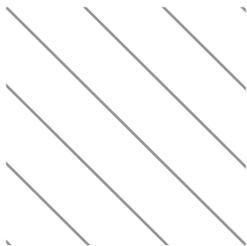


# FÍSICA

**B**

Guía de estudio

Educación Adultos 2000



\*Material de distribución gratuita



**Buenos Aires Ciudad**

Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

09-09-2025

**Vamos Buenos Aires**



**Ministra de Educación e Innovación**

Soledad Acuña

**Subsecretaria de Coordinación Pedagógica y Equidad Educativa**

Andrea Fernanda Bruzos Bouchet

**Subsecretario de Carrera Docente y Formación Técnica Profesional**

Jorge Javier Tarulla

**Subsecretario de Gestión Económico Financiera y Administración de Recursos**

Sebastián Tomaghelli

**Subsecretario de Planeamiento e Innovación Educativa**

Diego Meiriño

**Directora General de Educación de Gestión Estatal**

Carola Martínez

**Directora de Educación del Adulto y el Adolescente**

Sandra Jaquelina Cichero

---

**Primera impresión octubre - 2018**

Adultos 2000

# Guía de Estudios Física B

**Autor:**

Gabriel Serafini

**Colaboraciones:**

Gerardo Dapresa (unidades 4 y 6)

Pablo Teso (unidad 8)



## Índice

<b>Presentación de la materia</b>	<b>10</b>
Bibliografía adicional	11
Contenidos	12
Objetivos de aprendizaje	13
<b>UNIDAD 1 Una aproximación al trabajo científico</b>	<b>14</b>
1.1. La construcción del conocimiento científico	14
1.2. Método científico y actitud científica	20
1.3. Síntesis de la unidad 1	23
1.4. Evaluación	24
<b>UNIDAD 2 La energía</b>	<b>25</b>
2.1. El origen del concepto de energía	26
De una forma de energía a otra	26
2.2. El principio de la conservación de la energía	27
¿En qué unidades se mide la energía?	27
2.3. La energía mecánica	28
El peso, el trabajo y la potencia	28
La energía de movimiento o «cinética»	28
Una observación sobre la rapidez y la velocidad	29
La energía potencial gravitatoria	29
La conservación de la energía mecánica	30
La energía potencial elástica	31
2.4. La creciente demanda de energía	31
Las centrales hidroeléctricas	31
Las centrales térmicas	32
Las centrales nucleares	33
Las fuentes de energía «alternativas»	33
Lectura adicional (optativa)	36
2.5. Síntesis de la unidad 2	37
2.6. Evaluación	38
<b>UNIDAD 3 Las ondas como propagación de energía.</b>	
<b>El sonido</b>	<b>41</b>
3.1. Sonidos por todas partes	42
3.2. La reflexión y la absorción del sonido	43
3.3. Las ondas longitudinales	44
3.4. La importancia del medio	45
La rapidez del sonido	45

Ondas y energía	45
3.5. El volumen y el tono del sonido	46
El timbre	47
3.6. El mecanismo de la audición humana	47
La capacidad auditiva de algunos animales	48
3.7. Síntesis de la unidad 3	49
3.8. Evaluación	50
<b>UNIDAD 4 Propagación de energía sin necesidad de un medio. La luz</b>	<b>53</b>
4.1. La evolución en las concepciones sobre la luz	56
La rapidez de la luz	56
El año luz	57
4.2. Dos modelos explicativos: la óptica geométrica y la óptica física	58
4.3. Las ondas electromagnéticas	58
4.4. La reflexión de la luz	61
La refracción de la luz	62
4.6. Blog de Física	64
4.5. Síntesis de la unidad 4	64
4.7. Evaluación	65
<b>UNIDAD 5 La energía eléctrica. Electroestática</b>	<b>68</b>
5.2. Los fenómenos electrostáticos	70
La interacción electrostática	70
La relación entre la fuerza electrostática y la distancia	71
5.3. La inducción electrostática	72
El campo eléctrico	72
5.4. Síntesis de la unidad 5	74
5.5. Evaluación	75
<b>UNIDAD 6 El transporte de energía eléctrica</b>	<b>77</b>
La corriente eléctrica	77
6.1. Los circuitos eléctricos	79
Una analogía hidráulica	80
6.2. La ley de Ohm	80
6.3. Circuitos eléctricos en serie y en paralelo	81
Resistencias en serie	81
Resistencias en paralelo	82
6.4. Síntesis de la unidad 6	84
6.5. Evaluación	85

