; uno como el de los automóviles actuales es un **motor de combustión interna**. En la figura se muestra un motor de combustión interna a cuatro tiempos: en la primera fase el combustible vaporizado entra en el cilindro del pistón; en la tercera fase una **bujía** produce una chispa que provoca la ignición del combustible.

- a) Investiguen y describan con detalle el funcionamiento de este motor.
- b) ¿Qué combustible ocupan estos motores?, ¿qué gases produce la combustión?
- c) Investiguen los efectos de esos gases en la atmósfera.
- d) En grupo analicen y validen sus respuestas.

## Principio de conservación de la energía

¿Has escuchado que cuando se habla de energía, en los medios de comunicación, por ejemplo, se le suele dar calificativos?: energía limpia, energía renovable, energía barata, etcétera. ¿Qué se quiere decir con ello? ¿Acaso hay energía sucia o que no se puede utilizar de nuevo?

La segunda ley de la termodinámica establece un límite a la eficiencia de cualquier tipo de máquina o motor. La eficiencia de otras máquinas se puede calcular también, aunque de maneras diferentes que no usan la ecuación de Carnot, así como la eficiencia de cualquier proceso de combustión. Esto permite saber cuánta energía es posible aprovechar en cada proceso de transformación de la energía.

Para saber exactamente qué le pasa a la energía, necesitamos generalizar un principio que ya conoces: la conservación de la energía.

Cuando consideramos, ya no sólo la energía cinética y potencial de un cuerpo o sustancia, sino también su energía térmica y toda su energía interna, es decir, cualquier otro tipo de energía que contenga, tenemos el principio general de la conservación de la energía, que se enuncia así:

*La energía no se crea ni se destruye, solamente se transforma.*

Esta ley nos permite seguirle la pista a la energía. Si al accionar una máquina no se ocupa toda la energía, ésta debió ir a parar a algún lado, y allí tendrá un efecto, tal vez inoportuno para nosotros.

Por tus investigaciones en actividades anteriores sabes que los gases que resultan de los motores de combustión interna calientan la atmósfera, produciendo lo que se conoce como **contaminación térmica**, además del nocivo **efecto invernadero** y el **cambio climático**.



**Figura 2.46.** Debido a la contaminación térmica, la temperatura de algunas zonas acuosas se puede incrementar hasta en 15 °C.

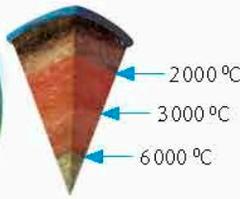
### Reflexiona

- En equipo revisen de nuevo la situación de inicio y respondan.
  - ¿Cuál sería la eficiencia de un motor perpetuo? ¿Creen que algún día la humanidad logrará construir uno?
- Para la máquina ideal de Carnot, ¿qué aumenta más su eficiencia, incrementar al doble la temperatura caliente o disminuir a la mitad la temperatura fría?
- Investiguen la eficiencia de varios procesos de combustión y de motores de diferente tipo. Compárenlos, ¿qué utilidad pueden dar a este ejercicio?
- ¿Cómo repercute la eficiencia de una máquina en términos económicos? ¿Qué relación hay entre esto y las campañas de ahorro de energía?
- Investiguen a qué se refieren los términos energía limpia y energía renovable. Citen ejemplos de cada una.
- ¿Consideran que las máquinas térmicas son eficientes? Argumenten.
- ¿Cuál es la fuente de energía de mayor eficiencia?
- Compartan y validen en grupo sus respuestas.

Cierre

### L3 Energía eléctrica y medio ambiente

#### Inicio



Esquema de la estructura interna de La Tierra.

1. La zona de habitabilidad en torno a cualquier estrella es la región donde un planeta, u otro cuerpo celeste, puede albergar agua líquida en su superficie y donde son más probables las condiciones favorables para la vida. Claramente la Tierra está en la zona de habitabilidad del Sistema Solar.

Pero, ¿basta con que un cuerpo celeste esté en esa zona para cobijar vida? La Luna se ubica en la misma región que la Tierra y sin embargo no podríamos vivir en ella. La temperatura promedio en la Tierra es de  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  (en el ecuador) y en la Luna, de  $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Durante “su día”, la temperatura en la Luna es de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en “su noche”, de  $-133\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿Qué origina esta diferencia?

La Luna no tiene atmósfera; la Tierra sí. Es precisamente la atmósfera terrestre la que regula el clima de nuestro planeta, y lo ha mantenido en condiciones favorables para nosotros durante millones de años, hasta ahora.

- ¿Toda estrella tiene una zona de habitabilidad? ¿Es posible saberlo?
- Argumenta, sin investigar, por qué la Luna no tiene atmósfera.
- La Tierra tiene una estructura en capas. El núcleo alcanza una temperatura de unos  $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; nosotros habitamos en su capa más externa: la corteza, formada por rocas; sin embargo, para el clima es más importante el calor que transmite el Sol que el del núcleo. ¿Por qué?
- ¿Cómo la atmósfera regula el clima de nuestro planeta?
- Compartan y validen en grupo sus respuestas; respondan: ¿Qué reflexiones les motiva el texto sobre la importancia de nuestra atmósfera y los cuidados que le debemos?

#### Desarrollo

### El clima



Figura 2.47. Clima y estado del tiempo no son lo mismo.

“¿Qué tal el clima?” Con esta pregunta suelen abrirse las conversaciones del día. Quizás hoy llovió y ayer fue un día soleado. ¿Diríamos entonces que, entre ayer y hoy, el clima varió fácil por unos  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? ¿A esto se refieren los profesores cuando hablan del cambio climático?

En este libro has aprendido que en la ciencia es fundamental definir de manera precisa el significado de algunas palabras: velocidad, fuerza, temperatura y calor tienen significados precisos para los científicos. Precisar esos significados permite construir razonamientos correctos, evita confusiones y errores conceptuales.

La temperatura de hoy indica el **estado del tiempo**; el **clima** se refiere al promedio de esos estados del tiempo medidos durante muchísimos años. Por lo tanto, lo que se explica al inicio no es cambio climático. No se pueden obtener conclusiones sobre el clima a partir de las variaciones de un día a otro; lo que cuenta es saber cómo evolucionan los promedios de temperatura, lluvia (debido a la humedad), viento, etcétera digamos, en varias décadas.

Un cambio de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre ayer y hoy resulta una variación interesante; puede ser la diferencia entre el verano y el invierno en un lugar, y es notorio, pero una variación de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en diez mil años es un gran cambio para el clima del planeta.

Ese cambio ocurrió desde la última era glacial, hace 10 000 años, al día de hoy. Y ese “pequeño cambio” bastó para elevar el nivel del mar 120 m, con lo que aumentó la cantidad de lluvia, y tornó cultivables muchas tierras que antes no lo eran.

Así pues, el **cambio climático** se refiere en realidad a la observación de que los registros históricos muestran una variación notable en la temperatura promedio del planeta desde la Revolución Industrial. En el último siglo el promedio de la temperatura aumentó cerca de 1 °C (figura 2.48). Ahora comprendes que esto no es poco, y que las consecuencias son preocupantes y podrían ser catastróficas.

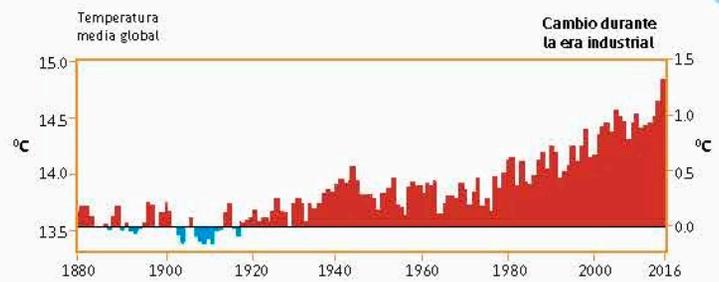


Figura 2.48. Variaciones de la temperatura global, de 1880 a 2016.

### Investiga y reflexiona

1. En equipos investiguen las consecuencias del cambio climático.
  - a) Busquen información sobre el deshielo de los casquetes polares y sus consecuencias, las catástrofes naturales de origen meteorológico (tormentas, inundaciones, sequías), las enfermedades tropicales que se verían favorecidas, las repercusiones en la escasez de agua, etcétera.
  - b) Sinteticen la información en organizadores visuales, coméntenla en grupo y reflexionen sobre la importancia de estar informados sobre este tema. Al final compartan su información con familiares, amigos, etcétera.
  - c) ¿Por qué algunas personas sostienen que el cambio climático no existe? ¿Quiénes son esas personas y cuáles son sus argumentos? Investíguenlo. ¿Consideran que sus argumentos son válidos? Discútanlo en grupo.

La corteza terrestre, junto con la atmósfera, juega un papel muy importante en la regulación del clima. Las rocas que conforman la corteza terrestre no son buenas conductoras del calor; por ello, aun cuando el núcleo de la Tierra está muy caliente, no sufrimos directamente ese calor, a excepción de que ocurra una erupción volcánica. Para el clima de nuestro planeta es más determinante el calor que el Sol le transmite por radiación.

En la parte de la atmósfera que está en contacto con la corteza terrestre, llamada troposfera la temperatura desciende con la altitud unos 6 °C cada kilómetro. ¿Por qué?

La luz del Sol, parte de la cual es repelida por diferentes capas de la atmósfera, calienta la corteza terrestre, y este calor lo transmite al aire con el que está en contacto. El aire, a su vez, transmite el calor por convección a sus capas superiores. En este proceso el agua se evapora y se condensa más arriba, donde las temperaturas son bajas, formando las nubes y propiciando el ciclo del agua.

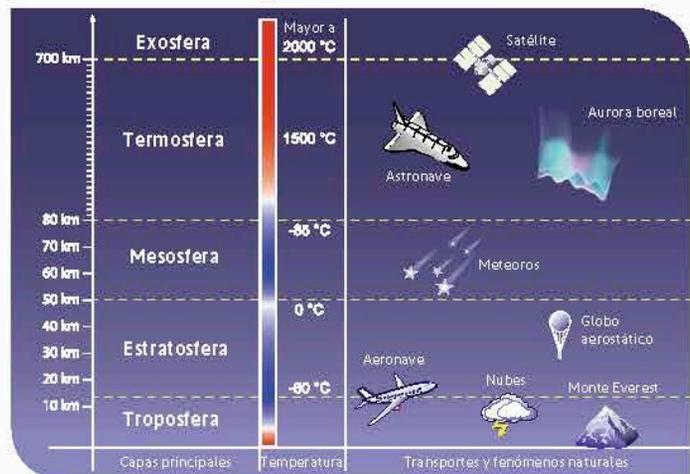


Figura 2.49. Esquema de la atmósfera de la Tierra.

### Conoce más

En las siguientes direcciones electrónicas encontrarás información sobre el cambio climático.  
<http://www.edutics.mx/whc>  
<http://www.edutics.mx/why>  
 (Consulta: 13 de septiembre de 2018).

### Glosario

#### Aurora boreal.

Fenómeno atmosférico que consiste en manchas luminosas causadas por la radiación solar y el campo magnético terrestre. Se observan en los polos.

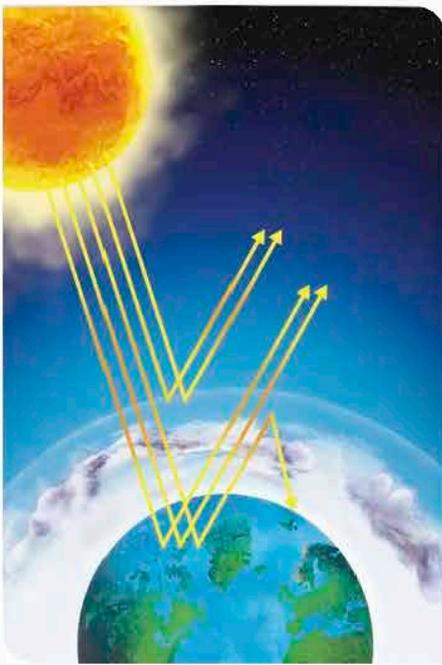


Figura 2.50. Esquema de la atmósfera de la Tierra.

¿Recuerdas que mencionamos que durante “su día” la Luna registra una temperatura de unos  $100^{\circ}\text{C}$ ? Como la Luna está prácticamente a la misma distancia del Sol que la Tierra, podemos inferir que la atmósfera dificulta, de algún modo, el paso del calor. Así es, una capa de gases en la atmósfera permite el paso de una parte de los rayos del Sol y refleja el resto al espacio. Los rayos que sí la atraviesan se reflejan en la corteza terrestre y llegan de nuevo a esa capa de gases, esta vez desde abajo, y ocurre lo mismo: una parte atraviesa la capa de gases y el resto se refleja. Sin embargo, esta vez la reflexión manda los rayos de nuevo a la corteza terrestre. Este fenómeno es el efecto invernadero, y esa capa de gases se conocen como gases de efecto invernadero. ¿Y cuál es, precisamente, el efecto?: que el calor se queda atrapado en la atmósfera (figura 2.50). El efecto invernadero ha ocurrido de manera natural desde hace millones de años con efectos benéficos, pero actualmente sucede también por la acción de los seres humanos sobre el ambiente, y ahora los efectos no son benéficos. El efecto invernadero está causando el cambio climático.

Tenemos, entonces, la siguiente cadena: el cambio climático es producido por el efecto invernadero y éste se favorece por los gases de efecto invernadero producidos como efecto de la combustión en los motores que usamos para trasladarnos o para producir energía. ¿Qué podemos hacer para mejorar la situación?

### Investiga y reflexiona

1. En equipos investiguen y reflexionen.
  - a) Investiguen qué gases componen la atmósfera y en qué proporción.
  - b) Indaguen cuáles son los gases de efecto invernadero, en qué lugar de la atmósfera se encuentran y en qué situaciones el ser humano los produce.
  - c) Busquen información sobre las acciones que ustedes pueden realizar para reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
  - d) Investiguen sobre los efectos que causan los gases de la combustión en la salud.
  - e) Elaboren un plan para compartir su información y reflexiones con otros integrantes de su comunidad.

### Energía eléctrica

El calentamiento global se relaciona con la energía que producimos, consumimos y desperdiciamos. ¿Qué tipos de energía usa tu familia en casa? ¿Recurren a algún tipo de **energía alternativa**?

Lo más probable es que usen combustibles derivados del petróleo (gasolina, gas LP, gas natural, entre otros) y electricidad. ¿Cuántos dispositivos y aparatos en tu casa funcionan con electricidad? ¿De dónde viene la energía eléctrica que ocupas y cómo se produce?

Aunque más adelante dedicaremos algunas secuencias al estudio de la electricidad, exploremos aquí algunas ideas básicas sobre su producción.

#### Glosario

##### Energía alternativa.

Tipo de energía que no utiliza combustibles fósiles.



**Experimenta** Motor eléctrico**Propósito**

Comprender cómo funciona el motor eléctrico.

**Material**

4 m de alambre de cobre esmaltado de unos 0.5 mm de diámetro (conocido como cable magneto), dos trozos de alambre grueso de 20 cm de largo, pinzas, pila tipo D, imán de disco (o de bocina), cinta adhesiva, lija.

**Procedimiento**

1. En equipos enrolen 1 m de alambre varias veces alrededor de la pila para formar una bobina; dejen un cabo suelto de unos 5 cm al principio y otro al final; así su bobina tendrá unas 23 espiras. Ajusten los cabos para que sobresalgan de la bobina diametralmente como indica la figura.
2. Doblen con las pinzas los alambres gruesos para formar dos soportes (la figura muestra una sugerencia). Lijen las partes que estarán en contacto con el alambre de cobre o con la pila para eliminar óxido o suciedad y sujételas a las terminales de la pila.
3. Eliminen con la lija todo el revestimiento de esmalte a uno de los cabos de la bobina; al otro cabo quítenle sólo la mitad de un lado a lo largo del cable (observen la figura b).
4. Fijen el imán cerca de la bobina (figura a).
5. Coloquen la espira en los soportes y ¡listo! Si su motor no arranca a la primera, quizá necesite un empujoncito.
6. Construyan ahora una bobina con 2 m de alambre y otra con 1 m. Deformen esta última ovalándola, haciéndola cuadrada o de otra forma. Sólo cuiden que el alambre no se rompa.
7. Sustituyan las bobinas del motor y observen qué ocurre.
8. Muevan el imán de su posición mientras el motor está funcionando. Acérquenlo y aléjenlo desde diferentes posiciones: arriba, a un costado de la bobina, etcétera. Registren sus observaciones en su cuaderno.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Cómo afecta el número de espiras de la bobina el funcionamiento del motor?
- b) ¿Cómo influye la posición del imán? ¿Qué pasaría si usaran un imán más potente o uno menos potente?
- c) ¿Qué produce la fuerza que mueve a la bobina?
- d) ¿Cómo medirían la eficiencia de su motor eléctrico?
- e) Comparen en grupo sus respuestas. ¿Llegaron a los mismos resultados? ¿Por qué?

¿Te gustó el motor eléctrico? El **generador eléctrico** o **dinamo** (que veremos con más detalle en las próximas secuencias) funciona a la inversa que el motor, pues convierte la energía mecánica en electricidad.

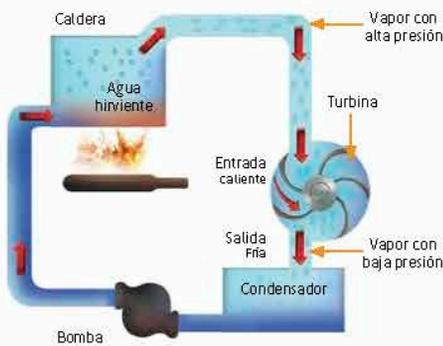


Figura 2.51. Esquema de una máquina térmica que hace funcionar una turbina.

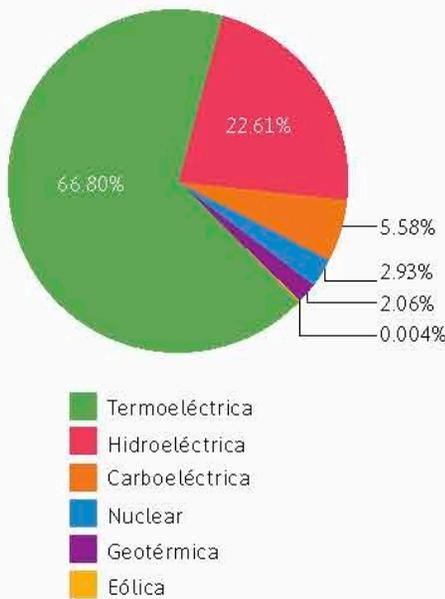


Figura 2.52. Distribución de generación de electricidad en México por tipo de planta.



Figura 2.53. Una manera de producir electricidad sin el uso de generadores es mediante celdas fotovoltaicas que utilizan como energía luz solar. Su eficiencia es del 20%. En la fotografía se observa un campo de celdas fotovoltaicas.

Así, lo que necesitamos para producir electricidad es una fuente de energía que genere energía mecánica. Podríamos usar, como muestra la figura 2.51, una máquina térmica que mueva una **turbina** conectada a la bobina de un generador. También podríamos recurrir a fuentes de energía naturales para mover esa turbina. ¿Se te ocurre alguna buena idea al respecto?

La forma más utilizada para producir electricidad se basa en enormes generadores eléctricos que transforman energía mecánica en energía eléctrica. La mala noticia de esto es que en nuestro país la mayoría de las plantas generadoras de electricidad utilizan combustibles fósiles como combustóleo, diesel, carbón o gas natural en **centrales termoeléctricas**. En ellas los combustibles se queman para calentar agua y generar vapor a alta presión que mueve turbinas, que a su vez mueven los generadores eléctricos; día con día, enormes cantidades de combustible son quemados para que las ciudades tengan energía eléctrica, provocando un fuerte impacto negativo al medio ambiente; el calentamiento global es una de las consecuencias más catastróficas. Por ser máquinas térmicas su eficiencia media es de 43.6%. La eficiencia mide la relación entre la energía obtenida como electricidad y energía consumida como combustible.

En México también se utilizan otras fuentes de energía para impulsar turbinas en distintas plantas generadoras:

**Plantas hidroeléctricas.** Aprovechan la energía mecánica del agua almacenada en presas que, al hacerlas pasar por ductos relativamente estrechos, impulsan las turbinas que a su vez mueven los generadores eléctricos. Su eficiencia va del 50% al 90% dependiendo de la tecnología utilizada.

**Plantas geotérmicas.** Aprovechan las altas temperaturas del magma subterráneo. Cuando el magma se encuentra cerca de una fuente de agua, ésta se calienta y emerge en forma de vapor a alta presión. El vapor es utilizado para mover las turbinas como en una planta termoeléctrica. México cuenta con este tipo de plantas en Cerro Prieto, en Baja California, y en Los Azufres, en Michoacán. La eficiencia de este tipo de centrales es aproximadamente del 12%.

**Planta nuclear.** Aprovecha la energía liberada por la división de átomos de uranio para calentar agua, generar vapor e impulsa así turbinas para producir electricidad. La única planta nuclear que existe en México se ubica en Laguna Verde, Veracruz, con una eficiencia del 33%.

**Planta eólica.** Los generadores eléctricos son impulsados directamente por molinos movidos por el viento. Existen dos plantas de este tipo en México, una ubicada en La Venta, Oaxaca, y otra en Guerrero Negro, Baja California Sur. Su eficiencia varía del 12% al 40%.

## Importancia del aprovechamiento de la energía orientado al consumo sustentable

En la mayoría de las actividades cotidianas hacemos uso de la energía muchas veces de forma indiscriminada, sin ser conscientes de que estamos contribuyendo al deterioro de nuestro medio ambiente y al agotamiento de los recursos naturales.

En un esfuerzo por recuperar el equilibrio que paulatinamente estamos perdiendo en nuestro planeta, diversas organizaciones han establecido lo que se conoce como **desarrollo sustentable**. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) lo define así:

“El desarrollo sustentable es aquel que permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para atender sus propias necesidades.”

¿Qué puedes hacer para lograr un consumo sustentable?

### Analiza, investiga y reflexiona

- Los recursos naturales se clasifican en renovables, no renovables e inagotables.
  - ¿A qué se refiere cada uno?
  - ¿Qué tipo de recursos utilizan las plantas generadoras de electricidad en México? ¿Cuál es la menos contaminante?
  - ¿Cuáles son los pros y contras en el uso de combustibles fósiles?
- La energía nuclear representa una fuente de energía que no emite gases contaminantes a la atmósfera, por lo cual, en algún momento se pensó que serían la forma más limpia de generar energía eléctrica. En equipos investiguen respecto del desastre acontecido en la planta nuclear de Chernobyl en 1986 y el accidente en la central de Fukushima en Japón, en 2011.

Comenten en el grupo las siguientes preguntas.

- ¿Cuáles fueron las causas de los accidentes? ¿Se pudieron evitar?
- ¿La energía nuclear es no contaminante? ¿Es segura? ¿Puede provocar daños a la salud o al ambiente?, ¿cuáles?
- ¿La energía nuclear es una buena opción para generar electricidad? ¿Por qué?

- En equipo revisen de nuevo la situación de inicio y respondan.
  - ¿Por qué los astrónomos tienen particular interés en encontrar planetas en la zona de habitabilidad de otros sistemas solares?
  - ¿Por qué el calor que emiten los motores térmicos se considera un contaminante?, ¿a dónde va a parar ese calor?, ¿acaso no simplemente desaparece?
- ¿Cuál es el mecanismo de producción de energía más eficiente? ¿Se relaciona con la energía de que disponemos en nuestro planeta? Explica.

### Piensa y sé crítico

Hemos estudiado los efectos físicos del uso, la generación y el consumo de energía, pero ¿cuáles son sus efectos económicos y sociales? ¿Por qué ciertos sectores de la sociedad niegan la existencia del cambio climático?

### Conoce más

En las siguientes páginas electrónicas encontrarás información sobre los accidentes de Fukushima y Chernobyl.  
<http://www.edutics.mx/whf>  
<http://www.edutics.mx/wht>  
 (Consulta: 13 de septiembre de 2018).

Cierre

Describe, explica y experimenta con algunas manifestaciones y aplicaciones de la electricidad e identifica los cuidados que requiere su uso.

## L1 Fenómenos electrostáticos

### Inicio



Antiguamente, durante las tormentas eléctricas, en especial aquellas en las que los rayos surcaban el cielo, en los puntiagudos mástiles de los barcos aparecían resplandores luminosos de color blanco-azulado del tamaño de una naranja.

Ese fenómeno recibe el nombre de fuego de san Telmo porque los marinos elevaban sus oraciones a ese santo para ser liberados de la tormenta, y como el “fuego” aparecía poco tiempo antes de que la tormenta terminara lo consideraban una señal de buen augurio.

En la antigua Grecia, si aparecía uno solo de ellos, lo llamaban Helena (que significa “antorcha” y en la mitología griega era hija de Zeus), y si eran dos, los nombraban Castor y Pollux (dos gemelos hermanos de Helena).

El fuego de san Telmo no sólo aparecía en el mar, también se observaba en las estructuras puntiagudas altas. A pesar de su nombre, en realidad no es fuego; ya en 1749

**Benjamín Franklin** (1706-1790) descubrió que era de naturaleza eléctrica, y con la invención del pararrayos eran dirigidos a tierra o al mar.

En equipos discutan las siguientes preguntas.

- ¿Han sentido un “toque” al tocar un objeto metálico, como una puerta o una ventana, o al saludar a un compañero? ¿En qué condiciones ha ocurrido (tipo de ropa, estado del tiempo)?
- ¿Han notado que en la oscuridad, al quitarse un suéter, por ejemplo, se observan pequeñas luces y hasta se escuchan leves ruidos? ¿Por qué ocurren?
- ¿Consideran que estos fenómenos tienen relación con el fenómeno antes descrito?
- ¿Los rayos y el fuego de san Telmo son de la misma naturaleza? ¿Por qué?
- ¿Qué experiencias han tenido con la electricidad? ¿Qué usos y aplicaciones tiene?
- Compartan en grupo sus respuestas y experiencias y juntos enriquezcanlas.

### Interacción entre cargas eléctricas

La electricidad está presente en prácticamente todas las actividades de la vida actual: se usa para iluminar las noches, como movimiento en los motores, para cocinar y conservar alimentos, para hacer funcionar teléfonos, computadoras, tabletas electrónicas, etcétera. ¿Puedes imaginar cómo sería la vida sin electricidad? Los fenómenos eléctricos son un tipo de interacción que cuyo origen está en las cargas eléctricas; ¿sabes qué son? ¿Cómo actúan y de cuántos tipos existen?

### Desarrollo

Los fenómenos eléctricos se conocen desde la Antigüedad. Se dice que el filósofo griego **Tales de Mileto** (625-546 a. n. e.) observó que el ámbar, una resina fosilizada de origen vegetal, tenía la propiedad de atraer pedacitos de paja al frotarlo con la piel de animales. En 1600 **William Gilbert** (1544-1603) descubrió que otros materiales (vidrio, azufre, sal) presentaban propiedades similares a las del ámbar. **Stephen Gray** (1670-1736) en sus experimentos encontró que la electricidad se transfería de unos cuerpos a otros si se conectaban con un material metálico. En 1730 **Charles du Fay** (1698-1739) identificó que existen dos tipos de interacción eléctrica: atractiva y repulsiva. La repulsiva ocurría entre materiales idénticos frotados de la misma manera.

Explicar o tratar de explicar estos fenómenos no era una tarea sencilla. **Jean Antoine Nollet** (1700-1770) supuso que la electricidad estaba conformada por dos fluidos diferentes que eran los causantes de las fuerzas de atracción y repulsión, a los que llamó **fluido vítreo** y **fluido resinoso**. Se había dado cuenta de que el “fluido” producido al frotar la piel de un animal con vidrio era distinto del que se obtenía al frotarla con un trozo de resina y que ambos objetos, así electrizados, presentaban fuerzas de atracción entre sí.

El estadounidense Benjamín Franklin descartó la idea de los dos fluidos y propuso que los fenómenos eléctricos los causaba un único fluido; según su teoría, cada cuerpo contiene una cantidad específica de fluido eléctrico, y cuando dos cuerpos se frotan, el fluido pasa de un objeto a otro: un cuerpo con electricidad negativa (–) es el que perdió fluido, y el que ganó tendrá electricidad positiva (+). La discusión sobre la naturaleza de la electricidad con base en uno o dos fluidos continuó durante siglos.

La idea de los fluidos se ha descartado; en su lugar, se dice que los objetos tienen “carga”, y se habla de carga **positiva** y carga **negativa**. Se sabe entonces que un objeto con electricidad vítrea tiene carga positiva, y uno con carga resinosa tiene carga negativa. Normalmente los objetos tienen el mismo número de cargas positivas que negativas, por lo que se les denomina **neutros**.

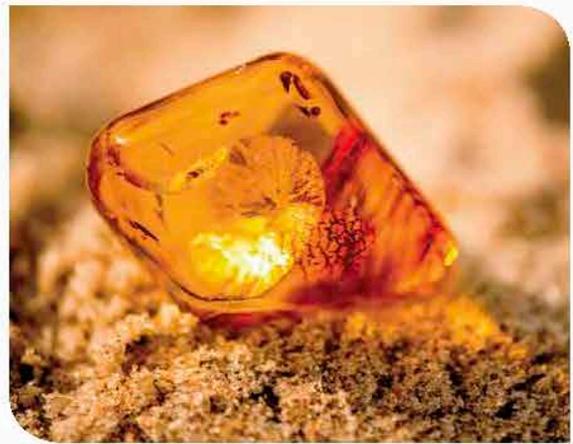


Figura 2.54. En griego, ámbar se dice *elektron*, de donde proviene la palabra electricidad.



Figura 2.55. Timbre postal en honor a Tales de Mileto.



Figura 2.56. Benjamín Franklin demostró que los rayos son de naturaleza eléctrica.

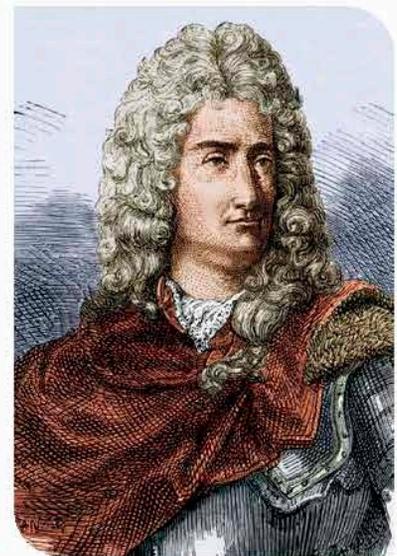


Figura 2.57. Charles du Fay propuso la existencia de dos tipos de electricidad.

**Experimenta y analiza** Cargas eléctricas**Propósito**

Observar algunos efectos de las cargas eléctricas.

**Material**

Tres globos, hilo, dos suéteres de lana o del mismo tipo de tela, hoja de papel, lata de aluminio vacía (puede ser reciclada).

**Procedimiento.**

Reunidos en equipos realicen el experimento, éste se divide en dos partes.

**Experimento 1**

1. Inflen dos globos y anúdenlos. Corten dos trozos de hilo y aten uno a cada globo.
2. Cuelguen un globo de un soporte o del techo.
3. Froten un globo con el suéter durante 15 s, y acérquenlo al que colgaban sin que se toquen. ¿Qué sucede?
4. Repitan el procedimiento pero dejen que los globos se toquen durante 15 s, sepárenlos y describan lo que sucede.
5. Hagan que los globos toquen una pared o tómenlos por unos segundos.
6. Sujeten ambos globos al techo o al soporte, separados 10 cm o 15 cm (figura a). Frótenlos por separado con los suéteres y suéltelos; procuren frotarlos por toda su superficie. ¿Qué observan?
7. Acerquen a un globo, sin tocarlo, la parte del suéter con la que los frotaron. Comparen el movimiento con el resultado que obtuvieron en el punto 3.
8. Coloquen la hoja de papel entre los globos y observen lo que sucede.

**Experimento 2**

1. Coloquen la lata en posición horizontal sobre una superficie lisa y plana.
2. Froten con un suéter toda la superficie de un globo inflado y acérquenlo a la lata, sin tocarla. Observen qué ocurre (figura b).

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Qué tipos de interacciones observan con los globos?, ¿son de atracción o de repulsión?, ¿son de contacto o a distancia?
- b) ¿Cómo explican lo que ocurre con los globos? ¿Pueden asegurar que hay una fuerza que actúa entre ellos? ¿Por qué?
- c) ¿Qué pasa al interponer el papel entre ellos? ¿Cómo lo explican?
- d) ¿Qué ocurrió al acercar el globo previamente frotado a la lata?
- e) Si no hubieran frotado el globo, ¿qué pasaría con la lata?
- f) Comenten en grupo sus respuestas y válidenlas entre todos. Hagan un reporte del experimento y entréguenlo a su maestro.

## Formas de cargar eléctricamente los objetos

Cuando frotaste los globos con los suéteres ambos quedaron electrizados, es decir, con **carga eléctrica**: positiva o negativa. Ésta es la propiedad de los cuerpos por la cual interactúan eléctricamente, del mismo modo que la masa permite que dos cuerpos experimenten fuerzas mutuas de gravedad.

Los objetos se pueden cargar de diferentes maneras; si frotamos un objeto con otro, ambos quedan con carga eléctrica, pero de distinto tipo: uno con carga positiva y otro con carga negativa. Esta forma de "cargar" los objetos se llama por **frotamiento**. ¿Qué es lo que ocurre? ¿Por qué adquieren carga? Normalmente los objetos tienen el mismo número de cargas positivas que negativas, por lo que su estado es neutro. Al frotar el globo, algunas cargas negativas pasaron del suéter al globo, de modo que éste quedó con exceso de cargas negativas, así que su carga neta es negativa, y el suéter quedó con carga positiva neta, ya que perdió cargas negativas (figura 2.58). Ahora puedes entender lo que sucedió al acercar el suéter al globo.

Cuando acercamos un objeto cargado a uno neutro, sin tocarlo (figura 2.59a), en el neutro se "acomodan" las cargas eléctricas: las del mismo signo que las del objeto cargado son repelidas y las de signo opuesto son atraídas. En consecuencia, las cargas eléctricas del objeto (antes neutro) se concentran en zonas opuestas y el objeto queda eléctricamente **polarizado** (figura 2.59b), y se dice que las cargas eléctricas han sido inducidas por el objeto cargado. Si después los objetos hacen contacto, las cargas pasarán de un objeto al otro y el inicialmente neutro quedará cargado. Esta es la forma de electrización por **contacto** (figura 2.59c).

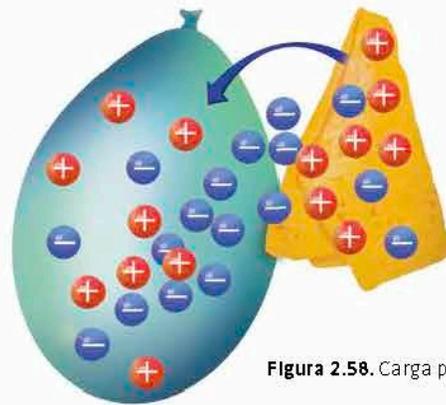


Figura 2.58. Carga por frotación.

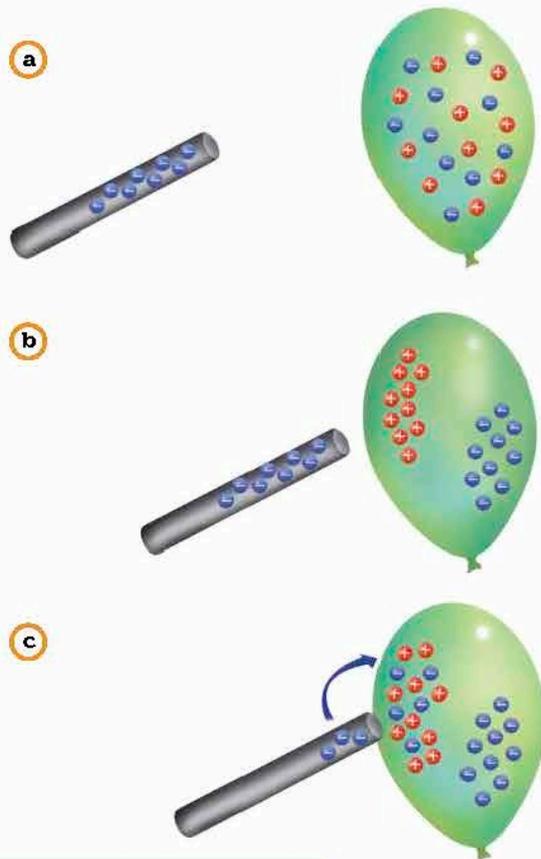


Figura 2.59. a), b) Cuando un objeto cargado se acerca a uno neutro, induce en él una polarización de cargas. c) Electrización por contacto.

### Analiza y reflexiona

1. Consigue una regla de plástico y pedacitos de papel o confeti.
  - a) Frota la regla en tu pelo y acércala a los pedacitos de papel; ¿qué sucede?
  - b) Ahora toca el piso con la regla durante unos segundos. Vuelve a acercarla a otros papelitos, ¿qué sucede?
  - c) En equipos establezcan una hipótesis sobre lo observado.

Cuando un objeto toca la superficie terrestre, se dice que está conectado a tierra, y si está cargado, se neutraliza. Si un objeto con carga positiva hace contacto con ella, recibe carga negativa hasta neutralizarse, y si el objeto tiene carga negativa, entonces transfiere su exceso a tierra hasta neutralizarse (¿por qué en el experimento los globos debían hacer contacto con una pared?).

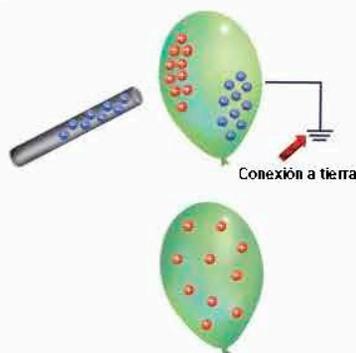


Figura 2.60. Electrización por inducción.

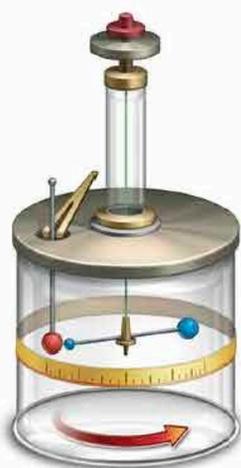


Figura 2.61. La balanza de torsión consta de una barra unida a una esfera que cuelga de un alambre. Al movimiento de la esfera debido a la atracción o repulsión de una fuerza eléctrica, el alambre se tuerce. Al medir esta torsión se calcula la fuerza actuante.

#### Conoce más

En la siguiente dirección electrónica encontrarás un simulador de partículas con carga, la dirección de la fuerza y la magnitud entre ellas  
<http://www.edutics.mx/w8u>  
 (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

La conexión a tierra también se usa para cargar eléctricamente un objeto. Supón que el cuerpo polarizado de la figura 2.60 se conecta a tierra en presencia de un objeto cargado. Los electrones van a tierra y el objeto queda con un exceso de cargas positivas (figura 2.60): el objeto se carga por **inducción**.

La carga así obtenida es opuesta a la del objeto cargado que se acerca (**inductor**); este fenómeno ocurre principalmente en materiales conductores.

Como puedes observar, si dos cargas del mismo signo interactúan, una ejerce una fuerza sobre la otra alejándola, y la otra reacciona con una fuerza de la misma magnitud, pero en sentido contrario, de manera que ambas se empujan mutuamente de acuerdo con la Tercera Ley de Newton (experimentan una fuerza de **repulsión**). Cuando las cargas son de signos contrarios, se atraen entre sí (fuerza de **atracción**).

Debido a que estas fuerzas provienen de fenómenos que se relacionan con la electricidad, se llaman **fuerzas eléctricas**.

### Fuerza eléctrica

La carga eléctrica de un objeto puede medirse y sus unidades en el SI son los **coulombs (C)**; llamados así en honor a **Charles Coulomb (1736-1806)**, quien hizo importantes contribuciones al conocimiento de la electricidad; entre ellas, inventó la balanza de torsión, un instrumento con el que es posible medir fuerzas muy pequeñas (como las que existen entre cargas eléctricas). **Joseph Priestley (1733-1804)** notó que las fuerzas entre las cargas disminuían a medida que la distancia entre ellas aumentaba e hizo una analogía con la Ley de la Gravitación Universal. Coulomb comprobó en forma experimental la idea de Priestley y propuso la llamada Ley de Coulomb:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2},$$

donde  $F$  es la fuerza eléctrica;  $q_1$  y  $q_2$ , es la cantidad de carga de los objetos;  $r$ , la distancia que separa las cargas, y  $k$  es una constante de proporcionalidad igual a  $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ .

La unidad coulomb (C) se define como la cantidad de carga eléctrica que tienen  $6.25 \times 10^{18}$  (6.25 trillones) de electrones (que estudiarás en las siguientes páginas). La ley de Coulomb se cumple sólo para cargas eléctricas en reposo, de allí que se hable de fuerzas **electrostáticas**, muy comunes en nuestra vida cotidiana.

#### Analiza y reflexiona

1. Revisa los experimentos de la página 180 y explica mediante diagramas la forma en que los objetos se cargaron.
2. Un objeto con carga  $q_1 = 0.5 \text{ C}$  se encuentra a 70 cm de distancia de otro objeto cargado  $q_2 = -0.75 \text{ C}$ . ¿Cuál es la magnitud de la fuerza eléctrica entre ellos? ¿La fuerza es de atracción o de repulsión? Valida las respuestas con tus compañeros.
3. Explica al grupo tus respuestas y valídenlas.

**Experimenta y Analiza** El electroscopio**Propósito**

Construcción de un electroscopio.

**Material**

Frasco de vidrio, papel aluminio, 20 cm de alambre de cobre (grosso), tapón de corcho o hule.

**Procedimiento**

1. Trabajen en equipo. Perforen el centro del tapón de manera que entre el alambre de cobre.
2. Hagan una abertura en la tapa por la que puedan introducir el tapón con el alambre; el tapón debe quedar justo.
3. Doblen una punta del alambre (la que queda dentro del frasco) formando un ángulo de  $90^\circ$  como se muestra en la fotografía.
4. Corten un rectángulo de papel aluminio de  $1\text{ cm} \times 4.5\text{ cm}$ , dóblenlo a la mitad y colóquenlo sobre la punta doblada del alambre; tapen el frasco.
5. Hagan una bolita de papel aluminio y colóquenla sobre la punta del alambre.
6. Acerquen un objeto cargando a la bolita de aluminio. Observen lo que sucede con las láminas de papel aluminio.
7. Descarguen el electroscopio tocando con los dedos la bolita de aluminio.
8. Acerquen al electroscopio diferentes objetos cargados. ¿Qué sucede?

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Qué sucede con las láminas de papel aluminio al acercar los objetos cargados?
- b) Expliquen por qué las láminas de aluminio se separan.
- c) ¿Podrían decir qué tipo de carga tienen los diferentes objetos que acercaron al electroscopio? Expliquen.
- d) Compartan en grupo sus respuestas y válidenlas.

1. Responde nuevamente las preguntas de la situación de la sección de Inicio.
  - a) ¿Tus respuestas coinciden con las iniciales? ¿Por qué?
  - b) ¿Cómo cambiaron tus ideas acerca de la electricidad estática? Explica.

**Piensa y sé crítico**

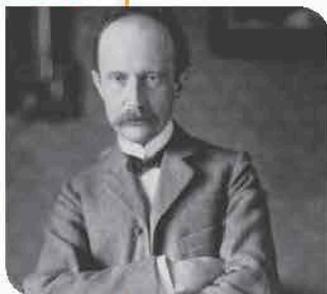
¿Has notado que cuando el ambiente es seco es más común sentir "toques" eléctricos al saludar a otra persona o al tocar un objeto metálico? ¿Te has dado cuenta de que si el ambiente es húmedo o lluvioso este fenómeno es menos frecuente? Explica estas experiencias a partir de lo que aprendiste en la secuencia.

**Cierre**

Explora algunos avances recientes en la comprensión de la constitución de la materia y reconoce el proceso histórico de construcción de nuevas teorías.

## L1 Descripción macroscópica y microscópica del Universo

### Inicio



a) Max Planck. b) Fuentes luminosas obtenidas a partir de diferentes gases. c) Fuegos artificiales. Los colores se obtienen por combustión de diferentes materiales.

### Aventura al microcosmos

Con el inicio del siglo xx, también empezó una nueva era para la ciencia: el nacimiento de la Física moderna. Durante años los científicos trataron de resolver una serie de interrogantes: ¿Por qué algunos objetos brillan cuando se calientan (como los elaborados con metales)? ¿Por qué las lámparas eléctricas de diferentes gases emiten distintos colores? ¿Por qué las llamas de ciertas sustancias tienen colores específicos? El primer científico que dio una respuesta a este tipo de fenómenos fue el físico alemán **Max Planck** (1858-1947) en 1900. Planck concluyó que, para entender este tipo de problemas, había que inventar una nueva física, una nueva forma de ver el mundo microscópico. Se puede decir que gracias a Planck, y a todos los científicos que le sucedieron, el mundo se transformó en lo que ahora conocemos porque pudieron comprender la naturaleza microscópica de la materia y utilizar sus propiedades para crear cosas ahora tan cotidianas como las computadoras, los teléfonos celulares, las pantallas de televisión, etcétera.

En equipos discutan las preguntas.

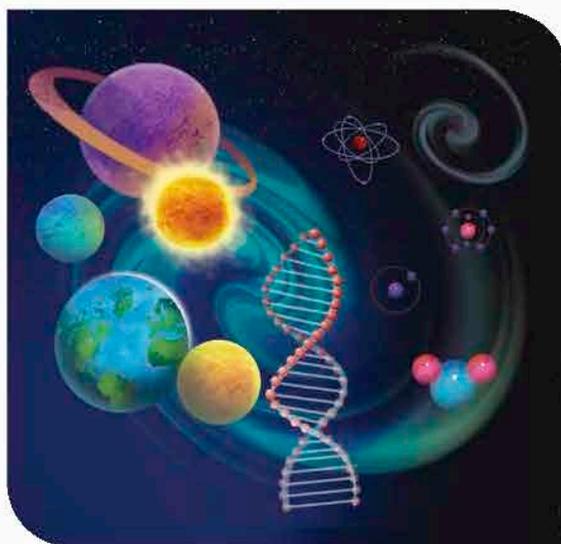
- ¿Podrían explicar la causa de los fenómenos luminosos descritos en el párrafo anterior?
- ¿Para explicarlos usarían el modelo de partículas?
- ¿Las leyes de Newton serán suficientes para comprender cómo generan luz los focos eléctricos?
- Compartan sus opiniones en grupo y registrenlas en su cuaderno.

### Desarrollo

### Fenómenos macroscópicos contra microscópicos

La física, como todas las ciencias, no es un conjunto de verdades absolutas o de "leyes inmutables". Los modelos científicos tampoco son dogmas a los que se debe ajustar la realidad; por el contrario, son los propios fenómenos los que determinan la corrección o incorrección de los modelos. Un modelo capaz de explicar un conjunto de fenómenos es aceptado hasta que nuevas observaciones, datos o resultados teóricos o experimentales muestran sus limitaciones. Así sucedió con las leyes de Newton: lograron explicar y predecir fenómenos **macroscópicos**, desde el movimiento de una piedra al caer hasta el movimiento de los cuerpos celestes, los cuales en la época de Newton era crucial que comprendieran los científicos.

Adentrándose al mundo de lo muy pequeño, el modelo cinético de partículas pudo explicar una gran cantidad de fenómenos y, aunque en su momento no era posible comprobar la existencia de esos diminutos corpúsculos, la idea era bien aceptada por muchos científicos dada su capacidad explicativa y predictiva. Poco a poco, tanto las leyes de Newton como el modelo de partículas y otros modelos resultaron insuficientes para explicar fenómenos que, desde finales del siglo XIX, aparecían en los escritorios y en los laboratorios de los científicos de la época. La descripción del Universo estaba incompleta y se requerían nuevas teorías que permitieran, con exactitud y mediante el lenguaje de las matemáticas, dar una salida al estudio de fenómenos que no eran nuevos y de los cuales sólo se había postergado su explicación científica, como el fenómeno de la luz o el de la electricidad. El átomo y sus componentes fue la chispa científica que surgió como nuevo aliado en la búsqueda de respuestas a las interrogantes que surgían en el mundo microscópico. La descripción y las propiedades de los átomos se estudiarán en lecciones subsiguientes, y por el momento sólo decimos que imaginar un átomo es muy difícil debido a lo pequeño que es.



**Figura 2.62.** Los fenómenos microscópicos se abordan desde un nivel de teoría distinta a como se hace con los fenómenos macroscópicos.

1. Tu mano tiene millones de millones de átomos; si un átomo fuera del tamaño de una canica de 1.5 cm de diámetro, tu mano sería casi del tamaño del planeta Tierra. Contesta.
  - a) En tu curso anterior de Ciencia y Tecnología estudiaste que todos los seres vivos están constituidos de células. ¿De qué tamaño es una célula? ¿De qué está hecha una célula?
  - b) También estudiaste el modelo de partículas. ¿De qué tamaño son las partículas?, ¿qué características las distingue? ¿Las partículas pueden dividirse en partes más pequeñas?
  - c) ¿Qué tan grande es un planeta, una estrella o una galaxia?
  - d) Comenten en grupo las diferencias dimensionales de la Naturaleza a nivel macroscópico y microscópico.



**Figura 2.63.** Blaise Pascal matemático, físico y filósofo francés comentó sobre el ser humano refiriéndose al universo y al mundo microscópico: "¿Qué es el hombre en medio de la naturaleza? Una nada respecto del infinito, un todo respecto de la nada, un término medio entre la nada y el todo".

1. En equipo analicen y discutan las preguntas de la situación inicial, así como las siguientes.
  - a) ¿La radiación luminosa de los diferentes objetos son fenómenos macroscópicos o microscópicos? ¿Por qué?
  - b) ¿Qué otros fenómenos microscópicos consideras que no se pueden explicar con las leyes de Newton o el modelo de partículas?

**Cierre**

## L2 Desarrollo histórico del modelo atómico

### Inicio



Mediante la teoría atómica es posible saber de qué están hechos los astros del Universo sin viajar directamente a ellos.

El extraordinario viaje que la nave espacial Apolo 11 realizó a la Luna en julio de 1969 fue un acontecimiento a escala mundial. Entre otros experimentos, los astronautas recolectaron muestras de piedras y polvo lunares con el fin de analizarlos en el laboratorio y conocer su composición química. Así encontraron que, entre otros elementos, la Luna contiene silicio, aluminio, hierro, azufre y carbono. Por otra parte, aunque no es posible viajar en una misión espacial hacia el Sol para recolectar muestras y conocer su composición química, se sabe que el Sol está formado por más de 70 elementos químicos, entre ellos hidrógeno, helio, oxígeno, hierro y magnesio.

Analiza las siguientes preguntas y responde.

- ¿Cómo es posible saber qué elementos se encuentran en el Sol?
- ¿Sabes cómo se origina la luz que emite el Sol?
- En grupo comenten y respondan: ¿qué información podrían obtener de un objeto que sólo pueden ver desde lejos?, ¿cómo obtendrían esa información?

### Desarrollo

#### Glosario

**Compuesto químico.** Sustancia formada por combinación de dos o más elementos.

### El átomo a través del tiempo

El científico inglés **John Dalton** (1766-1844) propuso el modelo de partículas y aseguró que los átomos que forman un elemento son iguales y pesan lo mismo. Estas suposiciones le permitieron explicar el origen de los **compuestos químicos**, pero pasaron casi 100 años antes de que se iniciara la etapa moderna del modelo atómico.

En 1875, el científico inglés **William Crookes** (1832-1919) construyó un dispositivo que recibiría el nombre de “tubo de rayos catódicos”, y básicamente consistía en un

“globo” cerrado de vidrio al vacío o con un gas a baja presión. En los extremos del tubo se colocaban placas metálicas conectadas a una fuente de energía eléctrica, lo que proporcionaba carga eléctrica a las placas.

La placa con carga negativa (**catodo**) se calentaba mediante una resistencia eléctrica y el extremo opuesto del tubo, donde se ubicaba la placa con carga positiva (**ánodo**), se recubría con una película de fósforo (figura 2.63).

Al conectar las placas a la fuente de energía la película de fósforo se iluminaba. Esto se debía a que emergían haces o rayos (luego llamados rayos catódicos) tanto de los gases a baja presión como de objetos sólidos (placas metálicas); es decir, surgían de la materia. Otra cualidad de estos rayos es que podían desviarse mediante fuerzas eléctricas o magnéticas, de ahí se dedujo que tenían carga eléctrica.

En 1898 el inglés **J.J. Thomson** (1856-1940), a partir de sus experimentos con tubos de rayos catódicos, concluyó que se trataba de partículas con carga y que éstas —a las que llamó **electrones**— provenían de los átomos.

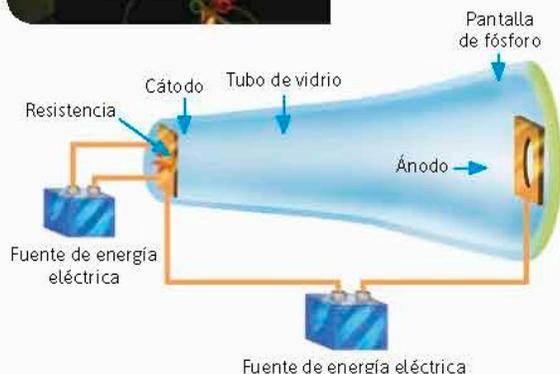
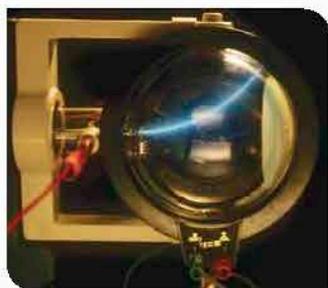


Figura 2.63. Fotografía y esquema de un tubo de rayos catódicos.

Thomson propuso que los electrones estaban rodeados o envueltos por una "nube" de carga positiva que neutralizaba su carga negativa, lo que hacía que los átomos fueran eléctricamente neutros.

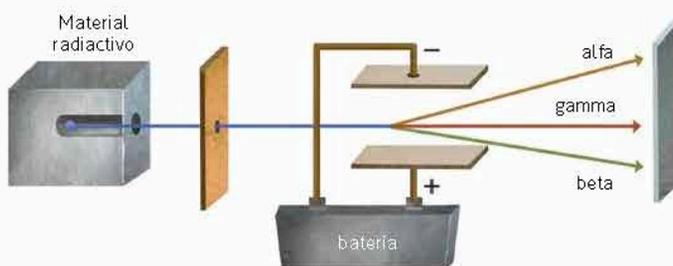
El modelo de Thomson sólo tuvo aceptación por un breve periodo, pues uno de sus alumnos, **Ernest Rutherford** (1871-1937), mediante los resultados de un experimento que realizó en 1911 en la Universidad de Cambridge, Inglaterra, echó abajo esa suposición.

Para entender el experimento de Rutherford debes saber que existen elementos denominados radiactivos, como uranio, plutonio, radio y polonio. Los dos últimos fueron descubiertos por **María Sklodowska** (1867-1934) y su esposo **Pierre Curie** (1859-1906). Todos los elementos radiactivos emiten partículas llamadas alfa, beta y gamma. Las partículas alfa tienen carga positiva; las partículas beta, carga negativa, y los rayos gamma no poseen carga (figura 2.65). En su experimento, Rutherford hizo "chocar" partículas alfa sobre una lámina metálica delgada; observó que aunque la mayoría de

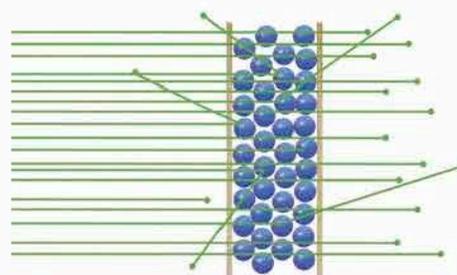
las partículas alfa prácticamente no desviaban su trayectoria, algunas regresaban como si "algo" les impidiese seguir de largo (figura 2.66). Rutherford concluyó que ese algo debía ser un obstáculo con carga positiva y encontrarse en el centro del átomo al que llamó núcleo. Al principio Rutherford pensó que el núcleo estaría formado por partículas de carga positiva (luego llamadas **protones**), pero no logró sustentar esa idea. Así fue como predijo la existencia de una partícula nuclear neutra que consideró necesaria para dar estabilidad al núcleo. Aunque el modelo atómico de Rutherford fue fundamental, no fue el definitivo. Gracias al estudio de los espectros luminosos, el físico danés **Niels Bohr** (1885-1962), a pesar de que aceptó en parte el modelo de Rutherford, aseguró que, en un átomo de hidrógeno, el electrón gira en órbitas alrededor del núcleo, pero sólo en órbitas específicas. Esta afirmación es muy importante porque esas órbitas impiden que el electrón choque con el núcleo debido a las fuerzas de atracción que hay entre ellos.



**Figura 2.64.** María Sklodowska y Pierre Curie en su laboratorio. Sklodowska fue la primera persona en obtener dos premios Nobel: uno en Física y el otro en Química.



**Figura 2.65.** Los elementos radiactivos emiten partículas alfa, beta y gamma.



**Figura 2.66.** En su experimento, Rutherford observó que algunas partículas alfa (partículas radioactivas) rebotaban en la lámina metálica.

**Analiza y explica**

1. Analicen la infografía de las páginas 161 y 161 y contesten en grupo.
  - a) Si el modelo de Thomson hubiera sido válido, ¿qué habría observado Rutherford en su experimento? ¿Por qué en la hipótesis de Rutherford a las partículas alfa las debía rechazar un objeto de carga positiva?

1. En equipos analicen la situación inicial y respondan: ¿cómo es posible conocer la estructura de un átomo si no se puede ver? ¿Las ideas en torno a los átomos son producto de la imaginación de los científicos? ¿Por qué?

**Cierre**

# EL DESARROLLO DEL MODELO ATÓMICO

A lo largo de la historia se han propuesto varios modelos del átomo: cada uno permitió describir ciertos aspectos de la materia, pero tuvo que ser modificado para explicar otros fenómenos, como los relacionados con la electricidad y la luz.

## Partículas subatómicas



### ELECTRÓN

Su nombre es una palabra que proviene del griego clásico y significa "ámbar".

**Descubrimiento:**

1897

**Carga eléctrica**

$-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

**Masa**

$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$



### PROTÓN

Su nombre proviene del griego y significa "primero".

**Descubrimiento**

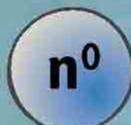
1919

**Carga eléctrica**

$+1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

**Masa**

$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$



### NEUTRÓN

Su nombre viene del latín "neuter", que significa "ni uno, ni otro".

**Descubrimiento**

1932

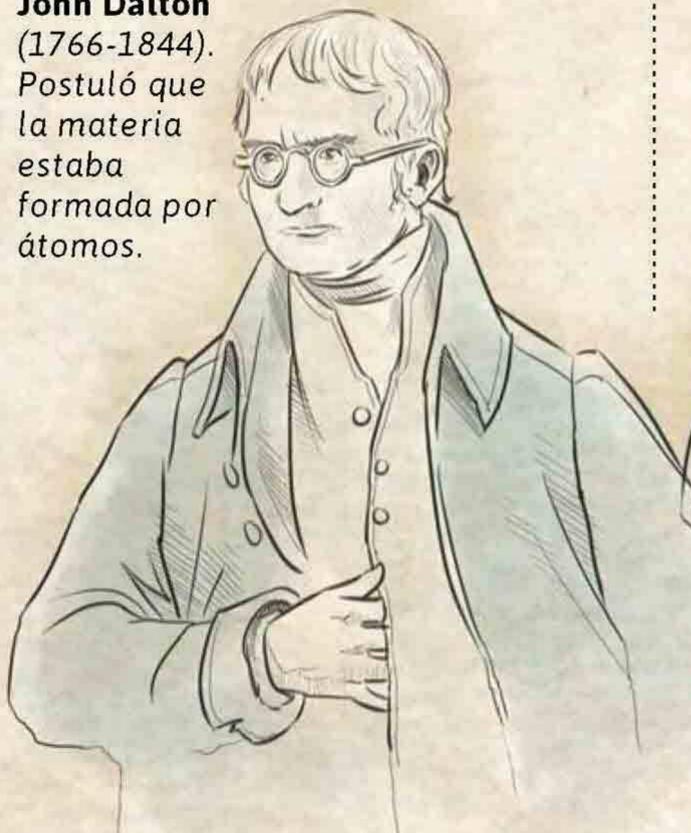
**Carga eléctrica**

0 C

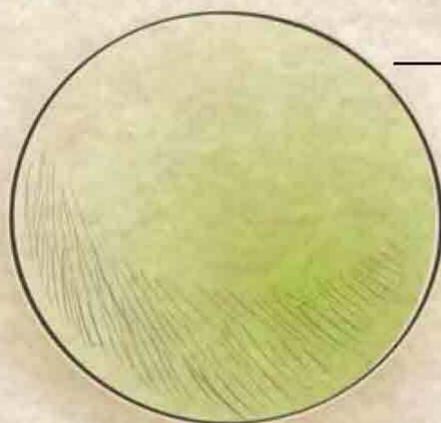
**Masa**

$1.68 \times 10^{-27} \text{ kg}$

**John Dalton**  
(1766-1844).  
Postuló que la materia estaba formada por átomos.



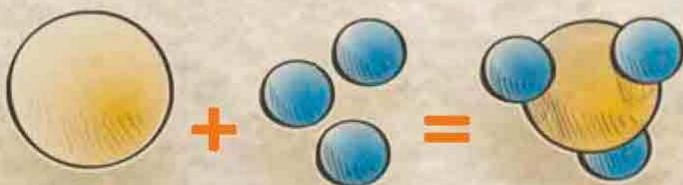
**El átomo de Dalton** (1803-1807)



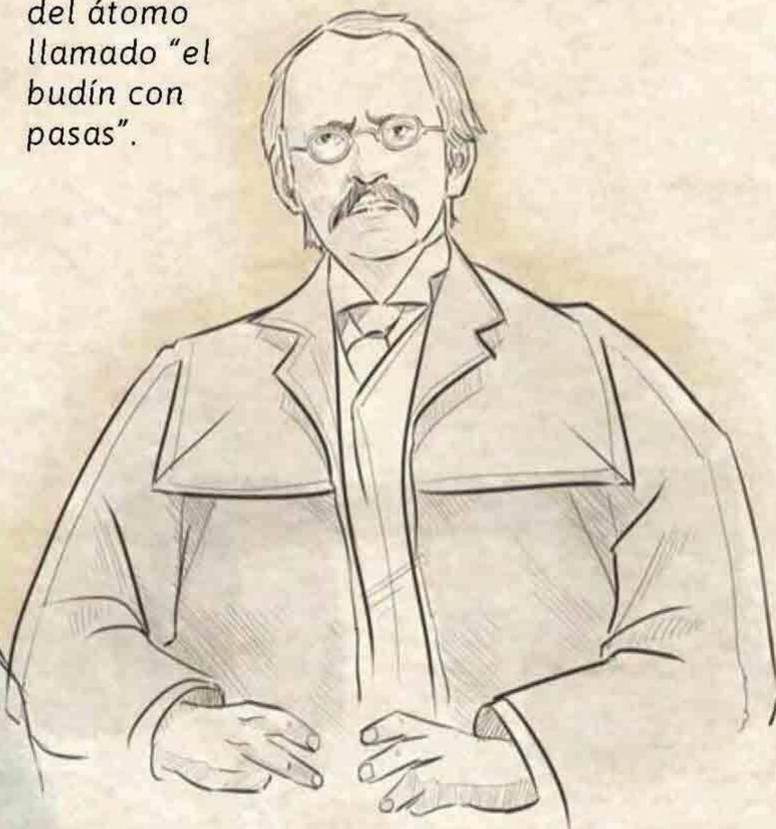
Es indivisible. Para cada elemento, los átomos son idénticos.

Los átomos correspondientes a diferentes elementos son distintos.

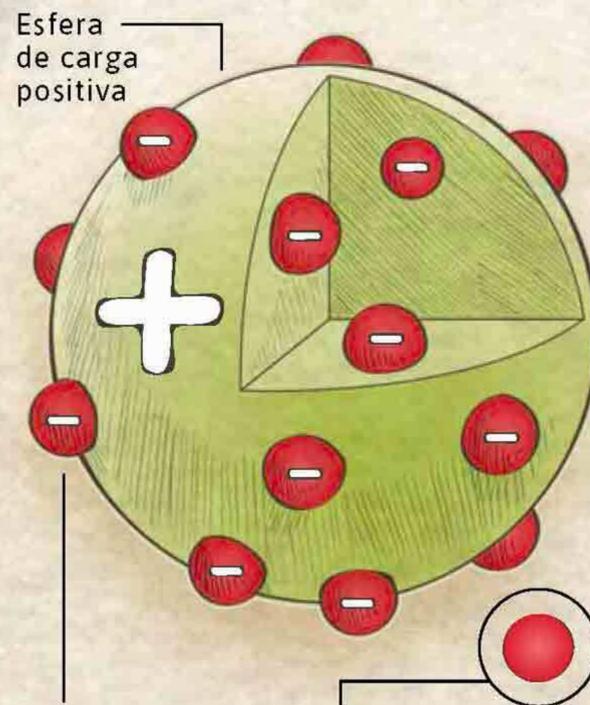
En una reacción química los átomos se acomodan para formar compuestos.



**J. J. Thomson**  
(1856 - 1940).  
Descubrió el electrón y propuso un nuevo modelo del átomo llamado "el budín con pasas".



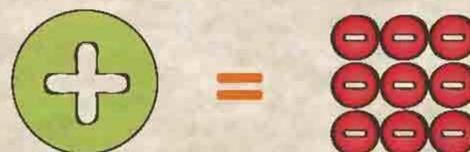
**Átomo de Thomson** (1904)



Cargas negativas (electrones) están incrustados en una esfera de carga positiva, igual que las pasas en un budín.

En el modelo de Thomson, el átomo era divisible: se podían separar los electrones de la esfera positiva.

La carga positiva es igual, en magnitud, a la suma de las cargas negativas.

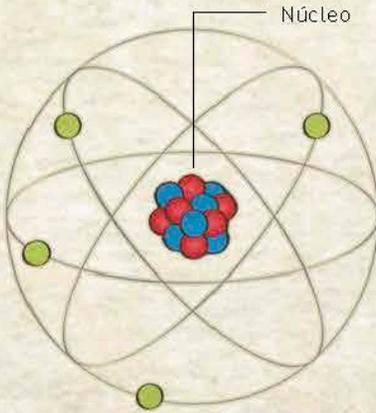


**Ernest Rutherford**  
(1871-1937).

Demostró que toda la carga positiva del átomo se encontraba en el centro, al que llamó núcleo.



**Átomo de Rutherford (1911)**



● Electrón ● Protón ● Neutrón

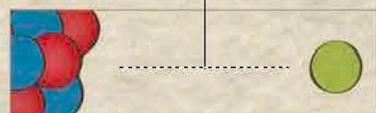


La masa del neutrón es similar a la del protón.



La masa del electrón es mucho menor que la del protón, por tanto, casi toda la masa del átomo se concentra en su núcleo.

Entre el núcleo y los electrones sólo hay vacío.



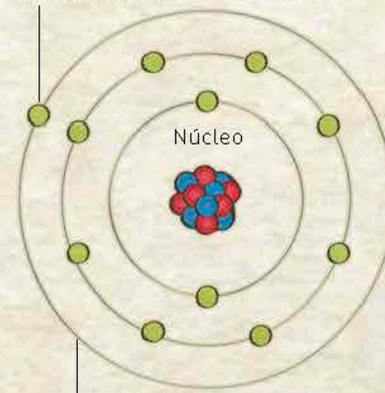
**Niels Bohr**  
(1885-1962).

Propuso un modelo del átomo donde el electrón sólo podía ocupar órbitas específicas.

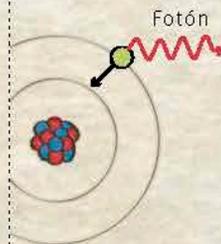


**El átomo de Bohr (1913)**

El electrón sólo puede ocupar órbitas específicas, llamadas órbitas estables.



En cada órbita el electrón tiene una cantidad de energía específica.

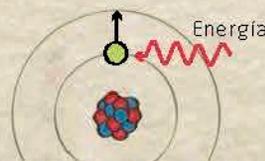


**Emisión**

Cuando el electrón regresa a una órbita inferior (de menor energía), emite energía al exterior en forma de radiación electromagnética (fotones).

**Absorción**

Si, al estar en una órbita, un electrón recibe energía del exterior, puede saltar a una órbita superior con más energía.

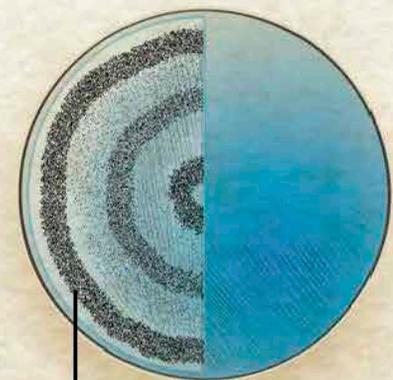


**Louis de Broglie (1892-1987).**  
**Werner Heisenberg (1901-1976).**  
**Erwin Schrödinger (1887-1961).**

Son, de izquierda a derecha, algunos de los científicos cuyos descubrimientos y aportaciones contribuyeron a formular el modelo cuántico de átomo.



**El átomo de la física cuántica (1924)**



Nube de probabilidad de los electrones

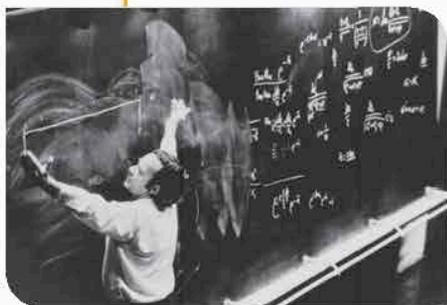
No se puede determinar exactamente dónde se encuentran los electrones. Sólo es posible calcular la probabilidad de encontrarlos en cierta región del átomo, conocida como nube de probabilidad de los electrones.

**Analiza la infografía y responde.**

1. ¿Qué impulsó a los científicos a abandonar o corregir sus modelos?
2. Si los científicos nunca han podido ver directamente un átomo, ¿cómo pudieron conocer su estructura?

### L3 Características del átomo

#### Inicio



Durante su conferencia Feynman ofreció un premio de 1 000 dólares a la primera persona que construyera un motor de  $0.1 \text{ cm}^3$  totalmente controlable. Menos de un año después, Bill McLellan lo logró.

En 1959 Richard Feynman dio una conferencia con el muy elocuente título de *Hay mucho sitio al fondo*, en la cual expuso las posibilidades de guardar información en espacios muy reducidos, minimizar el tamaño de las computadoras (que entonces ocupaban habitaciones enteras) y construir máquinas diminutas. Como era su costumbre, dio argumentos sencillos pero contundentes y recurrió a imágenes (o metáforas):

*Cuántas veces, cuándo ustedes están trabajando con algo frustrantemente minúsculo, como el reloj de pulsera de su mujer, se han dicho: "¡Si pudiera entrenar a una hormiga para hacer esto!". Lo que me gustaría sugerir es la posibilidad de entrenar una hormiga para que entrene a una pulga para hacer esto. ¿Cuáles son las posibilidades de máquinas pequeñas pero móviles? Quizá sean o no útiles, pero seguramente sería divertido hacerlas.*

Tomado de: Feynman, Richard, *El placer de descubrir*, México, Crítica, 2000, pág. 105.

Ciertamente Feynman no se refería a la capacidad de los insectos para arreglar objetos diminutos, sino más bien a la idea de manipular lo diminuto, como los átomos, uno por uno, y así crear cosas nuevas como máquinas o motores en extremo pequeños; construir materiales nuevos con propiedades totalmente distintas de las que poseen los materiales naturales o reducir de manera notable el tamaño de las computadoras. La frase "Hay mucho sitio al fondo" se refiere a que hay mucha información y propiedades en lo pequeño, en lo microscópico, y que pueden utilizar para crear nueva ciencia y nuevas tecnologías.

Reflexiona, responde y comenta con tus compañeros:

- ¿Consideras que es necesario conocer la constitución de los átomos para desarrollar tecnologías de tamaño microscópico? ¿Por qué?
- ¿Qué ventajas tendría construir máquinas o motores miniaturizados? ¿En qué los utilizarían?

#### Desarrollo

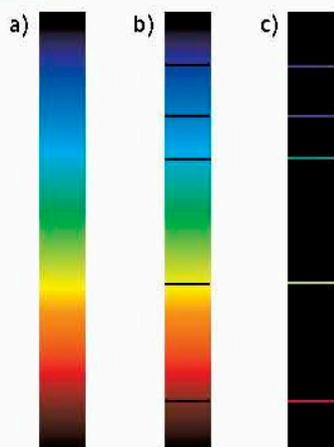


Figura 2.67. a) Espectro continuo; b) espectro de absorción del hidrógeno; c) espectro de emisión del hidrógeno.

En la lección anterior comentamos que Bohr dedujo que los electrones del átomo de hidrógeno giran alrededor del núcleo en órbitas específicas; ¿cuáles fueron las bases de esa hipótesis?

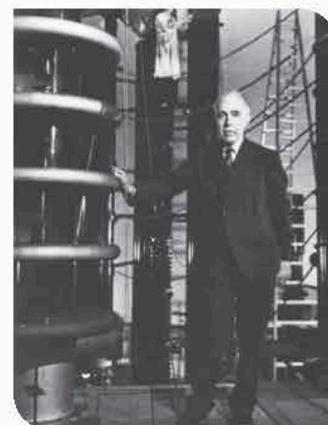
La formación de los **espectros luminosos** se conoce desde la Antigüedad, y todos hemos observado alguna vez el arco iris o los colores que se forman cuando la luz blanca atraviesa un vaso con agua. En 1802 el físico y químico británico **William H. Wollaston** (1766-1828) al observar el espectro producido por la luz del Sol, notó que aparecían delgadas líneas oscuras entre las franjas de colores. Tiempo después, en 1814, **Joseph von Fraunhofer** (1787-1826) hizo pasar un haz de luz solar a través de una rendija muy delgada y obtuvo un espectro mucho más fino con centenares de líneas oscuras. Estas líneas ahora se conocen como líneas de Fraunhofer. Posteriormente, otro físico alemán, **Roberth Wilhelm Bunsen** (1811-1899) observó el espectro que emiten gases calentados a baja temperatura.

Para su sorpresa advirtió que sólo tenía delgadas líneas de colores y que, además, eran distintas para cada tipo de elemento. A este tipo de espectros se les llama **espectros de emisión** (figura 2.67).

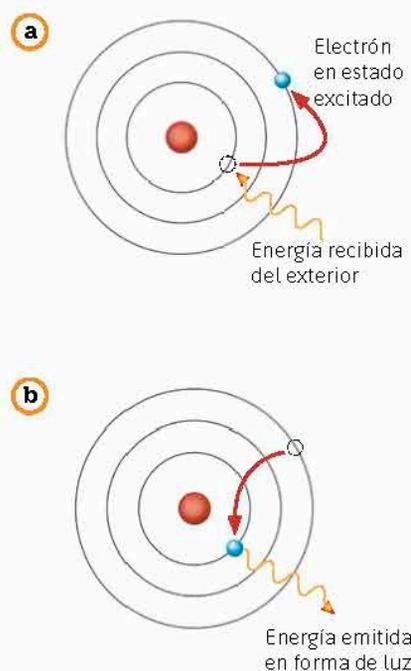
¿Qué sucedía en el interior de la materia que producía estos fenómenos? ¿Podían explicarlos el modelo atómico de Bohr? Bohr sabía que las líneas de emisión en un espectro luminoso eran características de cada elemento, así que se dispuso a estudiar el espectro del elemento más simple que conocía: el hidrógeno (figura 2.68). Así, al analizar las líneas del espectro determinó la energía de cada una; también analizó las propiedades del átomo conocidas hasta ese momento: la masa del electrón, la del protón, la cantidad de carga de cada una de esas partículas y los radios atómico y nuclear. Con esos datos calculó los radios de las órbitas en los que un electrón podía girar alrededor del núcleo. Bohr consideró que un átomo de hidrógeno estaba constituido exclusivamente de un protón y de un electrón, y eso facilitó sus cálculos.

El toque maestro de su trabajo fue conjugar sus observaciones del espectro luminoso con sus cálculos sobre las órbitas atómicas y concluyó que las diferencias de energía entre las órbitas eran iguales a las cantidades de energía que midió en las líneas luminosas del espectro. Esto explica perfectamente, además, la existencia de líneas en el espectro de emisión. Los electrones giran en órbitas fijas alrededor del núcleo, y cuando un electrón recibe energía del exterior (debido a una corriente eléctrica o por aumento de temperatura, por ejemplo), puede absorber cierta cantidad que lo obliga a pasar a órbitas superiores. En este punto se dice que el electrón se encuentra temporalmente en **estado de excitación**; el electrón regresa a órbitas menos energéticas casi de inmediato y al regresar debe desprenderse de una cantidad de energía igual a la diferencia energética entre las órbitas (figura 2.69). Dicha energía se manifiesta como luz, que corresponde a las líneas del espectro (figura 2.67). Para excitar un electrón se requieren “paquetes” de energía, lo cual significa que en la Naturaleza la energía no es continua, sino que se presenta en múltiplos de una cantidad fija que se conoce como “cuanto”. Este concepto fue revolucionario para su tiempo, porque antes se pensaba que los sistemas (mecánicos o termodinámicos) funcionaban con cualquier valor de energía posible.

El modelo de Bohr ayudó a comprender algunas características del átomo de hidrógeno y de otros átomos con un solo electrón, pero, como cualquier otro modelo, es sólo una aproximación a la realidad. Si únicamente es una aproximación y no representa la realidad, ¿cómo sabemos que es válido? La respuesta es sencilla: mediante la experimentación. Este modelo sentó las bases para construir una teoría general aplicable a átomos más complejos, y hace posible explicar distintos fenómenos, como la conducción eléctrica, los espectros luminosos y el magnetismo que veremos más adelante.



**Figura 2.68.** En 1922, Niels Bohr fue galardonado con el Premio Nobel de Física.



**Figura 2.69.** En el modelo del átomo de Bohr, a) cuando un electrón recibe energía del exterior puede pasar a órbitas superiores; b) al regresar a una órbita más estable, emite energía.

**Glosario**

**Espectro luminoso.** Banda de colores que se produce por descomposición de la luz blanca, como el arco iris.

**Glosario****Espectroscopio.**

Aparato para producir y observar espectros.

**Experimenta** Espectros luminosos**Propósito**

En este experimento construirán un **espectroscopio** con el que podrán observar y analizar la luz de diferentes fuentes.

**Material**

Caja de cartón (de cereal, por ejemplo), disco compacto de desecho, navaja o cúter y cinta adhesiva.

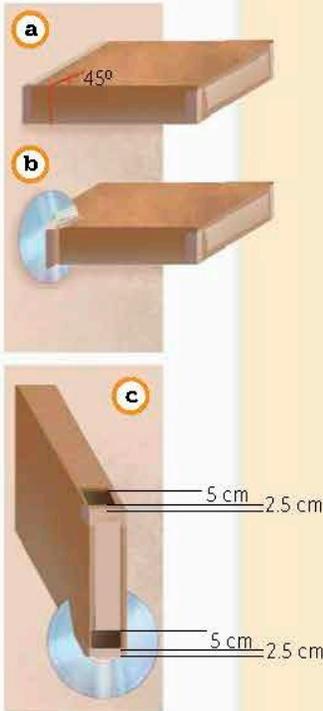
**Procedimiento**

1. Sella con cinta adhesiva las tapas de la caja, de manera que no entre luz al interior.
2. Haz una ranura oblicua a la caja (a unos  $45^\circ$  respecto a una de las aristas) por donde entre la mitad del disco, como se muestra en la figura a.
3. Introduce el disco en la ranura hasta la mitad con la parte menos brillante en dirección hacia la arista que forma el ángulo de  $45^\circ$  con la ranura y fíjalo con cinta adhesiva. Sella los bordes de la ranura con cinta adhesiva para evitar que entre luz (figura b).
4. Haz un orificio en la caja de modo que puedas ver directamente la parte brillante del disco que queda dentro (ventana de observación); observa la figura c. Abre otra rendija en la cara opuesta de la caja desde la que también puedas ver la parte brillante del disco; observa nuevamente la imagen. Considera las medidas indicadas.
5. Dirige el orificio más alejado del disco hacia una fuente de luz, como un foco incandescente, una lámpara fluorescente, una pantalla de televisión, un monitor de computadora, luces de neón o una hoja blanca iluminada por el Sol. ¡No lo dirijas hacia la luz directa del Sol!
6. Mira por la ventana de observación de manera que veas el disco. Al principio quizá no veas el patrón de luces de colores que se pretende; en ese caso deberás mover la caja para lograr que la luz entre directamente por el orificio de la parte superior (figura d).

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) Analiza con cuidado los espectros que se forman con las distintas Fuentes. ¿Todos los espectros son continuos, es decir, se observan las franjas de colores seguidas unas de otras?
- b) ¿En los patrones detectas líneas oscuras? ¿Con qué fuentes de luz?
- c) ¿Puedes observar patrones de luz discontinuos, separados unos de otros?
- d) Comenta con tus compañeros los resultados del experimento y escriban un reporte de sus resultados y su explicación.

El modelo de Bohr también explica los espectros de absorción. El Sol emite luz en todos los colores del arco iris (espectro continuo) y los gases de su atmósfera absorben luz de energías específicas, lo que causa las líneas oscuras del espectro.



### Componentes del átomo: núcleo (protones y neutrones) y electrones

Thomson descubrió el electrón y Rutherford, su alumno, el núcleo atómico. A su vez, un discípulo de Rutherford, **James Chadwick** (1891-1974), descubrió el neutrón. Chadwick hizo un experimento parecido al de Rutherford: bombardeó una lámina del elemento químico conocido como berilio con partículas alfa, y observó que al impactarla se emitía una radiación neutra capaz de extraer protones de otros materiales; sí concluyó que se trataba de una partícula con masa, pero eléctricamente neutra. Su descubrimiento permitió resolver los problemas para explicar la constitución del átomo. Chadwick reconoció que el neutrón formaba parte de casi todos los núcleos; el único átomo que no tiene neutrones es el del hidrógeno más común.

Las características físicas de las partículas que integran el átomo pueden leerse en la infografía de las páginas 160 y 161. Las masas del protón y el neutrón son casi iguales y unas 2000 veces mayores que la del electrón. Es razonable, entonces, por lo que sabemos sobre la inercia de los cuerpos, que el núcleo esté formado por aquellas dos partículas “pesadas” y el electrón tenga la mayor libertad de moverse; pero ¿podríamos decir que la fuerza que mantiene ligados los electrones al núcleo es la gravedad? En realidad no, y aunque existe una fuerza gravitacional entre ellos, su magnitud es muy pequeña. ¿Entonces qué fuerza es la que mantiene a los electrones ligados al núcleo? En la infografía observa que las partículas que componen el átomo tienen carga eléctrica, ya sea positiva o negativa, y es la propiedad de los cuerpos por la cual interactúan eléctricamente atrayéndose entre ellas, del mismo modo que la masa permite que dos cuerpos experimenten fuerzas mutuas de gravedad.



Figura 2.70. En mayo de 1932 Chadwick publicó en la revista Nature su artículo “La existencia del neutrón”.

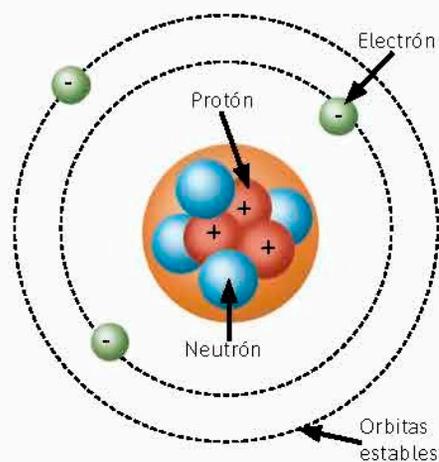


Figura 2.71. Representación del átomo de litio.

1. En equipo analicen la situación inicial, discutan sus respuestas y respondan.
  - a) ¿Es posible conocer los elementos de los que está compuesto el Sol u otros astros del Universo sin tener una muestra material de su composición? ¿Cómo?
  - b) ¿Cuál consideran que sea la causa de la luz que emite el Sol?
  - c) ¿Qué relación tiene la teoría atómica (modelo de Bohr) y las técnicas para descubrir elementos presentes en objetos celestes?

#### Piensa y sé crítico

Como observaste en esta secuencia, una de las finalidades de la ciencia es explicar los fenómenos; ¿en qué se fundamentan esas explicaciones?

- a) ¿Por qué la ciencia cambia sus modelos explicativos? ¿Esto significa que la ciencia comete errores o que la ciencia avanza en el conocimiento?
- b) ¿Consideras que la ciencia tiene límites, es decir, existe algo que la ciencia no puede conocer, como el origen del Universo, sus límites o los misterios del mundo microscópico? ¿Por qué?

Cierre



## Las nubes

Como pudieron apreciar en esta segunda unidad, el modelo cinético de partículas permite explicar una gran variedad de fenómenos naturales. ¿Están listos para aplicar esta teoría ustedes mismos? Aquí les proponemos algunas ideas, pero ustedes decidan qué hacer y cómo trabajar su propio proyecto.

Las nubes son fenómenos que percibimos, de un modo u otro, cualquier día. Las vemos esculpidas en el cielo, nos cobijan con su sombra o las echamos de menos bajo un sol abrazador, y recibimos con ánimos distintos las lluvias que dejan caer sobre nosotros y nuestros hogares o cultivos. Seguro que alguna vez jugaron a encontrar forma a las nubes y se impresionaron ante una lluvia, una tormenta, una granizada, una densa niebla o ese misterioso halo que a veces rodea al Sol.

¿Qué son exactamente las nubes, de qué están hechas y cómo pueden permanecer suspendidas allá arriba? ¿A qué altura están las nubes? ¿De dónde provienen? ¿Cómo distinguir las que producen lluvia de las que no lo hacen?

### Planeación

Antes de poner manos a la obra planeen su proyecto. Este es un paso fundamental porque es donde deberán pasar revista a los recursos con los que cuentan: materiales, de información y el tiempo disponible. También pueden tener en cuenta sus necesidades, las de su escuela o comunidad, y definir con base a ellas los objetivos y metas que esperan lograr. Recuerden que las metas son productos concretos. En esta etapa también deberán decidir qué tipo de proyecto desean.

Sugerimos un *proyecto de tipo ciudadano* para compartir los conocimientos y descubrimientos que, sin duda, generarán con su proyecto, con los integrantes de sus familias, su escuela o comunidad. Pueden, por ejemplo, revisar el *Atlas internacional de nubes* y reelaborarlo con fotografías propias de su región; la observación de nubes es un pasatiempo de mucha gente alrededor del mundo; investiguen cómo llevarla a cabo.

Para un *proyecto científico* pueden investigar a cierta profundidad la física de las nubes, lo cual les ayudará a entender su comportamiento y describirlo en términos del modelo de partículas que estudiaron en esta unidad. También podrían elaborar un artefacto que les sirva de modelo para explicar la física de las nubes, o investigar las técnicas para manipular la lluvia (la siembra de nubes). En este caso podrían comunicarse con expertos del servicio meteorológico.

Un *proyecto tecnológico* consistiría en diseñar y construir artefactos para medir variables físicas o climatológicas relacionadas con las nubes; por ejemplo, un dispositivo para medir la altura a la que se encuentra una nube.

Las siguientes fuentes pueden sugerirles un punto de partida:

- Pretor-Pinney, Gavin. *Guía del observador de nubes*. Chile, Salamandra, 2017.

- Para información general sobre la física de las nubes:  
<http://www.prmarg.org/fisca-de-nubes>  
[http://www.exploraciencia.profes.net/ArchivosColegios/Ciencia/Archivos/Explora%20la%20ciencia/unidad\\_nubes.pdf](http://www.exploraciencia.profes.net/ArchivosColegios/Ciencia/Archivos/Explora%20la%20ciencia/unidad_nubes.pdf)
- Para ver el *Atlas internacional de nubes*:  
<https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-nuevo-atlas-internacional-de-nubes-combina-la-tradici%C3%B3n-del-siglo-xix>
- Para hacer una nube de alcohol:  
<https://www.youtube.com/watch?v=NoBrhz6vh50>

### Organización de las actividades

Aquí la pregunta guía es: ¿Cómo lo hacemos? Sugerimos elaborar un listado de conceptos estudiados que se relacionen con su proyecto. Tengan en cuenta la sección “Pistas para mi proyecto” vinculadas con su tema y establezcan estrategias para alcanzar los objetivos de su proyecto. Organicen sus actividades en un cronograma. Consideren que el tiempo estimado para su proyecto debe ser de al menos dos semanas. Tomen como base la tabla de la página 89.

### Desarrollo

#### Búsqueda, organización y análisis de la información

¡Manos a la obra! Es hora de hacer realidad su proyecto. Registren sus actividades; la información que obtengan con sus respectivas citas bibliográficas; las dificultades que se les presenten y la manera en que las solucionen.

#### Elaboración del producto

¿Qué producto obtuvieron? Puede ser la descripción por escrito de los resultados de su investigación; la elaboración de artefacto o aparato de medición, o bien, un medio de información para compartir sus conocimientos con sus compañeros de escuela o su comunidad. Recuerden que su producto se debe justificar como resultado de lo aprendido en la unidad.

#### Comunicación

¿Cómo presentarán su producto? ¿A quién lo presentarán? La difusión de su producto también es parte de su proyecto; utilicen procedimientos y técnicas aprendidas en su clase de Español. Recuerden que éste debe tener un sentido social y comunitario, por lo que es necesario darlo a conocer y evaluar esta parte de su trabajo: ¿Obtuvieron los resultados que esperaban con su proyecto?

#### Conclusiones

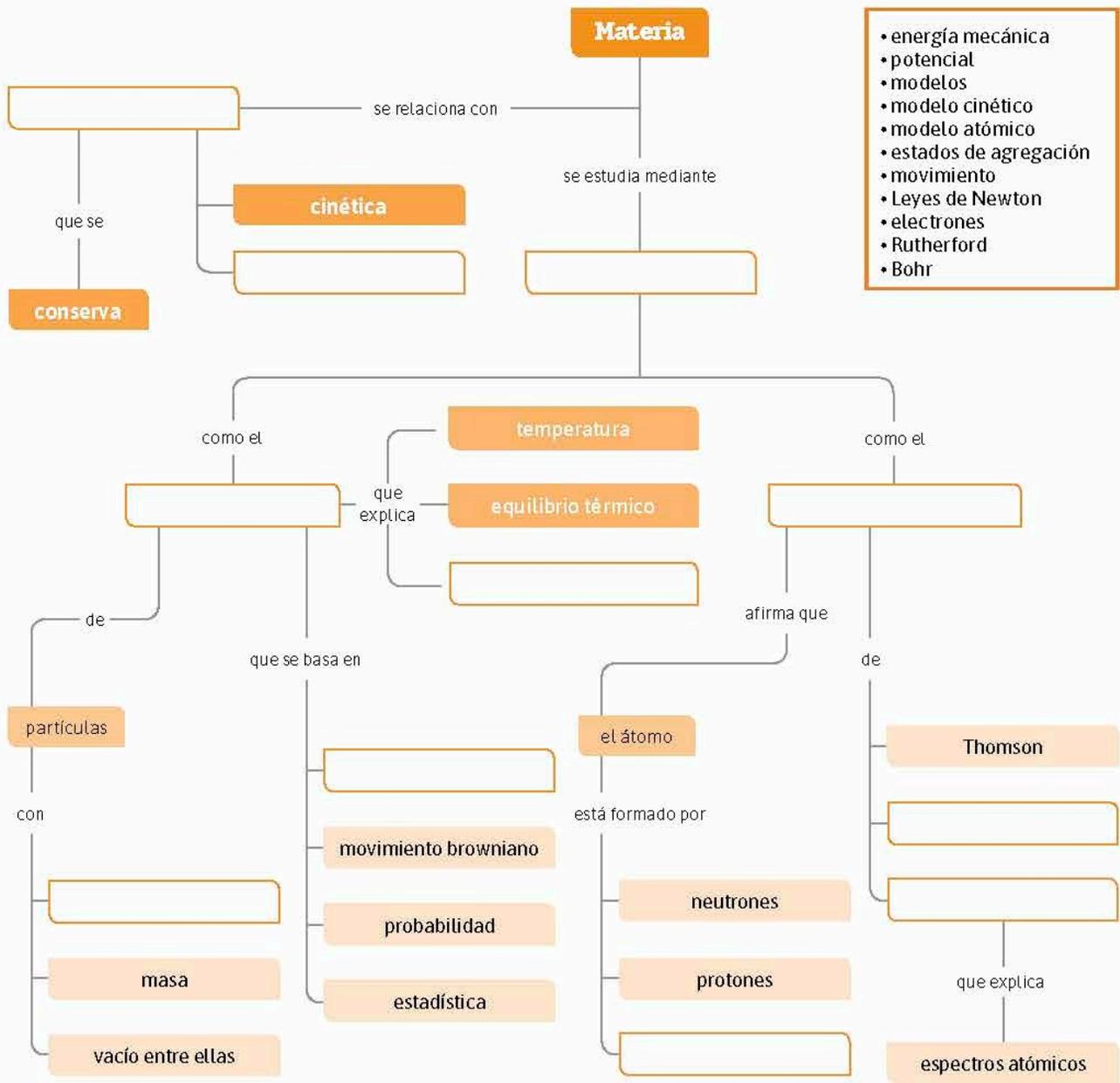
Retroalimenten los logros de su proyecto y cómo les sirvió para comprender mejor el tema que desarrollaron.

#### Evaluación

¿Consideran que el proyecto les permitió profundizar en los conocimientos que adquirieron en la unidad? ¿Les ayudó a reconocer la importancia del trabajo científico en la solución de problemas de su comunidad? Expliquen.

Realiza las siguientes actividades.

1. Analiza el mapa conceptual y complétalo con las palabras del recuadro:



2. Construye un mapa conceptual similar al anterior con las siguientes palabras y frases; incluye las que consideres necesarias.

- energía térmica
- Segunda Ley de la Termodinámica
- motor térmico
- cambio climático
- energía eléctrica
- plantas hidroeléctricas
- calor
- eficiencia
- motor de combustión
- efecto invernadero
- generador eléctrico
- plantas geotérmicas

### 3. Lee el texto y resuelve las actividades.

En la actualidad muchos científicos afirman que el fenómeno del calentamiento global es un hecho real como consecuencia, entre otros factores, de la contaminación atmosférica y la presencia de los llamados gases de efecto invernadero. El calentamiento global no implica que la temperatura sea mayor todos los días del año, sino que, aunque haya días fríos, la temperatura promedio anual se incrementa. La medición de los factores con los que es posible determinar estos cambios en el clima se relacionan con las propiedades de la materia y sus transformaciones, y aunque no es fácil predecir con precisión las condiciones climáticas en un momento específico, datos de temperatura, humedad, viento (éste se genera por efectos de cambios de temperatura en la atmósfera), etcétera, son fundamentales para las predicciones climatológicas.



Subraya la respuesta correcta a partir de lo que sabes acerca del comportamiento de los gases cuando se calientan.

- a) Como el aire de la atmósfera no está contenido en un recipiente, ante el aumento de temperatura se presenta el siguiente fenómeno:
- El aire se expande, disminuye su densidad y tiende a dirigirse a zonas más altas en la atmósfera.
  - El aire se contrae, disminuye su densidad y tiende a dirigirse a zonas más bajas en la atmósfera.
  - El aire se expande, aumenta su densidad y tiende a dirigirse a zonas más altas en la atmósfera.
- b) Como consecuencia de lo anterior se generan corrientes de aire por el siguiente mecanismo:
- El aire más denso, al bajar, ocasiona que el aire más frío se eleve.
  - El aire menos denso, que sube, origina que el aire más frío se eleve.
  - El aire menos denso, que sube, hace que el aire más frío de zonas aledañas se mueva para ocupar el espacio que deja el aire menos denso.

3. El instrumento más común para medir la temperatura contiene un poco de mercurio en un tubo muy delgado o capilar. Explica qué le sucede al mercurio con los cambios de temperatura y cómo este hecho se aprovecha para medirla.

## Un arma de dos filos

### 1. Lee y reflexiona.

#### Molinos de viento: unos ganan y otros pierden

Como parte del proyecto energético del país se han diseñado y construido grandes parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec y otras zonas de Oaxaca. ¡Los molinos de viento representan generación de energía limpia y renovable!

La instalación de estos aerogeneradores constituye mecanismos más amables con el ambiente para obtener energía y suponen grandes ganancias a las empresas que los manejan, muchas de ellas extranjeras; sin embargo, los pueblos resultan afectados por la pérdida de sus parcelas, la destrucción de su organización social y la separación de familias debido al desplazamiento inevitable ante la desaparición de sus campos de cultivo. Se ponen en riesgo, además, sus costumbres, tradiciones y su derecho a la autodeterminación sobre su territorio lo que violenta sus Derechos Humanos.



Algunos habitantes de La Ventosa, municipio de Juchitán de Zaragoza, ya no escuchan el canto de las aves, sino sólo el "zumbido" de los aerogeneradores día y noche y ven interrumpido el paisaje por cientos de ellos sin ningún beneficio económico.

#### Toma de postura crítica y juicios de valor

Tomar postura implica adoptar y defender una posición ante alguna situación polémica, pero también significa que puedes emitir un juicio de valor basado en información, reflexión, análisis y tus propios valores.

#### Una estrategia

Analiza la información disponible y enlista los pros y contras del caso que se presenta. Toma una postura y argúmentala. Escucha a tus compañeros de equipo. Es posible que afirmes tu postura, pero también puedes modificarla.

### 2. Responde.

- ¿Qué ventajas económicas y ecológicas ofrecen los aerogeneradores?
- ¿Qué consecuencias origina su instalación a los pueblos que habitan en esa zona?
- ¿Cuál es la responsabilidad de los científicos que idearon los aerogeneradores?

### 3. Comparte en grupo tus reflexiones; escucha los argumentos de los demás. ¿Mantienes tu postura?, ¿por qué?

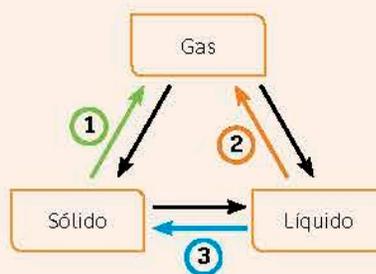
### 4. ¿Se te ocurre una propuesta de solución? Exprésala.

### 5. De manera personal escribe una reflexión en tu cuaderno.

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

**Elige la opción correcta.**

- ¿Quién posee más energía cinética: un elefante de cuatro toneladas que camina con una rapidez de 2 m/s o un ratón de 200 g que corre con una rapidez de 20 km/h?
  - El ratón.
  - La energía cinética para ambos es cero.
  - Tienen la misma energía cinética diferente de cero.
  - El elefante.
- Dos objetos de la misma masa están suspendidos; el objeto A está a una altura del doble que el objeto B.
  - Ambos tienen la misma energía, ya que poseen la misma masa.
  - El objeto B tiene la mitad de la energía que el objeto A.
  - Ningún objeto tiene energía, ya que están inmóviles.
  - El objeto B posee el doble de la energía que el objeto A.
- ¿Qué tiene más energía mecánica: una caja de 200 kg suspendida a una altura de 50 m o un automóvil de 2 toneladas que se desplaza a 50 km/h?
  - La caja.
  - El automóvil.
  - Tienen la misma energía.
  - No son comparables porque uno tiene energía potencial y el otro, energía cinética.
- Los estados de agregación son las formas en la materia que se encuentra en la Naturaleza. ¿Cuáles son los cambios de fase que corresponden a los incisos señalados en el diagrama?
  1. Sublimación, 2. Evaporación, 3. Solidificación.
  1. Sublimación, 2. Condensación, 3. Fusión.
  1. Ebullición, 2. Deposición, 3. Condensación.
  1. Fusión, 2. Solidificación, 3. Sublimación.
- El modelo cinético corpuscular es un ejemplo de modelo científico desarrollado gracias al avance del conocimiento. ¿Cuál de los siguientes aspectos no corresponde al modelo cinético de partículas?
  - Las partículas de un gas están en continuo movimiento.
  - Un gas está formado por partículas muy pequeñas entre las cuales sólo hay espacio vacío.
  - La energía cinética de las partículas depende de su temperatura y estado de agregación.
  - Las partículas de un gas sólo tienen movimiento rotacional, por lo que permanecen en un mismo lugar.