<b>UNIDAD 7 La energía en el magnetismo y el electromagnetismo</b>	<b>87</b>
7.1. Las propiedades básicas de los imanes	89
Los dos polos son diferentes	89
Los dos polos están siempre	89
Una manera de no dejar pasar al magnetismo	89
Situaciones en las que el magnetismo puede pasar	89
Un imán puede «crear» nuevos imanes	90
Los nuevos imanes duran un tiempo	90
7.2. Las fuerzas magnéticas	90
¿Es cierto que las fuerzas magnéticas actúan «de a dos»?	90
7.3. La brújula	91
7.4. El campo magnético	92
Visualizando campos magnéticos	93
7.5. El electromagnetismo	94
7.6. Síntesis de la unidad 7	96
7.7. Evaluación	97
<b>UNIDAD 8 Física atómica y nuclear</b>	<b>98</b>
8.1. Conciso panorama de la física moderna	99
Lo muy pequeño: el átomo	100
8.2. El átomo con núcleo	100
La estructura nuclear	101
Interacción fuerte e interacción débil	101
8.3. Fuera del núcleo: Bohr y los niveles de energía	102
8.4. La radiactividad	102
8.5. El efecto fotoeléctrico	103
8.6. Los fenómenos nucleares: fisión y fusión	104
8.7. Acerca de la perspectiva ético-social	106
8.8. Síntesis de la unidad 8	107
8.9. Evaluación	108

## Presentación de la materia

Tal vez usted les haya preguntado cómo es la Física a personas que alguna vez la estudiaron en la escuela. Si así fue, es probable que las imágenes de esas personas no fueran muy agradables, y que hayan recordado cómo se la pasaban resolviendo problemas apelando a una diversidad de fórmulas. Esto nos ha ocurrido muchas veces incluso a quienes escribimos este texto. Tenemos razones para sospechar que el desagrado se debe a una enseñanza centrada en los cálculos y el formuleo, en lugar de indagar en otras opciones que podrían haber resultado mucho más atractivas. A nosotros, por ejemplo, nos hubiera encantado analizar y comprender numerosas situaciones del entorno cotidiano relacionadas con los fenómenos físicos que estudiábamos.

Desde hace unos años surgen otras concepciones acerca de cómo debe enseñarse la asignatura en este nivel educativo. Según estas posturas, no se trata de resolver ecuaciones casi mecánicamente, sino de promover formas de pensar físicamente cada situación, asignándole a la matemática un rol secundario<sup>1</sup> de herramienta. La operatoria matemática adquiere sentido físico cuando realmente se comprende el problema. Estas ideas orientaron nuestro trabajo cuando diseñamos esta propuesta. Además decidimos priorizar aquellos contenidos que, a nuestro juicio, debiera conocer un ciudadano. No solo se trata de enfrentarlo con situaciones de la vida cotidiana, sino también de proveer recursos para procesar las noticias relacionadas con la actividad científica y tecnológica que se publican periódicamente en los distintos medios. Creemos que, de ese modo, cuando usted haya comprendido de qué se está hablando, se sentirá habilitado para aportar argumentos en las discusiones y podrá participar en una eventual toma de decisiones.

La importancia que otorgamos al desarrollo de estas formas de procesamiento es tan grande, que hemos reservado toda la unidad 1 de este material para la inclusión de actividades que, esperamos, fomentarán reflexiones sobre el trabajo científico en general y nuestra disciplina en particular. Los conceptos que usted haya elaborado en esa primera parte se retomarán en las otras unidades de la guía. Es posible que el estilo de estas actividades cause al principio alguna desorientación, pero confiamos en que pronto se advertirán las relaciones entre estas y los contenidos tratados en las demás unidades. En ellas, debido a la familiaridad del término para la mayoría de las personas, elegimos como temática integradora a las diversas manifestaciones de la energía.

Este material de estudio está compuesto de 8 unidades, cada una con un número variable de secciones. Las secciones están identificadas por dos números. Por ejemplo: **3.4** significa unidad **3**, sección **4**. Las ocho unidades son:

Unidad	página
1 Una aproximación al trabajo científico	14
2 La energía	25
3 Las ondas como propagación de energía. El sonido	41
4 Propagación de energía sin necesidad de un medio. La luz	53
5 La energía eléctrica. Electroestática	68
6 El transporte de energía eléctrica. La corriente eléctrica	77
7 La energía en el magnetismo y el electromagnetismo	87
8 La energía atómica	98

<sup>1</sup> Es importante aclarar que sería imposible concebir a la Física sin la extraordinaria capacidad que aportan la lógica, la operatoria y los conceptos matemáticos. Aquí podemos ponerlos en un segundo plano porque se trata de un curso elemental.

En las unidades 2 a 8, a manera de inicio, usted encontrará actividades de indagación previa a la toma de contacto de los conceptos, identificadas con el título **Apelando a nuestra experiencia**. Esta presentación permite poner de manifiesto una forma primera de conocimiento físico del entorno, basada en la información que se recoge de las experiencias cotidianas y que muy probablemente usted ya posee.