6. Supón que tienes dos barras de aluminio: una a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y otra a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La primera tiene una masa de  $100\text{ g}$  y la segunda, de  $500\text{ g}$ . ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
- Si ambas estuvieran en contacto térmico, la energía térmica fluiría de la barra de menor masa a la de mayor masa.
  - Las partículas de la barra de menor masa tienen más energía cinética en promedio que las de la barra de  $500\text{ g}$ .
  - La barra que está a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  tiene más energía térmica interna que la barra que está a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - Ambas barras tienen la misma energía térmica interna.
7. ¿Cuál de las siguientes opciones indica correctamente la temperatura de fusión del agua a nivel del mar en las escalas Kelvin, Celsius y Fahrenheit?
- $0\text{ K}$ ,  $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-459.67\text{ }^{\circ}\text{F}$ .
  - $273.15\text{ K}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ .
  - $0\text{ K}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ .
  - $373.15\text{ K}$ ,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ .
8. En una planta hidroeléctrica se genera energía eléctrica a partir de energía mecánica. Si la energía mecánica es de  $100\,000\text{ J}$ , ¿cuál será la máxima cantidad de energía eléctrica que se podría obtener?
- Mayor a  $100\,000\text{ J}$ .
  - Menor a  $100\,000\text{ J}$ .
  - Igual a  $100\,000\text{ J}$ .
  - No es posible transformar energía mecánica en eléctrica.
9. ¿Qué podemos afirmar de dos materiales con espectros de emisión idénticos?
- Forman una mezcla homogénea.
  - Constituyen una aleación.
  - Se trata del mismo material.
  - Que tienen la misma masa.
10. Thomson dedujo que los rayos catódicos estaban formados por partículas de carga negativa, a los que se llamó electrones. ¿Por qué supuso que en los objetos éstos deberían encontrarse inmersos en una masa con carga positiva formando átomos?
- Porque en general la materia es neutra.
  - Porque la masa es una propiedad de la materia.
  - Porque a toda acción corresponde una reacción en sentido contrario.
  - Porque existe una fuerza de atracción entre cargas opuestas.

### Reflexión sobre mi desempeño

**Coevaluación.** Reúnete con un compañero para compartir y validar sus respuestas.

**Heteroevaluación.** En grupo revisen las secuencias que estudiaron en la unidad para identificar cuáles temas comprendieron mejor, y en cuáles tuvieron dificultades. Propongan una estrategia de trabajo para favorecer su aprendizaje.



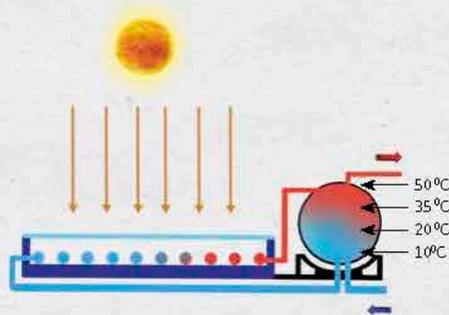
## 1. Lee el texto, analiza y responde.

El **calentador solar** es un dispositivo que aprovecha la energía del Sol para calentar agua destinada a servicios sanitarios (bañarse, lavar ropa, trastes, etcétera).

¿Cómo funciona? La idea básica es un circuito cerrado de tuberías con un tramo importante expuesto a la luz del sol dentro de un **panel solar térmico** (arreglo que permite captar la mayor cantidad de radiación solar). Una



vez que el agua se calienta en el panel ocurre un efecto de **termosifón**: el agua caliente asciende al depósito sin necesidad de una bomba. El depósito es un contenedor cerrado herméticamente y recubierto de material aislante; a éste se conecta la toma de agua y las llaves para proveer el agua caliente dentro del hogar.



En climas favorables el calentador solar puede reducir el consumo energético más de 50 %. Por eso algunos países establecen normas estatales que obligan a los constructores a utilizar estos dispositivos en las nuevas construcciones.

- Explica detalladamente el efecto de termosifón. ¿En qué principios físicos se basa? ¿Qué causa que el agua caliente ascienda? ¿Por qué el agua fría se mantiene abajo y qué la hace descender del contenedor?
- ¿Cómo imaginas que trabaja el panel solar térmico? ¿Cómo se puede captar más eficientemente la radiación del Sol?
- ¿Es importante la orientación del panel solar térmico? ¿Por qué?
- ¿Por qué el contenedor se cierra herméticamente y se recubre de materiales aislantes?
- ¿Dirías que el calentador solar es un motor térmico? En ese caso, ¿cuál es la fuente de energía? ¿Cuál sería su eficiencia? ¿Y qué “mueve” este motor?

- Investiga cómo construir un calentador solar casero, qué materiales de bajo costo usar y cómo orientarlo según el lugar donde vives para obtener la mayor eficiencia. Plantea a tu familia la posibilidad de construir uno propio para reducir el gasto energético en tu hogar. ¡Que te diviertas construyéndolo!





La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) trabaja en un proyecto para enviar la nave espacial Orión a la órbita lunar en 2019 con el propósito de explorar el espacio. Se espera que en 2023 se lleven a cabo otras investigaciones en esta nave pero entonces con una tripulación de cuatro o seis astronautas.

¿Consideras que la investigación del espacio es algo útil y provechoso para la humanidad? ¿Qué tipo de tecnología usamos en la actualidad que tuvo como causa o consecuencia la investigación y los viajes espaciales?



# U3

## **Tema: Interacciones**

---

Secuencia 14. Corriente eléctrica y magnetismo

Secuencia 15. Electricidad y magnetismo: ondas electromagnéticas

## **Tema: Sistemas del cuerpo humano y salud**

---

Secuencia 16. Electricidad y temperatura en sistemas biológicos

Secuencia 17. Ciencia, tecnología y sociedad

## **Tema: Naturaleza macro, micro y submicro**

---

Secuencia 18. Física y conocimiento del Universo

## **Tema: Sistema Solar**

---

Secuencia 19. El Sistema Solar

## **Tema: Tiempo y cambio**

---

Secuencia 20. Origen y evolución del Universo

La electricidad, sus manifestaciones y sus aplicaciones. Manifestaciones de la electricidad.



Erupción del volcán Sakurajima, un volcán activo ubicado en la prefectura de Kagoshima, al suroeste de Japón.

1. En equipos lean el texto y contesten. Discutan y reflexionen sobre sus respuestas.

Observen en esta fotografía lo que parece ser una tormenta eléctrica sobre el cráter de un volcán. Esta espectacular exhibición de relámpagos no es causada por nubes de agua electrificadas. La generación de electricidad en el cráter de los volcanes aún es un misterio que maravilla e intriga a los científicos, aunque en la actualidad la teoría más aceptada afirma que los relámpagos los ocasionan cargas eléctricas estáticas originadas por la fricción de los fragmentos de roca y las cenizas expulsadas durante la erupción. Un fenómeno asombroso, ¿no crees?, y que se conoce como tormenta sucia.

- a) ¿Qué es la electricidad? ¿Qué fenómenos eléctricos conoces?

- b) ¿Cómo se produce la electricidad? ¿Qué entiendes por electricidad estática?

- c) ¿Qué es una descarga eléctrica?, ¿cómo se manifiesta?

- d) Además de apagar el motor y su cigarrillo, es común que a los conductores se les pida que apaguen el radio y no usen su teléfono móvil mientras recargan combustible. ¿Por qué la electricidad puede ocasionar incendios y otros accidentes? ¿Cuáles son los riesgos de la electricidad para el cuerpo humano?

- e) ¿Qué aplicaciones conoces de la electricidad? ¿Cómo sería la vida cotidiana sin electricidad?

- f) ¿Cómo se genera la electricidad que hace funcionar los aparatos eléctricos (el refrigerador y la licuadora, por ejemplo)?

## 2. Responde

a) ¿Qué es un imán?

b) ¿Qué es el magnetismo?, ¿cómo se genera?

c) ¿Por qué la aguja de una brújula siempre apunta hacia el norte?

◀ Magnetismo



Brújula magnética.

## 3. Marca verdadero o falso, según corresponda, en cada enunciado.

	V	F
Los motores eléctricos utilizan imanes o electroimanes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un electroimán es un imán que genera electricidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La orientación de una brújula no se afecta si la acercas a un aparato eléctrico como una plancha o una licuadora en funcionamiento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La orientación de una brújula sí se afecta si le acercas un imán.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los timbres de las puertas son ejemplos de electroimanes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

◀ Relación entre electricidad y magnetismo.

## 4. Selecciona la respuesta correcta.

a) Todo lo que sabemos acerca del Universo (su estructura y composición), así como lo que conocemos de los elementos que lo constituyen a gran escala (las galaxias, de qué están hechas y a qué distancia se encuentran), se ha descubierto gracias a...

- el calor y los rayos cósmicos que cruzan la atmósfera terrestre.
- el estudio de la composición química de los meteoritos que logran llegar a la superficie de la Tierra.
- La detección y el análisis de la luz y radiación que emiten.

b) ...es la teoría más aceptada sobre el origen y evolución del Universo.

- La teoría general de la relatividad.
- La teoría del estado estacionario.
- La teoría de la Gran Explosión (el *Big Bang*).

◀ Física y conocimiento del Universo.

## 5. Comparte tus respuestas con tus compañeros de grupo y válidenlas entre todos.



Describe, explica y experimenta con algunas manifestaciones y aplicaciones de la electricidad e identifica los cuidados que requiere su uso.  
 Analiza fenómenos comunes del magnetismo y experimenta con la interacción entre imanes.

## L1 Corriente eléctrica y magnetismo

### Inicio

1. Describe, explica y experimenta con algunas manifestaciones y aplicaciones de la electricidad e identifica los cuidados que requiere su uso. Analiza fenómenos comunes del magnetismo y experimenta con la interacción entre imanes.



A finales del siglo XVIII los fenómenos eléctricos se popularizaron en las altas esferas sociales de Europa debido, entre otras causas, a la famosa “botella de Leiden”. Este artefacto, inventado por **Pieter van Musschenbroek** (1692-1761), en la Universidad de Leiden, en los Países Bajos, consistía en una botella de vidrio llena de agua o de hojas de estaño rodeada de una hoja también de estaño. En su parte superior se colocaba un tapón con un alambre que hacía contacto con las láminas interiores. La parte exterior del alambre se cargaba eléctricamente y cuando se unía con la capa exterior de la botella mediante un objeto metálico, se recibía una fuerte descarga eléctrica.

Uno de los pasatiempos de aquella época era conectar la corona del rey a una botella de Leiden, de modo que si una persona quería tocarla recibía una descarga. Otro juego consistía en conectar la parte superior de la botella a una joven doncella y la parte exterior a un joven galán; así, cuando el mancebo besaba a la dama, brotaban chispas con la desagradable sensación de recibir una corriente eléctrica. También era costumbre que varias personas se unieran de las manos y las extremidades libres de los participantes de los extremos tocaban la botella, lo que provocaba un brinco de todos los participantes. Respondan en equipos.

- a) ¿Qué es la corriente eléctrica?, ¿cuál es su relación con la electricidad estática?
- b) ¿Qué usos tiene la corriente eléctrica?
- c) Construyan una botella de Leiden y verifiquen su funcionamiento.
- d) Compartan en grupo sus respuestas y resultados.

### Desarrollo

**Figura 3.1.** La generación de corriente eléctrica con las pilas de Volta dio paso a experimentos sin los cuales el desarrollo de la teoría eléctrica no habría sido posible.



### Conducción, el camino de la electricidad

En 1800 **Alessandro Volta** (1745-1827) mojó trapos con una solución salina y los colocó entre láminas circulares de dos metales diferentes de manera alternada, es decir, un pedazo de cobre, un trozo de trapo mojado, un pedazo de zinc, otro trozo de tela, etcétera, haciendo una pila; en los extremos de cobre y zinc de la pila conectó dos cables y en ellos obtuvo electricidad. Esta fue la primera **pila eléctrica** de la historia, llamada también **pila voltaica**; lo interesante del dispositivo es que no obtenía cargas estáticas, como las que estudiaste en la lección anterior, sino que se obtenía un flujo eléctrico, al que más tarde se le llamaría corriente eléctrica.

**Experimenta** El circuito eléctrico**Propósito**

Construir un circuito eléctrico y distinguir entre materiales conductores de la corriente eléctrica y materiales no conductores.

**Material**

Foco pequeño como el de las lámparas de mano de 1.5 V, de preferencia con sóquet; pila de 1.5 V cargada y una descargada; tres trozos de cable delgado de unos 15 cm de longitud cada uno con las puntas descubiertas (peladas); cinta adhesiva; objetos pequeños de distintos materiales.

**Procedimiento**

1. En equipo construyan un dispositivo como el que se muestra. Fijen con la cinta adhesiva los extremos de dos de los cables a las terminales de la pila cargada y el extremo libre de uno a un contacto del foco. Conecten un extremo del tercer cable al otro contacto del foco. Pongan en contacto los extremos libres de los cables y describan en su cuaderno qué sucede con el foco. ¿Obtendrían los mismos resultados si utilizaran la pila descargada? Hagan la prueba.
2. Coloquen los objetos, uno por uno, entre las terminales libres de los cables. Asegúrense de que ambas terminales hagan contacto con el objeto. Observen la segunda imagen.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Cuál es la relación entre la carga de la pila y los resultados del experimento?
- b) ¿Qué sucedió con el foco con cada objeto que colocaron entre los cables libres? Describan en su cuaderno cada situación.
- c) ¿Observaron alguna diferencia en el brillo del foco al conectarlo con diferentes materiales?
- d) Comparen los materiales que utilizaron con los que emplearon otros equipos, así como los resultados que obtuvieron.
- e) ¿Qué tienen en común los materiales con los que encendió el foco? ¿Qué tienen en común los materiales con los que no encendió?
- f) ¿Por qué algunos materiales reciben el nombre de conductores?
- g) ¿Qué son los aislantes de corriente eléctrica?
- h) En grupo clasifiquen en conductores y aislantes los objetos que usaron en el experimento. Propongan una definición para estos conceptos.
- i) Discutan también la relación entre la carga y la corriente eléctrica.



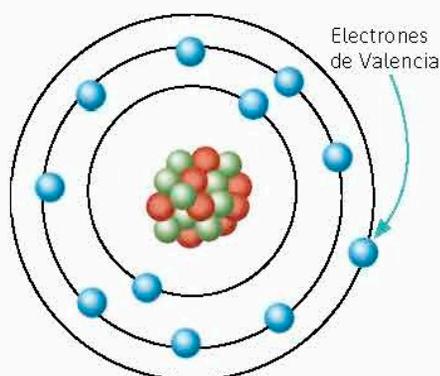
En la secuencia anterior estudiaste el concepto de carga relacionado con la electricidad. Cuando decimos que una pila está “cargada” nos referimos a la idea de “carga eléctrica”. Una pila cargada es aquella que tiene cargas eléctricas.

Todos los fenómenos relacionados con la electricidad parten del concepto de carga; se puede decir, entonces, que la electricidad proviene del estudio de las cargas o de los cuerpos cargados.

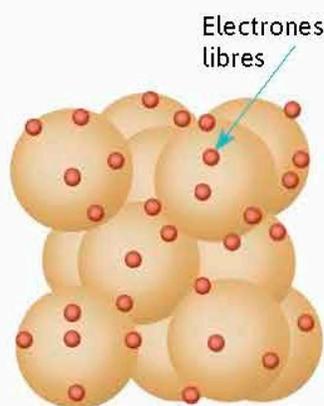
Como viste en el experimento anterior, existe una relación entre la “carga” de la pila, los cables y el foco. Si al conectar las terminales de una pila cargada a los extremos de un foco (mediante los cables), éste enciende, se dice que se ha formado un **circuito cerrado**, pero si el foco no enciende (debido, por ejemplo, a que los cables no se unen), se dice que hay un **circuito abierto**.

¿Qué sucedió al usar una pila descargada? ¿Es el hecho de que la pila esté cargada la causa de que el foco encienda? El foco enciende porque por él pasa una **corriente eléctrica**, es decir, pasan cargas en movimiento. ¿Qué relación existe entre esas cargas y la carga de la pila?

¿Todos los materiales permiten el paso de la corriente eléctrica? En el experimento observaste que algunos materiales permiten mejor el paso de la corriente eléctrica, en general, los metales. Estos materiales se conocen como **conductores**, pero no todos los materiales conducen igual la electricidad; algunos son mejores conductores que otros. Los materiales que impiden el paso de la corriente eléctrica se llaman **aislantes**. ¿En el experimento qué materiales fueron conductores y cuáles aislantes? ¿Conoces materiales que conduzcan mejor la electricidad que otros? ¿Cómo los identificas?



**Figura 3.2.** En el modelo atómico de Bohr los electrones de valencia son los electrones menos ligados al núcleo.



**Figura 3.3.** Representación de un conjunto de átomos (de oro) y sus electrones libres (de color rojo).

### Movimiento de electrones, una explicación para la corriente eléctrica

Para comprender un poco más los fenómenos derivados de la electricidad, nada mejor que retomar el modelo atómico. Según el modelo atómico de Bohr, que ya vimos, los electrones que se ubican cerca del núcleo atómico son fuertemente atraídos por él; no así los que están más alejados. A estos últimos se les conoce como **electrones de valencia** (figura 3.2).

Todos los materiales están hechos de átomos, pero no se acomodan en ellos de la misma manera. En los metales, los átomos constituyen estructuras regulares con formas similares a la de cubos, prismas hexagonales, icosaedros, etcétera (figura 3.3). En estas estructuras los electrones de valencia pueden llegar a moverse libremente entre los átomos (**electrones libres**) y son los responsables de lo que se denomina **corriente eléctrica**, la cual se entiende como el movimiento de cargas o electrones libres. Por ello esos materiales reciben el nombre de conductores, pues tienen facilidad de conducir electricidad.

Si todos los metales poseen electrones libres, entonces, ¿por qué no sentimos una corriente eléctrica cuando tocamos un objeto metálico? Esto se debe a que cuando los electrones de valencia no están conectados a una batería o al contacto eléctrico de una casa, se mueven en distintas direcciones en forma azarosa, pero una batería o un contacto eléctrico hacen que se muevan en direcciones definidas.

Así, la corriente eléctrica es resultado de un flujo de electrones libres que se mueven en una misma dirección. Por otra parte, los materiales aislantes, como el plástico, no poseen electrones libres, por lo que no generan corrientes eléctricas, pero cuando son electrizados, las cargas (exceso o defecto de electrones) permanecen en él, lo que explica los fenómenos de atracción o de repulsión electrostática.

### Voltaje y dirección de la corriente

¿Cómo se logra que los electrones libres vayan en una misma dirección?; es decir, ¿qué hace que circule corriente por un conductor? Al encender el televisor o prender un foco, una corriente eléctrica pasa por los circuitos que están en su interior. ¿En qué momento comienza a fluir la corriente? Cuando los conectamos a una fuente de energía: un contacto eléctrico, un generador eléctrico o una pila y cerramos el circuito, lo que se logra al oprimir el botón de encendido. Tomemos el caso de la pila; el principio del funcionamiento es el de la **pila de Volta**: dos conductores de distinto material están en contacto con una sustancia química conductora. Cuando esa sustancia reacciona con los conductores, en uno de ellos se produce una acumulación de electrones y en el otro extremo se acumulan átomos con deficiencia de electrones, por lo que tendrán carga positiva. Recuerda que las cargas positivas atraen cargas negativas y viceversa. Por ello, cuando un conductor metálico se conecta a las terminales de la pila, la fuerza electrostática en las terminales provoca el movimiento de los electrones libres del conductor (figura 3.5).

Aquí entra el concepto de **diferencia de potencial o voltaje**, que es una medida de la capacidad de una fuente de energía eléctrica de impulsar electrones a lo largo de un conductor; su unidad de medida es el volt (V) en honor a Alessandro Volta. En las tomas de corriente también existe una diferencia de potencial entre sus terminales. Todos los aparatos eléctricos funcionan mediante el transporte de electrones o cargas eléctricas, es decir, por medio del paso de corriente. Cuando enciendes un aparato eléctrico, en sus circuitos internos de inmediato se establece un flujo de electrones. El voltaje que induce el movimiento de electrones proviene de los contactos eléctricos o de las baterías con las que funcionan; entre mayor es el voltaje mayor será la energía con la que se mueven los electrones. Así, por ejemplo, un voltaje de 120 volts indica que los electrones requieren una energía de 120 joules por cada coulomb de carga para moverse y para que el aparato funcione de manera adecuada.

#### Conoce más

En la dirección electrónica <http://www.edutics.mx/w8r> encontrarás la animación del funcionamiento de una pila. (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

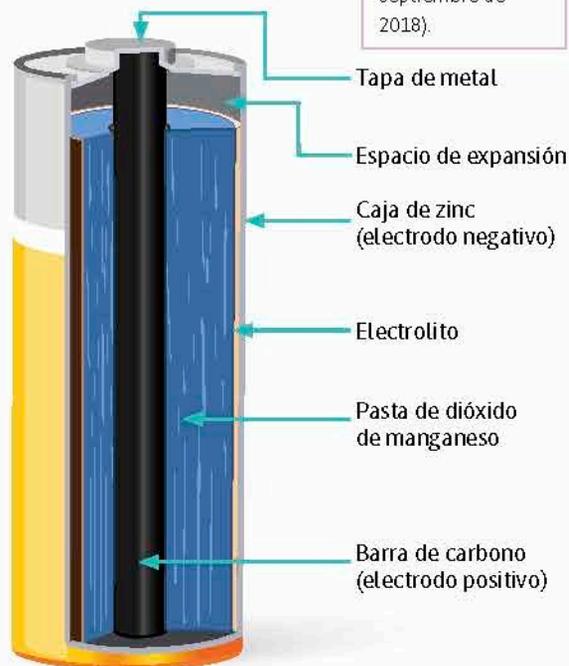


Figura 3.4. Esquema del funcionamiento de una pila común.

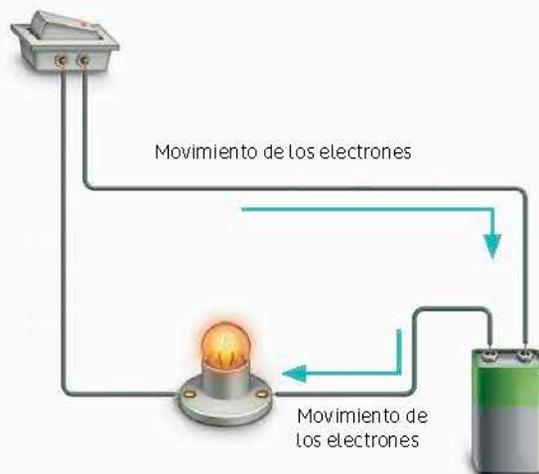


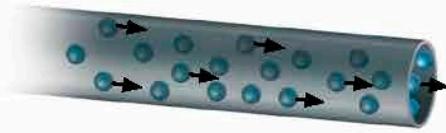
Figura 3.5. Dirección de movimiento de los electrones en un circuito eléctrico.

La corriente se puede calcular a partir de la cantidad de carga que atraviesa por el conductor en determinado tiempo, esto es:

$$i = \frac{q}{t},$$

donde  $i$  es la intensidad de corriente;  $q$ , la carga total, y  $t$ , el tiempo.

La unidad de la corriente es el **ampere (A)**, llamado así en honor al físico francés **André Marie Ampère** (1775-1836), quien hizo importantes aportaciones a la teoría electromagnética. Un ampere es el flujo de un coulomb de carga que circula en un conductor en un segundo.



**Figura 3.6.** Representación del movimiento de los electrones dentro de un conductor metálico cilíndrico (un cable).

### Calcula

1. Cuando decimos “carga total” nos referimos a toda la carga que cruza determinada área transversal del conductor; si éste es cilíndrico, como en el caso de un alambre, el área es un círculo.
  - a) Si en un segundo cruzan dos electrones por el área transversal de un conductor, ¿cuál es la carga total? (Para realizar tus cálculos considera que la carga eléctrica de un electrón es de  $1.6 \times 10^{-19}$  C).
2. Supón que en un alambre conductor con forma cilíndrica circula una corriente de 2 amperes.
  - a) ¿Cuál es la cantidad de carga que atraviesa una sección transversal del alambre en un segundo?
  - b) ¿Cuántos electrones la atraviesan en un segundo?



**Figura 3.7.** A pesar de no ser buenos conductores, en ciertas condiciones el aire y el agua también pueden conducir electricidad, algunas veces en forma peligrosa.

### Cuidados con el uso de la electricidad

Es importante saber que, a pesar de que la electricidad es un fenómeno maravilloso y apasionante, también es muy peligroso debido a que, conforme se manejan voltajes y corrientes altos, la cantidad de carga en movimiento y la energía dentro de un conductor, también es mayor; esto hace peligrosos a materiales, como el cobre y el hierro, cuando en ellos hay corrientes o voltajes muy altos por lo que en estas circunstancias deben manipularse con mucho cuidado.

No sólo los metales son conductores de electricidad; sustancias como el agua y el aire, en ciertas condiciones, conducen la electricidad, aunque no son tan buenos conductores como los metales; no obstante, esa capacidad de conducir la electricidad los hace peligrosos. En una tormenta eléctrica, por ejemplo, las cargas pueden pasar de las nubes a tierra por la capacidad de aire húmedo de conducir electricidad. Un rayo en una de estas tormentas puede tener un voltaje de hasta 300 000 volts y generar una corriente de hasta 200 000 amperes, algo extremadamente grande sabiendo que, por ejemplo, en una persona un voltaje mayor a 60 volts y una corriente mayor a 4 amperes llega a tener consecuencias letales.

**Experimenta** La resistencia eléctrica**Propósito**

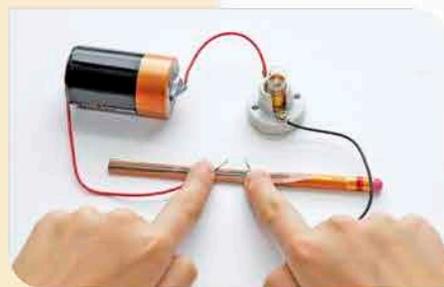
En esta actividad observarán los efectos de la longitud de una mina de grafito, su resistencia eléctrica y la intensidad de corriente que circula en un circuito.

**Material**

Circuito eléctrico de la actividad anterior y la mina de grafito de un lápiz.

**Procedimiento**

1. Coloquen los extremos libres de los cables del circuito en los extremos de la mina del lápiz. ¿Enciende el foco?
2. Deslicen lentamente uno de los cables sobre la mina, acercándolo a la punta del otro cable sin que se toquen, y observen el foco.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) Sabemos que el foco enciende cuando una corriente eléctrica pasa a través de él; entonces, ¿qué le sucede a la corriente eléctrica al pasar por la mina?
- b) ¿Qué efectos tiene la distancia a la que colocan los cables sobre la mina en la intensidad de la corriente eléctrica?
- c) Comparen en grupo sus resultados y respondan: ¿la mina de grafito es un conductor o un aislante? Expliquen su respuesta.

Anteriormente distinguimos entre materiales conductores y aislantes de corriente eléctrica y comentamos que los conductores permiten el paso de una corriente eléctrica y los aislantes no. ¿La mina del lápiz es un conductor o un aislante? Como observaste en el experimento anterior, al modificar la longitud de la sección de la mina, en cuyos extremos se conectan los cables, también cambia su capacidad de conducción; es decir, para la corriente eléctrica es más difícil llegar al foco a medida que la longitud de la mina se incrementa. La propiedad de los objetos de impedir el paso de la corriente eléctrica se conoce como **resistencia eléctrica**.

La resistencia eléctrica en un metal es resultado de las colisiones de los electrones libres con los átomos cuando circula una corriente: a mayor número de choques mayor resistencia, y esos choques provocan un incremento en la temperatura del material.

La resistencia eléctrica tiene innumerables aplicaciones en la electrónica. Si observas el interior de un aparato electrónico, verás pequeños dispositivos cilíndricos con marcas de colores (figura 3.8); son las llamadas resistencias, cuya función es regular el paso de corriente en ciertos lugares del circuito.



Figura 3.8. Resistencias eléctricas de uso comercial.

1. De nuevo en equipo analicen la situación inicial y discutan las preguntas.
2. ¿Cómo hicieron su botella de Leiden? ¿Cómo funciona? ¿Cómo comprobaron su funcionamiento?

Cierre

## L2 Electromagnetismo

### Inicio



La brújula es un instrumento antiguo que se utilizaba y aún se usa en la navegación.

Una brújula es un instrumento de orientación con cientos de años de existencia y, al parecer, se inventó en la antigua China. La brújula está formada por una aguja magnética con libertad para girar en un soporte o suspendida en un medio líquido, y tiene la peculiaridad de que siempre apunta hacia el norte; independientemente de hacia dónde caminemos con una brújula o en dónde nos encontremos, ésta siempre apunta hacia la misma dirección.

En equipos discutan las siguientes preguntas.

- ¿Alguna vez han experimentado con imanes? ¿Qué tipo de interacciones se presentan entre dos imanes?
- ¿Por qué la aguja de la brújula siempre apunta hacia la misma dirección?
- ¿En qué circunstancias la aguja de una brújula puede cambiar su orientación?
- Si pusieras dos brújulas juntas, ¿seguirían apuntando hacia el norte? ¿Por qué?
- ¿Qué otros instrumentos emplean imanes para su funcionamiento?
- Comparen sus respuestas con las de sus compañeros y válídenlas.

### Desarrollo

## Interacción magnética, los imanes

### Experimenta Imanes

#### Propósito

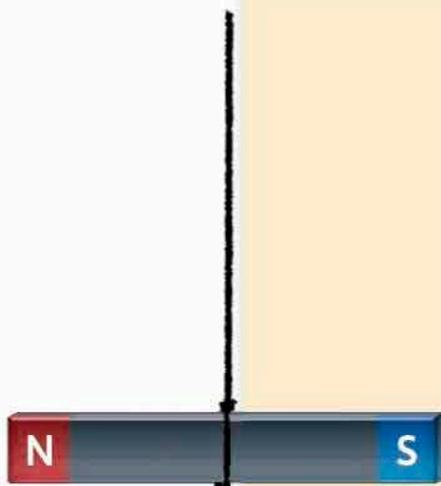
Analizar el comportamiento de los imanes.

#### Material

Dos imanes de barra y otros con diferentes formas y tamaños, hilo, brújula, varios objetos de distintos materiales (metales, plásticos, etcétera).

#### Procedimiento

- En equipos acerquen los diferentes objetos, uno a uno, a los imanes y registren sus observaciones.
- Acerquen entre sí los imanes de barra desde distintas posiciones y anoten los efectos que observen entre ellos.
- Aten a un imán de barra un trozo de hilo exactamente a la mitad de modo que quede balanceado. Permitan que penda del hilo y se mueva libremente. Observen la orientación que adquiere y compárenla con la de la brújula y la ubicación del norte geográfico. ¿Qué observan?
- Etiqueten el extremo del imán que se orienta hacia el norte con la letra N y el extremo opuesto con la letra S.
- Repitan los pasos anteriores con el otro imán.



6. Acerquen entre sí los imanes por las partes que etiquetaron y registren sus observaciones.
7. Acerquen los otros imanes a uno de los imanes de barra etiquetados y determinen sus polos norte y sur.
8. Partan con cuidado a la mitad un imán de barra y determinen cuántos polos tiene cada pedazo.

### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Qué tipo de materiales atraen los imanes?
- b) Los extremos de los imanes se denominan polo norte y polo sur; ¿por qué reciben ese nombre?
- c) ¿Qué ocurre cuando dos imanes se acercan por sus polos iguales? ¿Y si se acercan por sus polos diferentes?
- d) ¿Todos los imanes tienen dos polos?
- e) ¿Cuántos polos tiene cada pedazo de imán después de partirlo? Si volvieran a cortar cada pedazo, ¿cuántos polos tendrían esos trozos?
- f) Compartan sus respuestas con sus compañeros de grupo y complementéntenlas. Escriban una conclusión grupal sobre las propiedades de los imanes.

Los imanes tienen la propiedad de atraer objetos metálicos (en especial de hierro), y cuando un imán se coloca cerca de otro, ambos experimentan fuerzas que los acercan o alejan entre sí. Esa propiedad se llama **magnetismo**. Un imán tiene dos **polos**, es decir, dos zonas donde las fuerzas de atracción o de repulsión magnética son más intensas. Un imán se comporta como una brújula (en otras palabras, una brújula es un imán), de manera que si siempre se pudiera mover libremente, uno de sus polos apuntaría hacia el norte geográfico de la Tierra, por lo que recibe el nombre de **polo norte**, y el **polo sur** del imán apuntaría hacia el sur geográfico. Los imanes poseen la peculiaridad de que sus polos opuestos “conviven” en el mismo imán; es decir, no están separados. Al cortar un imán, se crean dos imanes, cada uno con su propio polo norte y su polo sur, y así sucesivamente puedes seguir partiéndolos y jamás lograrás separar los polos de manera independiente.

### Campo magnético

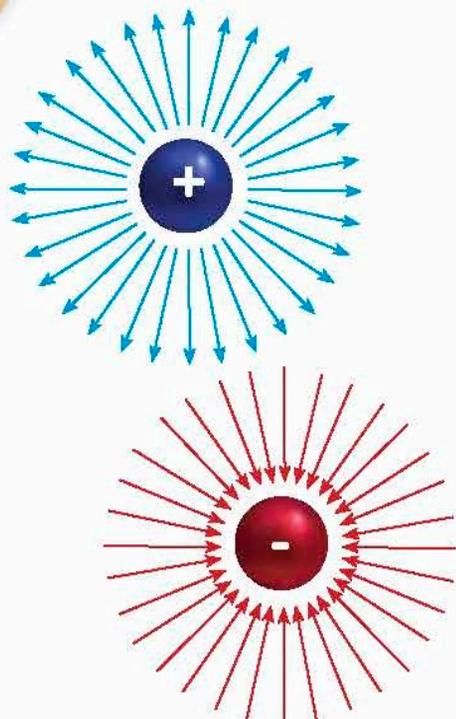
¿Cuál es el origen de las fuerzas magnéticas? En la secuencia 4 dijimos que una fuerza siempre es la causante de que un cuerpo cambie su estado de movimiento; así, cuando una pelota rueda por el piso, lo seguirá haciendo a menos que una fuerza la detenga (por ejemplo, la fuerza de fricción entre la pelota y el piso) o alguien la desvíe (por ejemplo, con una patada). Como recordarás, a estas fuerzas en que los cuerpos tienen contacto físico se les llama, justamente, fuerzas de contacto. También sabes que existe otro tipo de fuerzas en las que no se requiere contacto físico; éstas se denominan fuerzas de acción a distancia o fuerzas de campo.



Figura 3.9. Representación de los polos de un imán.



Figura 3.10. Representación del campo gravitatorio de la Tierra. Las líneas indican la dirección en la que actuaría la fuerza de gravedad sobre cualquier objeto a su alrededor.



**Figura 3.11.** Representación del campo eléctrico en las cargas positiva (azul) y negativa (roja). Las flechas indican la dirección de movimiento que tendría una carga positiva en la cercanía de éstas.

Una fuerza de campo que ya conoces bien es la gravedad. Si sostienes en una mano una manzana, entre la manzana y la Tierra no hay contacto físico, pero una fuerza “jala” a la manzana hacia abajo: si la sueltas, caerá al suelo. Como sabes, lo que atrae a la manzana es la fuerza de gravedad, la cual actúa en todos los puntos alrededor de la Tierra; al conjunto de esos puntos se le llama campo gravitatorio o campo de gravedad (figura 3.10). Aunque no puedes tocarlo ni tomarle una fotografía, ahí está, invisible como el aire. Todo aquello que tenga masa tiene un campo de gravedad capaz de atraer a otros objetos; entre mayor sea la masa, más grande será su campo de gravedad.

Las fuerzas que provocan que las cargas eléctricas se atraigan o se repelan también son de acción a distancia y de la misma manera que la masa tiene un campo gravitatorio a su alrededor, las cargas generan un campo eléctrico. El campo eléctrico de una carga positiva puede representarse con flechas que emergen o salen de la carga, y para el caso de una carga negativa, las flechas se dirigen hacia la carga (figura 3.11). Dos cargas eléctricas iguales se repelen mutuamente; en cambio, dos cargas diferentes se atraen; esto se manifiesta en la forma en que sus campos eléctricos o líneas de campo interactúan.

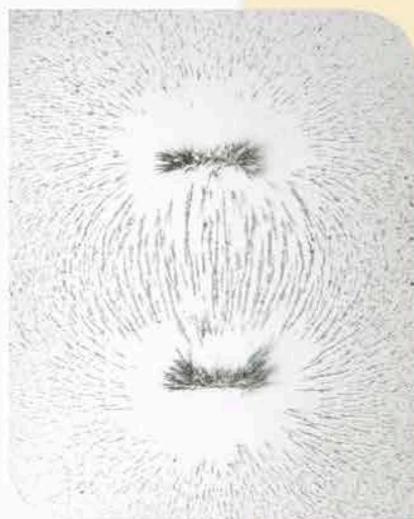
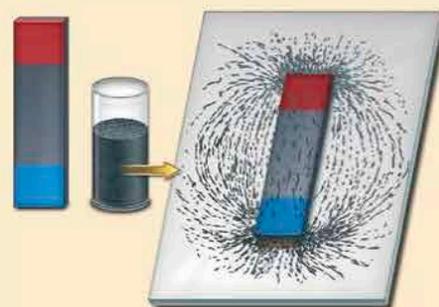
### Experimenta Campo magnético

#### Propósito

Observar el campo magnético.

#### Material

Dos imanes de barra, limadura de hierro (puedes conseguirla en las tlapalerías o herrerías), hojas de papel.



#### Procedimiento

1. Coloca un imán debajo de una hoja de papel.
2. Deja caer las limaduras de hierro encima de la hoja.
3. Dibuja cómo se distribuyen sobre la hoja las limaduras de hierro.
4. Ahora coloca debajo de otra hoja, sin que se toquen, los dos imanes acercando los polos opuestos (¿cómo puedes localizarlos?). Pon limadura de hierro sobre la hoja y dibuja en tu cuaderno la forma en la que ésta se distribuye.
5. Coloca debajo otra hoja de papel los dos imanes aproximando sus polos iguales lo más posible.
6. Deja caer las limaduras sobre la hoja de papel y dibuja cómo se distribuyen.

### Análisis de resultados y conclusiones

- ¿La distribución de las limaduras es uniforme cuando se colocan sobre los imanes?
- ¿La distribución de las limaduras de hierro es la misma en los tres casos?
- ¿Qué relación puede existir entre los polos del imán y la distribución de las limaduras? ¿Por qué crees que ocurra así?
- ¿En qué caso las líneas que forman las limaduras de hierro parecen unirse entre uno y otro imán, y cuándo estas líneas parecen separarse?
- De acuerdo con la forma en que se distribuyen las limaduras, ¿cuándo podríamos decir que existe atracción y cuando repulsión?
- La interacción entre los imanes es un tipo de fuerza; ¿cómo lo saben?
- Compartan en grupo sus respuestas y valídenlas.

### Portafolio

Puedes agregar tinta a tus arreglos con limaduras e ilustrar así los campos magnéticos. Guarda tus ilustraciones en tu portafolio de evidencias.

Al igual que las masas y las cargas, los imanes están rodeados por un campo magnético que origina los fenómenos magnéticos (figura 3.12a). Por **convención**, las líneas del campo magnético se representan con líneas que emergen del polo norte y entran al polo sur. Si acercamos los imanes por sus polos opuestos, sus campos magnéticos interactúan y se suman, de manera que experimentan una fuerza de atracción mutua (figura 3.12b). Cuando tratamos de unir dos imanes por sus polos norte, los campos magnéticos se rechazan mutuamente (jamás se unirán o sumarán) y “sentirán” una fuerza que los obliga a repelerse entre sí, como sucede con las cargas positivas. ¿Qué sucederá con las líneas del campo magnético de dos imanes si intentamos unirlos por su polo sur? (figura 3.12c).

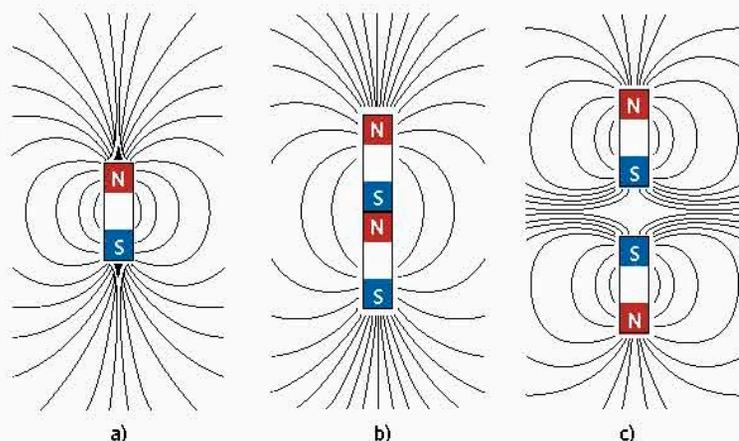


Figura 3.12. Representación del campo magnético. a) Un imán de barra. b) Las líneas de campo magnético se suman para polos opuestos y c) Polos iguales se rechazan.

### Glosario

#### Convención.

Acuerdo o práctica aceptada por un grupo, institución empresa o país.

### Pistas para mi proyecto

Los conceptos y fenómenos de la electricidad y el magnetismo pueden ser muy interesantes para desarrollar un proyecto, ¿no lo crees?

## Campo magnético terrestre

### Experimenta Campo magnético terrestre

#### Propósito

Observar el campo magnético terrestre mediante una analogía con un imán esférico.

#### Material

Brújula pequeña e imán esférico.

#### Procedimiento

- En parejas identifiquen los polos del imán.
- Acerquen la brújula desde diferentes posiciones alrededor del imán y observen cómo se orienta.



### Análisis de resultados y conclusiones

- ¿Cómo se orienta la brújula en sus distintas posiciones alrededor del imán?
- Comparen su respuesta con la de otras parejas y representen las líneas del campo magnético para el imán esférico. Incluyan la posición del polo norte y sur magnético. Relacionen lo que observan con el campo magnético terrestre.

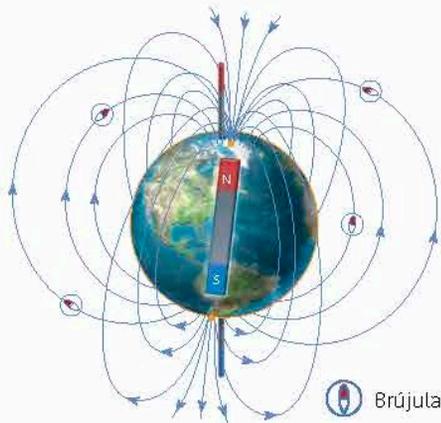


Figura 3.13. Representación del campo magnético terrestre.

¿Por qué las brújulas siempre apuntan al norte? ¿La brújula es un imán?, ¿cómo lo sabes? Hemos visto que los imanes interactúan con algunos materiales, como el hierro, y también con otros imanes. Así, cuando la brújula se orienta al norte, en realidad interactúa con un imán gigantesco: el planeta Tierra. En efecto, nuestro planeta se comporta como un enorme imán con sus polos norte y sur propios, y las brújulas se orientan de acuerdo con las líneas del campo magnético que genera (figura 3.13).

¿En qué parte del planeta quedaría el polo magnético norte de la Tierra? ¿En qué parte el polo sur magnético? ¿Por qué?

Cabe señalar que los polos magnéticos de la Tierra no coinciden exactamente con los polos geográficos y su ubicación no ha sido constante a lo largo del tiempo, sino que cambian en forma

#### Conoce más

En la siguiente dirección electrónica encontrarás la animación de una brújula en el campo magnético terrestre. <http://www.edutics.mx/w8H> (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

frecuente de lugar, aunque de manera muy lenta, y por eso no lo notamos. En la actualidad el polo norte magnético se encuentra a uno 1600 km del polo norte geográfico, cerca de la isla de Bathurst en Canadá.

### Usos de la electricidad y el magnetismo

Los fenómenos de la electricidad y el magnetismo son tan comunes que casi no nos percatamos de su relevancia en nuestra vida cotidiana. Desde cargar un teléfono celular o encender cualquier aparato hasta su uso en la industria, la electricidad ha sido fundamental para la tecnología y la dinámica social. Asimismo, el magnetismo ha encontrado diversas aplicaciones: tarjetas bancarias, sistemas antirrobo en centros comerciales, tecnología de resonancia magnética para la detección de tumores cancerosos, trenes de levitación magnética, etcétera.

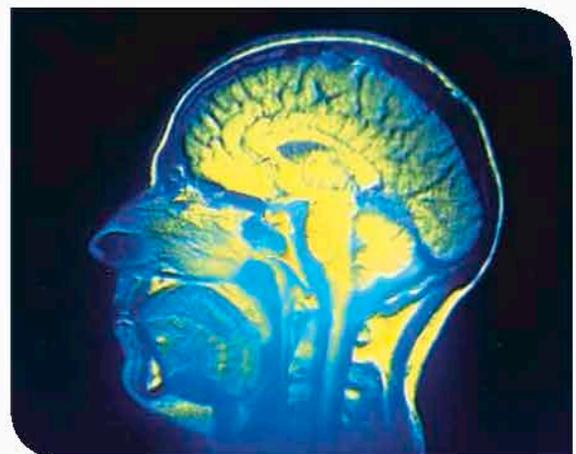


Figura 3.14. La resonancia magnética consiste en campos magnéticos de alta intensidad que permiten conocer la constitución de órganos y tejidos en el cuerpo humano.

## El mundo sin la electricidad y sin el magnetismo

El 9 de noviembre de 1965 se recordará en la historia de Estados Unidos de América, pues más de 35 millones de personas se quedaron de repente sin energía eléctrica. La ciudad y estado de Nueva York y otros cuatro estados de ese país vivieron alrededor de 12 horas sin electricidad. Seguro en tu casa se ha ido la luz; ahora imagina que no sólo tu colonia se queda sin energía eléctrica, sino toda la entidad a la cual pertenece tu localidad y por la noche no ves una sola luz encendida. Esto fue lo que pasó en Estados Unidos de América; los comercios y las fábricas dejaron de funcionar y millones de trabajadores cesaron sus actividades. Incluso la seguridad se volvió vulnerable; al llegar la noche, los problemas aumentaron aún más: delincuencia, asaltos, saqueos a comercios, abusos, crímenes... La ciudad estuvo al borde del caos. ¿Qué consecuencias tendría la falta de electricidad en tu casa, en tu localidad o en tu entidad?

También podemos analizar la importancia del magnetismo en nuestra existencia. El que el magnetismo no existiera va más allá de los usos cotidianos que se le da y de favorecer nuestra vida diaria. Sin el magnetismo de la Tierra, la vida simplemente no sería posible. Se puede decir que para nuestro planeta el campo magnético es un escudo protector de la radiación solar: Así, una disminución en el campo magnético traería consecuencias devastadoras para la especie humana: aumentarían las muertes por cáncer al haber más radiación, las tormentas solares originarían severos cambios en el clima y colapsarían las redes de electricidad y comunicaciones. ¿Te habías imaginado alguna vez la importancia del campo magnético terrestre?

Vemos de esta manera que ambos, la electricidad y el magnetismo, son fenómenos que no sólo facilitan la vida humana, sino que hasta tienen la tarea de preservarla.

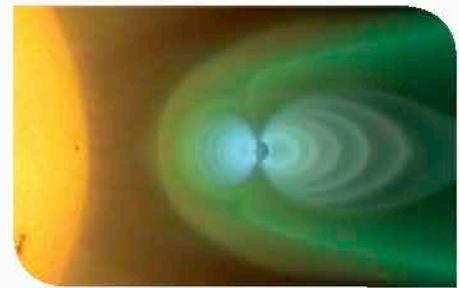
- Ahora tienes los conocimientos suficientes para contestar las preguntas de la situación inicial. Adicionalmente responde:
  - ¿Conoces materiales que no son magnéticos, pero que pueden llegar a serlo? ¿Por qué crees que sea posible?
  - ¿Cómo se fabrican actualmente los imanes sintéticos?

### Piensa y sé crítico

¿Cómo explicas el funcionamiento de un sistema antirrobo de las tiendas de centros comerciales sabiendo que esos dispositivos son arcos metálicos que generan un campo magnético y que a los productos de consumo se les coloca una pequeña banda magnética?



**Figura 3.15.** La electricidad está en todas partes: en las casas, las calles, los edificios, las escuelas... Hoy día es tan indispensable que no tenerla complica la dinámica social.



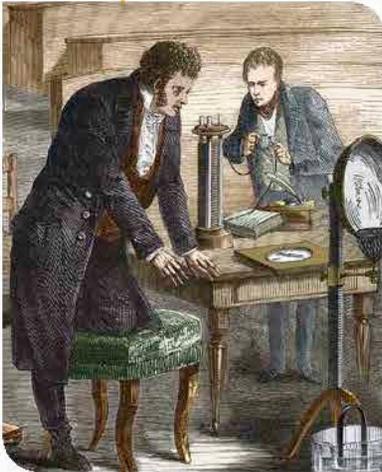
**Figura 3.16.** Sin el campo magnético, las tormentas solares afectarían catastróficamente la vida en la Tierra.

Cierre

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

## 11 Relación entre electricidad y magnetismo

### Inicio



En el siglo XIX era bien conocido que cuando en las cercanías de una embarcación caía un rayo, las brújulas se desorientaban, es decir, dejaban de apuntar hacia el norte. También se sabía que los objetos metálicos, como cucharas y tenedores, se imantaban si cerca de ellos caía un rayo.

Después de que Volta diseñara su famosa “pila”, maestros y filósofos de la naturaleza de ese tiempo hacían sus propias pilas y las utilizaban en experimentos eléctricos. En 1820 **Hans Christian Oersted** (1777-1851), químico, farmacéutico, médico y físico danés, había dejado una brújula en su escritorio y, mientras daba una clase a sus alumnos conectó un cable a una pila de Volta, sorprendido observó que la aguja dejaba de apuntar hacia el norte. Atónito, volvió a conectar el cable y el fenómeno se repitió.

Respondan en equipo. Registren sus respuestas en su cuaderno.

- En la secuencia anterior observaron que una brújula es en realidad un imán; ¿qué tipo de objetos se afectan o interactúan con un imán?
- ¿Cuál era la causa de los fenómenos descritos en esta sección?
- ¿Podrían afirmar que entre la electricidad y el magnetismo existe una relación? Justifiquen su respuesta.
- Reúnan en grupo sus respuestas y opiniones y propongan una hipótesis para explicar los fenómenos descritos.

### Desarrollo

## La corriente eléctrica y el magnetismo

En esta sección estudiaremos la estrecha relación entre el magnetismo y la corriente eléctrica. Como vimos, el primer experimento en el que se puso de manifiesto la relación entre estos dos fenómenos lo realizó el científico danés Hans Christian Oersted.

### Conoce más



Observa una simulación del experimento de Oersted en la siguiente dirección electrónica.  
<http://www.edutics.mx/w8j>  
(Consulta: 18 de septiembre de 2018).

### Experimenta El experimento de Oersted

#### Propósito

Realizar un experimento parecido al de Oersted, en el que, a partir de la presencia de corrientes eléctricas en un conductor se observará el efecto sobre la aguja de una brújula y limaduras de hierro.

#### Material

Dos pilas de 1.5 V, cable sin aislante en los extremos, brújula, limadura de hierro, cinta adhesiva.

**Procedimiento**

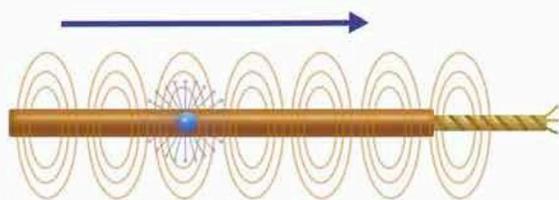
1. En equipos acerquen la brújula al alambre y observen lo que sucede.
2. Coloquen la parte central del cable sobre la brújula y conecten sus extremos a la pila durante lapsos breves. ¿Qué ocurre?
3. Inviertan la polaridad de la pila y repitan el paso anterior. ¿Qué observan?
4. Coloquen el cable sobre la mesa de trabajo y sobre él una hoja con limadura de hierro. Conecten de nuevo el cable a la pila durante lapsos breves y observen la limadura. Describan en su cuaderno lo que sucede.
5. Conecten el polo positivo de una pila con el polo negativo de la otra. Fíjenlas con cinta adhesiva.
6. Repitan los pasos 2 y 4, pero ahora conecten el cable al arreglo de las pilas.
7. Describan en su cuaderno sus observaciones; incluyan dibujos y esquemas.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Qué sucede con la aguja de la brújula cuando la acercan al alambre desconectado?
- b) ¿Cómo se comporta la aguja cuando colocan la brújula debajo del cable y conectan éste a la pila?
- c) ¿Qué diferencias identifican en la desviación de la aguja al conectar el cable a una o a dos pilas? ¿Y cuando invierten la polaridad?
- d) ¿Qué semejanzas y diferencias encuentran entre la forma en que se acomoda la limadura de hierro en este experimento y en el de la secuencia anterior?
- e) ¿Qué propiedad piensan que tiene el alambre conectado a las pilas que provoca el movimiento en la aguja de la brújula y los cambios en la limadura de hierro?
- f) ¿Cómo explican el comportamiento de la aguja en función de los campos magnéticos? Justifiquen sus respuestas.
- g) Compartan sus respuestas en grupo y escriban una conclusión conjunta en su cuaderno.

En el experimento, al acercar la brújula al alambre (por el que circula una corriente eléctrica) se produce un efecto similar al que tendríamos si acercamos un imán a la brújula debido a la interacción de sus campos magnéticos (recuerda que la aguja también está magnetizada). ¿Cuál es entonces la causa de que interactúen la corriente eléctrica y la aguja de la brújula?

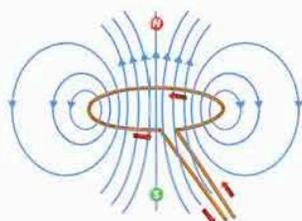
Esta pregunta tiene respuesta en la teoría atómica. Un principio básico del magnetismo es que toda carga en movimiento produce un campo magnético; así, si una carga eléctrica está en reposo, genera un campo eléctrico, pero en cuanto comienza a moverse, además produce un campo magnético. Del experimento de Oersted sabemos que existe una corriente eléctrica y, por tanto, cargas en movimiento (electrones) que generan campos magnéticos. En otras palabras, todo conductor por el que circula una corriente tiene un campo magnético asociado (figura 3.17).



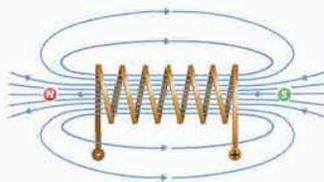
**Figura 3.17.** Una carga sin movimiento sólo genera campo eléctrico. Si la carga se mueve, entonces genera campo eléctrico y magnético.



**Figura 3.18.** Regla de la mano derecha para determinar la dirección de un campo magnético generado en un conductor.



**Figura 3.19.** En una espira, por donde circula una corriente, se crea un campo magnético.



**Figura 3.20.** En una bobina, el campo magnético es más intenso en el interior.

Para un alambre recto, la dirección del campo es circular alrededor del mismo; es fácil imaginarlo si usamos la “regla de la mano derecha”: conoces muy bien la dirección de los electrones en la corriente eléctrica de un alambre y sabes que éstos salen del polo negativo y se dirigen al polo positivo de una fuente de voltaje. Imagina que tomas el alambre con tu mano derecha, como si sostuvieras un vaso, y apuntas tu pulgar en la dirección de la corriente. Todos tus dedos, a excepción del pulgar, indicarán la dirección en la que el campo magnético apunta formando círculos alrededor del alambre (figura 3.18). Diseña un experimento para mostrarlo.

Ahora, si en vez de sostener recto el alambre le das una vuelta formando una circunferencia (circuito circular), la corriente que circula formará el campo magnético en forma de semicírculos que entran y salen del circuito, como muestra la figura 3.19. Para entender esto haz con tus dedos lo mismo que en el caso anterior: sigue con tu pulgar la dirección de la corriente. A

un alambre que forma una circunferencia y que transporta corriente se le llama **espira**. Si enredas el alambre en forma de hélice haciendo una bobina, al circular la corriente, el campo magnético será muy intenso en el interior, y en el exterior será más débil (figura 3.20). Entre más vueltas tenga el alambre más grande será el campo magnético. ¿Por qué?

### Experimenta La brújula y los campos magnéticos

#### Propósito

Observar algunos efectos que distintos objetos tienen en una brújula.

#### Material

Brújula, diferentes objetos, incluyendo aparatos eléctricos y electrónicos.

#### Procedimiento.

1. Realiza la actividad en casa. Acerca la brújula a los distintos objetos, incluyendo aparatos que funcionan con electricidad cuando están apagados y cuando están en funcionamiento. Describe tus observaciones.

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Cerca de qué objetos la aguja de la brújula se desvía de su posición original?
- b) ¿Podrías decir que los materiales o los objetos con los que la brújula se mueve poseen propiedades magnéticas? ¿Por qué?
- c) Relaciona el movimiento de la brújula con los conceptos de campo magnético e interacción. ¿Podrías afirmar que algunos objetos a los que acercaste la brújula producen un campo magnético? Si tu respuesta es afirmativa, contesta: ¿qué tienen en común esos objetos para generar el campo magnético?
- d) Discute con tus compañeros estas preguntas y anoten sus conclusiones.

## El electroimán y el electromagnetismo

### Experimenta El electroimán

#### Propósito

En este experimento construirán un imán un tanto distinto de los que conocen.

#### Material

Pila de 1.5 V tipo D, clavo de 2 pulgadas de longitud, diversos objetos pequeños (algunos deben ser de hierro o acero: clips, alfileres, clavos, etcétera), cúter, 50 cm de cable aislado delgado de cobre (o de cable para embobinar).

#### Procedimiento.

1. En equipo, con mucho cuidado, quiten con el cúter el aislante de los extremos del alambre, que les servirán para hacer contacto con las terminales de la pila.
2. Enrollen el cable en el clavo, dejando libres los extremos, 10 cm por lo menos.
3. Conecten los extremos del cable a la pila durante breves lapsos.
4. Acerquen la punta del clavo a los distintos objetos mientras conectan la pila y observen.
5. Desconecten uno de los cables y repitan el paso anterior.

#### Análisis de resultados y conclusiones

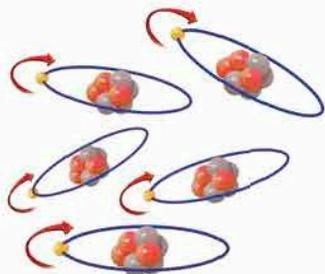
- a) ¿Qué semejanzas encuentran entre el circuito que construyeron y un imán? ¿Qué diferencias observan?
- b) Expliquen, desde el punto de vista de la teoría atómica, el procedimiento que permite que el sistema se comporte como un imán.
- c) Si en vez de un clavo usaran un trozo de madera, ¿observarían el mismo efecto? Compruébenlo experimentalmente.
- d) Si el clavo fuera de níquel, cobre o aluminio, ¿observarían diferencias al hacer este experimento? Propongan una hipótesis considerando las características de estos materiales y las del clavo. ¿Qué experimento diseñarían para corroborar tu hipótesis?
- e) Anoten en su cuaderno sus resultados y observaciones. Discútanlos con sus compañeros y escriban una conclusión.



Al construir el electroimán diste varias vueltas al clavo con el alambre para formar una bobina, y al pasar la corriente, el campo magnético dentro de la bobina era intenso. Por eso ponemos dentro un clavo, porque ahí el campo magnético es más grande que en cualquier otra parte. La razón por la que en el electroimán utilizamos un clavo es porque el hierro es un material magnetizable, es decir, puede adquirir las propiedades de un imán, y por eso el clavo del electroimán atrae otros objetos metálicos. Sin embargo, no todos los materiales son magnetizables; los aislantes, por ejemplo, no lo son, y entre los metales algunos son más magnetizables que otros.



**Figura 3.21.** Un electroimán tiene la ventaja de que sus propiedades magnéticas pueden "conectarse" y "desconectarse".



**Figura 3.22.** Los electrones que giran en un átomo generan una corriente eléctrica que, a su vez, genera un campo magnético.



**Figura 3.23.** a) En algunos metales la magnetización puede ser permanente. b) Otros materiales no son magnéticos, pues no todos sus "imanes atómicos" están orientados en la misma dirección.

## Los átomos y los materiales magnéticos

Pongamos atención al campo magnético que genera una espira por la que circula corriente. Ya hemos visto que podemos representar el campo magnético con círculos que entran por un lado de la espira y salen por el otro. El circuito circular es, en sí, un imán; el lado del circuito por el que las líneas de campo magnético salen es el polo norte, y el lado por el que las líneas de campo magnético entran es el polo sur (figura 3.19).

Por otra parte, según el modelo atómico de Bohr, los átomos que constituyen la materia tienen un núcleo y los electrones se desplazan en órbitas alrededor de él. Los electrones siempre se mueven alrededor del núcleo, no pueden mantenerse quietos y, por tanto, generan corrientes eléctricas que a su vez generan campos magnéticos. Podemos considerar al átomo como una espira pequeñísima por la que circula una corriente (sus electrones), y puesto que un circuito circular por el que pasa una corriente se comporta como un imán, entonces los átomos se comportan como imanes, y les podemos llamar "imanes atómicos". Así, en cada uno de sus átomos, la materia tiene un pequeño imán (figura 3.22).

Te preguntarás por qué si todos los materiales tienen átomos y cada átomo genera un campo magnético, no todos son imanes. La respuesta está en la orientación de los imanes atómicos. Si todos los polos norte de los imanes atómicos apuntan en una sola dirección, tendremos un material que será magnético por naturaleza, pero si los polos norte de los imanes atómicos se orientan en distintas posiciones (como sucede en la mayoría de los materiales), no se genera un campo magnético natural (figura 3.23).

### Experimenta y Analiza Magnetización

#### Propósito

Imantar objetos metálicos

#### Material

Imán de barra, aguja o clavo pequeño y martillo.



#### Procedimiento

1. Frota la aguja sobre el imán unas 30 veces, siempre en la misma dirección.
2. Acerca un objeto de hierro o acero a la aguja y describe qué sucede.
3. Ahora coloca la aguja sobre el piso y dale un golpe con el martillo. Vuelve a acercar el objeto metálico a la aguja y de nuevo describe lo que observas.

#### Analiza tus resultados y responde

- a) ¿Qué le sucedió a la aguja cuando la frotaste en el imán? ¿Por qué?
- b) ¿Qué le pasó a la aguja después de golpearla?
- c) Explica tus observaciones a partir de lo que sabes sobre los "imanes atómicos".
- d) Compara tu explicación con la de tus compañeros y lleguen a una conclusión.

Algunos metales no tienen sus imanes atómicos orientados hacia la misma dirección y por ello no son magnéticos, pero si a un trozo de hierro, por ejemplo, se le acerca un imán (es decir, un campo magnético), los imanes atómicos del hierro se orientan hacia una sola dirección y el trozo de hierro se magnetiza como le sucedió al clavo en el electroimán. Por otra parte, los aislantes no poseen la propiedad de magnetizarse.

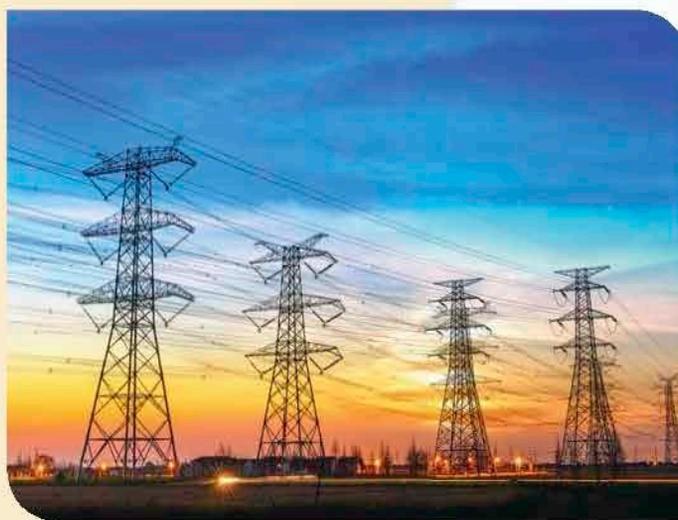
Existen imanes naturales, lo cual significa que son magnéticos por sí mismos; en la Antigua Grecia hay registro de estos materiales. Tales de Mileto describió que cierto mineral tenía la propiedad de atraer objetos de hierro; ese material se descubrió en la ciudad de Magnesia del Meandro, y por ello se le conoce como **magnetita** (figura 3.24). Este es el origen del término **magnetismo**, que se refiere a los fenómenos magnéticos.



Figura 3.24. Mineral de magnetita.

### Analiza e infiere

1. Al salir de la escuela, Catalina y Mateo cruzan por una avenida donde hay torres de alta tensión. Como la última clase de Mateo fue la de Física, lleva la brújula con la que hizo varios experimentos. Al pasar cerca de las torres observa que la brújula deja de apuntar hacia el norte. Las torres de alta tensión pueden conducir voltajes elevados cercanos a los 600 000 V. Analiza la situación y responde en equipo.
  - a) ¿Por qué la brújula dejó de apuntar hacia el norte?
  - b) ¿Qué otras circunstancias cotidianas afectarían una brújula magnética?
  - c) ¿En los cables de alta tensión se generan campos magnéticos? ¿Por qué?
  - d) Algunas personas piensan que vivir o permanecer mucho tiempo cerca de torres de alta tensión o estaciones de alto voltaje afecta su salud. ¿Consideran eso posible? Investiguen y den una respuesta justificada al respecto.
  - e) Compartan en grupo sus respuestas y valídenlas.



1. Responde de nuevo las preguntas de la sección de Inicio.
  - a) ¿Tus respuestas iniciales fueron correctas? ¿En qué cambiaron?
  - b) ¿Es posible que un rayo modifique la orientación de una brújula? ¿Consideras que un rayo puede magnetizar un objeto metálico? Explica.
  - c) En las películas de suspenso, en particular en las que embarcaciones se encuentran en medio de una tormenta, la brújula del barco suele girar en todas direcciones. ¿Es esto posible? ¿Por qué?
  - d) ¿Por qué al golpear una aguja imantada pierde sus propiedades magnéticas?
  - e) ¿Sería posible “desimantar” una aguja al calentarla? ¿Por qué?
  - f) ¿Qué usos actuales tienen los electroimanes?

Cierre

## L2 Inducción electromagnética

### Inicio



Un generador eléctrico o "planta de luz" es un dispositivo que transforma energía mecánica en energía eléctrica.

#### 1. Mateo y Catalina continuaban su camino a casa.

—¿Sabías que en esas torres el voltaje alcanza más de 600 000 V y que esa es la electricidad que llega a nuestras casas? —comentó Catalina.

—Eso es muy raro —contestó Mateo— porque el técnico que instaló la "planta de luz" en la casa dijo que el voltaje al que funcionan los aparatos domésticos es de 127 volts—.

—¿Y qué es una planta de luz? ¿Por qué instalaron eso en tu casa? —preguntó Catalina.

—Es una máquina que funciona con gasolina y genera electricidad: la instalaron porque frecuentemente se va la luz. De hecho, cuando hay un apagón, somos los únicos que tenemos luz en toda la calle —dijo Mateo.

—Eso es excelente —comentó Catalina.

En equipos discutan la conversación de Mateo y Catalina.

- Si las líneas de alta tensión transportan 600 000 V y un televisor para funcionar requiere 127 V, ¿cómo se puede reducir el voltaje?
- ¿Dónde y cómo se generan los altos voltajes y por qué son necesarios?
- ¿Cuál es el principio de funcionamiento de un generador como el de Mateo?
- ¿Qué necesitarían para construir un generador eléctrico sencillo?
- Compartan en grupo sus respuestas y validenlas.

### Desarrollo

#### Experimenta Inducción electromagnética

##### Propósito

Hacer un experimento parecido al de Michael Faraday sobre inducción electromagnética.

##### Material

Cilindro hueco de cartón (de papel higiénico), imán grande de barra que entre sin dificultad en el cilindro de cartón, 1.5 m de cable magneto (para embobinar), brújula y cúter.



##### Procedimiento

- En equipo quiten el esmalte de los extremos del cable.
- Enrollen una vuelta (una espira) de alambre en el cilindro de cartón y unan los extremos.
- Un miembro del equipo acerque la brújula a los extremos del alambre y otro el imán al interior del cilindro como muestra la fotografía.
  - Déjenlo estático dentro del cilindro.
  - Introduzcan y saquen el imán del cilindro varias veces con diferente rapidez. Observen, en cada caso, la aguja de la brújula.
- Repitan los pasos anteriores enrollando en el cilindro diferente número de vueltas. Describan en cada caso sus observaciones.

### Análisis de resultados y conclusiones

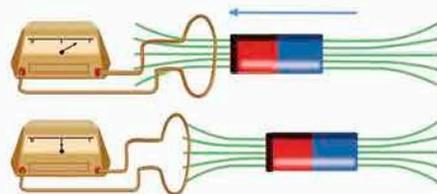
- ¿Qué relación encuentran entre este experimento y el de Oersted?
- ¿En qué caso, o casos, la aguja de la brújula se mueve? ¿Por qué se mueve?
- ¿Cuándo la desviación de la aguja es mayor?
- ¿Qué aplicaciones podría tener el experimento?
- Compartan en grupo sus respuestas y enriquezcanlas.

El científico inglés **Michael Faraday** (1791-1867) conocía los experimentos de Oersted y con base en ellos hizo un experimento que sentó las bases de una revolución energética mundial. Si entre el imán y la espira hay un movimiento relativo, por el alambre circulará una corriente eléctrica. Cuando esto sucede se dice que un campo magnético “crea” o “induce” una corriente en la espira. Este principio se llama **inducción electromagnética**.

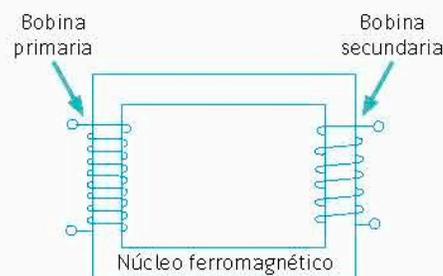
La corriente eléctrica que circula por el circuito será mayor entre más espiras tenga, aunque costará más trabajo (energía) introducir el imán en la bobina debido a que cuando circula corriente por una bobina, ésta crea su propio campo magnético que repele al del imán.

Gracias a la inducción electromagnética tienes electricidad en tu casa, la cual proviene de una central, en la cual hay un gigantesco generador de corriente. El movimiento del imán induce una corriente, pero también podemos generar corriente si en vez de mover el imán movemos la espira. En los generadores de corriente se mueve un conjunto enorme de espiras por medio de turbinas que necesitan otra fuente de energía (hidráulica, geotérmica, etcétera); las turbinas activan las espiras entre campos magnéticos muy grandes y hacen circular enormes corrientes a través de ellas. Esta corriente es la que sale de las centrales eléctricas y llega hasta tu casa. Las redes generales de distribución eléctrica conducen grandes cantidades de energía eléctrica y trabajan a voltajes altos, de miles de volts, que se reducen mediante transformadores, que también hacen uso de la inducción electromagnética.

Un **transformador** consta de dos bobinas unidas por medio de un objeto metálico, conocido como núcleo de hierro. Una de las bobinas se conecta a una corriente eléctrica, de modo que genera un campo magnético y éste, a su vez, induce una corriente eléctrica en la otra bobina. En términos de voltaje, una bobina con voltaje alto (o bajo) induce un voltaje bajo (o alto) en la otra bobina.



**Figura 3.25.** El movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor genera una corriente eléctrica, que en la imagen se observa por el movimiento de la aguja en el indicador de corriente (amperímetro).



**Figura 3.26.** Transformador y esquema de funcionamiento.

- En equipo analicen y respondan las preguntas de la situación inicial; luego contesten las siguientes.
  - ¿Cómo se genera magnetismo con electricidad y viceversa?
  - ¿De dónde proviene la energía mecánica que se transforma en la energía eléctrica de sus casas?

Cierre

### L3 Generación de ondas electromagnéticas

#### Inicio



El teléfono celular es un dispositivo que, paulatinamente, ha restado importancia y utilidad a otros aparatos electrónicos como los reproductores de música, la cámara fotográfica, el teléfono alámbrico, la computadora de escritorio, los relojes de muñeca y las consolas de videojuegos, entre otros.

En equipos contesten las siguientes preguntas.

- ¿Cómo es posible enviar sin cables mensajes o imágenes de un celular a otro?
- ¿Por qué los mensajes llegan en forma inmediata de un celular a otro?
- Comenta con tus compañeros las respuestas.

#### Desarrollo

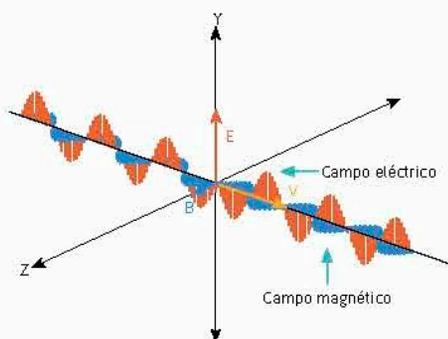
### Las ondas electromagnéticas, su emisión y recepción

El establecimiento de la teoría electromagnética y las investigaciones al respecto han beneficiado a la humanidad. Un aspecto importante son las **ondas electromagnéticas**, gracias a las cuales se han desarrollado las tecnologías modernas, como la telefonía celular e internet, y han favorecido proyectos científicos que posibilitan conocer las características del Universo.

Las ondas electromagnéticas son una combinación de campos eléctrico y magnético; es decir, se presentan a la vez los fenómenos de electricidad y de magnetismo, pero ¿de dónde provienen? Este es el momento de relacionar la teoría atómica con la naturaleza de las ondas electromagnéticas. Cuando revisamos el modelo más aceptado del átomo dijimos que los electrones saltan de órbitas al recibir cierta cantidad de energía y al regresar a su órbita emiten energía en forma de luz, aunque en realidad emiten ondas electromagnéticas y la luz es una onda electromagnética. La energía de estas ondas depende de qué tan grandes sean los saltos de los electrones: si un electrón salta entre órbitas cercanas, la energía será menor que cuando lo hace entre órbitas más lejanas. Como los electrones son cargas eléctricas con campos eléctricos, al desplazarse generan campos magnéticos, lo que constituye las ondas electromagnéticas. En general, cualquier carga con movimiento acelerado produce este tipo de ondas y una forma de emitirlas es, por ejemplo, mediante la antena de una estación de televisión, que es un conductor por el que circula una corriente. Dado que ésta consiste en cargas en movimiento, el efecto es la generación de ondas electromagnéticas que se propagan por el aire. Para captar las ondas electromagnéticas requerimos un receptor. En el caso de las ondas que se emiten desde la antena de una estación de televisión, una antena de televisión doméstica (más pequeña) capta las que viajan por el aire, lo que permite ver imágenes.



**Figura 3.27.** Las antenas de las estaciones de radio o de televisión emiten ondas electromagnéticas que captan pequeñas antenas en los aparatos electrodomésticos.



**Figura 3.28.** Las ondas electromagnéticas son ondas con energía que simultáneamente contienen campos eléctrico y magnético.

**Experimenta** Ondas electromagnéticas**Propósito**

Generar ondas electromagnéticas

**Material**

Pila de 9 V (de las cuadradas), moneda grande y radio portátil.

**Procedimiento**

1. Enciendan el radio en una frecuencia donde no se capte ninguna estación.
2. Con la moneda conecten y desconecten, de manera alternada, las terminales de la pila cerca del radio.

**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) El radio es un receptor de ondas electromagnéticas. ¿Escucharon algún sonido? ¿A qué creen que se deba? Expliquen en grupo.

### Características del espectro electromagnético: velocidad, frecuencia, longitud de onda y su relación con la energía

Una onda electromagnética, al igual que cualquier tipo de onda, es una forma de transferencia de energía de un lugar a otro, la cual depende de su frecuencia o de su longitud de onda: mientras mayor sea la frecuencia mayor será su energía. La ecuación matemática que relaciona estas variables la obtuvo de manera experimental Max Planck, por lo que se denomina ecuación de Planck:

$$E = h \times \text{frecuencia} = h \times \frac{\text{rapidez de propagación de la onda}}{\text{longitud de onda}},$$

donde  $h$  se conoce como constante de Planck, cuyo valor es  $6.626 \times 10^{-34}$  Js. La fórmula anterior indica que la energía de una onda es inversamente proporcional a su longitud de onda. Recuerda que la relación entre la frecuencia y la longitud de onda está dada a partir de la rapidez de propagación de la onda. La clasificación de los tipos de ondas electromagnéticas según su frecuencia se conoce como **espectro electromagnético**, que puedes ver en la infografía de las páginas 206 y 207. Las ondas electromagnéticas con frecuencias muy pequeñas y, por tanto, poca energía, son las ondas que transmiten las señales de radio y televisión. También existen ondas con frecuencias muy grandes, y a éstas pertenecen las ondas provenientes de los rayos gamma de los elementos radiactivos. Todas las ondas electromagnéticas se propagan con la misma rapidez, que en el vacío es cercana a 300 000 km/s.

**Conoce más**

Observa la animación de una onda electromagnética, en ella puedes variar la frecuencia y la longitud de onda.  
<http://www.edutics.mx/w89>  
 (Consulta: 18 de septiembre de 2018).



**Figura 3.29.** Los rayos X son ondas electromagnéticas de alta energía que permiten ver el interior del cuerpo humano.

1. En equipos respondan de nuevo las preguntas de la situación inicial; luego contesten las siguientes.
  - a) ¿Cómo se realiza la comunicación por teléfono celular? Investiga al respecto.
  - d) ¿Qué otros aparatos electrónicos utilizan ondas electromagnéticas?

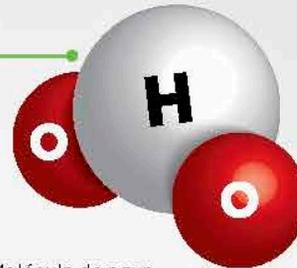
**Cierre**

# Espectro electromagnético

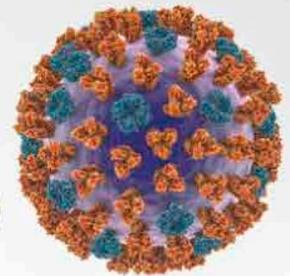
El espectro electromagnético es la clasificación de los tipos de ondas electromagnéticas según su frecuencia o longitud de onda. Esta clasificación cubre un rango muy amplio de longitudes de onda (comprendido entre  $10^{-13}$  y  $10^5$  metros). Sin embargo nuestros ojos sólo perciben una pequeñísima parte.



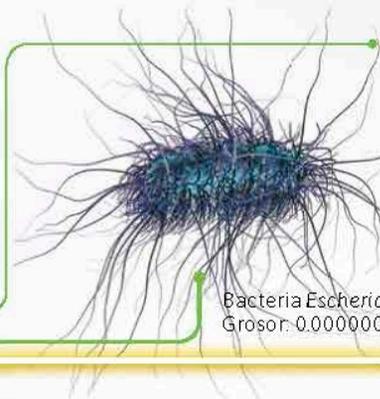
Átomo de hidrogeno  
Longitud: 0.00000000000053 m



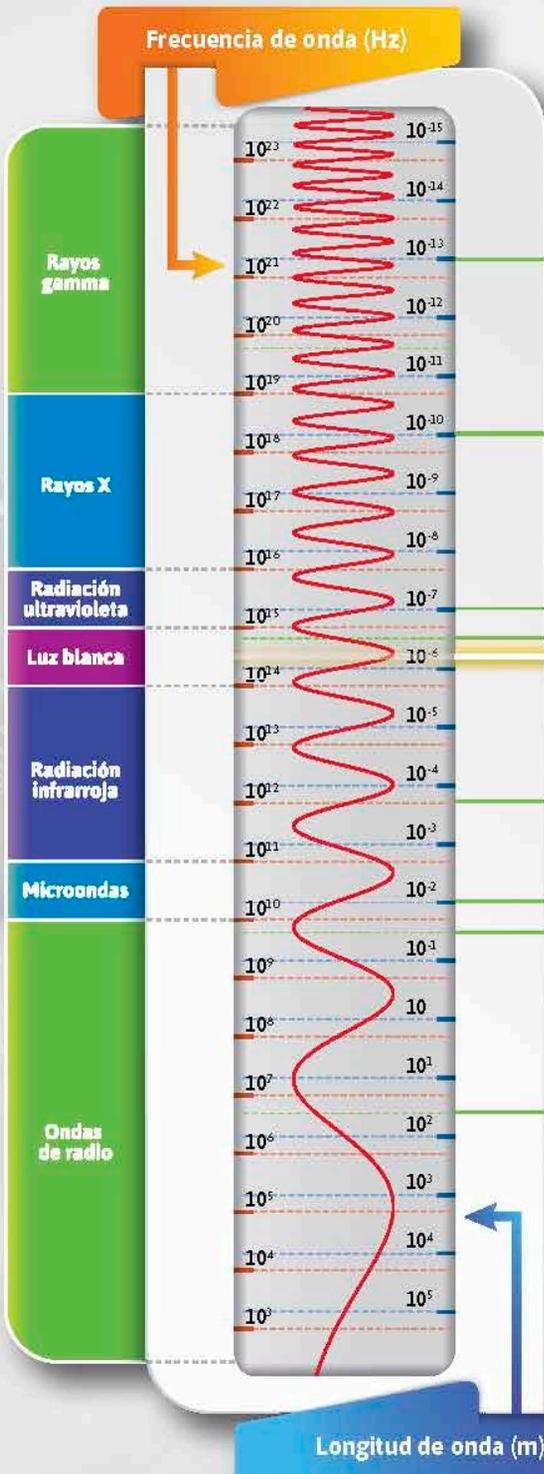
Molécula de agua  
Longitud: 0.0000000001 m



Virus de la gripe  
Diámetro: 0.0000001 m



Bacteria Escherichia coli  
Grosor: 0.0000005 m



Ojo de mosca  
Radio: 0.0003 m



Catarina  
Longitud: 0.01 m

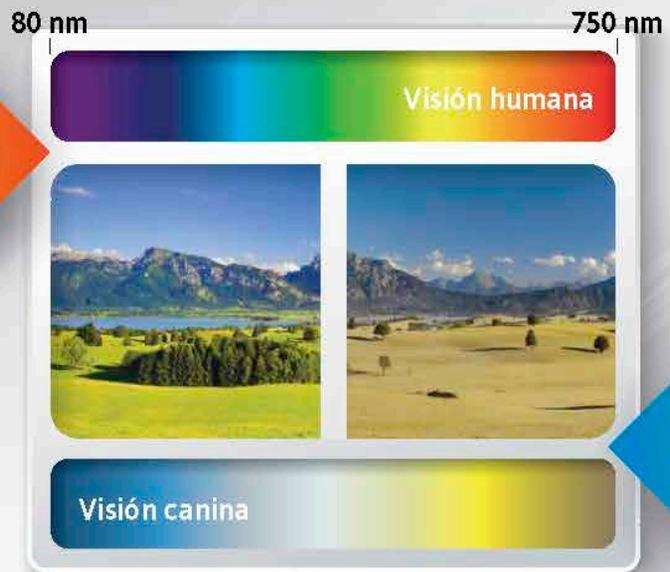


Bola de billar  
Diámetro: 0.057 m



Pirámide de Teotihuacán  
Altura: 65 m

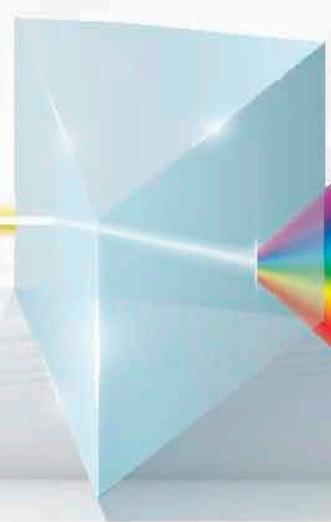




### Espectro visible

El ojo humano sólo detecta longitudes de onda comprendidas entre 380 nm y 750 nm. Este rango, llamado espectro visible, constituye menos de la millonésima parte del 1% del espectro electromagnético conocido.

El ojo de los perros percibe un rango diferente de longitudes de onda.



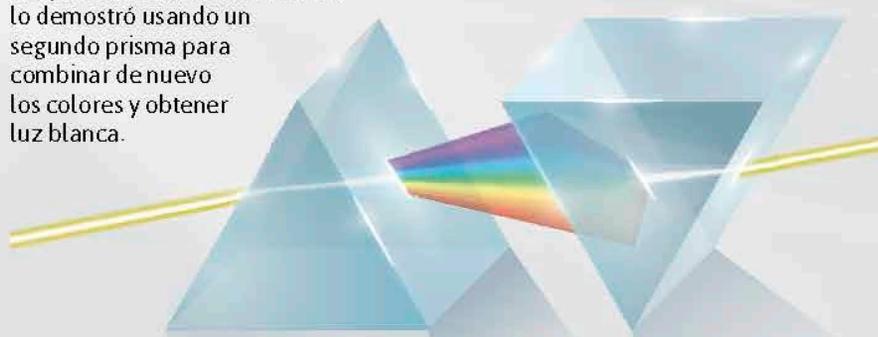
Longitud de onda (nm)	Color
380 a 450	Violeta
450 a 475	Azul
475 a 495	Cian
495 a 570	Verde
570 a 590	Amarillo
590 a 620	Naranja
620 a 750	Rojo

### Descomposición de la luz

Isaac Newton hizo pasar luz blanca (como la del Sol) a través de un prisma de vidrio y descubrió que ésta se "descomponía" en los colores del arcoíris.

### Los colores del espectro visible

Newton pensaba que los colores del espectro visible no eran una propiedad del prisma sino de la luz misma; lo demostró usando un segundo prisma para combinar de nuevo los colores y obtener luz blanca.

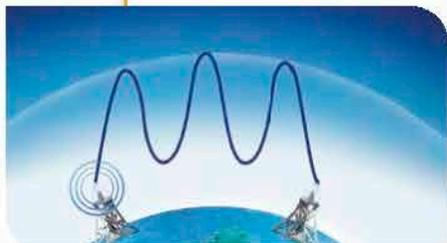


### Analiza la infografía y responde.

- Hay ondas electromagnéticas cuya longitud de onda es tan grande como el Monte Everest. Si estas ondas viajan por el aire, ¿por qué no podemos verlas?
- Los científicos afirman que los rayos gamma son peligrosos pero dicen que las ondas de radio son inofensivas. Si ambas son ondas electromagnéticas, ¿por qué su efecto sobre nuestra salud es diferente?

## L4 La luz visible

### Inicio



Las ondas que transmiten las antenas que se comunican con los teléfonos celulares pueden tener longitudes de onda muy grandes y su visualización se escapa al ojo humano.

1. Los seres humanos sólo somos capaces de ver y percibir una pequeña parte de todo lo que existe y sucede a nuestro alrededor; muchos fenómenos escapan a nuestros sentidos aun cuando están frente a nosotros. Las ondas que hacen posible que escuches el radio, veas televisión o hables por teléfono móvil viajan distancias enormes, pero no puedes verlas. ¿Sabías que algunos animales pueden ver cosas que los seres humanos no podemos? Los gatos, por ejemplo, ven en la oscuridad, y las abejas perciben colores que para nosotros no son visibles.

En equipos contesten lo siguiente.

- a) ¿Por qué creen que no somos capaces de ver las ondas que se propagan en el aire y que hacen posible ver la televisión, escuchar un programa de radio o hablar por teléfono celular?
- b) ¿Consideran que hay una relación entre las ondas de la pregunta anterior y el que no podemos ver en la oscuridad?
- c) ¿Por qué algunos animales pueden ver en la oscuridad?
- d) Es muy probable que hayan oído hablar de la luz ultravioleta o infrarroja. ¿A qué se refieren esos términos?, ¿dónde han escuchado de ellas?
- e) Comenten en grupo las respuestas y formulen sus conclusiones.

### Desarrollo

### Composición y descomposición de la luz blanca

Como vimos, una de las manifestaciones del modelo atómico son los espectros luminosos que se forman a partir de los “saltos” de los electrones entre sus órbitas atómicas.

Cada vez que un electrón “regresa” a su orbital atómico de origen después de ser excitado, emite luz (u otro tipo de radiación), la cual forma los espectros conocidos. Revisemos el espectro de emisión de la luz de mercurio (figura 3.30).

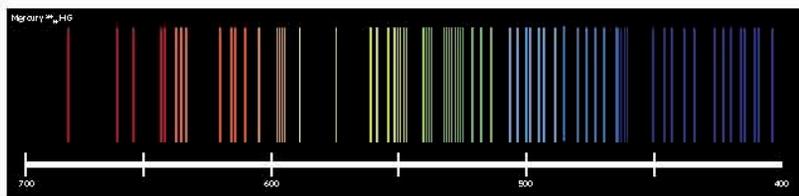


Figura 3.30. Espectro de emisión del mercurio.

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

## Comportamiento y efectos de la luz como onda electromagnética

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

### Experimenta Reflexión y refracción de la luz

#### Propósito

Realizarás dos experimentos relacionados con la manera en que se propaga la luz

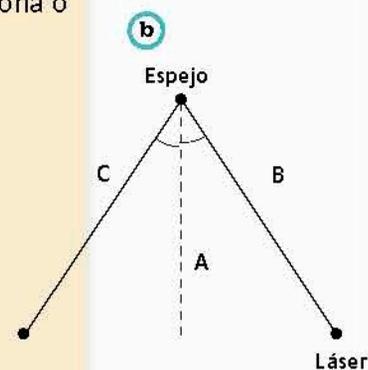
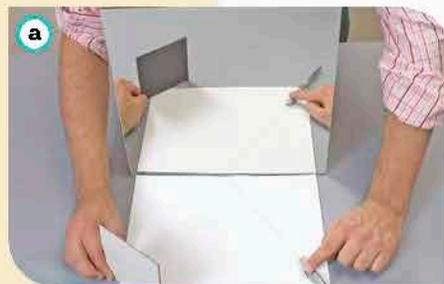
#### Experimento 1. Reflexión

##### Material

Dos hojas blancas, espejo cuadrado, apuntador láser o linterna con haz de luz delgado, caja de zapatos, cinta adhesiva, regla y transportador.

##### Procedimiento

1. Fijen con cinta adhesiva una hoja de papel en la mesa de trabajo.
2. Sujeten el láser en una esquina de la hoja de papel con la cinta adhesiva, de manera que apunte hacia el centro del lado opuesto de la hoja, como ilustra la imagen.
3. Fijen el espejo en una de las caras laterales externas de la caja. La utilidad de la caja es únicamente sostener el espejo.
4. Coloquen el lado inferior del espejo sobre la hoja que fijaron a la mesa.
5. Hagan una marca con lápiz en la hoja, justo debajo de la punta del láser.
6. Prendan el láser y hagan otra marca en la hoja de papel donde incide el rayo del láser en el espejo. Pueden auxiliarse con la otra hoja de papel para seguir el punto luminoso. Nunca dirijan la luz del láser a los ojos de una persona o animal, puede ser peligroso.
7. Coloquen la otra hoja de papel en el lado donde se refleja la luz láser para localizarla. Hagan con lápiz una marca sobre la hoja de papel, justo debajo del punto luminoso reflejado. Observen la fotografía de la figura a.
8. Retiren el láser de la hoja y tracen una línea que pase por el punto que señalaron en el paso 6 de manera que sea perpendicular a ese lado de la hoja, y llámenla recta A.
9. Tracen una línea que una las marcas que hicieron según los incisos 5 y 6, y llámenla recta B.
10. Ahora tracen una línea que una las marcas que hicieron según los incisos 6 y 7; ésta será la recta C. Observen la figura b.
11. Midan con el transportador el ángulo que se forma entre las rectas A y B, y el que se forma entre las rectas A y C.



#### Portafolio

P

Conserva tus trazos para que los compares con los de tus compañeros y guárdalos en tu portafolio de evidencias.

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Cómo son entre sí los ángulos?
- b) Repitan el experimento orientando el láser hacia el espejo en distintos ángulos; ¿cómo son los ángulos en cada caso?

- c) ¿Cómo es, en general, el ángulo que forma el rayo incidente con respecto al rayo reflejado?
- d) ¿Qué semejanzas encuentran entre este experimento y el del control remoto de la página 46 de la secuencia 3? Expliquen.



### Experimento 2. Refracción

#### Material

Recipiente de plástico, moneda y agua.

#### Procedimiento

1. Sobre una mesa coloquen la moneda en una orilla de la base del recipiente.
2. Observen la moneda por encima de la orilla del recipiente. Alejen la vista moviéndose hacia atrás hasta que no vean la moneda. No se muevan de esa posición.
3. Un integrante del equipo verterá agua en el recipiente hasta llenarlo. Observen lo que sucede.

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Lograron ver nuevamente la moneda?
- b) ¿Qué le sucede a la luz que refleja la moneda cuando vertieron el agua?
- c) Elaboren en sus bitácoras un esquema que muestre la dirección que sigue la luz en el recipiente.

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

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

Si un objeto no permite que pase luz a través de él, pero tampoco la absorbe, como sucede en los espejos, toda esa luz rebota en su superficie, fenómeno que se conoce como **reflexión**. ¿Recuerdas que este fenómeno también lo observaste para una onda

mecánica en la secuencia 3? Los objetos en los que puedes distinguir algún color sólo reflejan una fracción de la luz blanca que les llega (la que corresponde a su color) y absorben la otra parte. Otros materiales, como el aire, el agua y el vidrio, permiten que casi toda la luz pase a través de ellos, y por ello no tienen color: son objetos transparentes. Cuando vemos algo es porque refleja parte de la luz que recibe. El haz de luz que llega a una superficie recibe el nombre de **rayo incidente**, y el que rebota se conoce como **rayo reflejado**. En el experimento con el láser el rayo de luz incidente es el que sale del láser, y el rayo de luz que llega a la hoja de papel es el reflejado.

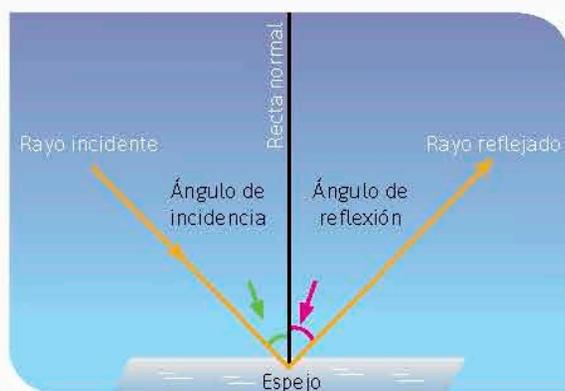


Figura 3.31. En el fenómeno de reflexión de la luz, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

La recta imaginaria, que es perpendicular a la superficie, se llama **recta normal**. El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión se forman entre la recta normal y los rayos de incidencia y de reflexión, respectivamente; siempre miden lo mismo (figura 3.39). En tu experimento tal vez determinaste que estos ángulos son parecidos, pero no iguales; esto se debe a que la actividad y las mediciones no son del todo precisas.

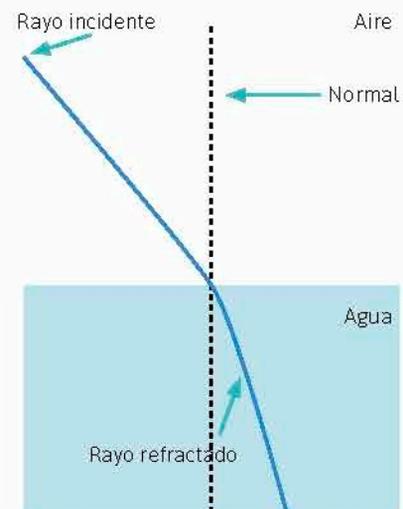
Por otra parte, en el experimento del recipiente con la moneda notaste que al verter agua en el recipiente volvías a ver la moneda como si se hubiera movido de su posición original. Por supuesto, la moneda no se movió; lo que sucede es que cuando la luz pasa de un medio a otro (por ejemplo del aire al agua) se desvía, fenómeno que se conoce como **refracción**. En el experimento la luz que refleja la moneda se refracta al salir de la superficie del agua y eso hace que la puedas ver.

Los fenómenos de reflexión y de refracción de la luz se explican con base en la hipótesis de que la luz es una onda. Imagina que sujetas firmemente el extremo de un resorte a una pared, y el otro extremo lo comprimes y estiras una vez; se formará así una onda longitudinal en el resorte y en el momento que esa onda choque con la pared regresará hacia ti; de esta manera la onda se está reflejando. En forma análoga, cuando un rayo de luz llega a la superficie de un espejo, las ondas de luz chocan y se reflejan.

La luz blanca, con sus colores, se encuentra en una pequeña parte del espectro electromagnético que se conoce como **espectro visible**. Cada uno de los colores que componen la luz visible tiene asociada una longitud de onda, como se observa en la infografía de la lección anterior. Para el ojo humano es imposible ver más allá del espectro visible, tanto para mayores longitudes de onda (después del infrarrojo) como para menores (antes del ultravioleta).

**Conoce más**

En la siguiente liga observa la reflexión y refracción de la luz en distintos medios y mide los ángulos: <http://www.edutics.mx/UES> (Consulta: 14 de septiembre de 2018).



**Figura 3.32.** En el fenómeno de refracción de la luz, el rayo de luz se desvía al pasar de un medio (agua) a otro (aire).

1. Analicen en equipo la situación inicial y comenten los resultados de las preguntas hechas; luego responde las siguientes.
  - a) ¿Es posible que algunos animales puedan ver en la oscuridad o perciban colores que nosotros no somos capaces de ver? Argumenta tus respuestas.
  - b) ¿Qué es el color? ¿Qué color tiene mayor energía en su descripción como onda electromagnética, el rojo o el violeta?

**Piensa y sé crítico**

Las ondas con las que funciona un teléfono celular están en el rango de las ondas de radio; sin embargo, algunas personas relacionan el uso de esos dispositivos con el cáncer. ¿Consideras que esa afirmación tiene fundamento? Argumenta tu respuesta.

**Pistas para mi proyecto**

Los fenómenos electromagnéticos tienen una gran variedad de aplicaciones. Te invitamos a investigar y desarrollar tu proyecto aplicando algún aspecto de este fascinante fenómeno.

**Cierre**

Identifica las funciones de la temperatura y la electricidad en el cuerpo humano.

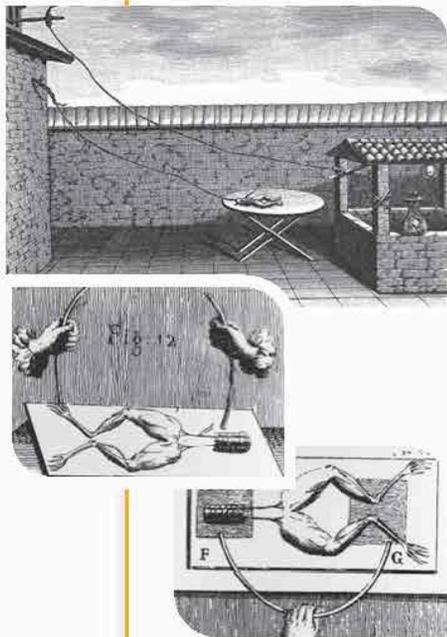
## L1 La física del cuerpo humano

### Inicio

La noche tormentosa del 16 de abril de 1786, en Bolonia, ciudad de Italia, el médico y físico

**Luigi Galvani** (1737-1798) hizo pasar una descarga eléctrica proveniente de un rayo a través de las ancas de una rana que, casi de manera instantánea, comenzaron a moverse y a contraerse de manera violenta, como cuando le pertenecían a la rana.