A continuación siguen unos **Breves comentarios sobre los problemas planteados**, relacionados con las preguntas anteriores.

Las tres últimas secciones de cada unidad son:

- **Síntesis de la unidad**
- **Derivación al blog Fisicadultos**
- **Actividades**

En algunas unidades, antes de la síntesis, se presentan lecturas optativas, dirigidas a los alumnos que deseen ampliar sus conocimientos sobre el tema. Los contenidos tratados en esas lecturas no serán incluidos en trabajos prácticos ni evaluaciones.

El blog **Fisicadultos** es «un lugar de intercambio y aprendizaje». En él podrá hallar indicaciones sobre cuestiones conceptuales, desarrollos teóricos, simulaciones, ejercicios adicionales y otros recursos de gran ayuda, elaborados por Pablo Teso, uno de los profesores del equipo de la asignatura. Este es el sitio de Internet del blog:

*<http://pablo-fisicadultos.blogspot.com/>*

En cada Unidad usted hallará el enlace que lo lleva a los contenidos asociados.

Las **actividades** son de resolución sencilla. Podrá hallar las respuestas al final de este material de estudio. Le recomendamos intentar resolverlas y solo después consultar las respuestas. Estos ejercicios pueden ser empleados para evaluar su nivel de aprendizaje. El conjunto de problemas no pretende cubrir la totalidad de los temas tratados, sino solo ofrecerle una idea bastante precisa de cómo pueden ser los ejercicios incluidos en un examen típico de la asignatura.

## Bibliografía adicional

En caso de que usted deseara ampliar los conocimientos presentados en esta plataforma, le sugerimos consultar los siguientes textos:

**Hewitt, Paul G. Física Conceptual.** México. Universidad Nacional Autónoma de México, 1998 (hay otras ediciones posteriores).

**Rela, A. y Sztrajman, J. Física II.** Buenos Aires, Aique, 1999.

## Contenidos

### **Unidad 1: Una aproximación al trabajo científico**

La construcción del conocimiento científico. Método y actitud científicos. Formulación de hipótesis. Noción de modelo

### **Unidad 2: La energía**

Las transformaciones y la conservación de la energía. La generación natural y las fuentes de energía. Introducción a los conceptos de velocidad y aceleración. Noción de campo gravitatorio. La energía mecánica: cinética, potencial gravitatoria y potencial elástica. Conservación de la energía. Potencia mecánica. Aprovechamiento de las fuentes naturales de energía

### **Unidad 3: Las ondas como propagación de energía. El sonido**

El movimiento ondulatorio. Parámetros característicos de las ondas: amplitud, longitud de onda, frecuencia. Tipos de ondas. Ondas longitudinales y transversales. Propagación del sonido en distintos medios materiales. Fuentes emisoras. El oído y la recepción del sonido. Infrasonidos y ultrasonidos. La reflexión del sonido: eco y reverberación. La ecolocalización

### **Unidad 4: Propagación de energía sin necesidad de un medio. La luz**

Las ondas electromagnéticas. La rapidez de la luz. La óptica geométrica y la óptica física. Fuentes emisoras. Cuerpos luminosos e iluminados. Cuerpos transparentes, translúcidos y opacos. Absorción, reflexión y refracción. Espejos y lentes. Instrumentos ópticos. Dispersión de la luz. El espectro electromagnético

### **Unidad 5: La energía eléctrica. Electrostática**

Fuerzas y cargas eléctricas. Electrificación por contacto, por inducción y por frotamiento. Noción de carga eléctrica. Materiales buenos y malos conductores. Aproximación a la noción de campo eléctrico

### **Unidad 6: El transporte de energía eléctrica**

Cargas eléctricas en movimiento. Ley de Ohm. Los circuitos eléctricos. Parámetros característicos

### **Unidad 7: La energía en el magnetismo y el electromagnetismo**

Imanes y fenómenos magnéticos. Polos magnéticos y fuerza magnética. La brújula y el magnetismo terrestre. Aproximación a la noción de campo magnético. La inducción electromagnética: Relación entre magnetismo y electricidad

### **Unidad 8: La energía atómica**

Evolución de los modelos del átomo. El cuanto. Efecto fotoeléctrico. Fenómenos nucleares: fisión y fusión. El desarrollo de la física nuclear. Sobre la perspectiva ético-social