Sin embargo, lo más impresionante lo descubriría poco después al poner en contacto los nervios y músculos de las piernas de la rana con un arco compuesto por dos metales (cobre y zinc), y observar que éstas también se contraían.



- ¿Por qué las patas de la rana se movían si aparentemente no habían recibido una descarga eléctrica?
- Galvani supuso que las patas de la rana poseían electricidad (a la que después llamó "electricidad animal") y que esa era la causante de ese fenómeno. ¿Piensas que tenía razón, es decir, que los organismos poseen electricidad? ¿Esto explicaría las reacciones que observó en las piernas de la rana?
- Compartan y argumenten sus opiniones en grupo.

### Desarrollo

## La electricidad de nuestro cuerpo

Imagina que mientras lees este libro escuchas el inoportuno sonido de la olla exprés que te encargaron retirar del fuego. Después de unos segundos, al levantarte de prisa, y sin querer, te golpeas un dedo del pie con la pata de una silla. Casi de inmediato retiras el pie y lanzas un grito de dolor, pero ¿cómo te diste cuenta de lo sucedido?, ¿cuánto tiempo tardaste en gritar?, ¿cómo recibió tu sistema nervioso tan rápido el mensaje de que te golpeaste?

En tu curso de Ciencias y tecnología 1 estudiaste que el sistema nervioso se encarga de interpretar y procesar la información que recibimos del exterior y del interior de nuestro cuerpo (mediante los órganos de los sentidos), y que está compuesto por millones de neuronas que se enlazan entre sí y actúan en concierto, como los músicos de una orquesta, para que podamos pensar, sentir o movernos.

Cuando recibimos un estímulo (percibimos un olor, un aumento de temperatura o recibimos un golpe en un dedo del pie) los órganos de los sentidos le informan al sistema nervioso a través de las neuronas; entonces el cerebro o la médula espinal emite una respuesta (¡aparta inmediatamente el dedo!), pero ¿cómo se comunican entre sí las neuronas?



**Figura 3.33.** Un arco reflejo es el movimiento repentino que un individuo realiza de manera involuntaria ante un estímulo externo.

**Analiza e infiere**

1. En equipo investiguen el mecanismo de comunicación neuronal y a partir de sus resultados respondan.
  - a) ¿Qué es un impulso nervioso? ¿Qué es el potencial de acción?
  - b) ¿De dónde proviene la electricidad de nuestro cuerpo?
  - c) ¿La electricidad de nuestro cuerpo se transmite mediante corrientes de electrones como las que fluyen a través de los cables de los aparatos eléctricos? Expliquen.

**Conoce más**

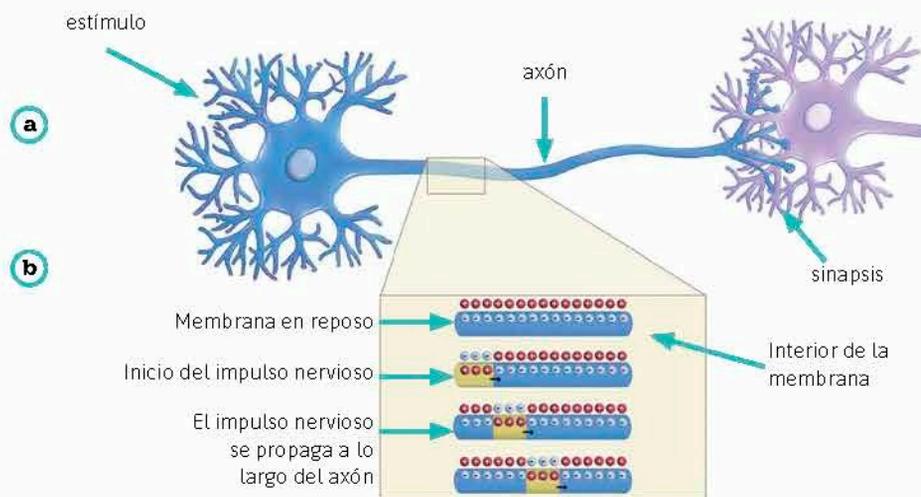
En la siguiente dirección electrónica encontrarás una explicación ilustrada del funcionamiento del arco reflejo. <http://www.edutics.mx/w8C> (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

Las neuronas se comunican entre sí mediante señales eléctricas que recorren el axón de la neurona y se propagan a otras neuronas mediante la sinapsis, que es la zona donde se conecta una neurona con otra (figura 3.34a).

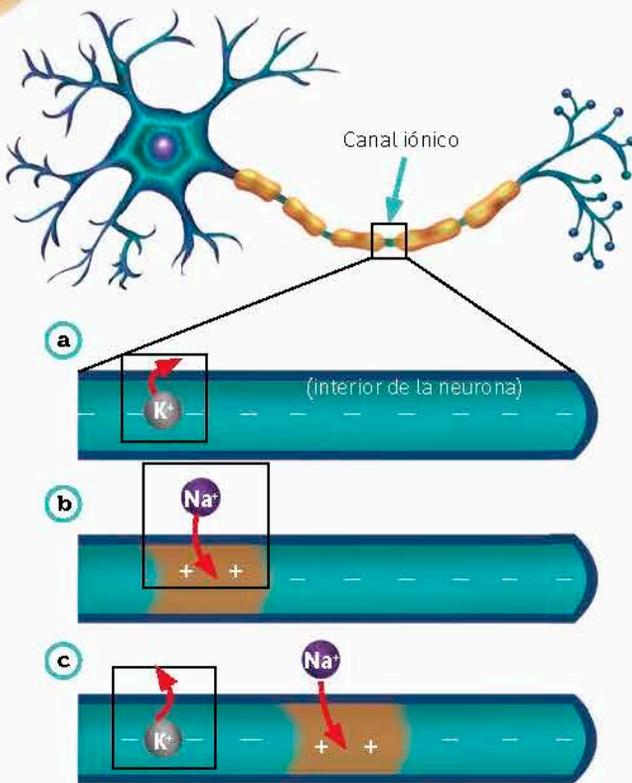
La figura 3.34b representa la membrana de una célula nerviosa que no interactúa con ninguna otra neurona (en estas condiciones se dice que la neurona se encuentra en reposo). Observa que el exterior de membrana tiene carga positiva y que el interior está cargado negativamente. Cuando una neurona recibe un estímulo, las cargas eléctricas en el exterior y el interior de la membrana se invierten en el punto de la estimulación, lo cual genera una perturbación eléctrica, llamada **impulso nervioso**, que se propaga a través de la membrana. La frecuencia de estas ondas, así como su forma y otras características constituyen el “lenguaje” por medio del cual las neuronas se comunican entre sí.

¿Cuál es el origen de la electricidad con la que se comunican las neuronas? ¿De dónde proviene la carga eléctrica? Galvani pensaba que la “electricidad animal” era un fluido que se generaba en el interior de los organismos y que viajaba por la sangre y los nervios, pero el físico italiano Alessandro Volta no estaba de acuerdo con él. Volta sostenía que las contracciones de las ancas de rana en el experimento de Galvani no se debían a que sus músculos tuvieran cierta cantidad de electricidad, sino al contacto entre el zinc y el cobre, y que las patas de la rana sólo reaccionaban a esa electricidad; sin embargo, en aquella época no había instrumentos que permitieran demostrar si en la propia pata se generaba corriente.

No fue hasta 1952 cuando los biofísicos **Alan Hodgkin** (1914-1998) y **Andrew Huxley** (1917-2012) (medio hermano del novelista Aldous Huxley) demostraron que la electricidad de los organismos funciona mediante **iones**, los cuales son átomos a los que les faltan o sobran electrones, es decir, están eléctricamente cargados.



**Figura 3.34.** El pulso eléctrico que se propaga a través de la neurona también se conoce como potencial de acción.



**Figura 3.35.** La membrana de las células nerviosas permite el paso de iones positivos al interior y exterior de las neuronas, generalmente sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ).

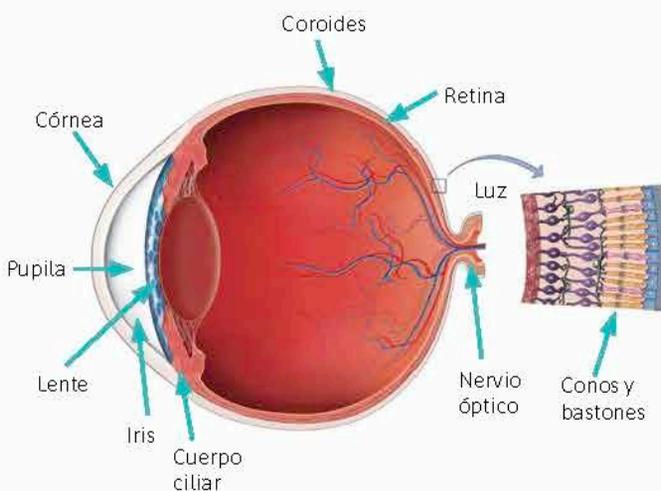
Según el planteamiento de Hodgkin y Huxley, la membrana de las neuronas poseen estructuras, llamadas **canales iónicos**, que permiten el paso de iones a través de la membrana. Cuando la neurona se encuentra en estado de reposo, los canales iónicos sólo permiten el paso de iones positivos al exterior (figura 3.35a). Si la neurona recibe un estímulo, los canales iónicos también admiten el paso de iones positivos al interior de la neurona, lo que altera la carga eléctrica de la membrana en el punto de la estimulación (figura 3.35b) y permite la propagación del estímulo a la zona contigua. Un instante después (del orden de milisegundos) otro canal iónico libera iones positivos al exterior para restaurar el signo de la carga eléctrica al estado de reposo (figura 3.35c). De esta manera se propaga la señal nerviosa.

Las neuronas no son las únicas células de nuestro cuerpo en las que intervienen fenómenos eléctricos. Las células de nuestros ojos, las de nuestros músculos y también las de nuestro corazón emplean electricidad.

En nuestros ojos tenemos dos tipos de células que reaccionan ante la luz y los colores: los **conos** y los **bastones**. Estas células poseen un tipo especial de canales iónicos que se activan con la luz. Los bastones se activan en la oscuridad o con poca luz y perciben las intensidades luminosas entre el negro y el blanco, pasando por todas las tonalidades de gris. Los conos son células receptoras capaces de percibir colores, pero para que funcionen es necesario que haya suficiente luz. ¿Has notado que en una noche oscura o muy temprano no se pueden ver los colores?

Existen tres tipos de conos, cada uno capaz de percibir uno de los tres colores primarios (rojo, verde o azul), que combinados dan todos los colores del espectro visible, de modo que no necesitamos más. Cada célula de nuestra retina estimula al nervio óptico para enviar señales eléctricas al cerebro, que las interpreta como luz, color e imágenes. ¿Entonces, tal vez puedas imaginarte, con qué vemos, con nuestros ojos o con nuestro cerebro?

En los músculos y el corazón la electricidad produce movimiento; el cerebro envía señales a las células de los músculos y del corazón para activar sus canales iónicos y que éstos puedan contraerse o relajarse.



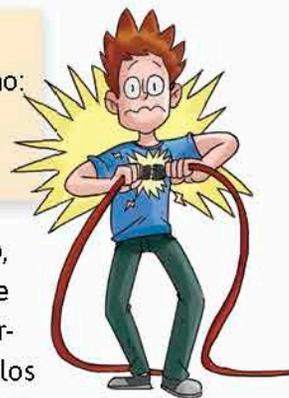
**Figura 3.36.** En la retina de nuestros ojos tenemos dos tipos de células que reaccionan ante la luz y los colores: los conos y los bastones.

## Riesgos de la electricidad en nuestro cuerpo

Es importante destacar que la electricidad que interviene en el funcionamiento de nuestro cuerpo es de muy baja intensidad, mucho menor que la que obtenemos de las tomas de corriente de nuestras casas. Es vital, entonces, tener presente que la interacción del cuerpo con la electricidad puede generar efectos negativos que van desde hormigueos, calambres leves y contracciones musculares (como las que experimentaron las ancas de la rana de Galvani) hasta paros cardiacos, respiratorios, quemaduras severas e incluso la muerte.

### Infiere

1. ¿Cuál es la causa de los choques o descargas eléctricas en el cuerpo humano: el voltaje o la corriente?
2. ¿Por qué la electricidad es causa de incendios y quemaduras en el cuerpo?



Un choque eléctrico es el paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano, y para que la corriente fluya por nuestro organismo es necesario que éste forme parte de un circuito eléctrico cerrado y actúe como conductor. En condiciones normales el cuerpo humano es un buen conductor de corriente eléctrica, por lo que los electricistas y quienes trabajan con electricidad deben usar guantes de plástico y zapatos de goma que los aíslen de la corriente. La tabla 1 muestra los efectos de diferentes intensidades de corriente en el cuerpo humano.

Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano	
Intensidad de corriente (mA)	Efecto
0 - 0.5	No se observan sensaciones ni efectos; el umbral de percepción se sitúa en 0.5 mA.
0.5 - 10	Calambres y movimientos reflejos musculares; el umbral de no soltar un conductor con corriente se ubica en 10 mA.
10 - 25	Contracciones musculares; agarrotamiento de brazos y piernas con dificultad para soltar objetos; aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25 - 40	Contracción muscular fuerte; irregularidades cardiacas; quemaduras; asfixia a partir de 4 s de exposición a esa corriente.
40 - 100	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad; fibrilación y arritmias cardiacas.
1 000	Fibrilación y paro cardiaco; quemaduras muy graves; alto riesgo de muerte.
1000 - 5000	Quemaduras muy graves; paro cardiaco con elevada probabilidad de muerte.

### Portafolio

Elabora un tríptico o folleto informativo sobre los cuidados que debemos tener ante la electricidad. Guárdalo en tu portafolio de evidencias.

**Figura 3.37.** Recuerda que no debes usar aparatos eléctricos cuando te estés bañando.

Cuando la corriente eléctrica circula a través del cuerpo los electrones que la constituyen chocan con los átomos de nuestro cuerpo ocasionando un aumento de su energía cinética y, por tanto, de la temperatura de los tejidos corporales. La corriente eléctrica también perturba las funciones nerviosas que, como ya sabes, funcionan con electricidad.



## La función de la temperatura en nuestro cuerpo



### Analiza y reflexiona

#### 1. Respondan en equipos.

- ¿Han notado que cuando hace mucho frío se les pone la piel de gallina, comienzan a titiritar y sienten escalofríos? ¿Por qué sienten el cuerpo entumecido y rígido cuando baja la temperatura?
- ¿Por qué transpiramos cuando hace mucho calor o al hacer ejercicio? ¿Por qué los perros sacan la lengua cuando tienen calor?
- ¿Qué significa que una persona tenga fiebre? ¿Qué daños le puede ocasionar? ¿Cómo pueden disminuir la fiebre?
- ¿Se han dado cuenta de que cuando se bañan con agua fría primero la sensación es insoportable, pero después se hace más llevadera? ¿A qué piensan que se debe? ¿En qué otras situaciones ocurre esto?
- ¿Han oído hablar de la hipotermia? ¿Qué es?
- Es común que la gente diga que la ropa abrigadora es calentita, pero ¿es verdad que la ropa nos brinda calor?
- Compartan en grupo sus respuestas y hagan una tabla en la que incluyan los efectos de la temperatura en el cuerpo humano.

Los seres humanos y otros organismos, llamados **endotérmicos**, tienen la capacidad de mantener su temperatura corporal a un nivel relativamente constante (que en nuestro cuerpo está entre los 36 °C y 37 °C), independientemente de la temperatura del ambiente.

¿De dónde proviene la energía que mantiene estable la temperatura corporal? Principalmente de los alimentos que ingerimos. En tu curso de Ciencias y tecnología 1 estudiaste que la digestión es el proceso que pone a disposición de las células los nutrientes que contienen los alimentos; transformándolos en sustancias más simples para que éstas las puedan aprovechar. Mediante un proceso metabólico conocido como **catabolismo** las células descomponen esas sustancias para obtener energía, liberando una porción como calor (aproximadamente una quinta parte de la energía producida).



**Figura 3.38.** Los anabólicos son sustancias que estimulan el anabolismo, favorecen el crecimiento de tejido muscular y existen de manera natural en el organismo; sin embargo, el uso de anabólicos sintéticos sin prescripción médica ocasiona daños a la salud.

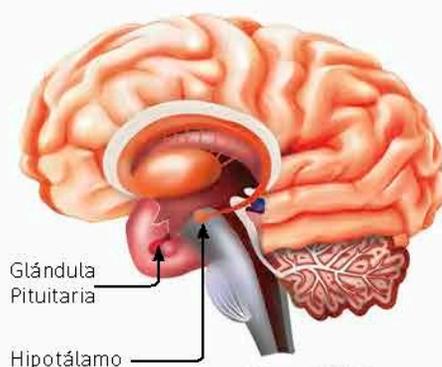
La energía generada permite calentar el cuerpo y ponerlo en movimiento, y es la base de un proceso metabólico inverso al catabolismo, llamado **anabolismo**, mediante el cual las células producen sustancias más complejas que emplean para la creación de nuevas células y el mantenimiento de los tejidos corporales.

¿Qué pasa si la temperatura corporal aumenta o disminuye? El hipotálamo (que es una porción del cerebro que conociste en tu primer curso de Ciencias) pone en marcha mecanismos que regulan la temperatura corporal. Cuando la temperatura desciende, el hipotálamo activa mecanismos de conservación y generación de calor: aumenta el tono muscular y ordena movimientos que producen calor, como tiritar, temblar, sacudirse o estremecerse.

Otro mecanismo que el cuerpo emplea para conservar su calor es la **vasoconstricción**, la cual consiste en el estrechamiento de los vasos sanguíneos que conducen sangre a las partes más externas de nuestro cuerpo y que son más propensas a ceder calor al exterior (la vasoconstricción es responsable del entumecimiento de las manos y de que nos cueste trabajo hablar). Análogamente, un aumento de la temperatura ambiental desencadena mecanismos destinados a la dispersión del calor corporal, como la sudoración, el jadeo y la **vasodilatación**, que es la dilatación de los vasos sanguíneos. Las sensaciones de frío y calor son otro mecanismo de regulación de la temperatura que hacen que nos cubramos con ropa abrigadora o a refrescarnos (ingiriendo una bebida fría, por ejemplo).

Cuando el cuerpo pierde calor más rápido de lo que lo produce y la temperatura corporal desciende a menos 35 °C puede producirse **hipotermia**, condición que se caracteriza por la disminución de la respiración y la frecuencia cardíaca. Si la temperatura continúa disminuyendo, se puede sufrir pérdida de la conciencia e incluso ocasionar la muerte.

Si la temperatura aumenta por encima de los 37 °C, puede producirse **hipertermia** o choque de calor, que se caracteriza por la aparición de dolores de cabeza, confusión, aumento de la frecuencia cardíaca y disminución de la presión arterial (ya que las arterias se dilatan en un esfuerzo desesperado por eliminar el calor corporal).



**Figura 3.39.** El hipotálamo controla la liberación de distintas hormonas, la temperatura corporal, la ingesta de alimentos y agua, el hambre y la sed, el comportamiento sexual y la reproducción, las respuestas emocionales, etcétera.

### Concluye

1. Revisa nuevamente la situación de inicio y responde.
  - a) ¿Por qué las ancas de la rana de Galvani se contraían cuando se las estimulaba con corriente eléctrica?
  - b) ¿Qué es un impulso nervioso?
  - c) ¿Describirías el impulso nervioso como un fenómeno ondulatorio? ¿Por qué?

### Piensa y sé crítico

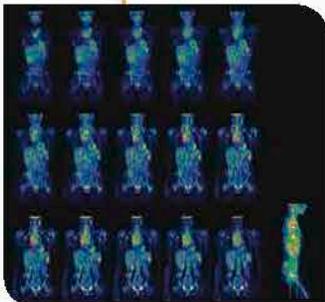
1. El descubrimiento de la electricidad y su relación con los músculos y nervios de animales y otros seres vivos no sólo tuvo influencia en el ámbito de la medicina, también incidió en el género literario. Surgieron, así, obras como *Frankenstein* de Mary Schelley, novela que narra la historia de un científico que por medio de electricidad da vida a un ser inerte; la historia ha sido llevada también al cine. ¿Qué otros descubrimientos científicos han inspirado a otros artistas?



Cierre

## U1 Ciencia y tecnología aplicada a la salud

### Inicio



Los radiotrazadores permiten visualizar el funcionamiento de órganos internos.

1. ¿Has escuchado hablar de la **medicina nuclear**? Se trata de una técnica médica que se vale de pequeñas cantidades de sustancias radiactivas, llamadas **radiofármacos** o **radiotrazadores** que el paciente toma, inhala o se le inyecta en una vena. Así, la sustancia radiactiva se absorbe y acumula en el órgano a estudiar, y desde él emite energía en forma de rayos gamma que, al detectarlos con aparatos especiales, sirven para generar imágenes. Esta técnica facilita el análisis de la estructura y el funcionamiento del órgano para diagnosticar daños de modo muy eficiente.

Para el desarrollo de esta tecnología intervienen diversas disciplinas como física, química, matemáticas, informática y, por supuesto, la medicina.

- a) De acuerdo con lo que has aprendido en este libro, ¿qué similitudes y diferencias físicas identificas entre los rayos gamma y los rayos X?
- b) ¿Cómo se usan en medicina los rayos X? ¿Piensas que podrían utilizarse para los mismos propósitos que los rayos gamma? ¿Por qué?
- c) Compartan en grupo sus respuestas y si conocen otras técnicas médicas para generar imágenes del interior del cuerpo humano, describanlas.

### Desarrollo

#### Física, tecnología y medicina



**Figura 3.40.**  
El baumanómetro sirve para medir la presión sanguínea.

Es muy probable que alguna vez hayas visitado un médico: al dentista, quizá, o al médico general que extiende certificados para la escuela. También es probable que sus procedimientos y herramientas despertaran tu curiosidad. Los médicos te examinan, miden propiedades físicas de tu cuerpo, a veces con aparatos misteriosos e interesantes, y te interrogan, al parecer, para darse una idea de cómo funciona tu organismo. Con lo que has aprendido en tus cursos de Ciencias puedes entender el objetivo de esas mediciones y sobre qué principios físicos funcionan algunos de los instrumentos y las herramientas de los médicos.

#### Analiza e infiere

1. En equipos comenten sus experiencias y respondan.
  - a) ¿Qué propiedades de tu cuerpo miden los médicos? ¿Qué instrumentos usan?
  - b) ¿Qué aparatos médicos recuerdan de un consultorio? ¿Han visto otros en un hospital? (Pueden citar lo visto en televisión u otros medios).
  - c) En la secuencia 15 mencionamos la importancia de la temperatura en el cuerpo humano, y saben que ésta se mide con termómetros, pero ¿cuántos tipos distintos de termómetros médicos conocen? Describanlos.

## El sonido en la medicina

Para verificar si tu cuerpo está saludable, es decir, si todo tu organismo funciona de manera correcta y normal, los médicos enfrentan un problema: revisar tu cuerpo desde el exterior. Por ello deben recabar toda la información posible, ya sea a partir de exploraciones físicas, o de síntomas que el médico observa o informa el paciente.

Entre los métodos básicos de exploración física está la percusión y la **auscultación**, que mejoró notablemente cuando en 1816 el médico **René Laënnec** (1781-1827) inventó el estetoscopio.

### Glosario

G

#### Auscultación.

Procedimiento médico de exploración física que consiste en escuchar el área torácica o el abdomen del paciente.

### Experimenta Estetoscopio

#### Propósito

Comprender el funcionamiento del estetoscopio.

#### Material

1.2 m de tubo de goma, dos embudos pequeños, globo, tijeras y liga.

#### Procedimiento

Trabajen esta actividad en parejas.

1. Inserten los dos embudos en los extremos del tubo.
2. Corten la boquilla del globo, donde empieza a hacerse más ancho.
3. Metan el embudo en el cuerpo del globo. Estiren el globo y asegúrenlo con la liga, como ilustra la figura.
4. Coloquen el extremo con el globo en el tórax de su compañero, directamente sobre la piel. Escuchen su corazón. Háganlo con "el paciente" en reposo y después de que realice un poco de ejercicio.
5. Escuchen de igual manera sus pulmones. Para ello pongan el estetoscopio en la espalda del "paciente" y pidan que inhale y exhale.

#### Análisis y conclusiones

- a) ¿Qué sonidos escucharon en cada caso? Descríbanlos.
- b) ¿Qué funciones cumplen el globo y la manguera de goma en su estetoscopio?
- c) A partir de su análisis, ¿cómo funciona un estetoscopio y qué propósito tiene?

Los usos más modernos del sonido en la medicina consisten en diversas técnicas de **ecografía**, que ya mencionamos en la secuencia 3, un procedimiento de diagnóstico por ultrasonido para producir imágenes bidimensionales o tridimensionales. Un **transductor**, aparato similar a un micrófono, emite ondas de ultrasonido que se transmiten hacia el área del cuerpo sometida a estudio. La velocidad de las ondas mecánicas no es la misma en diferentes materiales; el ultrasonido viaja más rápido en los tejidos óseos que en los tejidos blandos. El transductor capta el eco (la reflexión sobre distintos órganos internos) de las ondas que emite y las transforma en impulsos eléctricos que la computadora convierte en imagen y la despliega en una pantalla. Es el mismo principio físico que aprovechan algunos animales, como los murciélagos, para orientarse en la oscuridad.



**Figura 3.41.** El estudio de ultrasonido es muy común durante el embarazo para revisar el estado de salud del feto.

## La temperatura y los impulsos eléctricos en la medicina

El principio de funcionamiento de los termómetros tradicionales, como recuerdas, consiste en medir el cambio de una propiedad física de cierta sustancia o material; los más sofisticados miden la emisión de energía en zonas específicas del cuerpo. La tabla resume el funcionamiento de termómetros médicos comunes.

### Glosario



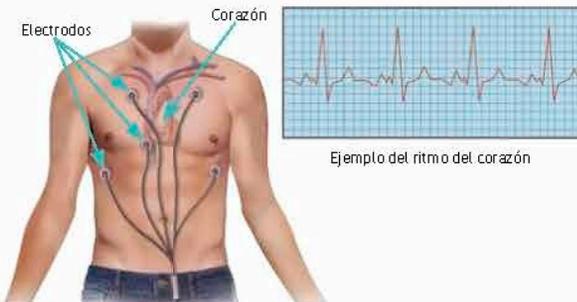
#### Termopar.

Transductor formado por la unión de dos metales distintos que genera corrientes eléctricas ante cambios de temperatura.

	Termómetro	Funcionamiento
	De mercurio	La longitud de la columna de mercurio varía con la temperatura y la escala mide directamente el cambio.
	Digital	El voltaje en un <b>termopar</b> varía con la temperatura, y circuitos electrónicos muestran la lectura en pantalla.
	De tira plástica	Un cristal líquido cambia de color con la temperatura.
	De infrarrojos (pirómetro)	Mide la emisión de energía (en el rango infrarrojo) de una zona del cuerpo, y circuitos electrónicos muestran la lectura en pantalla.

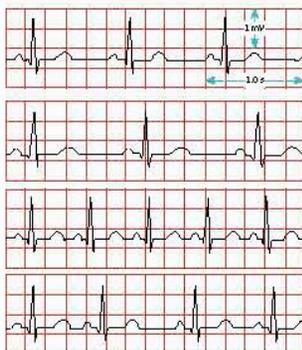
### Analiza y explica

- En parejas revisen la tabla y respondan.
  - ¿Por qué se inventaron otros termómetros si ya existía el de mercurio? ¿Qué necesidad cubren o qué utilidad adicional tienen?



**Figura 3.42.** El electrocardiógrafo mide el ritmo cardíaco mediante electrodos que amplifican y registran la actividad eléctrica del corazón.

El **electrocardiógrafo** es un aparato que genera trazos ondulatorios, llamados **electrocardiogramas**, para representar la actividad eléctrica del corazón. ¿Cómo funciona? La actividad eléctrica en las células musculares del corazón sigue el mismo mecanismo que en las células nerviosas: la repolarización se debe a la salida de iones de potasio que genera un voltaje de unos 100 mV, a la que sigue una despolarización cardíaca y luego una repolarización; este ciclo se repite y constituye el **ritmo cardíaco** (figura 3.50).



### Analiza y explica

- En parejas lean con atención y respondan.
 

El ritmo cardíaco normal tiene una frecuencia de entre 60 y 100 pulsaciones por minuto. Cuando esta frecuencia es mayor se presenta una **taquicardia**, si es menor a 60 se tiene una **bradicardia** y cuando la frecuencia es irregular se llama **arritmia**.

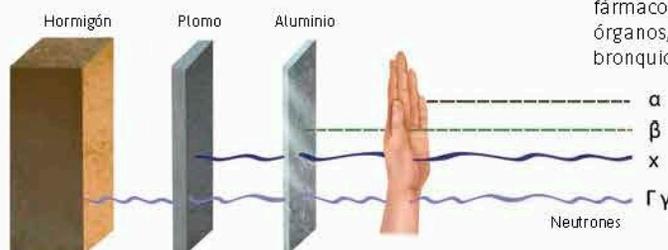
  - Identifiquen a qué tipo de ritmo corresponden los electrocardiogramas que se muestran en la figura. Validen en grupo sus respuestas.

## Generación de imágenes en la medicina

El 8 de noviembre de 1895 **William Roentgen** (1845-1923) anotó en su bitácora: “Lo más impresionante de este fenómeno es que la caja de cartón no deja pasar los rayos visibles ni ultravioleta de la luz solar o de la producida por un arco eléctrico y, sin embargo, es atravesada por un agente capaz de crear una fluorescencia intensa”. Roentgen había descubierto los rayos X, y es justamente ese **poder de penetración** el que resultó útil para fines médicos: la generación de **radiografías**, que antes se hacían en una placa de acetato y ahora se visualizan directamente en una computadora.

Los rayos X atraviesan con mayor facilidad los tejidos blandos que los tejidos óseos, diferencia que se aprovecha para generar imágenes.

La figura 3.44 muestra el poder de penetración de diversos tipos de **radiación ionizante**, llamada así porque es capaz de extraer electrones de los átomos de la materia con la que interactúa. Esta propiedad es peligrosa para el organismo, y por ello los médicos deben tener cuidados muy especiales al tratar con radiaciones ionizantes, y tomar decisiones difíciles al valorar el riesgo de tratamientos o estudios con medicina nuclear.



**Figura 3.43.** Las radiografías explotan el poder de penetración de los rayos X. La presencia de fármacos permite visualizar órganos, como el lípidol en los bronquios.

**Figura 3.44.** Representación de la penetración de distintos tipos de radiación.

### Investiga y reflexiona

1. Elijan en equipos alguno de los instrumentos o aparatos que hemos estudiado en esta secuencia e investiguen su desarrollo histórico, evolución con la tecnología y aportaciones a la ciencia (de la salud y en general).
  - a) Resuman esa información en un organizador gráfico.
  - b) Expóngala a sus compañeros.

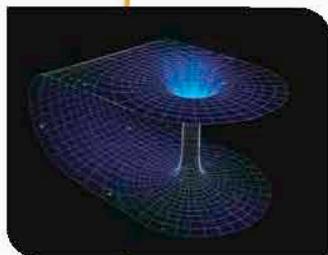
1. En equipos y revisen de nuevo la situación de inicio y respondan.
  - a) ¿Por qué las dosis de radiofármacos deben ser pequeñas?
  - b) ¿Piensas que los rayos X pueden sustituir la función de los rayos gamma?
2. Al hacer un ultrasonido suele aplicarse un gel especial en la zona de medición; ¿qué utilidad crees que tiene?
3. El termómetro de tira plástica es el menos preciso de los que revisamos en la secuencia; ¿a qué se debe su imprecisión?
4. ¿Es una onda lo que muestra un electrocardiograma? Si es el caso, ¿qué vibra o “se ondula”? Explica.
5. ¿De cuáles de los aparatos que estudiaste en esta secuencia existen versiones para el hogar o aplicación para teléfono celular?
6. ¿Cómo influye la tecnología en el avance de la ciencia en general?

Cierre

## L2 Ciencia y tecnología en el mundo actual

### Inicio

1. En 2014 se estrenó *Interstellar*, una película de ciencia ficción muy interesante. ¿Ya la viste? Es la historia de un grupo de astronautas que viajan a través de un **agujero de gusano** en busca de un nuevo hogar para la humanidad. Un agujero de gusano es un objeto astrofísico teórico (su existencia no ha sido verificada), una especie de túnel en el espacio-tiempo que conecta regiones muy distantes del Universo de modo que al cruzarlo, una nave podría acortar el tiempo de un viaje interestelar.



a) Representación bidimensional de un agujero de gusano. b) Kip S. Thorne.

“¡Sí, claro –dirás–: la vieja historia de la nave galáctica! ¿Dónde está lo interesante?”.

Ésta es una de las películas de ciencia ficción más precisas que se han realizado. **Kip Thorne** (Premio Nobel de Física 2017) asesoró el diseño de los efectos especiales realizando los cálculos necesarios para que la física de los agujeros de gusano que se muestra en pantalla fuese lo más realista posible. De hecho, la película se basa en el trabajo científico de Thorne, pues fue el primero en imaginar y estudiar los agujeros de gusano. Curiosamente, la idea se le ocurrió a Thorne cuando un amigo suyo, el astrónomo Carl Sagan, le preguntó por un mecanismo físicamente posible para acortar los viajes por

el espacio. ¿Sagan estaba planeando mudarse a otra galaxia? No, sólo escribía su famosa novela de ciencia ficción *Contacto* (1985).

En grupo respondan.

- ¿Por qué un director de cine o un escritor de novelas necesitaría recurrir a la asesoría de científicos expertos? ¿Cuál piensas que sea su objetivo?
- Interstellar* y *Contacto* son obras artísticas influidas por la ciencia. ¿Conoces otros ejemplos similares? ¿Cuáles?
- Menciona obras artísticas que hayan influido en la ciencia.
- ¿Qué opinas del medio de transporte planteado en *Interstellar*?
- ¿Qué razones tendría la humanidad para buscar un nuevo hogar?

### Desarrollo

## Ciencia, técnica y tecnología

¿Qué imaginas cuando lees cada una de estas tres palabras: ciencia, técnica y tecnología?, ¿qué significan?, ¿cómo se relacionan?, ¿son lo mismo? ¿En todo caso, no es la técnica lo mismo que la tecnología?

En realidad, incluso entre los expertos, existen opiniones diversas sobre cómo definir las, o cuáles son sus límites e implicaciones. Al analizar el tema en detalle surgen de inmediato cuestiones interesantes. Aquí tienes una para filosofar un rato: ¿otros animales pueden hacer ciencia, técnica o tecnología, o sólo los humanos?

Para asentar ideas, vamos a usar aquí las descripciones que propone José de la Herrán: “La ciencia va en busca del porqué de las cosas. La técnica va tras el cómo hacer las cosas. La tecnología se encarga de producir las cosas por miles con el menor tiempo y costo posibles.” (José de la Herrán, *Mosaico tecnológico*, México, ADN Editores, 2003, p. 16).



Figura 3.45. Algunos animales son capaces de manipular herramientas rudimentarias.

### Analicen y establezcan conclusiones

- En grupo analicen las cuestiones y respondan; usen ejemplos para argumentar sus respuestas.
  - ¿La técnica siempre está basada en la ciencia?
  - ¿La tecnología siempre se basa en la ciencia?
  - ¿El desarrollo de la ciencia, la técnica y la tecnología tienen la misma motivación o cada una se basa en razones diferentes?
  - ¿Cómo se influyen mutuamente la ciencia y la tecnología? Investiguen algún invento o descubrimiento en el que la ciencia y la tecnología se hayan influido mutuamente.

#### Portafolio

P

Expongan los resultados de investigación a sus compañeros de grupo y guárdenla en su portafolio de evidencias.

### Evolución e impacto social de la tecnología

Seguramente has notado que la tecnología se invoca de diferentes maneras. En ocasiones parece causar asombro, seguridad y hasta orgullo; otras veces origina temor y la gente puede creer que muchos males de la humanidad provienen de la tecnología. ¿Tú qué crees?

Lo que sí es claro es que la tecnología cambia, y lo percibimos en poco tiempo: una generación de computadoras o teléfonos inteligentes sustituye a otra; las pantallas de televisión cada vez ofrecen experiencias sensoriales más puras con mayor definición en las imágenes y sonido o aumentan su conectividad, su tamaño, capacidad de interacción con los humanos y con otros aparatos.

La evolución de la tecnología es un fenómeno complejo que depende de muchos factores y tiene también muchas repercusiones. Pero, ¿crees que ocurre con frecuencia por una cantidad enorme de innovaciones más o menos independientes o cada tanto tiempo por unas pocas innovaciones básicas?

### Investiga y analiza

- En equipos de tres compañeros investiguen la diferencia entre un aparato eléctrico y un aparato electrónico, entre un aparato analógico y un aparato digital, qué es un dispositivo inteligente, y de qué época datan los primeros aparatos de cada tipo.
- En casa identifiquen qué tipo de aparatos tienen en su familia y regístralos en su cuaderno. Argumenten su clasificación y observen que las categorías pueden mezclarse, por ejemplo, un aparato puede ser eléctrico y analógico a la vez. ¿Cuáles son más modernos?
- ¿Qué necesidades cubre o genera cada aparato? ¿Cuáles son sus objetivos?
- Comparen sus respuestas e indiquen sus coincidencias.



Radio analógica.

La técnica busca cómo hacer las cosas y resuelve problemas que pueden ser muy particulares. No necesita un fundamento científico y puede basarse en conocimientos dados por la experiencia; es el caso de la agricultura tradicional.

La tecnología requiere de la ciencia, y puede tener la intención de resolver necesidades y problemas sociales: las vacunas, el transporte, las telecomunicaciones. También puede tener como propósito generar nuevos productos comerciales y, en general, estas razones aparecen combinadas.



### Experimenta Billetes mexicanos

#### Propósito

Analizar el uso de la ciencia y la tecnología en la elaboración de billetes.

#### Material

Billetes mexicanos de diversos años y denominaciones.

#### Procedimiento

En equipos consigan distintos billetes, inclusive en desuso.

1. Extiendan los billetes sobre una mesa y clasifíquenlos por su año de impresión.
2. Examínenlos para identificar de qué materiales están hechos.
3. Comparen el tamaño de los billetes.
4. Observen y registren los elementos de seguridad que contienen.

#### Análisis y conclusiones

- a) ¿Por qué los billetes se elaboraron en diferentes tamaños?
- b) ¿De qué materiales son los billetes? ¿Qué materiales se emplean últimamente?
- c) Describan los elementos de seguridad que observaron.
- d) ¿Qué problema social resuelve cada uno de los aspectos que identificaron? (tamaño, material, elementos de seguridad).
- e) ¿Cómo interviene la ciencia o la tecnología para resolver cada uno de ellos?
- f) Describan en grupo las diferencias en la manera en que los billetes de cada época resuelven los mismos problemas.

La ciencia apoya el desarrollo de nuevas tecnologías y, a la inversa, la nueva tecnología permite impulsar el desarrollo de la ciencia. La historia de las computadoras es un ejemplo muy claro: los pioneros de la computación desarrollaron métodos muy ingeniosos para echar a andar las primeras computadoras analógicas y electrónicas, pero hoy los científicos usan cotidianamente las computadoras inteligentes para avanzar en sus investigaciones.

Esta influencia mutua ha innovado y cambiado diversos aspectos de la sociedad: el transporte, el comercio, el entretenimiento, entre otros.

#### Analiza e infiere

1. En la secuencia 1 investigaron la evolución tecnológica de un aparato o invento que transformó la sociedad. Ahora elaboren una lista de profesiones y elijan una; investiguen su evolución a lo largo del tiempo, incluyendo sus mejoras en técnicas y los apoyos tecnológicos que hayan utilizado. Representen sus resultados en una línea de tiempo.
2. A partir de sus líneas de tiempo describan qué problema resolvió cada profesión. ¿Cómo creen que esas innovaciones implicaron diferencias culturales y sociales de un país a otro? ¿Cómo impactaron a la sociedad?
3. Compartan en grupo sus resultados y escriban una conclusión.

#### Conoce más

Para saber más sobre los billetes mexicanos visita <http://www.edutics.mx/w8y> (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

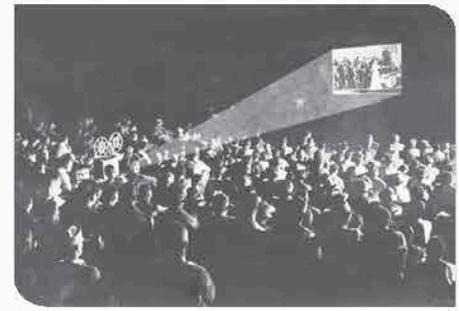
## Ciencia y tecnología en la cultura

¿Has notado que el cine es el arte que cada día depende más de la tecnología? Para grabar una película se necesitan cámaras y micrófonos, y para llevarla al público se requiere algún tipo de proyector o pantalla; en la edición de las escenas se usan computadoras y en la realización de los efectos especiales intervienen conocimientos científicos. Sin ciencia y tecnología el cine no existiría.

Pero el arte ha recompensado bien a la ciencia y a la tecnología. ¿No crees? Al convertirse en un producto cultural y de consumo, y al formar parte de la vida cotidiana, como pasatiempo o medio de información, el cine y la televisión se han sometido a una exigencia de innovación constante: imágenes a color, en alta definición, en tercera dimensión, con sonido envolvente... Recursos que la ciencia también ha aprovechado.

Y este impacto no sólo repercute en el producto artístico, la película en sí, o en el conocimiento científico, sino también en la sociedad. El cine ha generado, a su vez, profesiones (actores, guionistas, directores), recursos económicos, reflexiones filosóficas y sociológicas. El cine abrió, así, la posibilidad de guardar memoria de la historia de un modo duradero y preciso.

Si reflexionas sobre ello, quizá te resulte sorprendente, pero puedes comprobar que no se trata de un caso extraordinario. Piensa en otro desarrollo tecnológico similar, como los videojuegos. ¿Cuánta riqueza económica y cultural han generado? ¿Cuántas profesiones?



**Figura 3.46.** El cine es una de las bellas artes que más ha impactado a las personas por su capacidad de comunicar ideas, pensamientos y emociones.

1. Revisa de nuevo la situación inicial y responde.
  - a) ¿Qué intención tendría el director de *Interestelar* al cuidar que la física que muestra la película sea lo más precisa posible? ¿Crees que para lograrlo fue necesaria algún tipo de tecnología?
  - b) Teniendo en cuenta la evolución científica y tecnológica, ¿en qué año imaginas que podrían existir los viajes a otros sistemas planetarios o a otras galaxias?
  - c) ¿Es extraño que el trabajo de un científico inspire una película o que una novela inspire a un científico? Explica y proporciona algún ejemplo.
2. ¿Por qué se considera importante que tomes tus cursos de Ciencias?

### Piensa y sé crítico

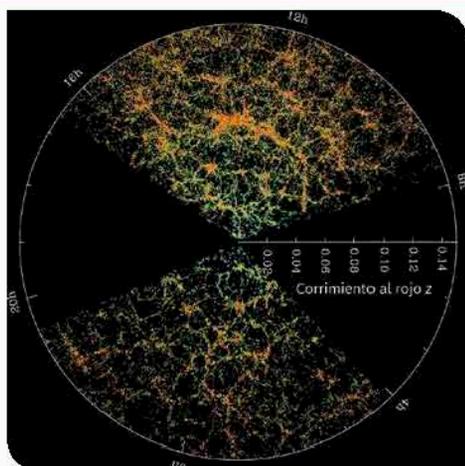
- a) ¿Cómo crees que influyen la ciencia y la tecnología en el desarrollo económico de un país?
- b) ¿Piensas que la tecnología nos deshumaniza o, al contrario, nos da la oportunidad de mejorar nuestra humanidad?
- c) ¿Qué crees que produce riqueza económica: la ciencia, la técnica o la tecnología?
- d) ¿Cómo piensas que el nivel científico y tecnológico de una sociedad influye en el cuidado de la salud de sus ciudadanos?
- e) ¿Existen desarrollos científicos y tecnológicos que han dañado a la humanidad?, ¿cuáles?, ¿por qué lo crees así?

Cierre

Describe cómo se lleva a cabo la exploración de los cuerpos celestes por medio de la detección de las ondas electromagnéticas que emiten. Describe algunos avances en las características y composición del Universo (estrellas, galaxias y otros sistemas).

## 1.1 La estructura del Universo

### Inicio



1. La figura muestra un mapa de una parte del cielo. Cada uno de los puntos luminosos representa una galaxia; el punto central corresponde a nuestra galaxia: la Vía Láctea.

Este mapa fue elaborado por el SDSS (Sloan Digital Sky Server), un proyecto de investigación astronómica iniciado en 2000 que usa un telescopio situado en el observatorio Apache Point de Nuevo México, Estados Unidos de América. Existen proyectos similares en otros lugares del mundo cuyo objetivo también es hacer un mapa del Universo.

- a) En equipos observen el mapa, intenten darle sentido, interpretarlo, asimilar la información que muestra, pues ciertamente es un mapa fuera de lo común.
- b) Se trata de un mapa que no nos serviría para viajar, entonces, ¿para qué sirve?
- c) A partir de lo que pueden ver en el mapa, ¿cómo describirían la estructura del Universo a gran escala?
- d) Compartan en grupo sus respuestas. ¿Todos observaron los mismos elementos? Complementen su descripción con la opinión de todos.

### Desarrollo

#### Las galaxias

A gran escala, los objetos más grandes del Universo son las galaxias como se aprecia en el mapa de la sección Inicio. Una galaxia es un sistema de estrellas, gas y polvo interestelar que orbita en torno a un centro de gravedad.



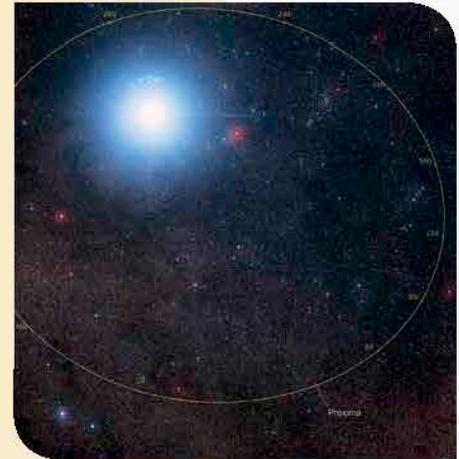
Figura 3.47. Galaxias en colisión.

Se estima que cada galaxia contiene entre miles y cientos de miles de millones de estrellas; es de esperar, por tanto, que muestren comportamientos físicos complejos.

Desde 1990, gracias al telescopio espacial Hubble y otros similares, disponemos de imágenes de las galaxias, algunas incluso muy lejanas. A partir de esas imágenes se ha inferido que pueden colisionar y fusionarse o atravesarse mutuamente en escalas de tiempo enormes en comparación con una vida humana (figura 3.47); también sus escalas de longitud son colosales, por lo cual conviene usar una unidad de medida adecuada, como el **año luz**.

### Calcula y analiza

- El **año luz** es la unidad de longitud que se define como la distancia que la luz recorre en un año. Además de ser útil para referir grandes distancias en el Universo, esta unidad indica cuánto tiempo tarda la luz y otras ondas electromagnéticas en recorrer la distancia referida. Considera que la velocidad de la luz es de  $3 \times 10^8$  m/s y que un año tiene 365.25 días.
  - ¿Cuántos segundos hay en un año?
  - ¿Cuántos metros recorre la luz en un año?, ¿a cuántos kilómetros equivale?
  - Después del Sol, la estrella más cercana a la Tierra es Próxima Centauri, que está a  $3.99 \times 10^{13}$  km. ¿Cuánto tiempo tarda la luz de Próxima Centauri en llegar a la Tierra?



El tamaño de las galaxias y su número de estrellas varían, lo mismo que otras de sus características como la forma. La galaxia más grande descubierta hasta hoy (2018) es IC 1101 (figura 3.48), una galaxia elíptica supergigante, 60 veces más grande que la nuestra; alberga cientos de millones de estrellas. Ubicada en el cúmulo Abell 2029, a mil millones de años luz de la Tierra, fue descubierta en 1790 por William Herschel.

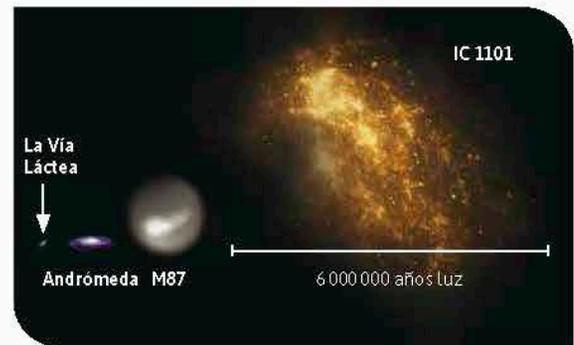


Figura 3.48. Comparación del tamaño de la galaxia más grande conocida con los de la Vía Láctea, Andrómeda y Virgo A (M87).

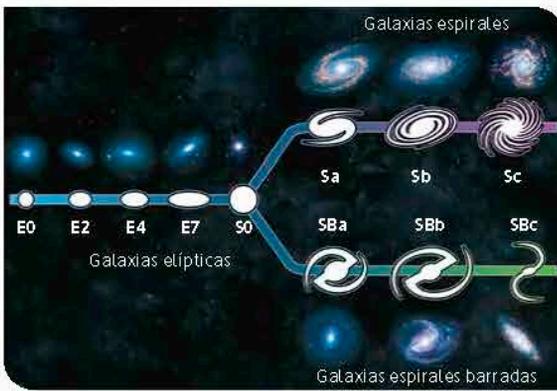
En cambio se estima que Segue 2, la galaxia más pequeña conocida hasta el momento, contiene apenas unas mil estrellas, y se encuentra en la constelación de Aries, a unos 110 mil años luz de la Tierra; fue descubierta en 2009 usando datos del SDSS.

En la actualidad se estima que el número de galaxias en el Universo observable es de más de un billón separadas entre sí por distancias enormes, del orden de millones de años luz, y el espacio entre ellas tiene una densidad de materia muy baja, menor que un núcleo de hidrógeno por metro cúbico. ¿Cuántas galaxias existirán en el Universo?

Las galaxias presentan una estructura interna conformada principalmente por un núcleo, alrededor del cual orbitan estrellas, polvo y gas. Todo esto constituye apenas 10% de la masa total de la galaxia; el 90% restante está distribuida en un halo que la cubre y no es detectable por su emisión de luz u otras ondas electromagnéticas, por lo cual esta masa misteriosa se denomina **materia oscura**; sin embargo, sí ha sido posible saber de su existencia por la manera en que afecta la rotación de las estrellas más alejadas del núcleo galáctico.



Figura 3.49. Estructura de una galaxia, como la Vía Láctea.



**Figura 3.50.** Clasificación morfológica de galaxias propuesta por Edwin Hubble; se muestran sólo algunos ejemplos de tipos intermedios.



**Figura 3.51.** Dibujo idealizado de una galaxia con núcleo activo.

## Tipos de galaxias

A partir de la observación de las galaxias se han establecido algunos tipos con base en su forma. Una clasificación muy usada es la que ideó **Edwin Hubble** (1889-1953) a principios del siglo xx, la cual las divide en tres tipos básicos: **elípticas**, **espirales** y **espirales barradas** (figura 3.50). En los tipos elípticos el número indica la forma aparente de la galaxia vista desde la Tierra: E0 corresponde a una forma esférica, y el número crece hasta E7, lo que indica una forma elíptica cada vez más alargada. En el caso de las espirales y espirales barradas, la distinción se basa en la separación de los brazos de las galaxias.

El sistema de clasificación de Hubble incluía también las galaxias **lenticulares**, cuya forma es de disco.

También hay otras maneras, para describir a las galaxias que no se basan en la forma. En las que se forma una gran cantidad de estrellas excepcionalmente alta se denominan **galaxias con brote estelar**. Con un criterio distinto, aquellas galaxias cuyos núcleos muestran una notable emisión de radiación electromagnética se conocen como **galaxias activas** (figura 3.51).

Las galaxias elípticas se caracterizan, entre otras razones, por tener poco material interestelar y baja formación de estrellas, en comparación con las espirales.

## Recesión de las galaxias

Sin embargo, el aspecto más importante de las galaxias para nuestra comprensión del Universo es su recesión, es decir, el hecho de que las galaxias se alejan entre sí.

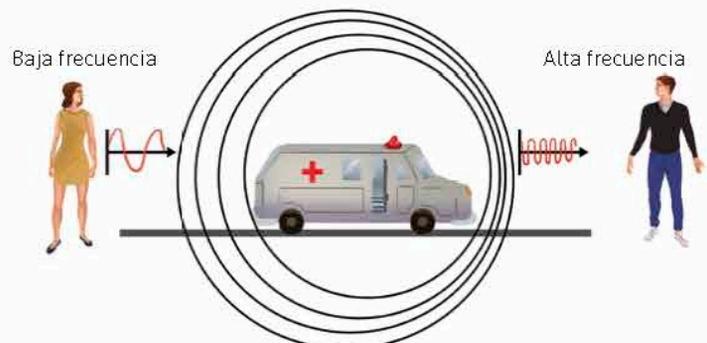
Hacia 1929 Edwin Hubble y sus colaboradores midieron las distancias y los espectros de la luz de unas 200 galaxias y descubrieron que, en general, mostraban un corrimiento al rojo. Esto significa, si nos basamos en el efecto Doppler (figura 3.52) que la longitud de onda de la luz que emitió la galaxia se alargó como consecuencia de que se mueve respecto a nosotros, alejándose. La medida de ese alargamiento se conoce como **corrimiento al rojo**, y se simboliza con la letra  $z$ , una cantidad importante para describir el Universo.

### Portafolio



Elabora una maqueta sobre los tipos de galaxias y sus características. Muéstrala a tus compañeros y guárdala en tu portafolio de evidencias.

**Figura 3.52.** Esquema del efecto Doppler. Cuando una fuente de ondas sonoras se mueve, la frecuencia aparente se modifica, es más alta si se acerca a un observador y es más larga si se aleja. Un fenómeno análogo ocurre con las ondas electromagnéticas.



El corrimiento al rojo también permitió a Hubble determinar que la velocidad con la que se alejan las galaxias es proporcional a la distancia a la que se encuentran. Esta relación se conoce hoy como la **ley de Hubble**.

La interpretación que se dio al descubrimiento de Hubble es que el Universo se expande, lo cual significa que lo que crece es el espacio en sí mismo. Esta es la explicación razonable, por extraña que parezca, pues de otro modo se diría que las galaxias se alejan de la Vía Láctea, como si nuestra galaxia estuviera en una posición preferencial. En la secuencia 19 ahondaremos sobre este tema.

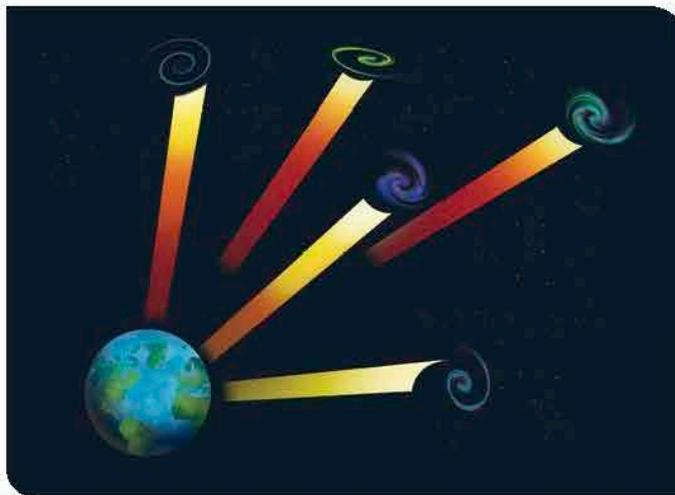


Figura 3.53. El corrimiento al rojo en los espectros de las galaxias indica que el Universo se expande.

### Experimenta La expansión del Universo

#### Propósito

Construir un modelo que ilustre la expansión del Universo y sus efectos físicos.

#### Material

Globo grande, cuadraditos de papel de 1.5 cm por lado, cinta adhesiva, liga ancha.

#### Procedimiento

Pueden trabajar esta actividad en parejas.

1. Dibujen galaxias de 1 cm de diámetro en los cuadritos de papel, recórtelas y péguenlas en la superficie del globo un poco inflado. Nuestro universo será sólo la superficie del globo. Cuando piensen en distancias para su universo las medirán sobre la superficie; elijan una galaxia como referencia.
2. Uno de ustedes inflará el globo lentamente, mientras el otro observará cómo cambia la distancia entre su galaxia y las que la rodean.
3. Repitan el procedimiento, pero ahora elijan otra galaxia como origen de un nuevo sistema de referencia.
4. Corten la liga, extiéndanla y dibujen el perfil de una onda transversal.
6. Estiren la liga y observen qué ocurre con la onda.

#### Análisis y conclusiones

- a) ¿Al inflar el globo se modela la expansión del Universo como la describe la ley de Hubble? Expliquen.
- b) ¿La liga sirve como modelo del efecto Doppler? ¿Qué cambios observan en la onda que dibujaron? ¿En este caso es mejor usar la liga o el globo? Expliquen.
- c) Compartan sus respuestas en grupo y juntos lleguen a una conclusión.



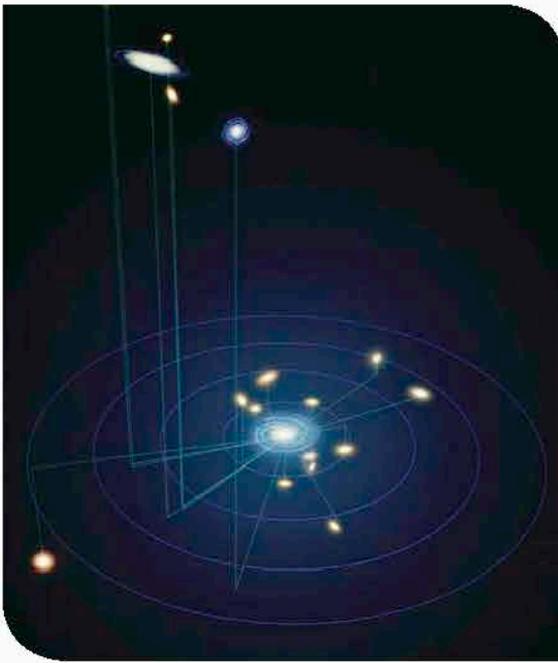


Figura 3.54. Esquema del Grupo Local de galaxias.

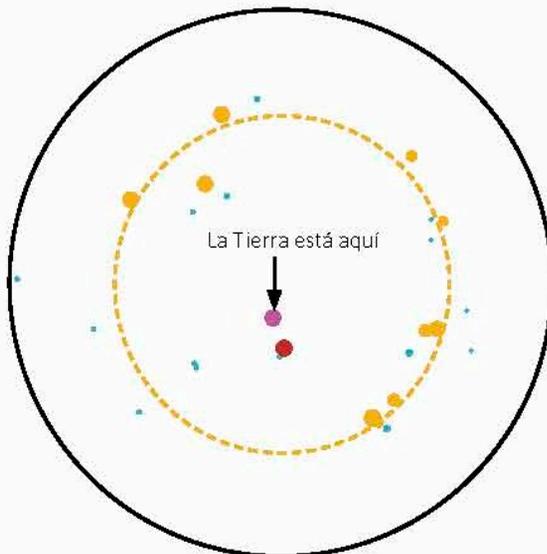


Figura 3.55. Esquema del Concilio de Gigantes.

## Grupos de galaxias

A escalas mayores, las galaxias tienden a formar grupos que sólo hasta años recientes ha sido posible observar y analizar.

La Vía Láctea, y unas 30 galaxias forman el llamado **Grupo Local**. Nuestra galaxia tiene algunas galaxias satélites, entre ellas las dos Nubes de Magallanes, que se pueden observar a simple vista desde el hemisferio sur de la Tierra; también Sagitario, una galaxia elíptica enana descubierta hasta 1994 debido a que se encuentra en la dirección del plano galáctico, donde el polvo absorbe la luz y dificulta la observación astronómica. La galaxia satélite más cercana a la Vía Láctea es la enana del Can Mayor, ubicada a unos 25 000 años luz de la Tierra. Se considera que nuestra galaxia está en proceso de engullir gravitacionalmente a sus galaxias satélites. La galaxia más grande del Grupo Local es M31, conocida como la Gran Nebulosa de Andrómeda (figura 3.54).

La Vía Láctea y unas 14 galaxias gigantes integran una estructura en forma de anillo conocida como **Concilio de Gigantes** (figura 3.55). El Grupo Local está cerca del centro y el conjunto se mueve en torno a él. Los ejes de rotación de las galaxias que integran el Concilio de Gigantes coinciden, por lo cual se cree que tienen un origen común. En esta escala el año luz empieza a quedarse pequeño, y resulta más práctico utilizar otra unidad de longitud.

### Portafolio



Elabora un folleto sobre los diferentes niveles del mundo macroscópico. compártelo con tus compañeros y guárdalo en tu portafolio de evidencias.

### Calcula y analiza

- El **parsec** (pc) puede definirse a partir del año luz:  $1 \text{ pc} = 3.26 \text{ años luz}$ . Como no es muy diferente de él, en realidad lo práctico consiste en usar sus múltiplos, como el kiloparsec,  $1 \text{ kpc} = 10^3 \text{ pc}$ , o el megaparsec,  $1 \text{ Mpc} = 10^6 \text{ pc}$ . El uso del parsec en la astronomía es una cuestión más bien de tradición.
  - ¿A cuántos kilómetros equivale un parsec?
  - La galaxia M31 está a 650 kpc de la Vía Láctea y se acerca a ella a una velocidad de unos 300 km/s. ¿En cuánto tiempo “chocará” con ella? Resuelvan en equipo.
  - Validen en grupo su respuesta.

Las galaxias integran pequeños grupos, como los antes descritos para la Vía Láctea, y también forman **cúmulos de galaxias**. Los cúmulos tienen tamaños típicos de 2 a 3 Mpc y la rapidez de las galaxias que los conforman están en un rango de 400 a 1400 km/s. Los cúmulos fueron reconocidos y catalogados por primera vez por **George Abell** (1927-1983) en el observatorio de Monte Palomar, California, Estados Unidos de América.

Entre los cúmulos más cercanos a la Vía Láctea está el de Virgo, a unos 20 Mpc, compuesto por unas 1300 galaxias, y el de Coma, situado cerca del **polo norte galáctico**, a unos 100 Mpc, conformado por unas 1000 galaxias.

Los cúmulos no son meras agrupaciones de galaxias, sino que forman una entidad física. Esto se ha comprobado al estudiar el gas intergaláctico en el interior de los cúmulos y la manera en que las galaxias se distribuyen en ellos. Las galaxias espirales abundan más en la periferia y las elípticas y lenticulares proliferan en las regiones centrales, lo cual indica que las galaxias centrales interactúan más con el polvo intergaláctico del cúmulo. En el centro del cúmulo también son frecuentes las fusiones de galaxias, lo cual lleva en ocasiones a formar galaxias elípticas gigantes, conocidas como **galaxias cD** o **galaxias centrales dominantes** (como la galaxia IC 1101 que ya se mencionó).

Los cúmulos de galaxias, a su vez, integran **supercúmulos** y en este punto comienza la denominada **gran escala del Universo**, que pudiste apreciar en el mapa de la sección Inicio. Los supercúmulos se agrupan alineándose en **filamentos**, a veces en grandes **paredes**. Los filamentos se unen en vértices formando una red que muestra enormes vacíos conocidos como **vacíos cósmicos**.

Hasta ahora ha sido posible identificar una estructura a la cual pertenece el supercúmulo local del que forma parte nuestra galaxia y se conoce como Laniakea (“cielo inmenso”, en hawaiano).

Para terminar esta panorámica, a manera de resumen, citemos algunos datos (que variarán al contar con mediciones más precisas) sobre el Universo: contiene más de un billón de galaxias y su diámetro es de unos cien mil millones de años luz; de su contenido 4.9% es materia ordinaria, 26.8%, materia oscura y 68.3%, **energía oscura**, de la que hablaremos más adelante, y se estima que tiene una antigüedad de unos 13800 millones de años.

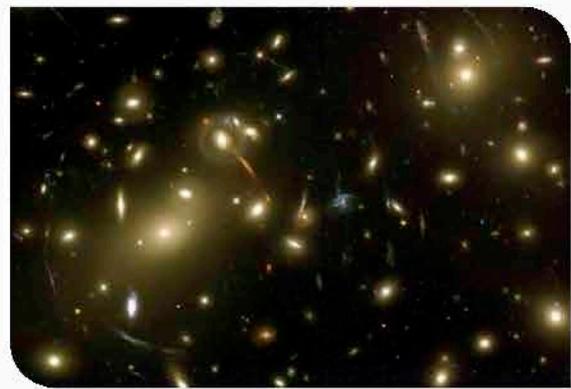


Figura 3.56. Cúmulo Abell 2218. Imagen tomada por el telescopio espacial Hubble.

#### Glosario

G

##### Polo norte

**galáctico.** Uno de los lados del plano de la Vía Láctea, situado en la dirección de la constelación Cabellera de Berenice.

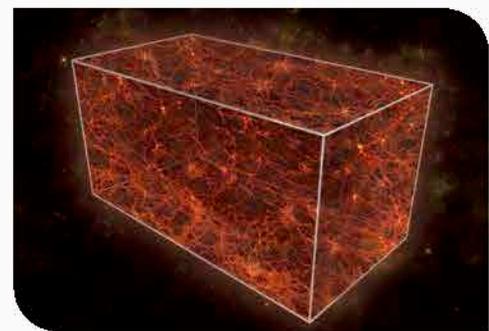


Figura 3.57. Simulación computacional de la estructura a gran escala del Universo.

1. Revisen en equipo la situación de la sección Inicio y respondan.
  - a) ¿Piensan que el mapa muestra cómo es el Universo “ahora”? Consideren que la velocidad de la luz es finita.
  - b) ¿Por qué el mapa tiene una escala graduada con el corrimiento al rojo?
  - c) Al estudiar teóricamente el Universo se plantea la suposición de que a gran escala es homogéneo. ¿Te parece aceptable esta suposición?

Cierre

## L2 ¿Cómo se estudia el Universo?

### Inicio



1. Según un viejo cuento chino, Confucio encuentra a dos niños que discuten con fervor, indaga el motivo y los escucha con atención.

—Cuando sale el sol está más cerca de nosotros y al medio día está lejos —dice uno de los niños.

—No es cierto —interrumpe el otro—. Cuando sale está más lejano; al medio día está más cerca de nosotros.

—¡No! Hay que fijarse que cuando sale el sol es muy grande, y al medio día es más chico —argumenta el primero—. ¿No se ve más grande lo que está cercano y más pequeño lo que está lejos?

—El asunto no es así —rebate el segundo—. Hay que tener en cuenta que cuando sale el sol está frío y opaco, y al medio día está caliente.

¿Acaso un objeto no se siente más caliente si está cercano y más frío si está lejos?

Confucio no supo qué decir. Los niños, riendo, dijeron: “Se supone que eres un sabio”.

(Adaptado de Anaya, José Vicente. “Cuándo es más cerca o lejos el sol”, en *Largueza del cuento corto chino*, México, Editorial Almadía, 2010, p. 54).

Analicen la situación y respondan en equipos.

- ¿Son correctas las nociones físicas sobre las cuales los niños infieren las distancias? Menciona otras nociones de este tipo.
- A partir de sus argumentos describan a grandes rasgos cómo es “el modelo del Sistema Solar” que usan (tal vez sin saberlo) los niños del cuento.
- ¿Cuál es la explicación física correcta que resuelve el dilema que se presenta en el cuento?
- Comenten sus respuestas en grupo y establezcan una en común.

### Desarrollo

## El Universo a ojo desnudo



**Figura 3.58.** Petroglifo anasazi, en el Cañón del Chaco, Nuevo México. Debajo de la impresión de una mano se representa la Luna y posiblemente una supernova que fue visible en el año 1054.

¿Cómo han descubierto los científicos la estructura del Universo que revisaste en la lección anterior? ¿Cómo saben los astrónomos a qué distancia está una galaxia y de qué está hecha? Quizá te has planteado preguntas de este tipo, y tal vez te sorprenda saber que con lo que aprenderás en este, tu primer curso de Física, obtendrás buenos conocimientos para responderlas, en su sentido más básico, claro.

El punto de partida para conocer el Universo fueron observaciones sencillas como las que mencionan los niños en el viejo

cuento chino. Imagina que deseas visitar un pueblo o una ciudad por primera vez; entre lo primero que necesitamos saber para ir a ese lugar está averiguar dónde se ubica, cómo es, qué hay en él y en los alrededores. Algo similar hicimos los seres humanos, como especie para conocer el Universo. Así, aparte de explorar la Tierra, nuestros antepasados más antiguos miraron el cielo y comenzaron a registrar sus observaciones.

A simple vista podemos distinguir el Sol, la Luna, algunos cometas, cinco planetas, unas seiscientas estrellas y en el hemisferio sur pueden verse las Nubes de Magallanes, que son dos galaxias. Ocasionalmente ha sido posible presenciar la explosión de alguna estrella, como las llamadas **supernovas** (figura 3.58).

Pero, ¿a qué distancia de nosotros están esos cuerpos celestes? En la vida cotidiana a cada momento estimamos distancias, calculamos lo lejos que está una persona a partir de su tamaño aparente. La perspectiva nos ayuda a estimar distancias: las casas lejanas, por ejemplo, parecen más pequeñas que las cercanas y el brillo de un objeto luminoso disminuye con la distancia. Nuestro cerebro infiere distancias todos los días al trabajar sobre nociones físicas o geométricas de las que somos poco conscientes.

La siguiente noción es todavía más sencilla: si un objeto nos oculta la vista de otro, entonces está más cercano que el que oculta. Así, en un eclipse solar (figura 3.59) observamos no sólo que la Luna pasa delante del Sol, sino que, curiosamente, ambos tienen un tamaño en apariencia iguales. De ello derivamos, como lo hicieron nuestros antepasados, dos conclusiones: 1) El Sol está más lejos que la Luna, y 2) El Sol debe ser más grande que la Luna. Una observación similar permite comprender que el Sol está más cerca de nosotros que las estrellas.

Conocer las distancias a las que están los cuerpos celestes cercanos fue el primer paso hacia el conocimiento del Universo. Esto se realizó sobre nociones sencillas pero con la ayuda de razonamientos sutiles, a veces muy ingeniosos, brillantes o definitivamente geniales.

Los antiguos griegos encontraron razones para creer que la Tierra es redonda y sospechar que no es demasiado grande. Notaron que en mar abierto primero desaparece el casco y luego el velamen de las embarcaciones cuando se adentran en el mar, y que cuando se viaja de norte a sur, o viceversa, la altura aparente de las estrellas cambia. También comprendieron que los eclipses lunares se producen porque la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna, y que la sombra de la Tierra proyectada sobre la Luna tiene siempre forma circular (figura 5.60).

Ya hemos mencionado (secuencia 8) el método del que se valió Eratóstenes para determinar que la Tierra tiene una circunferencia de 252 000 estadios (40 000 km); otro griego, **Posidonio** (135 a. n. e.-51 a. n. e.), también calculó la circunferencia de la Tierra. Al parecer comparó la altura de una estrella vista desde distintas ciudades, una más al sur que la otra. Aunque no existe registro exacto de su método, se sabe que estimó en 240 000 estadios (37 800 km) la circunferencia de nuestro planeta.

**Aristarco de Samos** (320 a. n. e.-250 a. n. e.), antes que Eratóstenes y Posidonio, consideraba que es la Tierra la que gira alrededor del Sol y no al revés, y desarrolló métodos muy ingeniosos para determinar las distancias y los radios del Sol y la Luna en términos del radio de la Tierra; sin embargo, no pudo calcular el radio de la Tierra, por lo que no conoció las dimensiones del Sistema Solar.



Figura 3.59. Eclipse solar: La Luna está más cerca que el Sol.



Figura 3.60. Argumentos sobre la redondez de la Tierra. a) Un navío baja por el horizonte; b) Sombra circular de la Tierra en los eclipses lunares.

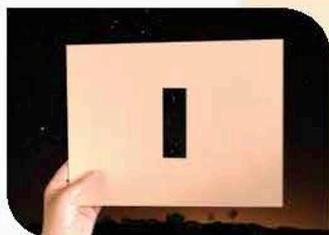
**Investiga, calcula e infiere**

1. Investiga los métodos de Aristarco para calcular el diámetro y distancia del Sol y de la Luna. Investiga el valor actualmente aceptado de esas cantidades. ¿Cómo son entre sí esos valores? Coméntalos con tus compañeros.
2. Al resolver, de manera moderna, los planteamientos de Aristarco, se llega a las siguientes conclusiones:

$$R_L = \frac{401}{1.440} R_T; \quad R_S = \frac{2.005}{18} R_T; \quad d_S = \frac{80.200}{\pi} R_T; \quad d_L = \frac{401}{2\pi} R_T,$$

donde  $R_S$  y  $d_S$  son el radio y la distancia del Sol, respectivamente;  $R_L$  y  $d_L$ , el radio y la distancia de la Luna, y  $R_T$ , el radio de la Tierra. Calcula el valor numérico de estas cantidades con base en las medidas que encontraron Eratóstenes y Posidonio. Compáralas con las medidas aceptadas hoy día.

3. Cuando Cristóbal Colón emprendió su famoso viaje se basó en los cálculos de Posidonio, no en los de Eratóstenes. Describe qué complicaciones infieres que este hecho trajo a Colón.



**Experimenta** El movimiento de las estrellas

**Propósito**

Evaluar las dificultades de la observación astronómica.

**Material**

Una hoja de cartón de tamaño carta, navaja, lámpara de mano con baterías.

**Procedimiento**

1. Realiza esta actividad una noche despejada por al menos durante una hora, acompañado por un adulto. Abríguense bien y recuéstense cómodamente.
2. En medio de la hoja de cartón recorten un rectángulo de unos  $3 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$ .
3. Observen el cielo. ¿Qué objetos ven?, ¿todos lucen igual?, ¿qué características de ellos perciben?
4. Elijan una estrella y describanla, ¿cómo la ubicarían? Describan la disposición de estrellas alrededor de la que seleccionaron: cuántas ven y qué tan brillantes son.
5. Sostengan la hoja de cartón frente a sus ojos (como muestra la foto) durante algunos minutos. Si es posible, fíjenla en algún soporte para asegurar que no se mueva. Miren a través de la rendija. ¿Qué observan? Orienten el cartón hacia otra zona del cielo y observen de nuevo.
6. Comenten sus observaciones y registrenlas.

**Análisis y conclusiones**

- a) ¿Cómo se mueven los cuerpos celestes?, ¿lo hacen en la misma dirección?
- b) ¿Los objetos que identificaste brillan igual, son del mismo color o tamaño?
- c) ¿Qué dificultades consideras que tiene la observación del cielo?
- d) Comparte en grupo tus observaciones y elaboren una conclusión.

## El telescopio

¿Has mirado el cielo a través de un telescopio? ¿Sabes cómo funciona? Un telescopio consta básicamente de dos lentes o una lente y un espejo, y su función es hacer que los objetos se vean más cerca (figura 3.61). Si has usado un telescopio, quizá apuntaste hacia una estrella, un punto luminoso a simple vista, y comprobaste que con ese instrumento ¡sigue siendo un punto luminoso! ¿Dónde está pues la utilidad del telescopio?



Figura 3.61. Esquema del telescopio de Galileo.

Identificar los cráteres de la Luna o los anillos de Saturno es una gran experiencia, pero no agota la utilidad del telescopio. Gracias a este aparato ha sido posible observar cuerpos celestes muy lejanos y calcular la distancia a algunos de ellos usando la **paralaje**, que es la diferencia en la posición aparente de un objeto respecto a otros cuando lo observamos desde dos puntos diferentes (figura 3.62). Esta diferencia se puede medir por el ángulo de paralaje y, si se conoce la distancia que separa los puntos de observación, es posible estimar la distancia a la que se encuentra el objeto observado usando trigonometría (esta parte de las matemáticas la estudiarás en tercer grado).



Figura 3.62. a) Paralaje de una estrella; b) paralaje experimentado con tu pulgar.

### Experimenta Constelaciones y paralaje

#### Propósito

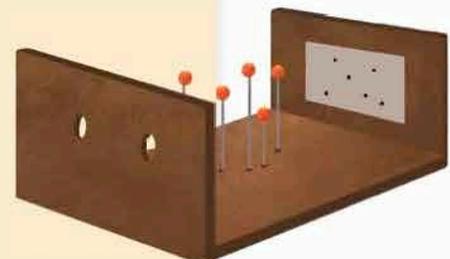
Modelar y comprender la paralaje en la visualización de objetos celestes.

#### Material

Base de unicel de 25 cm × 50 cm, 2 cuadrados de cartón grueso de 25 cm de lado, 1 hoja de papel blanca, pegamento, cinco trozos de alambre grueso de distinta altura (de 5 a 20 cm), plumón, plastilina y navaja.

#### Procedimiento

1. Hagan con la navaja y con cuidado dos orificios circulares pequeños (las mirillas) en uno de los cuadrados de cartón, a media altura y separados por unos 10 cm.
2. En la otra hoja marquen seis puntos distribuidos a manera de estrellas.
3. Peguen verticalmente los cartones en los extremos de la base de unicel, como muestra la figura. Claven los alambres centrados en el unicel, pero no alineados; en la punta libre de los alambres inserten bolitas de plastilina.
4. Observen por una de las miras y dibujen el aspecto de su "constelación" de plastilina y el fondo de estrellas. Luego repitan en la otra mirilla.



#### Análisis y conclusiones

- a) Expliquen cómo este artefacto modela lo que ocurre con las constelaciones reales. ¿A qué corresponden las dos mirillas de su modelo en una situación real?
- b) Si las mirillas estuvieran más alejadas de las bolitas de plastilina, ¿cómo cambiaría el efecto que observaste? Expliquen en grupo sus respuestas.

La paralaje de las estrellas disminuye proporcionalmente a su lejanía, lo que dificulta su medición. Para resolver este problema, desde la época de Galileo los astrónomos diseñaron telescopios más grandes. Después se apoyaron en el uso del **micrómetro**, un aparato que sirve para medir ángulos muy pequeños, y desde finales del siglo XIX, en la **fotografía**; gracias a ella pueden comparar el aspecto de una estrella al transcurrir cincuenta años o más y medir su paralaje.

### La luz

Otra de las formas en que en la vida cotidiana estimamos distancias es mediante el sonido. Sabemos que el volumen o intensidad del sonido disminuye con la distancia. ¿Crees que algo similar ocurre con la luz? A fin de cuentas, luz y sonido son fenómenos ondulatorios. ¿Cómo podríamos usar la luz de un objeto para estimar su distancia?



#### Experimenta El brillo y color de las estrellas

##### Propósito

Comprender la relación entre el brillo y la distancia a la fuente de luz, así como entre el color y la temperatura.

##### Material

Lámpara de mano con baterías, alambre de cobre, pinzas de electricista, vela.

##### Procedimiento

1. Realicen en equipos esta actividad.
2. En una habitación oscura, ubíquense en el punto más alejado que puedan, de tal modo que al encender la lámpara iluminen la pared opuesta.
3. Acérquense poco a poco a la pared, sin cambiar la dirección de la lámpara. Observen cómo cambia el brillo de la zona iluminada.
4. Tomen un trozo de alambre de aproximadamente 10 cm de longitud y sujeten un extremo con las pinzas.
5. Enciendan la vela y con cuidado coloquen el alambre sobre la flama. Pongan atención a los cambios de color del alambre. No toquen el alambre, ya que podrían quemarse.



##### Análisis y conclusiones

- a) Describan la relación entre el brillo y la distancia entre la lámpara y la pared.
- b) ¿Piensan que para las estrellas vale la misma relación? Argumenten.
- c) ¿Cómo cambia el color del alambre al calentarlo con la flama?
- d) ¿Cuál es la relación entre el color y su temperatura? ¿Esta relación se cumple para cualquier cuerpo?
- e) Compartan sus repuestas en grupo y lleguen a una conclusión.



Las características de los cuerpos celestes se pueden traducir en información cuando aplicamos nuestros conocimientos de física. El brillo de una estrella es un indicador de su distancia (si tenemos una idea de cuán luminosa es en realidad) y su color nos indica su temperatura. Al observar un cuerpo celeste en diferentes longitudes de onda, como el infrarrojo o los rayos X, aparece nueva información debido a la forma en que algunos cuerpos celestes emiten radiación electromagnética. El Sol, por ejemplo, emite luz visible sólo en su superficie, así que si lo vemos en otra longitud, con un telescopio adecuado para ese propósito, veríamos cómo es por dentro. La figura 3.63 muestra la nebulosa del Cangrejo vista en cuatro longitudes de onda diferentes. En rayos X se observa algo que parece un remolino: es un disco de materia que gira en caída hacia un **agujero negro**. Esta nebulosa es el remanente de una supernova que explotó en el año 1054 y observaron y registraron antiguos astrónomos chinos y árabes (ver de nuevo la figura 3.58).

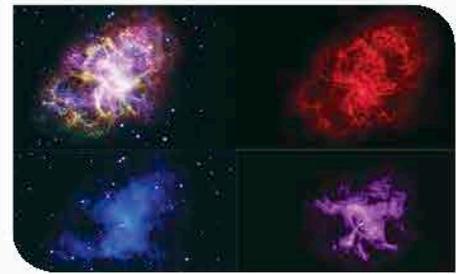


Figura 3.63. Nebulosa del Cangrejo en cuatro longitudes de onda diferentes.

La importancia de la recolección de datos en astronomía fue bien resumida por William Herschel en una metáfora, que comparaba a un astrónomo con un hombre que jamás hubiera visto un árbol en su vida, pero fuera invitado a pasear una hora por un bosque; en tan poco tiempo le sería imposible notar algún cambio en los árboles, pero vería diferentes tipos de ellos: jóvenes y viejos, retoños y árboles caídos y secos. Si aquel hombre fuese curioso e inteligente bien podría entretrejer sus observaciones y reconstruir la historia completa de la vida de un árbol a partir de este breve paseo.

En la actualidad la astronomía usa tecnología de punta para recolectar datos: existen telescopios que trabajan en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético y otros orbitando la Tierra, como el telescopio espacial Hubble. Esto es necesario pues la atmósfera produce efectos ópticos, como los que mencionan los niños del cuento chino.

Los telescopios modernos, como el del SDSS son capaces de recolectar tantos datos en un solo día como para llenar decenas de veces el disco duro de una computadora ordinaria. Para la astronomía moderna es imprescindible el uso de computadoras para analizar datos y realizar simulaciones que pongan a prueba nuevos modelos teóricos sobre los cuerpos celestes observados (figura 3.64).

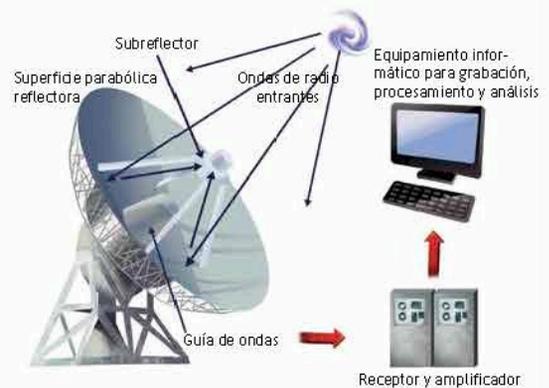


Figura 3.64. Esquema del procedimiento de recolección y análisis de datos en un radiotelescopio.

**Reflexiona**

1. Revisen en equipo nuevamente la situación de inicio y respondan.
  - a) ¿Cuál es la explicación física correcta que resuelve el dilema de los niños del cuento chino?
2. ¿Por qué podemos estar seguros de que el Sol está más cercano a nosotros que las estrellas?
3. ¿Por qué los griegos concluyeron que la Tierra era una esfera no muy grande?
4. ¿Por qué para estimar la distancia a una fuente luminosa es necesario conocer su potencia o luminosidad real?

**Cierre**

## L3 Los mecanismos de las estrellas

### Inicio

1. El 11 de febrero de 2016 científicos del Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría (LIGO, por sus siglas en inglés), en Estados Unidos de América, y del observatorio Virgo, en Italia, anunciaron la primera detección de **ondas gravitacionales**,



Visión artística de la primera onda gravitacional detectada. Las enormes masas de los agujeros negros perturban el espacio, y esta perturbación se propaga en él.

las perturbaciones del espacio predichas por Albert Einstein. La onda gravitacional, llamada GW150914 por haberse detectado el 14 de septiembre de 2015, fue generada por una violenta colisión de dos agujeros negros ocurrida a 1300 millones de años luz de distancia.

Esta detección, que coronó una búsqueda de más de cinco décadas, fue recibida con un enorme entusiasmo, pues no sólo verifica la teoría de Einstein, sino que también abre una nueva era para la astronomía.

- a) ¿Qué tipos de ondas conoces? ¿Cómo es la perturbación que propagan? ¿En qué medios lo hacen?
- b) ¿Habías escuchado algo sobre las ondas gravitacionales? ¿Qué supones que son?
- c) ¿Por qué imaginas que se dice que la detección de ondas gravitacionales abrió una nueva era para la astronomía?
- d) ¿Qué es un agujero negro? Investiga y responde.

### Desarrollo

## Las estrellas



**Figura 3.65.** Los Pilares de la Creación, en la Nebulosa del Águila, nube molecular captada por el telescopio espacial Hubble.

Tal vez has disfrutado una noche de esa sencilla y bella experiencia que consiste en mirar las estrellas. Ya sabemos que las estrellas están a enormes distancias, pero ¿qué son exactamente? ¿Qué las hace brillar?

El colapso gravitacional, es decir, la tendencia de la materia a unirse por efecto de su mutua fuerza de gravedad, tiene un papel fundamental en el origen y la evolución de todos los objetos que conforman el Universo: es el mecanismo que dio origen a las galaxias, a las estrellas y a los planetas, y es también la causa que los lleva a su estado final.

Una estrella es una enorme bola de gas incandescente que brilla porque en su interior se efectúan reacciones de **fusión nuclear** (unión de dos o más núcleos de átomos ligeros que se unen formando otro más pesado).

La materia prima de una estrella es el hidrógeno que existe en las llamadas **nubes moleculares**, masas gaseosas constituidas por 99% de hidrógeno (figura 3.65). Estas nubes de gas frío son tan grandes que pueden dar origen a miles, incluso millones de estrellas como el Sol, y que los astrónomos han podido detectar porque emiten ondas de radio.

Cuando el gas, por efecto de la gravedad, se condensa en alguna región de la nube molecular forma una **protoestrella**, se calienta y los choques entre sus átomos son cada vez más frecuentes y violentos. Este proceso da pie a la fusión nuclear: los átomos de hidrógeno se fusionan para producir helio, reacción en la que se produce energía.

### Glosario

#### Protoestrella.

Etapa inicial de la formación de una estrella.

El proceso de formación y evolución estelar es una lucha por el equilibrio entre dos fuerzas opuestas: la gravedad, que tiende a contraer y colapsar el gas de la estrella, y la presión interna del gas, que tiende a expandirlo. Si una protoestrella tiene una masa menor a  $0.08 M_{\odot}$ , no podrá generar en su interior las temperaturas necesarias para la fusión del hidrógeno, de modo que tendrá un aspecto parecido al del planeta Júpiter, aunque de mayor tamaño. Un objeto así es muy difícil de observar porque casi no emite luz y se conoce como **enana marrón**. Si la masa de la protoestrella es mayor a  $0.08 M_{\odot}$ , la contracción gravitacional del gas producirá la temperatura necesaria para iniciar las reacciones nucleares, la radiación electromagnética (energía) saldrá en forma de luz visible y de otras longitudes de onda (rayos X, infrarrojos, ultravioleta, gamma u ondas de radio) y empujará los restos de la nube molecular más cercanos.

Durante esta etapa temprana, en que busca el equilibrio, la estrella aumenta y disminuye periódicamente su tamaño, por lo cual el brillo de estas estrellas varía en forma continua. Existe una amplia variedad de estrellas de este tipo, conocidas como **estrellas variables**, que son muy importantes porque existe una relación entre la luminosidad de la estrella y el periodo de variación de su brillo. Esto las hace útiles, pues al ser posible conocer su brillo real también se puede estimar a qué distancia están. El ejemplo más importante de estrellas variables son las **cefeidas**, gracias a las cuales Hubble pudo descubrir la recesión de las galaxias o la expansión del Universo. Poco a poco la estrella alcanza el equilibrio y estabiliza su luminosidad durante una larga etapa en la que convierte hidrógeno en helio. Si la estrella tiene una masa menor a  $8 M_{\odot}$  su evolución será parecida a la de nuestro Sol. Estas estrellas durante gran parte de su existencia transforman su hidrógeno.

**Glosario** G

**$M_{\odot}$  Masa solar (unidad).** Para medir la masa de los objetos estelares es común usar como unidad la masa del Sol:  $1 M_{\odot} = 1$  masa solar.

**Notación** N

El proceso que aquí se denomina "evolución" estelar se refiere a un individuo, a una estrella, no como en la biología, donde se habla con relación a especies.



**Figura 3.66.** Henrietta Swan Leavitt (1868-1921), descubrió la relación entre el periodo y la luminosidad de las variables cefeidas.

**Experimenta** Estrellas variables

**Propósito**

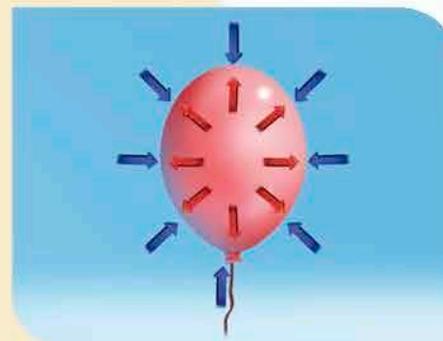
Modelar las pulsaciones de las estrellas variables.

**Material**

Globo grande y redondo.

**Procedimiento**

1. Infla parcialmente el globo. Mantenlo en tu boca y deja que escape un poco de aire. Observa lo que ocurre con el volumen del globo y con la presión del aire.
2. Repite el procedimiento variando las cantidades de aire que soplas y que liberas.



**Análisis de resultados y conclusiones**

- a) ¿Qué produce el aumento del volumen del globo? ¿Qué causa que disminuya?
- b) En este modelo la presión interior del aire en el globo es análogo a la presión del gas en una estrella. ¿A qué es análoga la presión exterior, resultado de la combinación de la tensión del globo y la **presión atmosférica**?
- c) Comparte en grupo tus respuestas y valídenlas. Escriban sus conclusiones en su cuaderno

**Glosario** G

**Presión atmosférica.** Fuerza que ejerce el aire de la atmósfera sobre los objetos y la superficie terrestre.



Figura 3.67 Esquema de la evolución de las estrellas.

En este proceso el núcleo es sometido a grandes presiones hasta que, en cierto valor límite (con temperaturas entre 80 y 90 millones de grados Celsius), ocurre una rápida cadena de reacciones nucleares donde, a partir del helio, se forman elementos como berilio, carbono y oxígeno.

Entonces, en el núcleo se acumulan carbono y oxígeno, y en torno a él se quemán, en capas sucesivas, helio e hidrógeno. Cuando el hidrógeno se consume continúan las reacciones nucleares del helio, las cuales son muy sensibles a las diferencias de temperatura y por ello la estructura de la estrella es muy inestable. Diferencias de temperaturas de 2% pueden generar violentas explosiones que expanden zonas de la estrella que se enfrían de inmediato, haciendo oscilar la superficie, hasta que en cierto momento la gravedad de la estrella no puede retener las capas más externas y éstas abandonan la estrella. Esos gases conforman una **nebulosa planetaria** que se expande, alejándose de la estrella a varios kilómetros por segundo, mientras ésta deja al descubierto capas más profundas que calientan la nebulosa. Cuando esta última alcanza una temperatura de 35 000 °C emite radiación ultravioleta, lo cual permite a los astrónomos observarla.

Sin su atmósfera, la estrella que queda como residuo de una gigante roja que se llama **enana blanca**; ésta es rica en carbono y oxígeno; se comprime y enfría lentamente, quizá hasta dejar de emitir luz y convertirse en un objeto llamado **enana negra**.



**Experimenta** Analizar el comportamiento de una supernova  
**Propósito**

Modelar el mecanismo por el cual una supernova expulsa parte del material que la compone.

**Material**

Dos pelotas de diferente tamaño (por ejemplo, una de básquetbol y una de tenis).

**Procedimiento**

1. Sujeta las dos pelotas separadas a la misma altura y déjalas caer al mismo tiempo. Compara la altura a la que rebotan.

- Coloca la pelota pequeña sobre la grande y suéltalas desde la misma altura anterior. Observa cómo rebotan.

### Análisis de resultados y conclusiones

- ¿A qué altura rebotó la pelota pequeña en el segundo caso? ¿Por qué?
- ¿Cómo cambió la energía potencial y cinética de las pelotas? ¿Consideras que entre ellas hubo intercambio de energía?
- En equipo enriquezcan sus respuestas y explicaciones.



**Figura 3.68.** Supernova 1947D. Las supernovas llegan a brillar tanto o más que la galaxia donde residen.

De la misma manera que la pelota grande transfiere energía a la pequeña y la expulsa violentamente, las explosiones internas de una estrella expulsan su atmósfera. Si la estrella tiene una masa mayor a  $8 M_{\odot}$ , tendrá un desarrollo muy parecido al que hemos descrito, pero no se formará una gigante roja, sino una estrella mucho más grande llamada **supergigante roja**. Esta eventualmente terminará en una explosión catastrófica llamada **supernova** (figura 3.68) y en vez de dejar tras de sí una enana blanca podría dar origen a una **estrella de neutrones**, si el núcleo de la estrella colapsa hasta una densidad tan grande que protones y electrones se combinen formando neutrones, o a un **hoyo negro**.

En el siglo pasado, de manera independiente, los astrónomos **Ejnar Hertzsprung** (1873-1967) y **Henry Norris Russell** (1877-1957) relacionaron el brillo de las estrellas con su temperatura y propusieron diagramas para clasificarlas según esta característica (figura 3.69). El diagrama H-R dio pistas para entender la evolución de las estrellas, pues en él se observa que la mayoría de las estrellas se hallan en una banda oblicua que va de las más grandes y calientes a las más pequeñas y frías. Esta banda se conoce como secuencia principal y corresponde a la etapa en que las estrellas “queman” su hidrógeno.

En el siglo XIX la metodología de los astrónomos fue similar a la de los biólogos: estudiaron muchísimas estrellas, clasificándolas de acuerdo con sus características (brillo, color, temperatura) y dedujeron su desarrollo; actualmente su metodología consiste en usar ampliamente el conocimiento de las leyes de la física. Los astrónomos modelan los fenómenos que desean estudiar, luego diseñan simulaciones computacionales que les sugieren formas de probar sus modelos y por último comparan sus resultados con las observaciones mediante radiotelescopios, telescopios u observatorios espaciales.



**Figura 3.69.** Diagrama Hertzsprung-Rusell (H-R).

- En equipo revisen nuevamente la situación de inicio y respondan. ¿Qué causa las ondas gravitacionales? A partir de estas ondas, ¿podríamos conocer las características de los objetos que las producen? ¿Por qué?

### Piensa y sé crítico

- ¿El Universo es el conjunto de una gran cantidad de cuerpos más o menos independientes o es una unidad? Explicuen.

Cierre

## L1 Características y exploración del Sistema Solar

### Inicio

1. El 12 de abril de 2016 el grupo Breakthrough Initiatives (Iniciativas de Progreso) lanzó un programa de becas tecnológicas, con un valor de 100 millones de dólares, para estudiar



a) Visión artística de las nanosondas proyectadas.  
b) Yuri Milner líder del proyecto Breakthrough Initiatives, y Stephen Hawking, quien fungía como asesor científico.

la viabilidad de su proyecto Lanzamiento Estelar Avanzado, que plantea el envío de una flota de nanosondas espaciales al sistema solar más cercano al nuestro: Alfa Centauri. Estas naves estarán equipadas con velas solares —pantallas de material reflectante, de entre  $9 \text{ m}^2$  y  $32 \text{ m}^2$ —, sobre las que se proyectará un potente haz de luz láser. La presión de los fotones del láser sobre las velas imprimirá una aceleración de manera constante, de modo que las nanosondas podrían alcanzar hasta 20% de la velocidad de la luz. Las naves, equipadas con pequeñas cámaras y sensores, captarán imágenes y recopilarán datos para transmitirlos a la Tierra. Esos serían los primeros datos obtenidos directamente en un sistema planetario ajeno al nuestro. El 24 de agosto de 2016 otro equipo de científicos confirmó la existencia de un planeta rocoso, de 1.3 masas terrestres, situado en la franja orbital habitable en torno a la estrella Próxima Centauri, de modo que ese exoplaneta, bautizado como Próxima Centauri b, es a la fecha el más cercano y seguramente será el objetivo principal de exploración de la Breakthrough Initiatives.

(Adaptado de Rodríguez Baquero, O. A., *La exploración del espacio*, RBA, España, 2017, pp. 160-162).

Responde las preguntas y anota las respuestas en tu cuaderno.

- ¿Por qué basta con proyectar luz sobre la vela de una nanosonda para impulsarla? ¿Cómo intervienen las leyes de Newton en este proceso?
- ¿Qué entiendes por “exoplaneta”, “planeta rocoso” y “franja orbital habitable”?
- ¿Por qué Centauri b es de gran interés para los científicos?
- ¿A qué distancia podría decirse que las naves han “salido” del Sistema Solar?
- Comenta en grupo estas preguntas para enriquecer sus respuestas.

### Desarrollo

#### Los planetas del Sistema Solar

¿Qué sabemos del Sistema Solar? ¿Cómo lo hemos averiguado? Quizá te sorprenda saber que, aunque observado durante siglos, apenas hace poco se tienen mejores ideas sobre él. La infografía de las páginas 244 y 245 resume algo del conocimiento que se tiene de los planetas del Sistema Solar. Te invitamos a revisarla antes de seguir leyendo.

**Experimenta** La velocidad de los planetas**Propósito**

Modelar el efecto de la distancia al Sol en el movimiento de los planetas.

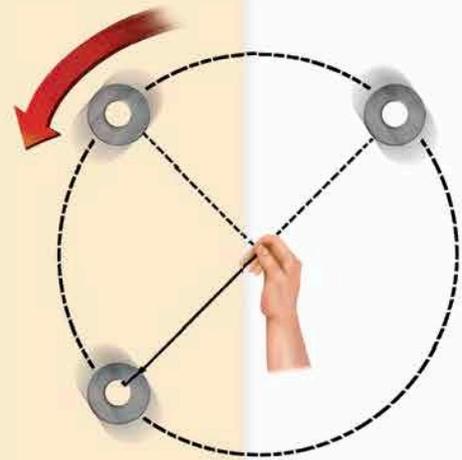
**Material**

Pelota de esponja, cordón de 1.2 m de largo.

**Procedimiento**

Trabajen en parejas este experimento, en un espacio abierto.

1. Sujeten el cordón a la pelota.
2. Uno de ustedes sostenga el cordón y haga girar la pelota en un plano vertical a la velocidad mínima necesaria para mantener tenso el cordón, liberen casi todo el cordón. Observen la velocidad de la pelota.
3. Repitan el procedimiento liberando sólo la mitad del cordón, y luego una tercera o cuarta parte.

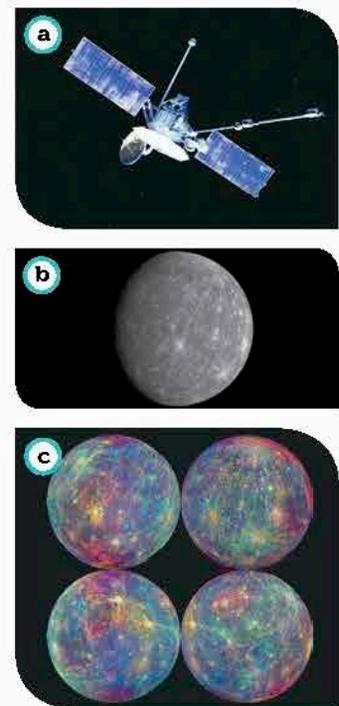
**Análisis y conclusiones**

- a) ¿Cómo cambia la velocidad de la pelota al variar la longitud del cordón?
- b) ¿Cómo modela este experimento la velocidad de traslación de los planetas del Sistema Solar? ¿A qué corresponde la tensión que aplicas en la cuerda?
- c) Compartan en grupo sus respuestas y lleguen a una conclusión sobre la analogía.

**Mercurio**

Dado que Mercurio casi no tiene atmósfera, sus temperaturas oscilan entre los 350 °C durante el día (427 °C en zonas ecuatoriales) y -173 °C en la noche. Esta planeta está expuesto a un continuo bombardeo de partículas que emite el Sol (viento solar) y es difícil observarlo desde la Tierra; su exploración comenzó en 1973 con el lanzamiento de la nave estadounidense Mariner 10 provista de cámaras, espectrómetros ultravioleta y un radiómetro infrarrojo. En su recorrido, la nave pasó cerca de Venus, lo fotografió y aprovechó su gravedad para ajustar su trayectoria, rumbo a Mercurio. El 29 de marzo de 1974 alcanzó la distancia mínima de 703 km al planeta más cercano al Sol; sus fotografías mostraron que Mercurio tiene cráteres similares a los de la Luna y detectó un campo magnético muy débil. Mercurio es más vulnerable a la radiación solar que los planetas con campos magnéticos fuertes, como la Tierra.

Mercurio volvió a ser visitado hasta 2008 por la sonda estadounidense Messenger, la cual entró en la órbita del planeta en 2011. Esta nueva sonda contaba con un espectrómetro para analizar la composición, tanto de la superficie como de su tenue atmósfera. Gracias a este instrumento se descubrió que Mercurio emite una cola de sodio (como los cometas), cuyo tamaño e intensidad varía según la actividad solar, y también en la superficie se encontraron depósitos de hielo, hierro y azufre. En 2015 Messenger finalizó su misión impactándose deliberadamente contra la superficie del planeta.



**Figura 3.70.** a) Imagen de la nave Mariner 10. b) Mercurio. c) Fotografía de la nave Messenger.

# EL SOL Y LOS PLANETAS

El Sol es una estrella amarilla alrededor de la cual orbitan planetas, los cuales tienen diferentes características.



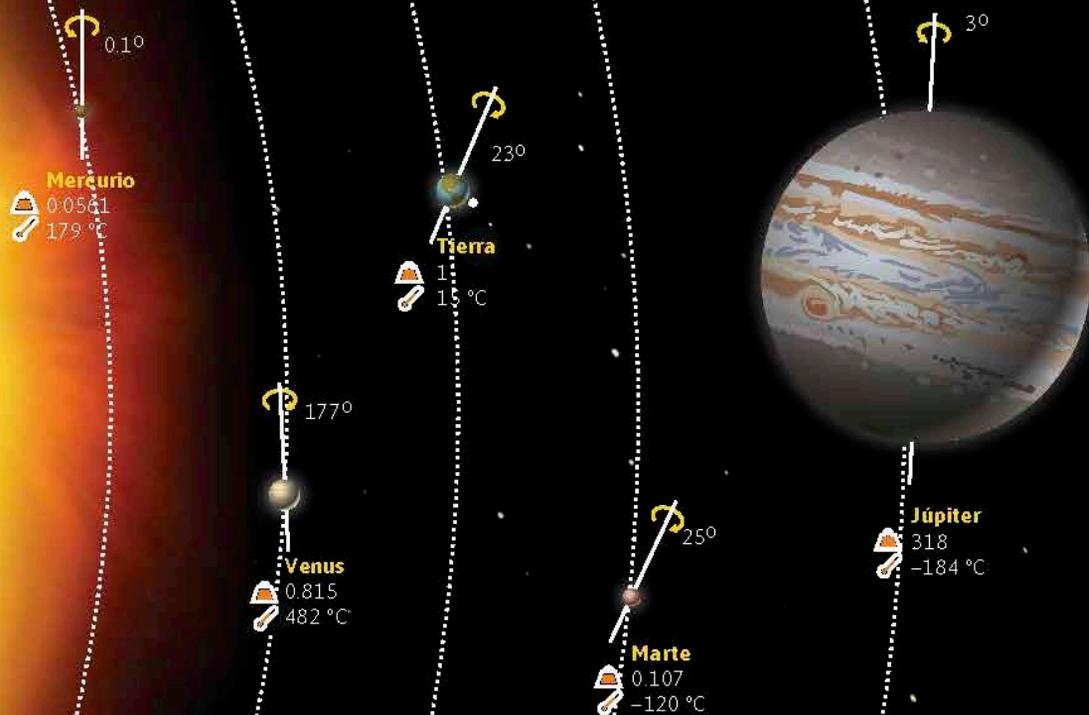
### Temperatura

La temperatura superficial promedio de cada planeta depende de su distancia al Sol, de la existencia de atmósfera y de sus movimientos de rotación y traslación.



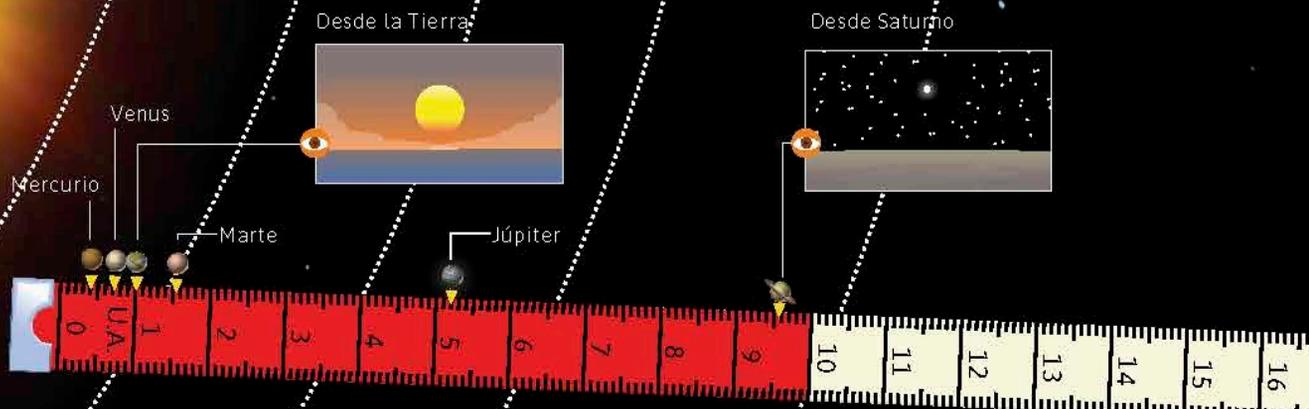
### Masa

Para facilitar la comparación entre las masas de los planetas se puede usar la masa de la Tierra como unidad:  
 $1 M_{\oplus} = 1$  masa de la Tierra =  $5.98 \times 10^{24}$  kg.



### La unidad astronómica

Las distancias interplanetarias se pueden expresar en unidades astronómicas (U.A.). La unidad astronómica equivale a la distancia que existe entre nuestro planeta y el Sol (149 600 000 km).

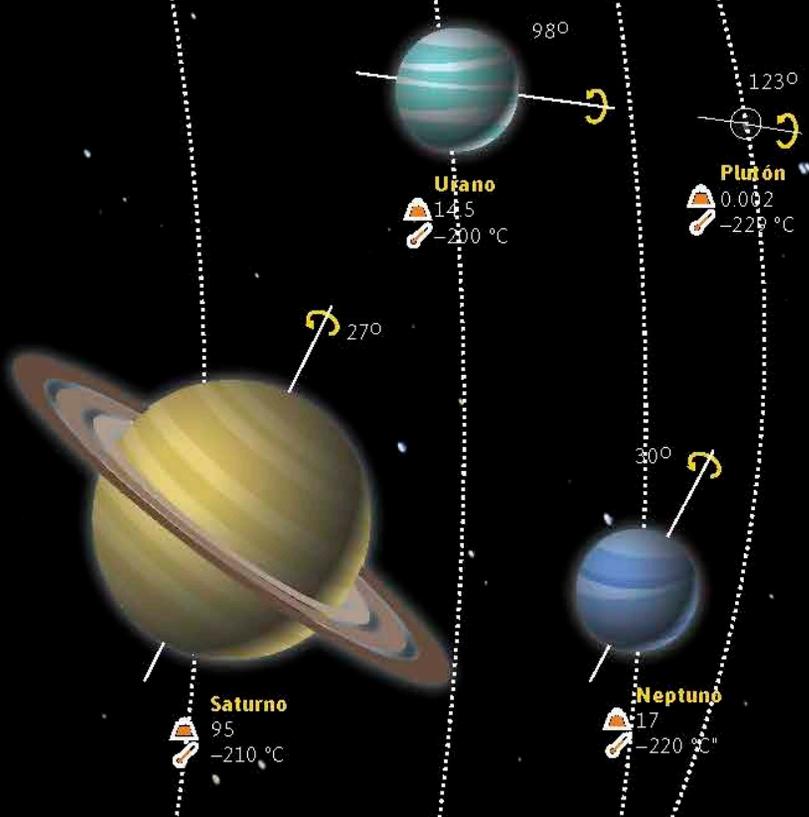


**Volumen**

El tamaño de los planetas es muy diverso, por ejemplo: el volumen de la Tierra es casi 18 veces el de Mercurio, pero el volumen de Júpiter es 1300 veces mayor que el de la Tierra.

**Oblicuidad**

Es la inclinación que presenta el eje de rotación de cada planeta con respecto al plano de su órbita.



Desde Urano



Desde Neptuno



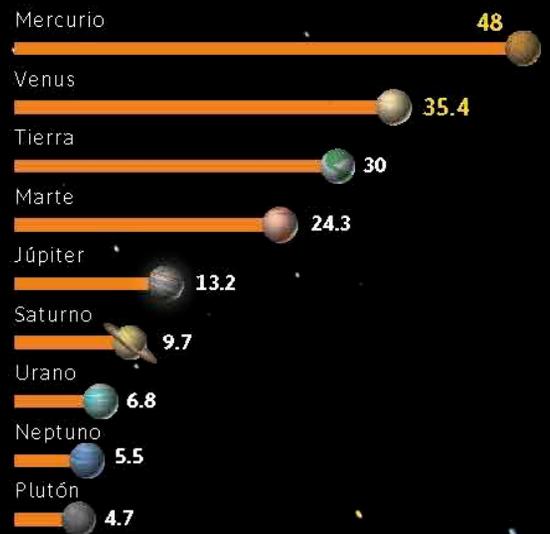
**Atracción gravitacional**

Fuerza de atracción que experimenta un objeto sobre la superficie de determinado planeta. En este ejemplo se muestra cuál es la fuerza de atracción gravitacional, expresada en newtons (N), sobre una misma pesa en diferentes planetas.



**Velocidad media de traslación**

Velocidad promedio (km/s) con la que se desplaza un planeta alrededor del Sol.



**Analiza la infografía y responde.**

1. ¿Por qué la pesa experimenta fuerzas de atracción gravitacional diferentes en la Tierra, en Júpiter y en Plutón?
2. ¿Cuántas veces es más grande la distancia entre Neptuno y el Sol que entre éste y la Tierra?

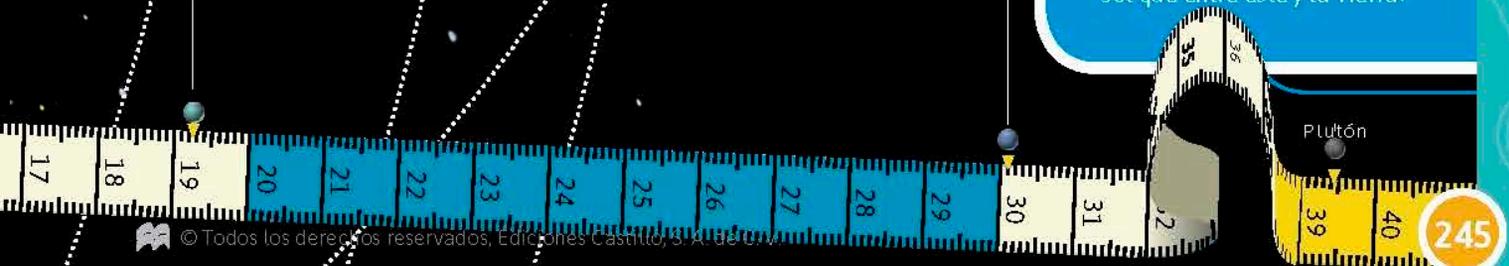




Figura 3.71. Fotografía de Venus.

## Venus

Al igual que Mercurio, Venus carece de satélites y tiene una atmósfera muy densa, rica en dióxido de carbono, que produce un alto **efecto invernadero**. La temperatura durante el día alcanza 480 °C, más de la que se necesita para fundir el plomo, y por la noche apenas desciende unos grados. Debido a su densa capa de nubes, Venus ha sido un objetivo difícil de estudiar. Desde la década de 1960 diversas misiones fracasaron en ese intento. En 1965 la URSS lanzó la nave Venera 3 que logró depositar en el planeta una pequeña cápsula de aterrizaje con la que se perdió contacto poco después. Este fue el primer artefacto humano en alcanzar la superficie de otro planeta.

En 1970 Venera 7 indicó que la presión atmosférica de Venus equivale a 90 presiones atmosféricas de la Tierra. En 1978 la nave Pioneer Venus 1, de la NASA, determinó que la superficie de ese planeta es más llana que la de la Tierra. Exploraciones más recientes, de 2004 a 2014, observaron hidrógeno y deuterio en la atmósfera. A partir de estos datos se cree que el planeta albergó cantidades importantes de agua en ríos y mares que escapó al exterior a un ritmo muy rápido.

### Conoce más

Para saber más sobre el Sistema Solar te recomendamos la página.  
<http://www.edutics.mx/w8v>  
 (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

### Experimenta El efecto invernadero

#### Propósito

Modelar el efecto invernadero de Venus.

#### Material

Dos termómetros ambientales, frasco de vidrio con tapa de altura mayor a los termómetros.



#### Procedimiento

Realicen en equipos esta actividad en el exterior, donde se reciba la luz del Sol.

1. Coloquen un termómetro en el frasco y tápenlo.
2. Dejen el otro termómetro y el frasco expuestos a la luz del Sol durante 20 min.
3. Midan y registren la temperatura en cada termómetro.

#### Análisis y conclusiones

- a) Comparen sus mediciones con las de otros equipos y expliquen los resultados.



Figura 3.72. Mars Pathfinder: módulo de aterrizaje y vehículo Sojourner, que llegó a la superficie marciana en 1997.

## Marte

La posición de Marte en el Sistema Solar lo hace potencialmente habitable, por lo que ha sido objeto de diversas misiones de exploración y se habla de planes para colonizarlo, aunque persiste la duda sobre si en algún momento albergó formas de vida. Marte tiene dos asteroides capturados en su órbita: Fobos y Deimos; su temperatura varía entre -87 °C y 20 °C; su atmósfera está compuesta en 95% de dióxido de carbono y casi nada de oxígeno (sólo en forma de ozono). La aceleración de la gravedad en Marte es la tercera parte que la de la Tierra. ¿Estas características permitirían la vida en ese planeta?

## Planetas exteriores, cometas y asteroides

Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno integran el grupo conocido como **gigantes gaseosos**, dado que su principal componente es gas (hidrógeno, helio, metano y otros en menor proporción) y son enormes en comparación con el resto de los planetas. Su exploración se inició en la década de 1970 con las sondas Pioneer 10 y 11 de la NASA. Estas misiones tuvieron el encargo de determinar la viabilidad de enviar naves a través del **Cinturón de Asteroides** (entre Marte y Júpiter), que en ese momento era poco conocido.

Las misiones Voyager 1 y 2, lanzadas en 1997, fotografiaron a esos planetas y descubrieron que todos tienen anillos formados de hielo, rocas, y un gran número de satélites (Júpiter tiene 67). También fotografiaron la **Gran Mancha Negra de Neptuno**, una tormenta similar a la **Gran Mancha Roja de Júpiter**, con vientos de hasta 1200 km/h. La misión Cassini-Huygens llegó a Saturno en 2004 y estudió sus anillos y lunas. Una de ellas, Titán, es motivo de distintos estudios, pues se piensa que reúne condiciones físicas similares a las de la Tierra antes de que surgieran las primeras formas de vida.

El estudio de satélites, asteroides y cometas aumenta de interés cuando hay indicios de presencia de hielo, pues el agua es fundamental para la vida.

## Zona de habitabilidad

Hasta el momento sabemos que el único planeta donde existe vida es la Tierra; ¿qué condiciones lo hacen posible? Los estudiosos sobre posibilidad de vida en otro planeta plantean que para que sea potencialmente habitable debe ubicarse en la llamada **zona habitable**, es decir, a cierta distancia de su estrella que le permita contar con agua líquida, temperatura adecuada y recibir de ella la energía necesaria; además de otras condiciones, como la excentricidad de su órbita, que debe ser casi circular para evitar cambios bruscos de temperatura en su movimiento de traslación, o la inclinación de su eje de rotación, que no implique estaciones extremas.

¿Qué pasaría con los seres vivos de nuestro planeta si estuviéramos más cerca del Sol como Venus o más lejos como Marte? Hasta el momento se han descubierto cerca de 1800 planetas fuera del Sistema Solar y sólo 21 muestran alguna similitud con la Tierra.



Figura 3.73. La Gran Mancha Roja de Júpiter es tres veces más grande que la Tierra.

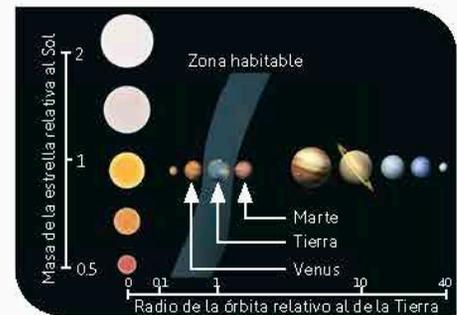


Figura 3.74. Zona habitable con respecto a diferentes tamaños de estrellas en comparación con la Tierra y el Sol.

### Investiga, analiza y reflexiona

1. En equipo investiguen, reflexionen y discutan sobre los efectos físicos, biológicos y psicológicos que experimentaría el ser humano en un viaje a Marte.
2. Investiguen sobre las condiciones necesarias para que exista vida en otro planeta y si éstas se cumplen en Marte. A partir de ello discutan si es posible la colonización de ese planeta.

1. En equipo revisen nuevamente la situación de inicio y respondan.
  - a) ¿Cuál es la importancia de la exploración de planetas dentro y fuera del Sistema Solar?

### Pistas para mi proyecto

El Universo y sus grandes misterios son un tema interesante para hacer un proyecto, ¿no lo crees? ¿Qué tema te gustaría desarrollar?

Cierre

## L2 Origen del Sistema Solar

### Inicio



El Sol visto en diferentes longitudes de onda por la misión SOHO.

1. Metafórica y literalmente, el Sol es la estrella de nuestro Sistema Solar; su influencia gravitacional orchestra el movimiento de los planetas en torno suyo y es, en última instancia, la fuente de todo tipo de energía que aprovechamos para vivir. Culturas antiguas lo divinizaron y quisieron ver en su brillo un símbolo del poder. Hoy, los científicos llaman **conexión solar-estelar** a la profunda relación entre el estudio físico del Sol y el del resto de las estrellas del Universo.

a) Menciona algunos ejemplos de situaciones, mitos, tradiciones o aspectos culturales que muestren la relevancia que los seres humanos le han dado al Sol.

b) ¿Por qué el estudio del Sol es fundamental para comprender la estructura de las estrellas? ¿Por qué estudiar a las estrellas nos permite entender mejor la física del Sol?

c) ¿Por qué el Sol es la fuente de toda la energía que ocupamos para vivir?

d) ¿Qué produce el brillo del Sol? ¿Cuánto tiempo más brillará?

e) Investiga datos sobre las características físicas del Sol: tamaño, temperatura, etcétera.

### Desarrollo

#### Conoce más

En <http://educics.mx/w75> puedes ver información e imágenes del Sol. (Consulta: 14 de septiembre de 2018).

#### Glosario

$$E = mc^2$$

En esta, la ecuación más famosa de la Física,  $E$  es la energía,  $m$  es la masa y  $c$ , la velocidad de la luz.

### El Sol

En el siglo XIX los físicos se plantearon un complejo problema sobre el Sol: ¿cuál es su edad? Hasta entonces era bien aceptada la idea de que la Tierra y el Sol debieron formarse simultáneamente, y geólogos como James Hutton y Charles Lyell estimaron en millones de años el tiempo necesario para que se formaran las rocas sedimentarias; además, la teoría de la evolución de Darwin precisaba también unos 300 millones de años para que las especies biológicas pudiesen evolucionar. Era claro que ese tiempo señalaba un valor mínimo para la edad del Sol, pero ¿cuál era el problema?: que en el siglo XIX nadie sabía qué tipo de fuente de energía habría podido mantener brillando al Sol durante todo ese tiempo. Se propusieron entonces varias hipótesis basadas en los materiales, los mecanismos de combustión y la transferencia de calor conocidos en la época; sin embargo, al realizar los cálculos, siempre se obtenían edades menores al límite señalado por los geólogos.

Fue hasta 1920 que el astrónomo **Arthur S. Eddington** (1882-1944) encontró el camino a la solución: propuso que la masa del Sol se convertía en energía de acuerdo con la ecuación  $E = mc^2$  planteada por Albert Einstein en 1905. Eddington estimó que en el Sol habría

suficiente hidrógeno para mantener su producción de energía durante unos 15 mil millones de años. En 1938 **Hans Bethe** (1906-2005), físico nuclear, completó la solución al formular en detalle el llamado **ciclo protón-protón**, la descripción de una **reacción de fusión** en la que cuatro átomos de hidrógeno se convierten en uno de helio (figura 3.75). En este mecanismo 0.7% de la masa de los protones se convierte en energía liberada en forma de rayos gamma que calientan la materia solar. De modo que este es el mecanismo de energía del Sol, pero ¿lo mismo ocurre en todas las estrellas? La conexión solar-estelar nos lleva a inferir que sí.

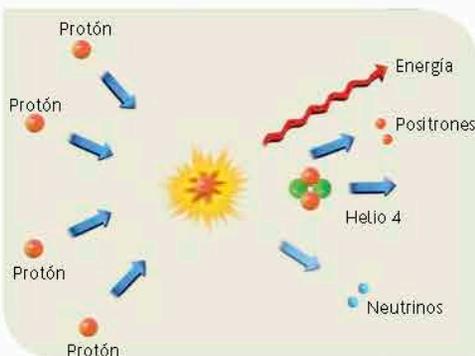


Figura 3.75. Ciclo protón-protón.

**Analiza e infiere**

1. Para estimar la edad del Sol se considera que si la eficiencia de la conversión de energía que describe el ciclo protón-protón es muy baja (0.7%), entonces, ¿por qué el resultado (el brillo del Sol) es tan espectacular?
2. Justifiquen en equipos su respuesta y valídenla en grupo.

El estudio de las estrellas ha permitido concluir que en distintas etapas de su evolución una estrella produce consecutivamente helio, litio, berilio, boro, carbono, oxígeno y otros elementos hasta el hierro. La producción de estos elementos, llamados ligeros, libera energía, pero la creación de otros más pesados, como el cobalto, consume energía; por ello, el brillo de una estrella está limitado a la creación de elementos ligeros. A partir de este conocimiento y de lo que se sabe sobre la abundancia de elementos en el Sol, se infiere no sólo su edad, sino que también la manera en que nuestra estrella ha evolucionado (figura 3.76). ¿Puedes apreciar cómo se aplica aquí la conexión solar-estelar?

**Conoce más** +  
 En la siguiente liga de internet encontrarás una explicación del proceso de fusión nuclear que ocurre en las estrellas y un video sobre la energía del Sol.  
<http://www.edutics.mx/w8F>  
 (Consulta: 18 de septiembre de 2018).



**Figura 3.76.** Esquema del ciclo de vida del Sol. La edad del Sol actualmente aceptada es de unos 4.5 mil millones de años.

Ahora que sabes por qué brilla el Sol, tal vez te preguntes: ¿en qué parte del Sol ocurre exactamente la reacción de fusión, en su superficie o mucho más adentro? Este planteamiento nos lleva a nuevas dudas —situación que siempre ocurre en la ciencia—. ¿De qué está hecho el Sol y cómo está estructurado?

**Experimenta** Las manchas solares

**Propósito**

Observar las manchas solares.

**Material**

Binoculares, dos cuadrados de papel cascarón de 30 cm por lado, navaja, papel aluminio, cinta adhesiva, hoja de papel, lápiz, dos soportes.

**Procedimiento**

Trabajen en equipos esta actividad y en compañía de un adulto, la cual requiere persistencia y mucho cuidado. Por ningún motivo miren en forma directa al Sol, pues hacerlo puede dañar gravemente sus ojos. Aquí sólo se dan instrucciones muy generales para realizar el experimento y ustedes deberán resolver los detalles.

1. En el centro de uno de los cuadrados de papel cascarón recorten un cuadrado de 2 cm por lado y sobre éste peguen encima un cuadrado de 4 cm por lado. Con el punzón hagan un fino orificio (el experimento depende del diámetro de éste).

**Portafolio** P  
 Guarda las imágenes de las manchas solares en tu portafolio de evidencias.



2. Tapan uno de los oculares de los prismáticos y monten los elementos como se muestra en la figura. La imagen del Sol se proyectará sobre la hoja de papel, la cual deberán pegar en el otro cuadrado de papel cascarón.
3. Observen la imagen del Sol en la hoja de papel (¡nunca miren directo al Sol!). ¿Identifican las manchas solares? Si no es así, tal vez requieran proyectar más lejos la imagen. Experimenten con diferentes distancias y tamaños del orificio.
4. Cuando proyecten claramente el Sol observen las manchas solares. Dibújenlas sobre la hoja en la que se proyectan y registren la fecha. Observen durante varios días y luego hagan un solo dibujo con la secuencia de las manchas. Otra opción es que usen las fotografías diarias de la página web que se cita en la página 226.
5. Consideren el centro de su dibujo del Sol y desde ahí midan el ángulo que forman dos posiciones de la misma mancha en dos días consecutivos. Observen la imagen.



### Análisis y conclusiones

- a) ¿Cómo cambiaron las manchas?
- b) ¿Cuál es la velocidad angular (ángulo/día) de las manchas solares?
- c) ¿Todas las manchas se mueven a la misma velocidad? ¿A partir de esto pueden decir si el Sol está hecho de materia sólida?
- d) Comparen y argumenten en grupo sus respuestas con sus compañeros y decidan qué respuestas y argumentos son correctos.

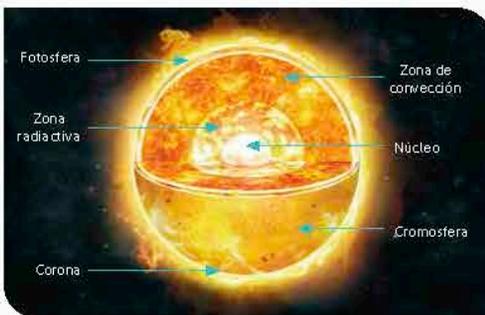


Figura 3.77. Esquema de la estructura del Sol.

Los procesos nucleares ocurren en el núcleo del Sol, es decir, en su centro, debido a las enormes presiones que ahí existen. El transporte de energía hacia el exterior ocurre según los mecanismos de transferencia que hemos descrito con respecto a la teoría cinética de partículas: convección, conducción y radiación. La temperatura en el núcleo del Sol es de unos  $1.36 \times 10^6$  K, por lo que su materia se encuentra en forma de plasma, el cuarto estado de la materia.

### La formación del Sistema Solar

Al formarse una estrella, como el Sol, también resultan, del material que no se aprovecha para construirla, otros cuerpos, como los planetas y sus satélites y anillos. Cuando la estrella produce energía, la radiación que emana empuja y aleja en forma gradual los elementos ligeros de su vecindad. Por ello los planetas se dividen en dos categorías: los **planetas rocosos**, que presentan un núcleo metálico, principalmente de hierro, y un manto de silicatos; a esta categoría pertenecen Mercurio, Venus, Tierra y Marte. Y los **planetas gaseosos**, que quizá no tengan un núcleo sólido y están formados por gases (hidrógeno y helio), así como por agua en sus diversos estados (figura 3.79) y suelen ser enormes: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno son de este tipo.



Figura 3.78. Esquema de la formación del Sistema Solar.

El conjunto de los planetas rocosos integran lo que se conoce como **Sistema Solar Interior**, y los gaseosos forman el **Sistema Solar Exterior**.

Podríamos pensar que el Sistema Solar consiste sólo de nuestra estrella local, el Sol, y sus planetas, pero no es así. La influencia física del Sol se extiende mucho más allá. El **cinturón de Kuiper** es el **disco circunestelar** del Sol (un remanente de su etapa de formación) que lo orbita a una distancia de entre 30 y 55 UA y está constituido por gas, polvo y objetos rocosos o hielo, denominados **planetesimales**. Más allá, rodeando al Sol casi a un año luz de distancia, está la **nube de Oort**, en los límites del Sistema Solar (figura 3.80). La nube de Oort, que se piensa está conformada por billones de cuerpos de unas cinco masas terrestres, tiene una estructura interior en forma de disco conocida como la **nube de Hills**.

Estas grandes estructuras externas no se pueden observar directamente, por lo que su existencia se ha establecido con base en el estudio de **cometas** de largo periodo, como el cometa Halley.

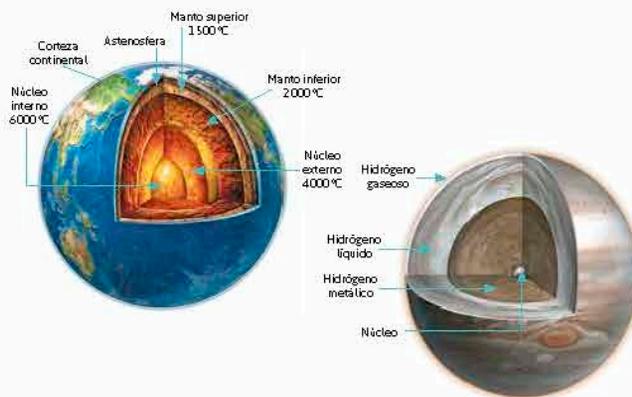


Figura 3.79. Esquema de la estructura de los planetas. a) Planeta rocoso. b) Planeta gaseoso.



Figura 3.80. Esquema del Sistema Solar hasta sus confines.

- En equipo revisen nuevamente la situación de la sección Inicio y respondan.
  - ¿Cómo sabemos que la gravedad del Sol es la fuerza responsable que orquesta la dinámica del Sistema Solar?
  - ¿Cuánto tiempo tardarían las nanosondas que se mencionan al inicio de la lección 1 en salir del Sistema Solar?
  - Explica por qué se dice que el Sol es la fuente de toda la energía que aprovechamos en la Tierra.
- Las reacciones nucleares en las estrellas ocurren en su núcleo donde las presiones son enormes. ¿Qué causa esas presiones?
- ¿Por qué se han explorado más los planetas Mercurio, Venus y Marte que los otros? Justifica tu respuesta con lo que has aprendido hasta ahora.

**Piensa y sé crítico**

- ¿La conexión solar-estelar se sustenta en la creencia de que las leyes de la física son las mismas en todo el Universo? ¿Piensan que hay una conexión equivalente entre nuestra galaxia y las demás galaxias del Universo?
- ¿El hecho de que un planeta se encuentre en la zona habitable garantiza que tenga seres vivos? ¿Por qué? ¿Garantizaría que podamos habitarlo alguna vez?
- ¿Qué es un sistema? ¿El mecanismo por el que se originó justifica que el conjunto de cuerpos celestes que va del Sol hasta la nube de Oort se llame "sistema"?

**Cierre**

**Glosario**

**UA.** Unidad astronómica. Es una unidad de medida equivalente a la distancia media de la Tierra al Sol.

**Circunestelar.** Que rodea una estrella.

**Portafolio**

Elabora una maqueta sobre los planetas del Sistema Solar y su estructura interna. Guárdala en tu portafolio de evidencias.

Identifica algunos aspectos sobre la evolución del Universo.

## 1.1 Teoría de la Gran Explosión

### Inicio



a) Túnel del Gran Colisionador de Hadrones y detectores de partículas. b) Interior del túnel.

1. El Gran Colisionador de **Hadrones**, el dispositivo experimental más caro de la historia, costó alrededor de 10 000 millones de dólares, es obra de unos 8 000 físicos e ingenieros de 85 países (México entre ellos); se trata de un túnel circular de 27 km de longitud ubicado en la frontera entre Francia y Suiza, donde miles de bobinas magnéticas aceleran en direcciones contrarias dos haces de protones hasta alcanzar enormes niveles de energía. Cuando estos haces chocan, los protones se desintegran en partículas más pequeñas, conocidas como quarks, que registran detectores especiales. Los experimentos en el colisionador permiten poner a prueba las teorías sobre la composición de la materia y entender cómo era el Universo en los primeros instantes de su existencia.
  - a) ¿Qué opinas sobre el costo de este proyecto? ¿Se justifica?
  - b) ¿Qué beneficios piensas que pueden aportar las investigaciones y los descubrimientos que se hagan con el colisionador?
  - c) ¿Por qué piensas este colisionador podría ayudar a comprender lo que sucedió en los primeros momentos del Universo?
  - d) Respondan en grupo y expresen sus opiniones.

### Desarrollo

#### Glosario

**Hadrón.** Partícula subatómica unida mediante la interacción nuclear fuerte. Los protones y los neutrones son tipos de hadrones.

#### Conoce más

Consulta en la siguiente dirección electrónica la paradoja de Olbers <http://www.edutics.mx/wXk> (Consulta: 18 de septiembre de 2018).

### La expansión del Universo y la relatividad general

¿Qué sabes sobre el origen del Universo? Seguro has escuchado hablar de las teorías de Einstein, pero ¿tienes idea de cómo nos ayudan a entender el Universo?

Antes del siglo xx los físicos tenían pocas razones para creer que el Universo tuvo un principio; se creía que éste siempre había existido tal como lo observamos y que las piezas básicas de la bóveda celeste eran las estrellas, pero no se tenía una idea clara de la distancia a la que se encuentran ni cómo están distribuidas. Hasta 1929 se pensaba que el Universo consistía sólo en nuestra galaxia: la Vía Láctea.

#### Investiga y reflexiona

1. En equipo investiguen la **paradoja de Olbers**, comenten el planteamiento y las soluciones. Relaciónenla con los modelos científicos del Universo.

La **teoría de la gran explosión** (*Big bang*) es actualmente la explicación más aceptada sobre el origen y evolución del Universo, la cual toma como base la teoría general de la relatividad que Albert Einstein desarrolló en 1915, y su versión inicial la propuso y defendió el físico y abate belga **Georges Lemaitre** (1894-1966); su versión actual es obra de muchos científicos.

La relatividad general explica la gravedad como efecto de la curvatura del espacio; según la teoría, un cuerpo muy denso, como un planeta o un agujero negro, distorsiona el espacio, curvándolo.

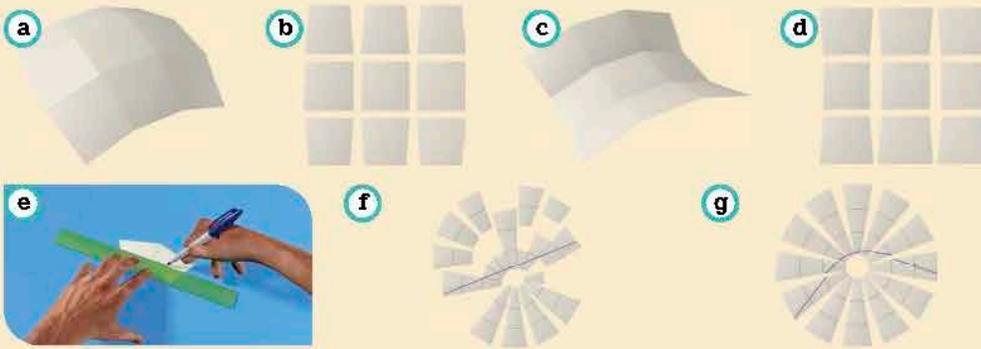
**Experimenta** El espacio curvo

**Propósito**

Modelar espacios curvos y sus efectos sobre los rayos de luz.

**Material**

Hojas de papel blancas, regla, lápiz, tijeras, cinta adhesiva.



**Procedimiento**

1. En equipos dibujen en las hojas los diseños de las figuras b, d y f y armen las superficies correspondientes. Adhiéranlas con la cinta adhesiva. La hoja original tiene curvatura 0, pues es una superficie plana; la superficie a) tiene curvatura positiva y la b) negativa. Las figuras f y g representan el espacio en los alrededores de un agujero negro.
2. Armen otras superficies iguales, pero antes de pegarlas, dispongan los cuadriláteros de manera contigua y en ellos tracen rectas, como muestra la figura e. También tracen una recta en una hoja sin recortar.

**Análisis de resultados y conclusiones**

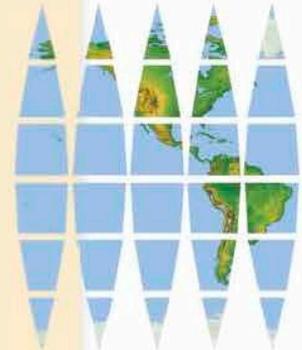
- a) ¿Qué relación identifican entre estos modelos y los mapas de la Tierra?
- b) ¿Cómo se modifican las rectas en estos modelos?
- c) Los agujeros negros tienen una gravedad tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de ellos. ¿El modelo les permite inferir esto?
- d) Compartan sus respuestas en grupo y formulen conclusiones acerca del Universo.

Esa curvatura modifica la trayectoria de los objetos que se desplazan en ella, incluso, cuando un haz de luz pasa cerca de un objeto masivo también se curva, adquiere una forma conocida como **geodésica**. En ausencia de masa el espacio es plano, y en él las trayectorias de la luz es una recta.

Sin embargo, según la teoría de la relatividad los objetos masivos no sólo modifican el espacio sino también el tiempo. El espacio y el tiempo no son iguales en todas las regiones del Universo, y no lo eran cuando éste se originó.

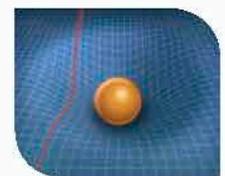
**Conoce más**

Puedes descargar los diseños de los sectores e imprimirlos en las páginas:  
<http://www.edutics.mx/w7q>  
<http://www.edutics.mx/w7S>  
<http://www.edutics.mx/w7T>  
 (Consulta: 14 de septiembre de 2018).



**Glosario**

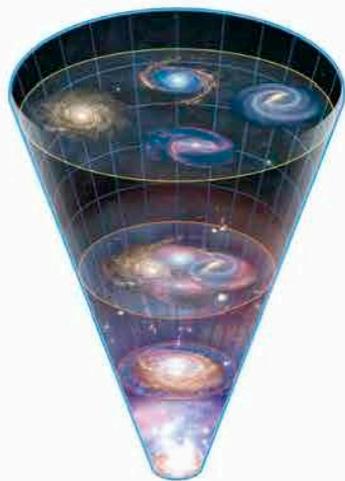
**Geodésica**. Curva correspondiente a la distancia mínima entre dos puntos en una superficie o espacio dado.



**Figura 3.81.** Los objetos masivos curvan el espacio tiempo.

El modelo de la gran explosión considera al Universo como un fluido **homogéneo** en expansión; tal fluido se supone una mezcla de radiación electromagnética y materia. También se considera que en el Universo temprano dominó la radiación y en el Universo actual, la materia (las galaxias).

### El Universo temprano



**Figura 3.82.** Retrocediendo en el tiempo veríamos las galaxias cada vez más juntas hasta que todas se aglutinaran en la singularidad que dio origen al Universo.

Si el Universo está en expansión, como descubrió Hubble, en el pasado todo lo que hoy existe debió ocupar un espacio más y más reducido. En el principio de su existencia el Universo estaba concentrado en un punto con una densidad y temperatura prácticamente infinitas. De pronto, por alguna razón que aún no precisamos, ese punto comenzó a expandirse (es el momento de la “gran explosión”) y se convirtió en el Universo. ¡Todo lo que existe salió de ese punto! Todo: la materia y también (y aquí puedes ser todo lo curioso y filosófico que quieras) el espacio y el tiempo; es decir, no podemos localizar el lugar ni el momento de la explosión porque ésta no se originó en el espacio, más bien, generó el espacio y fue el inicio del tiempo. Desde luego que un punto así es difícil de imaginar –no por nada los científicos lo llaman **singularidad** (figura 3.82)– y, como era de esperarse, está más allá de la comprensión de la física actual y quizá siempre lo esté, nadie lo sabe. Pero aunque no puede remontarse al “tiempo cero”, el modelo explica bien lo que ocurrió luego de  $10^{-35}$  s de la explosión: el Universo se expandió muy rápido durante un evento brevísimo llamado **inflación**. La inflación, introducida en el modelo de la gran explosión en 1979 por **Alan H. Guth** (1947), resuelve varias cuestiones difíciles, como el origen de la estructura a gran escala del Universo (esa estructura con las galaxias rodeando enormes vacíos que ya hemos encontrado antes) y el equilibrio térmico de zonas del Universo extraordinariamente alejadas entre sí.

#### Experimenta El universo inflacionario

##### Propósito

Modelar la inflación del universo temprano.

##### Material

Estufa o parrilla de gas, vaso de precipitados de vidrio de 1 L, 200 ml de leche.

##### Procedimiento

Realicen en equipo este experimento en compañía de un adulto.

1. Sirvan la leche en el recipiente, pónganlo al fuego y esperen a que se caliente.
2. Observen qué ocurre cuando la leche hierve.

##### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Qué ocurrió con el volumen en la superficie de la leche? ¿Qué tan rápido cambió?
- b) ¿Cómo es la estructura que adoptó la superficie de la leche?
- c) Discutan en grupo las analogías entre lo que observaron y la inflación del Universo.



Tras la inflación, el Universo continuó expandiéndose de modo más lento. Como recordarás, si comprimimos un gas, éste se calienta. El Universo temprano se encontraba a temperaturas muy altas, de manera que la energía se manifestaba como radiación de alta energía (rayos gamma), entonces tuvieron lugar procesos nucleares donde la energía se convertía en materia y viceversa.

Conforme el Universo seguía su expansión, la temperatura disminuía (igual que baja la temperatura de cualquier gas cuando se expande) permitiendo que la materia creada formara núcleos de hidrógeno y helio (los elementos más simples y ligeros). Esto ocurrió tres minutos después de la gran explosión, cuando la temperatura descendió un billón de grados. Los primeros átomos se formaron cuando la temperatura bajó a unos 6 000 °C, 380 000 años después de la gran explosión.

### El Universo actual

Al expandirse, el Universo se enfrió, pero en el principio no todo tuvo exactamente la misma temperatura, y las diferencias de temperatura llevan a diferencias de densidad (¿por qué?). Estas diferencias de densidad significaron acumulaciones de materia de donde luego surgieron las galaxias por efectos de la gravedad.

La gravedad también determinó la formación de estrellas, y a partir del hidrógeno y helio se creó oxígeno, carbono y otros elementos más pesados que luego fueron arrojados al espacio y reciclados para formar nuevas estrellas y, eventualmente, dieron origen a los planetas y a la vida.

**Experimenta** El frío del espacio exterior.

#### Propósito

Inferir la baja temperatura del espacio exterior.

#### Material

Termómetro ambiental, vaso de unicel de 1 L, papel aluminio y cinta adhesiva.

#### Procedimiento

Realiza este experimento una noche despejada en compañía de un adulto.

1. Mide y registra la temperatura del ambiente.
2. Forra el interior del vaso de unicel con el papel aluminio, haz un orificio en su base y allí fija el termómetro con el bulbo o sensor hacia arriba.
3. Coloca verticalmente el vaso en algún soporte alto, apuntando su boca hacia el cielo despejado. Espera media hora y revisa la temperatura que marca el termómetro. Registra la nueva temperatura y tus observaciones.

#### Análisis de resultados y conclusiones

- a) ¿Cambió la temperatura? ¿Por qué?
- b) Comparte en grupo tus resultados y propongan una explicación.

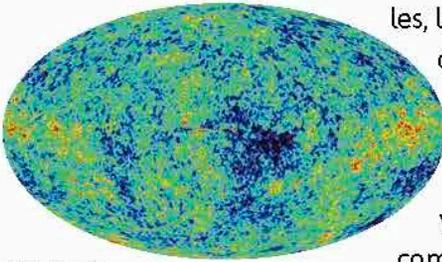


#### Portafolio

Guarda un reporte de tus resultados experimentales en tu portafolio de evidencias.

## Evidencias de la gran explosión

La prueba más importante en favor de la teoría la anticipó en 1948 el físico ruso **George Gamow** (1904-1968), quien consideró que, como efecto de las altas temperaturas iniciales, la gran explosión debió dejar tras de sí una radiación electromagnética que llena todo el Universo actual y que debe ser igual en cualquier punto del espacio. Gamow y sus colaboradores calcularon que esta radiación debía ser de microondas y su temperatura sería de unos **5 K**. En 1965 dos físicos de los laboratorios Bell, **Arno A. Penzias** (1933) y **Robert W. Wilson** (1936) trabajaban en un nuevo tipo de antena de comunicaciones cuando accidentalmente descubrieron la radiación pre-



**Figura 3.83.** Imagen del WMAP de la radiación de fondo en el Universo. Los distintos colores indican pequeñas variaciones de temperatura.

dicha por Gamow, conocida hoy como la **radiación cósmica de fondo**. Hoy día las mediciones más precisas de la radiación cósmica de fondo son las que realiza la sonda espacial WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*). Según la WMAP, la temperatura de la radiación cósmica de fondo es de 3 K (figura 3.91) y la edad del Universo, de unos 13 700 millones de años. Otra prueba relevante es que el modelo permite calcular las proporciones de las cantidades de varios tipos de helio molecular, respecto a la cantidad de hidrógeno, existentes en el Universo, lo cual concuerda con las mediciones.

El modelo, por supuesto también es consistente con la expansión del Universo, la evolución y distribución de las galaxias (la estructura del Universo a gran escala) y con la edad de las estrellas más viejas conocidas.

### Alcances y limitaciones de la teoría

La investigación cosmológica está llena de problemas de diversos tipos, muy difíciles de resolver, por lo que la teoría de la gran explosión es un modelo limitado. La inflación explica por qué la radiación cósmica de fondo es **isotrópica** (lo cual implica el equilibrio térmico de zonas del Universo tan separadas entre sí que no pudieron interactuar de ningún modo). Esta situación ha hecho confiable el modelo; sin embargo, persisten grandes problemas.

No hay una explicación satisfactoria de por qué el Universo parece haber comenzado con una **entropía** tan baja y favorable a su evolución.

En la década de 1970, al medir la velocidad de rotación de las estrellas en una gran cantidad de galaxias se encontró que en las estrellas más alejadas no disminuye, como predice la teoría, sino que se mantiene constante. Esto llevó a inferir que las galaxias están rodeadas por un halo de **materia oscura**, como ya mencionamos. El conocimiento exacto de la materia que compone el Universo es necesario para determinar la forma en que continuará su evolución.

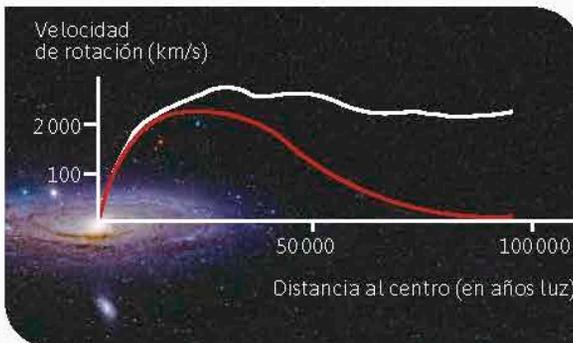
Otra dificultad se deriva de mediciones que indican que la expansión del Universo no sigue exactamente la ley de Hubble, lo cual en teoría implica un tipo de energía, aún no identificada, denominada **energía oscura**. Estas mediciones se han realizado desde la década de 1990 a partir de supernovas tipo Ia. Al repetir la gráfica que Hubble construyó con las cefeidas se comprobó que la relación velocidad-distancia no es proporcional, lo cual implica que la expansión del Universo se acelera.

### Glosario



**Isotrópica.** Dicho de una sustancia o magnitud física que, vista desde cualquier dirección luce igual.

**Entropía.** Cantidad física que mide el estado de desorden de un sistema. En un sistema aislado, todo proceso implica un aumento de entropía.

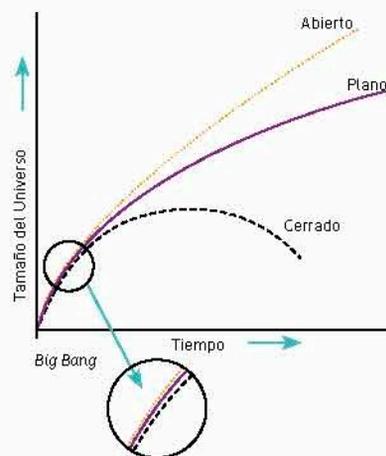


**Figura 3.84.** La materia oscura fue descubierta por **Vera Rubin** (1928-2016) y otros científicos al analizar, mediante espectrografía, la velocidad de rotación de las galaxias.

Explicar esta aceleración (o la naturaleza de la energía oscura) es uno de los principales problemas de la cosmología actual, y para resolverlo se requieren datos más precisos y análisis más rigurosos. Los datos que se deben analizar se obtienen en volúmenes tan grandes que cada vez es más necesario recurrir a las técnicas computacionales más modernas basadas en la inteligencia artificial.

Otro aspecto no resuelto es el llamado **problema de la planitud**, y se refiere a que no se tiene una explicación satisfactoria del hecho de que la densidad de materia y energía es la justa para que el Universo tenga geometría plana. El problema radica en que ligeras variaciones en ese valor de la densidad llevan a esquemas de evolución del Universo en las que no es posible que se haya generado vida.

Los cosmólogos consideran que es posible que el Universo siga su expansión por siempre, de modo que se enfríe, o puede ser que se detenga e inicie un proceso de compactación, por efecto de la gravedad, hasta volver a formar un núcleo primordial; a esa posibilidad se le llama **gran implosión** (*Big Crunch*). Estas y muchas preguntas prevalecen: ¿qué ocasionó la gran explosión?, ¿de dónde vino la energía necesaria para que se realizara?, ¿por qué ocurrió la inflación?, ¿qué forma tiene el Universo?



**Figura 3.85.** Esquema de evolución del Universo, según el espacio tenga (de arriba abajo) curvatura negativa, cero o positiva.

### Otras teorías sobre el origen del Universo

A pesar de que la gran explosión cuenta con un buen soporte teórico y evidencia observable, algunos de sus puntos clave se han cuestionado y explicado por otros modelos. El del **estado estacionario** plantea un Universo en expansión, pero estable en el tiempo y el espacio, debido a la creación continua de materia; aquí la radiación cósmica de fondo se explica como un proceso de dispersión de la luz. Este modelo ha sobrevivido con algunos ajustes desde 1948. La teoría del **decaimiento fotónico** plantea la hipótesis de que los fotones pierden energía al viajar por el espacio; este efecto (que simula el corrimiento al rojo) elimina la expansión del Universo y la gran explosión, pero resuelve el problema de la supuesta materia no observada. Otros modelos ajustan la ley de gravitación de Newton o cuestionan la naturaleza del tiempo y proponen un estado más o menos estacionario (sin *Big bang*).

#### Portafolio



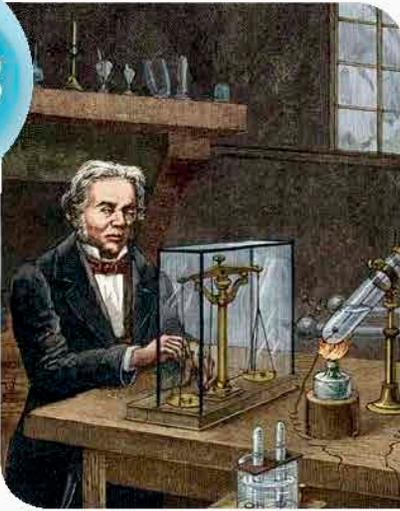
Elabora un "calendario cósmico" en el que representes el origen y evolución del Universo hasta nuestros días. Compártelo con tus compañeros y guárdalo en tu portafolio de evidencias.

- En 2012, gracias al Gran Colisionador, se logró producir, por instantes, niveles de energía similares a los de la gran explosión y se generó una partícula subatómica (el bosón de Higgs) demostrando así la estrecha relación entre la energía y la materia. En equipo revisen nuevamente la situación de inicio y respondan.
  - ¿Cómo ayuda el Gran Colisionador a resolver las interrogantes sobre la estructura atómica y el origen del Universo?
- Si el Gran Colisionador permite entender la estructura de los átomos, ¿esto puede beneficiar el desarrollo de la tecnología?

#### Piensa y sé crítico

- El físico Stephen W. Hawking (1942-2018) señaló que la pregunta: "¿Qué había antes del *Big bang*?" no tiene sentido. ¿Consideras que tiene razón? ¿Por qué?

Cierre



Dibujo de Álvaro Rújula, exdirector de la división de Física teórica del CERN. Representa a Michel Faraday haciendo un experimento para unificar los fenómenos electromagnéticos con la gravedad.

## El efecto Faraday

En esta tercera unidad estudiamos dos temas fundamentales: la explicación de los fenómenos electromagnéticos basada en el modelo del átomo, y el estudio del Universo a través de la luz. Para finalizar les proponemos un acercamiento a la idea más fértil de la física contemporánea: la existencia de una unidad en las leyes de la Naturaleza, pero recuerden que sólo es una sugerencia.

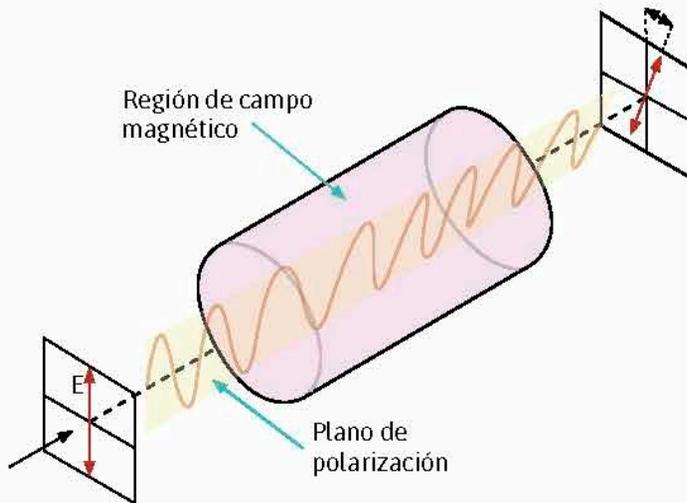
Michael Faraday, el máximo genio de la física experimental, poseía una intuición extraordinaria. Gracias a ella introdujo ideas y conceptos fundamentales sin necesidad de desarrollos matemáticos. James Clerk Maxwell, uno de los más grandes genios de la física teórica, usó la bitácora de Faraday, publicada con el título de *Investigaciones experimentales de electricidad*, como guía para encontrar las ecuaciones de la teoría electromagnética.

Una de las intuiciones más persistentes de Faraday era que debía existir una unidad en las leyes de la naturaleza: creía en una relación entre la luz y el magnetismo (recuerden que más tarde Maxwell y Hertz probarían que la luz es una onda electromagnética); también creía en una relación entre la electricidad y la gravedad. En ambos casos realizó experimentos que intentaban demostrarlo.

En 1845 demostró experimentalmente que la luz puede ser afectada por campos magnéticos. El efecto magneto-óptico de Faraday, o rotación Faraday, se observa al

hacer pasar un haz de luz linealmente polarizada a través de un material dieléctrico transparente en presencia de un campo magnético paralelo al haz de luz: el efecto es la rotación del plano de polarización (ver la figura).

Quizá hayan escuchado hablar de *La teoría del todo*; pues bien, ese fue el principio de la historia.



Efecto magneto-óptico de Faraday.

### Planeación

Antes de poner manos a la obra, acuerden en equipo qué hacer y para qué, es decir, planeen su proyecto. Revisen los recursos con los que cuentan: materiales, de información y el tiempo disponible. Consideren sus necesidades, las de

su escuela o comunidad y con base en ellas definan sus objetivos y metas. Recuerden que las metas consisten en productos concretos. Decidan el tipo de proyecto.

Para un *proyecto ciudadano* pueden investigar las ideas de Faraday y otros físicos sobre la unidad de la Naturaleza, y compartir lo que aprendan y reflexionen con los integrantes de sus familias, su escuela o comunidad. Revisen, por ejemplo, los libros de Stephen Hawking para analizar y compartir los puntos de vista del autor sobre las posibilidades de una teoría del todo.

Un *proyecto científico* consistiría en investigar con cierta profundidad la física del efecto Faraday y exponerlo de algún modo, o podrían investigar y documentar las aplicaciones que el efecto tiene, por ejemplo, en la astronomía.

Un *proyecto tecnológico* requeriría, por ejemplo, reproducir el experimento. También pueden orientar el proyecto hacia una aplicación médica: el efecto Faraday se relaciona con la *actividad óptica* (la rotación del plano de polarización) de algunas sustancias, como el azúcar (hay dos tipos de azúcar). Esto lo hace relevante para medir concentraciones de azúcar, un aspecto fundamental para estudios de la diabetes.

Las siguientes fuentes pueden sugerirles un punto de partida:

*El visionario electrónico*. Capítulo 10 de la serie Cosmos. 2014. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=QmQejA8tVI4>

Carmona, Gerardo *et al.*, *Michael Faraday: Un genio de la física experimental*, La ciencia para todos 136, México, FCE, 1995.

García Torres, Ricardo, *Michael Faraday*, México, Conalep-Limusa, 1993.

### Organización de las actividades

La organización evita contratiempos; por ello planeen antes de empezar su proyecto. Se sugiere que hagan un cronograma de actividades y responsabilidades. Consideren la tabla de la página 89. Recuerden que es necesario establecer qué objetivo buscan alcanzar; esencialmente ese objetivo debe definirse como un producto.

### Desarrollo

#### Búsqueda, organización y análisis de la información

¡Manos a la obra! La finalidad: lograr los objetivos planteados. En equipo investiguen lo necesario de acuerdo con la organización de sus actividades.

Analicen la información, pueden usar las técnicas y metodologías que estudiaron en sus cursos de Español y las que aprendieron en su primer curso de Ciencias y Tecnología.

#### Elaboración del producto

Es el objetivo de todo su trabajo; por tanto, su logro implica el éxito de su proyecto. Recuerden que debe responder a sus objetivos e intereses iniciales.

#### Comunicación

Planeen la forma de presentar su proyecto; sean creativos. Si elaboraron un instrumento, organicen una demostración y expliquen su funcionamiento.

#### Conclusiones

Retroalimenten los logros de su proyecto y cómo les permitió comprender mejor el tema que desarrollaron.

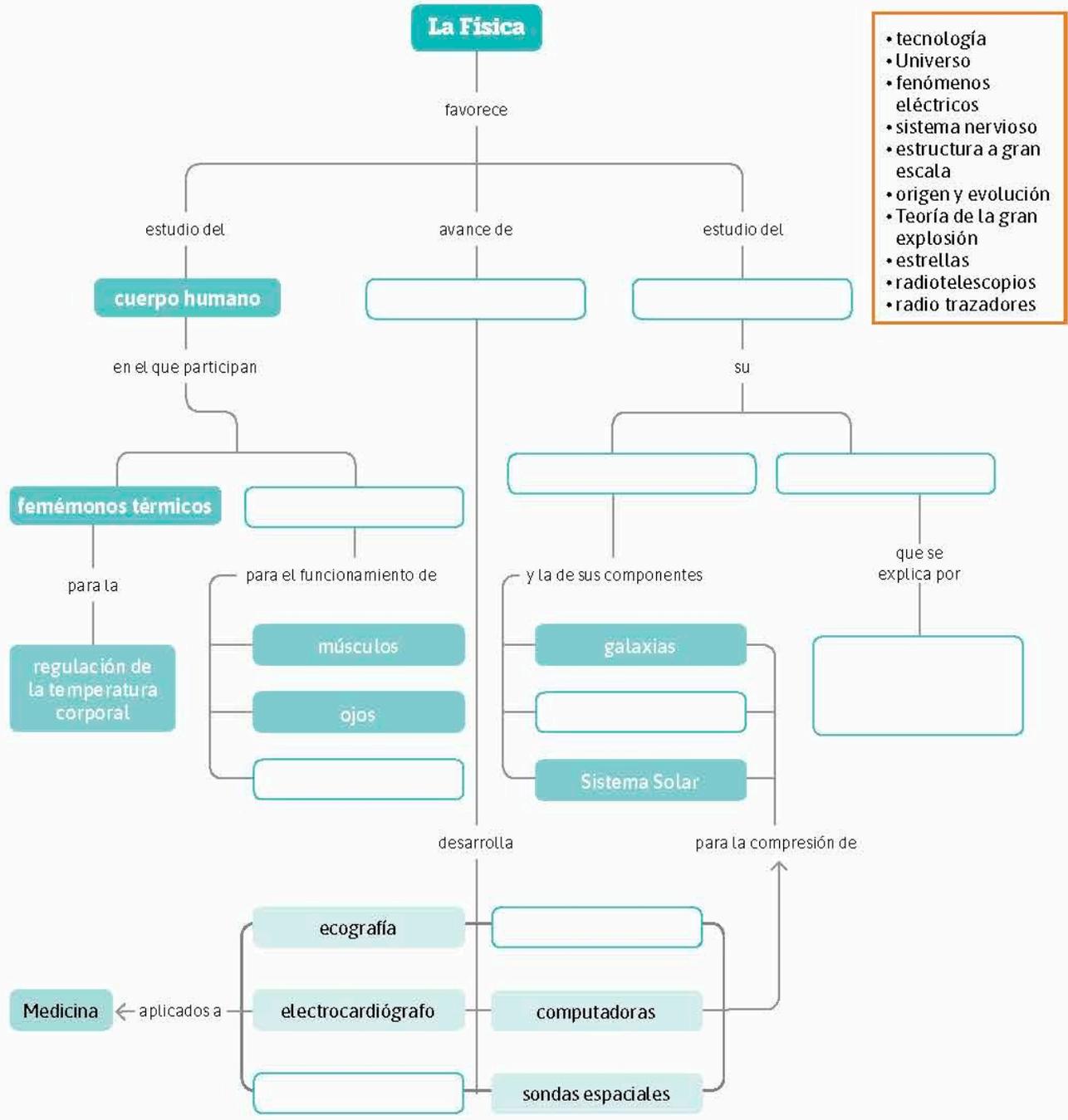
#### Evaluación

¿Consideran que el proyecto les permitió profundizar en los conocimientos que adquirieron en la unidad? ¿Les ayudó a reconocer la importancia del trabajo científico en la solución de problemas de su comunidad? Expliquen.



Realiza las siguientes actividades.

1. Analiza el mapa conceptual y complétalo con las palabras del recuadro:



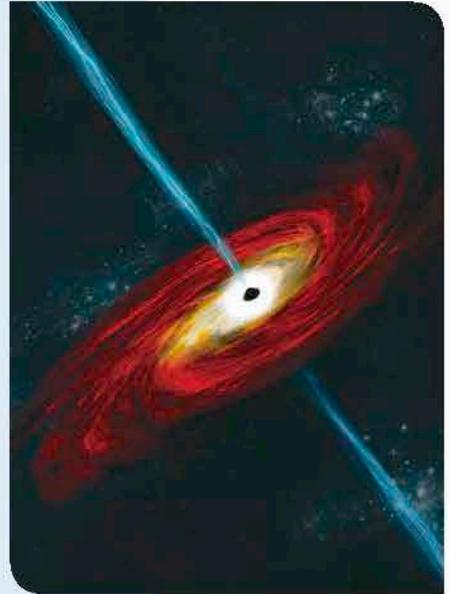
- tecnología
- Universo
- fenómenos eléctricos
- sistema nervioso
- estructura a gran escala
- origen y evolución
- Teoría de la gran explosión
- estrellas
- radiotelescopios
- radio trazadores

2. Construye un mapa conceptual con las siguientes palabras y frases.

- electricidad
- carga por frotamiento
- fuerza eléctrica
- corriente eléctrica
- inducción electromagnética
- carga eléctrica
- carga por contacto
- ley de coulomb
- magnetismo
- ondas electromagnéticas

3. Analiza el texto, lee las preguntas y subraya la respuesta correcta.

En 1960 se descubrió el primer cuásar, un objeto con la apariencia de una estrella azul, pero que llamó la atención porque emitía intensamente radiofrecuencias (se descubrió con un radiotelescopio). Cuando se detectaron más cuásares fue evidente que también emiten luz (que podía observarse, en algunos casos, incluso con los telescopios terrestres más potentes de astrónomos aficionados). Al analizar el espectro del primer cuásar —lo cual tomó tres años de trabajo por sus características poco comunes—, se identificó el patrón de emisión del hidrógeno, con un corrimiento al rojo muy grande, el mayor observado hasta entonces; de este dato se determinó que se encuentra muy lejos y se aleja a altísimas velocidades. Actualmente se han identificado más de 200 000 cuásares, uno de los más lejanos está a 13 000 millones de años luz y se aleja a una velocidad cercana a la de la luz. Investigaciones posteriores han mostrado que algunos cuásares pueden variar su brillo y duplicar su emisión de luz en un solo día, lo cual lleva a la conclusión de que se trata de objetos muy compactos, de modo que un cuásar emite más energía que toda una galaxia normal. Al analizar su emisión de rayos X y rayos gamma se comprendió que un cuásar es, en realidad, el núcleo de una galaxia activa muy joven, es decir, que tiene un hoyo negro central supermasivo.



- a) A partir del color del cuásar, ¿qué característica se puede determinar?
- Su distancia
  - Su temperatura
  - Su rapidez
- b) ¿Por qué el que fuera posible detectar las ondas de radio emitidas por el primer cuásar descubierto llamó la atención de los astrónomos?
- Porque todos los objetos emiten radiación en todas las frecuencias y las de radio son el tipo más débil; esto implica que los niveles de emisión de energía del cuásar, a cualquier frecuencia, debían ser enormes.
  - Porque los objetos emiten siempre en una sola frecuencia y nunca se había observado uno que emitiera en radiofrecuencias.
  - Porque se sospechó que el objeto era radiactivo, lo cual era inusual.
- c) En el centro de un cuásar, igual que en las galaxias activas, existe un hoyo negro. ¿Por qué puede afirmarse esto si no es posible observar el hoyo negro?
- Porque en las imágenes generadas por telescopios espaciales, el hoyo negro tiene el aspecto de un hueco.
  - Porque emiten en frecuencias de rayos X y rayos gamma, lo cual es prueba de que la materia en torno al centro de estos objetos se acelera intensamente y se desintegra, convirtiéndose en energía, según se explica a partir de la ecuación de Einstein.
  - Porque si bien no emiten luz propia, los hoyos negros reflejan la luz de las estrellas, igual que cualquier planeta o asteroide, y con un telescopio muy potente es posible observar este efecto.

## Destrucción por la paz

### 1. Lee y reflexiona.

#### La bomba de Hiroshima, ¿crimen necesario?

Al momento de la explosión una luz cegadora impidió toda posibilidad de entender lo que pasaba: niños, jóvenes, hombres y mujeres quedaron expuestos, los refugios antibombarderos fueron insuficientes para salvaguardar a la población civil. Las ondas de expansión destruyeron vidas, sueños y el futuro de miles de habitantes de Hiroshima, Japón. El 6 de agosto de 1945; más de 70 000 personas murieron y otras tantas quedaron heridas.



Sólo tres días después otra bomba nuclear cayó en Nagasaki. La Segunda Guerra Mundial llegaba así a su fin proclamando la victoria de los aliados, y dando inicio a muchas décadas de sufrimiento y sacrificio para Japón donde en ambas ciudades y en grandes extensiones alrededor la contaminación radioactiva aún no termina.

En la actualidad el debate acerca de si las bombas eran imprescindibles para terminar con la guerra sigue vigente. Algunos argumentos:

#### A favor

- Japón demostró enorme resistencia, parecían invencibles.
- Invadir a Japón habría costado el mismo número de muertes de ambos bandos.
- Con la detonación de las bombas Estados Unidos de América se apoderó de Japón antes de que lo hiciera la Unión Soviética y tuviera que compartir con ella la posesión de Japón.

#### En contra

- Japón estaba a punto de rendirse.
- Estados Unidos de América no dio tiempo a Japón para valorar su rendición ante la amenaza nuclear.
- Murieron más civiles que militares. Incluso murieron presos de guerra de los aliados.
- Estados Unidos de América no tenía certeza del alcance de las bombas.

#### Toma de postura crítica

Tomar postura significa adoptar y defender una posición ante un asunto o un hecho que suele ser polémico.

#### Una estrategia

Analiza la información disponible y los pros y contras del caso que se presenta.

### 2. Responde.

- ¿Justificas el uso de la bomba nuclear para finalizar la guerra? ¿Qué habrías hecho en el lugar de los científicos que diseñaron y construyeron las bombas? Argumenta tus respuestas.
- ¿Los científicos son responsables del mal uso dado a sus inventos o descubrimientos? Explica. Comparte en grupo tus reflexiones y cada uno argumente su postura.

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_

**Elige la opción correcta.**

- Dos cargas puntuales, una de 5 C y otra de 3 C, ambas positivas, están separadas una distancia de 1 m. ¿Cuál es la fuerza que actúa entre ellas?
  - $1.35 \times 10^{11}$  y es atractiva.
  - $1.35 \times 10^{11}$  y es repulsiva.
  - $1.35 \times 10^9$  y es atractiva.
  - $1.35 \times 10^9$  y es repulsiva.
- Los experimentos de Oersted y Faraday demostraron que...
  - un campo eléctrico es en realidad un campo magnético y viceversa.
  - la luz es una onda.
  - la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma.
  - existe una estrecha relación entre los fenómenos eléctricos y los magnéticos.
- En un día soleado es posible ver al exterior de una casa a través de una ventana con vidrios; sin embargo, en la noche es más difícil y lo que vemos es nuestra figura parcialmente reflejada. ¿Por qué sucede esto?
  - Porque la luz siempre se dirige del exterior al interior, ya sea de día o de noche.
  - Porque en la noche es mayor la intensidad de la luz en el interior y ésta se refleja en el vidrio de la ventana.
  - Porque en la noche la luz del exterior se refleja hacia afuera.
  - Por el fenómeno de refracción de la luz, al pasar del aire al vidrio y de nuevo al aire.
- ¿Por qué no nos dañan las ondas del radio y de la televisión, pero sí pueden dañarnos los rayos X y los rayos gamma?
  - Porque las primeras son ondas mecánicas y las segundas electromagnéticas.
  - Porque la amplitud de las segundas es mayor.
  - Porque los rayos X y los rayos gamma tienen mayor energía.
  - Porque los rayos X y los rayos gamma son partículas poco energéticas.
- ¿Cuál de las siguientes opciones describe el mecanismo que hace brillar a las estrellas?
  - En la estrella el hidrógeno hace combustión en presencia de oxígeno, tal como ocurre en los mecanismos de propulsión de los transbordadores espaciales.
  - Debido a la presión interna del gas estelar, las partículas ejercen mucha fricción, lo cual aumenta la energía interna y ésta sale finalmente de la estrella en forma de luz.
  - Las estrellas son ricas en carbono, que mezclado con otras sustancias, en ausencia de aire y a altas temperaturas, forma carbón, un compuesto combustible. Cuando la presión es suficiente, el carbón generado en la estrella entra en ignición y emite luz.

- d) La alta gravedad comprime los gases de la estrella y produce la temperatura necesaria para generar reacciones nucleares en las que el hidrógeno produce helio, proceso durante el cual se libera energía.
6. En el Universo la materia forma galaxias, cúmulos y supercúmulos de galaxias. ¿Cuál de las siguientes opciones describe las características del espacio entre estos cuerpos cósmicos?
- En el espacio intergaláctico no hay nada, está totalmente vacío.
  - El espacio intergaláctico está lleno de radiación cósmica de fondo.
  - La naturaleza del espacio intergaláctico es desconocida; los astrónomos podrán analizarla hasta que puedan enviar sondas espaciales especialmente diseñadas para su estudio.
  - El espacio intergaláctico es muy frío, por lo que la materia forma objetos sólidos que no emiten luz.
7. Un astrónomo observa dos estrellas, una roja y otra azul, con un telescopio óptico. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones se deduce?
- La estrella roja se aleja de nosotros y la azul se acerca, según explica el efecto Doppler.
  - La estrella azul es más grande que la roja.
  - En la estrella azul la temperatura es mayor que en la roja.
  - Estas estrellas no tienen la misma edad, por lo que están en diferentes etapas de su evolución.
8. Al considerar que en el Sistema Solar hay hidrógeno, helio, oxígeno, carbono, nitrógeno, etcétera, ¿qué podemos decir sobre su origen?
- El Sistema Solar se creó a partir del material que era parte de una estrella anterior al Sol.
  - No es posible afirmar nada; la abundancia de los elementos es una característica azarosa.
  - El Sol y los planetas gaseosos, ricos en hidrógeno y helio, tienen un origen común; los planetas rocosos, pobres en hidrógeno pero ricos en oxígeno, carbono, etcétera, fueron capturados posteriormente por la gravedad del Sol.
  - El Sistema Solar se formó de una nube molecular y por ello en el Sol abunda el hidrógeno.

### Reflexiono sobre mi desempeño

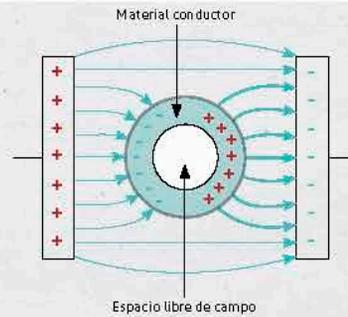
**Coevaluación.** Reúnete con un compañero para compartir y validar sus respuestas.

**Heteroevaluación.** En grupo, revisen las secuencias que estudiaron en la unidad para identificar cuáles temas comprendieron mejor, y en cuáles tuvieron dificultades. Propongan una estrategia de trabajo para favorecer su aprendizaje.



## 1. Lee el texto, analiza y responde.

Un cuerpo de material conductor, hueco y sometido a un campo electromagnético externo, se polariza de manera que en su interior el campo se anula por completo. La figura muestra un anillo plano, pero lo mismo ocurriría en una esfera hueca de material conductor. La polarización hace que la superficie externa del cuerpo conductor, la que está en contacto con el campo, actúe como un escudo electromagnético. Este efecto se conoce como **jaula de Faraday**, popularizado por demostraciones en las que una persona dentro de una enorme jaula metálica se mantiene a salvo, a pesar de estar a merced de descargas eléctricas de alto voltaje; sin embargo, sus aplicaciones prácticas son más comunes de lo que uno sospecharía.



- Explica cómo y por qué se polariza el cuerpo de material conductor. ¿Por qué la carga eléctrica del cuerpo conductor se mueve exactamente hasta su superficie externa y no a otra parte de su volumen?
  - ¿La persona que está dentro de la jaula de Faraday en el museo está completamente a salvo o debe cuidarse de no tocar la jaula?
  - Si esa persona tuviera un teléfono celular, ¿podría recibir una llamada sin problemas? ¿Podría realizar una llamada?
  - ¿Cuándo un avión recibe el impacto de un rayo los tripulantes corren algún peligro? ¿Por qué?
- La imagen muestra un cable coaxial. ¿El forro metálico que cubre el cable principal funciona como una jaula de Faraday? De ser así, ¿cuál es su utilidad? ¿Qué aparatos usan ese tipo de cables?
  - Algunos componentes electrónicos y de cómputo se venden empaquetados en envolturas de papel o plástico metalizado, ¿por qué? ¿Cuál es la finalidad de envolverlos así?
  - ¿Un horno de microondas funciona como una jaula de Faraday? Si piensas que sí, ¿para qué se planeó así? Argumenta tu respuesta.

## Potencias de 10

Con las potencias de 10 podemos escribir fácilmente números muy grandes o muy pequeños. En ellas, el número 10 es la base. Los números  $3 \times 10^4$  y  $1.2 \times 10^3$  están expresados en potencias de 10.

Es fácil saber a qué número corresponde uno expresado en potencias de 10:

$$3 \times 10^4 = 3 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 30000$$

$$1.2 \times 10^3 = 1.2 \times 10 \times 10 \times 10 = 1200$$

Podemos ver que el efecto es que se recorre el punto decimal. Establezcamos algunas reglas para saber cómo recorrer el punto decimal.

### Cuando el exponente de la potencia es positivo

1. El punto decimal se recorre hacia la derecha tantos lugares como el valor del exponente. Por ejemplo, en el número:

$$3.1416 \times 10^2 = 314.16$$

el exponente 2 indica que hay que recorrer dos lugares el punto hacia la derecha.

2. Si al recorrer el punto decimal de la cantidad ya no hay cifras hacia la derecha, escribimos ceros hasta completar el número de cifras que se deben recorrer. Por ejemplo, en el número:

$$5.64 \times 10^5 = 564000$$

El exponente 5 indica que tenemos que recorrer cinco lugares el punto decimal. La cantidad 5.64 sólo tiene dos cifras después del punto decimal, por lo que aumentamos tres ceros para completar los cinco lugares.

### Cuando el exponente de la potencia es negativo

1. El punto decimal se recorre hacia la izquierda tantos lugares como el valor del exponente. Por ejemplo, en el número:

$$6\ 547.23 \times 10^{-3} = 6.54723$$

el punto decimal debe recorrerse tres lugares hacia la izquierda.

2. Si al recorrer el punto decimal hacia la izquierda ya no hay más cifras, escribimos ceros hasta completar el número de cifras que hay que recorrer. Por ejemplo:

$$235.1 \times 10^{-6} = 0.0002351$$

La importancia de las potencias de 10 radica en que con ellas podemos expresar números muy pequeños o muy grandes en cantidades más convenientes y fáciles de manejar. Por ejemplo, el número 325 000 000 000 es muy grande, pero lo podemos expresar de la siguiente forma:

$$325000000000 = 3.25 \times 10^{11}$$

Así, ya no hay necesidad de escribir tantos ceros. Considera ahora números muy pequeños, como 0.000000159; puede expresarse como potencia de 10 en distintas formas equivalentes; por ejemplo:

$$0.000000159 = 1.59 \times 10^{-7} = 15.9 \times 10^{-8} = 159 \times 10^{-9}$$

## Sistema Internacional de Unidades

El Sistema Internacional de Unidades (SI) tiene su origen en el Sistema Métrico Decimal; fue establecido en Francia con la participación de varios países y con el propósito de unificar las diferentes unidades de medida en el mundo. El SI define siete unidades fundamentales para siete magnitudes básicas, las cuales se listan

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de sustancia	mol	mol

en la tabla.

A las unidades de cualquier otra magnitud física, como volumen, presión, velocidad o fuerza, se les llama unidades derivadas y son combinaciones de dos o más de las unidades básicas; por ejemplo, las unidades de la rapidez se obtienen de las unidades de longitud y tiempo.

### Patrones de medidas

Las unidades del SI se basan en fenómenos o en objetos físicos que reciben el nombre de “patrones”; el metro, por ejemplo, tiene una longitud, definida como la distancia que la luz recorre en el vacío en  $1/299\,792\,458$  s; el patrón para la unidad de tiempo, el segundo, se define en función del lapso que los electrones tardan en “brincar” de un nivel de energía a otro en un átomo de cesio (un elemento químico). La masa no toma como referencia un fenómeno físico; en la Oficina Internacional de Pesos y

Medidas, en Francia, se encuentra su patrón de medida que consiste en un cilindro de platino-iridio de 1 kg.

	Prefijo	Símbolo	Factor	Equivalente
Múltiplos	Exa	E	$10^{18}$	1000000000000000000
	Peta	P	$10^{15}$	1000000000000000
	Tera	T	$10^{12}$	1000000000000
	Giga	G	$10^9$	1000000000
	Mega	M	$10^6$	1000000
	Kilo	k	$10^3$	1000
	Hecto	h	$10^2$	100
Submúltiplos	Deca	da	$10^1$	10
	Deci	d	$10^{-1}$	0.1
	Centi	c	$10^{-2}$	0.01
	Mili	m	$10^{-3}$	0.001
	Micro	$\mu$	$10^{-6}$	0.000001
	Nano	n	$10^{-9}$	0.000000001
	Pico	p	$10^{-12}$	0.000000000001
	Femto	f	$10^{-15}$	0.000000000000001
Ato	a	$10^{-18}$	0.000000000000000001	

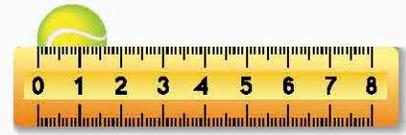
### Múltiplos y submúltiplos en el SI

En la tabla se presentan diversos prefijos y símbolos de los múltiplos y submúltiplos de las unidades del SI y sus correspondientes potencias de 10. Cuando una cantidad se expresa en potencias de 10 y deseamos expresarla con un prefijo del SI, sólo debemos ver el exponente de la potencia (factor) y buscarla en la tabla. Por ejemplo: el factor  $10^{-9}$  corresponde a un submúltiplo, el prefijo es nano y el símbolo es n. Así:  $8.5 \text{ nm} = 8.5 \times 10^{-9} \text{ m}$ .

## Mediciones

### Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición permiten comparar las magnitudes físicas con patrones estándar. La medición da como resultado un número, que es la relación entre la magnitud del objeto en estudio y una unidad de referencia; por ejemplo, imagina que medimos la longitud de la pelota que muestra la imagen: el número que obtenemos de la medición es la relación entre la longitud de la pelota y una unidad de referencia, son los centímetros. Cada magnitud física tiene instrumentos de medición asociados.



Cuando medimos el diámetro de una pelota lo comparamos con una unidad de referencia. ¿Tú cómo harías esta medición?

### Las medidas y su incertidumbre

Las lecturas que se toman con los instrumentos de medición nunca son exactas debido a que las medidas dependen de distintos factores, como la calidad del instrumento, la precisión que ofrece o la habilidad de quien lo opera.

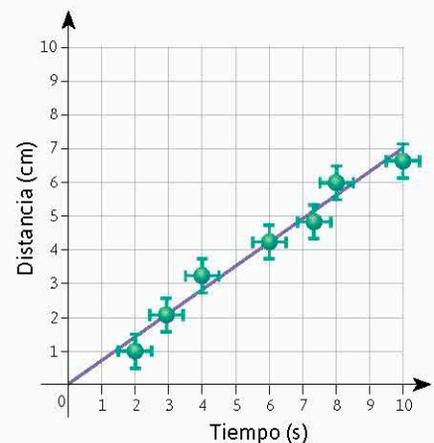
Como no es posible saber el valor exacto de una cantidad a medir, la forma correcta de escribir el resultado de una medición es dar la mejor estimación de la medida y el rango dentro del cual se puede asegurar que está ese valor; por ejemplo, si decimos que el diámetro de la pelota es mayor que 1.6 cm y menor que 1.7 cm, entonces, la mejor estimación es el valor central; es decir, 1.65 cm, y el rango probable en el que se encuentra el valor es entre 1.6 cm y 1.7 cm. Este resultado suele escribirse de la siguiente forma:

$$\text{Diámetro de la pelota} = 1.65 \pm 0.05 \text{ cm}$$

La incertidumbre de cualquier instrumento de medición está determinada por la mitad de la menor escala que se puede leer en el instrumento.

### La graficación

Construir una gráfica es una de las formas más directas de encontrar las relaciones entre dos conjuntos de valores. Al graficar los datos de un experimento es conveniente indicar la incertidumbre de cada medida. Veamos como ejemplo la gráfica, donde los valores de distancia y tiempo medidos se indican con puntos y los rangos de incertidumbre con las líneas acotadas; en este caso,  $\pm 0.5$  cm y  $\pm 0.5$  s, ya que son la mitad de los valores mínimos que se pueden medir con un metro y con un reloj con segundo. En este ejemplo la relación es proporcional porque existe una recta que pasa entre todos los valores considerando sus incertidumbres. La recta es la mejor representación de la relación entre las variables, pues es la que mejor se ajusta a los valores considerando sus incertidumbres.



## Sugerida para el estudiante

- Barnett, A., *Agujeros negros y otras curiosidades espaciales*, México, Planeta-SEP (Astrolabio), 2004.
- Calvani, P., *Juegos científicos*, Madrid, Pirámide, 1988.
- Calvo, A., et al., *¡Enchúfate a la energía!*, México, SM-SEP (Espejo de Urania), 2003.
- Caudet, F., *Tus primeros experimentos*, Madrid, M. E. Editores, 1995.
- Chamizo, J. A., *La Ciencia*, México, UNAM-SEP (Espejo de Urania), 2004.
- Churchill, E. R., *Fisicolandia*, México, Selector, 1993.
- Flores, M. y A. Martín, *Manifestaciones de la energía*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Flores, M. y A. Martín, *Relación entre materia y energía*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- García, H., *La naturaleza discontinua de la materia*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- García, J. M., *Manifestaciones de la materia*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Fraioli, L., *Historia de la Ciencia y la tecnología: el Siglo de la Ciencia*, México, EDI-TEX-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Frova, A., *Por qué sucede lo que sucede*, Madrid, Alianza Editorial, 1999.
- Noreña, F., *Dentro del átomo*, México, Libros del escarabajo-SEP (Espejo de Urania), 2004.
- Tagüeña, C., et al., *Calor y temperatura*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Tagüeña, C., et al., *Electricidad y magnetismo*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Tagüeña, C., et al., *Sólidos y fluidos*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Tagüeña, C., et al., *Sonido, luz y otras ondas*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2002.
- Tonda, J. y J. de la Herrán, *Fronteras de la astronomía*, México, Santillana-SEP (Espejo de Urania), 2003.
- Trigueros, M. y A. M. Sánchez, *Claudia: un encuentro con la energía*, México, SEP-Somedicyt (Espejo de Urania), México, 2002.
- Vacaro, B., *Las mil y una noches de la ciencia*, México, Ediciones Robinbook-SEP (Espejo de Urania), 2005.
- Walisiewicz, M., *Energía alternativa*, México, Planeta-SEP (Espejo de Urania), 2005.
- VanCleave, J., *Física para niños y jóvenes: 101 experimentos superdivertidos*, México, Limusa, 1996.

## Sugerida para el maestro

- Einstein, A., *La evolución de la Física*, Barcelona, Salvat Editores, 1988.
- Hewitt, P., *Física conceptual*, México, Pearson, 2004.
- Hewitt, P., *Manual de laboratorio de Física*, México, Pearson, 1998.
- Kip, A. F., *Fundamentos de electricidad y magnetismo*, México, McGraw-Hill, 1988.
- Lea, S. M., *Física: La naturaleza de las cosas*, tomos I (Calor) y II (Electromagnetismo), México, International Thomson Editores, 1999.
- Lévy, E., *Diccionario de Física*, Madrid, Akal, 1992.
- Perelman, Y., *¿Sabe usted Física?*, Madrid, Rubiños-1860, 1995 (2 tomos).
- Sánchez, A., *Energía*, México, UNAM (Historias de la Ciencia y la Técnica, núm. 1), 1999.
- Tipler, P., *Física para la ciencia y la tecnología*, vol. 2A, "Electricidad y Magnetismo", Madrid, Reverté, 2005.
- Tipler, P., *Física*, Barcelona, Reverté, 1983.
- Tippens, P., *Física, conceptos y aplicaciones*, México, McGraw-Hill Interamericana, 2003.
- Driver, R. A. et al., *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*, México, SEP-Visor-Libros y Editoriales, 2000.
- Nieda, J. y B. Macedo, *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*, México, SEP-ceoei-unesco, 1998.
- Rutherford, F. J. (comp.), *Ciencia: conocimiento para todos*, México, SEP-Oxford-Harla, 1997.
- Sagan, C., *El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad*, México, SEP-Planeta, 1998.
- Una mirada a la ciencia. Antología de la revista *¿Cómo ves?*, México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia-UNAM, 2000.
- PISA en el aula: Lectura, México, Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, 2008.

## Para la elaboración de la obra

- Barriga, A. F. y R. G. Hernández, *Estrategias docentes*, México, Mc Graw-Hill, 2010.
- Cázares Aponte, L., *Estrategias educativas para fomentar competencias: crearlas, organizarlas, diseñarlas y evaluarlas (code)*, México, Trillas, 2011.
- Tobón, S. et al., *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación por competencias*, México, Pearson Education, 2009.
- Frade, L., *Desarrollo de competencias en educación, desde preescolar hasta bachillerato*, México, Mediación de Calidad S. A. de C. V., 2009.
- Driver, R. A. et al., *Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños*, México, SEP-Visor-Libros y Editoriales, 2000.
- Van Cleave, J., *Feria de las ciencias*, México, Limusa-Wiley, 2005.

**Shutterstock:** pp. 12-13, 14, 16, 17 (1.2 a y b), 18 (1.3), 19 (1.4), 20, 21 (centro), 23 (1.8 y 1.9), 28 (1.12), 30 (arr.), 40 (1.18), 47 (1.23), 48, 50 (1.24, 1.25 y 1.26), 52 (1.29), 58 (1.35), 64 (1.40, 1.41 a y b), 66 (1.44), 67 (1.46), 72 (arr.), 73 (1.50), 78 (1.57), 79 (1.59), 82, 83 (1.64 a), 84 (arr.), 92, 95, 96-97, 100 (arr.), 102 (2.4), 104 (2.5), 105 (2.6), 105 (2.6), 106, 108 (2.8), 110 (centro y 2.10), 111 (2.11 y 2.12), 113 (2.15), 118 (centro), 121, 122 (arr. y 2.19), 123 (2.20), 124 (2.21), 125, 126 (arr., ab. a y b), 127 (2.22 y 2.23), 128, 130 (2.25), 131 (2.26), 133 (2.27), 136 (2.33), 137 (ab.), 139 (2.36), 140 (arr.), 141 (2.38), 144 (2.40), 149 (2.46), 150 (2.47), 151 (2.49), 153 (a), 154 (2.53), 157 (2.54 y 2.55) 162 (centro y ab.) 164, 172, 175, 176 (ab.), 179, 180-181, 183, 187 (3.4), 188 (3.7), 190 (arr.), 195 (3.15), 199 (3.21), 201 (3.24, ab.), 202 (arr.), 203 (3.26 arr.), 204 (arr. y 3.27), 205 (3.29), 218 (arr. a y 3.40), 219 (3.41), 220 (arr.), 221 (3.43), 222 (3.45), 223, 224, 225 (3.46), 227 (3.48), 233 (3.59 y 3.60 ab. b), 238 (3.65), 253 (3.81), 256 (3.84), 261, 265 (centro b, c y d), 268; © **Latinstock México:** pp. 17 (1.2 c y d), 18 (ab.), 32 (1.15), 85 (1.67), 88 (arr.), 91, 98 (arr.), 114 (arr. a), 115 (2.17), 126 (ab. c), 136 (arr.), 142 (2.39), 157 (2.56 y 2.57), 165 (2.64), 184 (arr. y centro), 194 (3.14), 195 (3.16), 196, 212 (arr.), 217 (ab.), 222 (arr. a), 227 (arr.), 238 (arr.); **Photo Stock:** pp. 15, 38 (1.17), 74 (arr.), 81 (1.61), 98 (centro), 118 (arr.), 133 (2.28), 162 (arr.), 163 (2.63), 164 (2.63 a), 168 (arr.), 169 (2.68), 171 (2.70), 228 (3.51), 230 (3.54), 232 (3.58), 243 (3.70 a), 252 (b), 258 (arr.), 265 (centro a); **Getty Images:** pp. 48 (ab. Izq.), 68 (1.47), 75 (1.53), 107 (2.7), 134 (2.31), 182, 218 (centro), 222 (arr. b), 242 (b), 246 (3.71); **Cuartoscuro:** pp. 110 (arr.), 176 (arr.); © AFP (2018): p. 30 (ab.).

## Fotografías:

**Juan Mario Pérez Oronoz Rojas:** pp. 35, 36 (1.16), 42, 43, 45, 103, 118 (ab.), 161, 189 (arr.), 197, 199 (arr.), 202 (ab.); **Gerardo González López:** pp. 46, 53, 55, 59, 67 (arr.), 70 (ab.), 72 (ab.), 73 (ab.), 109, 119, 120 (ab.), 123, 124 (ab.), 170 (ab.), 229 (ab.), 234, 236, 254 (ab.); **Aarón Gabriel Barreto Sánchez:** pp. 131 (arr.), 132, 142 (ab.), 143, 205 (arr.), 219 (arr.), 266 (ab.); **Juan José David Morín García:** p. 240; **Luis Andrés Lizalde Maldonado:** pp. 185; **Banco de imágenes de Ediciones Castillo:** pp. 68 (ab.), 138, 158, 200 (ab.); 209, 210 (arr.).

## Ilustraciones:

**José Raúl Cruz Juárez:** pp. 44 (1.21 a), 51, 60 (1.37, centro 2 y 3), 61 (arr.), 64 (1.41 c, 1.42 y centro izq.), 65, 69, 76 (1.55), 83 (1.64 b), 95 (arr.), 99, 140 (2.37), 144 (arr.), 145 (2.41 y 2.42), 146 (2.43, ab.), 147 (2.44 y 2.45), 148, 150 (arr.), 152 (2.50), 153 (b), 154 (2.51), 159 (2.59), 160 (2.60), 163 (2.62), 164 (2.63 b), 165 (2.65), 170 (a, b y c), 179, 189 (3.8), 191 (3.10), 193 (ab.), 194 (3.13), 197 (3.17), 198 (3.18, 3.19 y 3.20), 200 (3.22 y 3.23), 203 (3.25), 208 (arr.), 220 (3.42), 221 (3.44), 228 (3.52), 229 (3.53), 233 (3.60 a), 235 (3.62, ab.), 237 (3.64), 239 (ab.), 242 (a), 243 (arr.), 246 (centro), 248 (3.75), 249 (3.76), 250 (arr.), 251 (3.80), 255; **Tikiliki - Ilustración:** pp. 21 (1.5 y 1.6), 22, 23 (arr.), 26, 27 (1.11), 29, 30 (1.13), 36 (arr.), 42, 43 (1.20), 49, 52, 54 (1.30 y 1.31), 55, 56 (1.33), 57, 58 (arr.), 60 (1.39), 61 (1.39), 67 (1.45), 68 (arr.), 70 (arr.), 71, 74 (1.51), 75 (1.52), 77 (1.56), 78 (1.58), 80, 100 (2.1), 101, 102 (2.3), 104, 112 (2.13), 130 (arr.), 139 (2.35), 212 (3.33), 215 (arr. y 3.37), 216 (arr. y 3.38), 219 (centro), 232 (arr.); **Ismael Silva Castillo:** pp. 133 (2.29), 160 (2.61), 187 (3.5), 188 (3.6), 190 (ab.), 191 (3.9), 192 (centro y ab.), 227 (3.49), 228 (3.50), 231 (3.57), 240 (3.67), 241 (3.69), 250 (3.77 y 3.78), 251 (3.79), 252 (a), 254 (3.82); **Víctor Duarte Alaniz:** p. 253 (arr.); **José Pedro Martínez Mejía:** pp. 60 (1.38), 213 (3.34), 214 (3.36), 220 (3.39); **Aarón Alejandro Klamroth Bermúdez:** pp. 62-63, 86-87, 116-117, 166-167, 244-245; **Aarón Gabriel Barreto Sánchez:** pp. 206-207; **Raúl Castillo Tena:** pp. 37, 44 (1.21 b), 75 (1.54), 120 (2.18), 165 (2.66); **Pedro Alejandro García Mancilla:** pp. 98 (ab.), 214 (3.35), 217 (3.39); **Alma Ilse Trujillo Torres:** pp. 186 (3.3), 192 (3.11), 253 (centro); **Aba Rebeca Salgado López:** p. 168 (2.67); **Luis Alberto Montiel Villegas:** p. 24.

## Gráficos:

**Alma Ilse Trujillo Torres:** pp. 18 (1.6), 22, 25 (1.10), 29, 32, 34, 38, 41, 44 (1.22), 55 (1.32), 56 (1.34), 60 (centro), 85 (1.66), 88 (ab.), 93, 107, 108 (2.9), 112 (ab.), 129, 135 (2.32), 137, 151 (2.48), 154 (2.52), 169 (2.69), 171 (2.71), 186 (3.2), 193 (3.12), 203 (3.26 ab.), 209 (b), 220 (ab.); 230 (3.55),

247 (3.74), 257 (3.85), 258, 265 (arr.), 268 (ab.); **Aba Rebeca Salgado López:** pp. 204 (3.28), 208 (3.30), 210 (3.31), 211 (3.32).

## Específicos:

**p. 31:** (1.14) Fusión prevista entre La Vía Láctea y Andrómeda, NASA; esa; Z. Levay y R. van der Marel, STScI; T. Hallas; y A. Mellinger; **p. 58:** (1.36) Interpretación de Herodoto sobre la construcción de las pirámides, (484-425 a. n. e.), dominio público; **p. 66:** (arr.) La Tierra vista desde la nave Voyager (1990), NASA; **p. 81:** (1.61) *Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1687), Isaac Newton (1642-1727), dominio público; **p. 83:** (1.63) Diario de Newton, Isaac Newton (1642-1727), dominio público; **p. 84:** (1.65) *Grabado Flammarion*, (1888), Camille Flammarion, París, dominio público; **p. 84:** (1.65) Movimiento retrógrado del planeta Marte, NASA; **p. 111:** (mapa) *Corográfica de la provincial de Yucatán*, (1814), 73 × 80 cm, Mapoteca Manuel Orozco y Berra, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA; **p. 112:** (2.14) Modelo geocéntrico de madera antiguo, dominio público; **p. 114:** (arr. b) Retrato de Leucipo de Mileto, dominio público; **p. 114:** (2.16) *Tarde de domingo en la isla de la Grande Jatte* (1884), Georges Seurat (1859-1891), Óleo sobre lienzo, dominio público; **p. 134:** (2.30) Retrato de Anders Celsius (s.XVIII), Olof Arenius (1700-1766), dominio público; **p. 156:** *Fuego de San Telmo en la arboladura de un barco en el mar* (1886), dominio público; **p. 184:** Generación de corriente eléctrica con pilas de Volta, dominio público; **p. 226:** (arr.) Universo local observado por Sloan Digital Sky Survey, SDSS/NASA; **p. 226:** (3.47) Galaxias en colisión, NASA; **p. 231:** (3.56) Galaxias Cluster Abell 2218, Hubble 1999, NASA; **p. 237:** (3.56) Nebulosa del Cangrejo en 4 longitudes de onda, NASA; **p. 239:** (3.66) Henrietta Swan Leavitt (1921), dominio público; **p. 241:** (3.68) Supernova 1994D (1999), Telescopio espacial Hubble, NASA; **p. 243:** (3.70 b,c) Fotografía de Mercurio tomada con la sonda Mariner (2015), NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; **p. 246:** (3.72) Mars Pathfinder, NASA; **p. 247:** (3.73) Júpiter, NASA; **p. 248:** (arr.) El Sol visto en diferentes longitudes de onda (1995), misión SOHO, NASA; **p. 256:** (3.83) WMAP de la radiación de fondo en el Universo (2012), NASA / WMPA; **p. 262:** Nube atómica sobre Nagasaki, dominio público.

***Física 2. Infinita Secundaria***

Esta obra se terminó de imprimir en febrero de 2019  
en los talleres de Nombre, calle número,  
C. P., Ciudad de México, México.



[www.edicionescastillo.com](http://www.edicionescastillo.com)  
[infocastillo@macmillaneducation.com](mailto:infocastillo@macmillaneducation.com)  
Lada sin costo: 01 800 536 1777



infinita  
SECUNDARIA

ISBN 978-607-540-467-7



9 786075 404677