**Objetivos de aprendizaje**

- Aplicar a contextos específicos las diversas variantes del método propio de las ciencias fácticas.
  - Identificar las diversas formas en que puede manifestarse la energía, así como algunas de sus diferentes transformaciones.
  - Identificar y explicar situaciones de conservación y de no conservación de la energía mecánica.
  - Comprender que la energía puede ser transportada por ondas de diferentes tipos, tanto mecánicas como electromagnéticas.
  - Distinguir las características comunes de todas las ondas (amplitud, frecuencia, longitud, velocidad) e identificarlas en los fenómenos sonoros y luminosos.
  - Reconocer las explicaciones adecuadas de los fenómenos de reflexión del sonido y de la luz, y de refracción y dispersión de la luz, y relacionarlos con situaciones del entorno.
  - Reconocer la naturaleza eléctrica de la materia y las propiedades eléctricas y magnéticas en diversos materiales.
  - Identificar y diferenciar algunas características de los fenómenos eléctricos y magnéticos, reconocer sus efectos y establecer la vinculación entre ellos.
  - Identificar las magnitudes características que describen un circuito eléctrico y comprender cómo se relacionan.
  - Distinguir las distintas manifestaciones de la energía eléctrica y reconocer la naturaleza de la energía atómica.
-

# UNIDAD 1 Una aproximación al trabajo científico

## 1.1. La construcción del conocimiento científico

La ciencia dispone de un saber y de un modo de análisis desde los cuales es posible interpretar gran parte de lo que ocurre a nuestro alrededor y es posible establecer un cierto orden dentro de ese cúmulo de sucesos. Eso es producto de una construcción de siglos, en la que muchas personas aportaron sus talentos y sus capacidades, en la que la idea de uno fue cuestionada por otro o sirvió de inspiración para que otro la desarrollara o la mejorara. La construcción del conocimiento científico, como muchas otras empresas humanas, no ha sido lineal ni pareja: así como se produjeron aciertos y avances, también hubo experimentos fallidos, concepciones erróneas, caminos muertos...

A lo largo de esta unidad intentaremos una aproximación a algunos aspectos de esa construcción. El propósito de las siguientes actividades es que a partir de las situaciones problemáticas planteadas usted asuma un rol activo, se adentre en los problemas para reflexionar sobre algunos aspectos del trabajo científico. Le recomendamos que registre las respuestas que vaya elaborando y conserve sus notas para retomarlas más adelante al avanzar con el trabajo en las demás unidades.



### Actividad 1

En esta actividad usted se enfrentará con acontecimientos desordenados que deberán ser procesados y organizados. A partir de la información provista por esos acontecimientos, deberá *formular hipótesis*, es decir: suponer una cosa posible, presumir un resultado, plantear algún juicio probable a partir de ciertos indicios<sup>2</sup>.

**1.** Lea la primera de las tres partes del siguiente relato, narrado desde la perspectiva de lo observado por un joven, Marcelo, que acaba de mudarse a un barrio para él desconocido.

Es muy importante que respete las reglas enunciadas a lo largo de la actividad, por eso le recomendamos que responda las consignas **antes** de avanzar con el siguiente apartado. Solo siga adelante con la lectura si se le indica. Así usted logrará construir, verificar o modificar las hipótesis que se plantee a medida que avanza en la lectura.

#### ***El enigma del edificio<sup>3</sup>***

##### ***Primera parte***

A poco de ubicarse en su nuevo departamento, Marcelo se ha enfermado. Fastidiado por la forzosa permanencia en la cama, ve pasar los días sin hacer nada entretenido. Desde la ventana de su habitación, orientada hacia el pulmón de la manzana, contempla la quietud del barrio una y otra vez.

Un día la monotonía se altera: de un edificio de dos pisos, blanco y rectangular, ve salir gente corriendo, algunas haciendo señas, otras escondiéndose en las casas vecinas. Al rato se oyen sirenas de varios autos, que parecen ser de la policía, y más tarde ve un carro de bomberos. Todo le hace suponer algún accidente, aunque desde su ventana Marcelo no distingue fuego

---

<sup>2</sup> No vamos a ir más allá en nuestra definición de hipótesis. Para el epistemólogo argentino Mario Bunge, por ejemplo, se trata de un supuesto que puede ser comprobado empíricamente para dar resolución a un problema de investigación y así formular una teoría. Debe ser significativa y formalmente correcta, y tiene que estar fundada en un conocimiento previo, o - si es completamente nueva - ser compatible con el cuerpo del conocimiento científico. Además debe ser verificable mediante los procedimientos objetivos de la ciencia.

<sup>3</sup> Esta actividad surgió, varios años atrás, de un intercambio de ideas entre Leonardo Levinas, David Aljanati y Gabriel Serafini. Este último tuvo a su cargo la redacción y corrección del texto, así como el análisis posterior de sus derivaciones.

ni nada semejante. El único humo es el de una chimenea de extraña forma, situada cerca del emplazamiento de dos antenas en el fondo del edificio.

Los edificios más cercanos le impiden observar qué es lo que está sucediendo; una hora más tarde, a juzgar por el movimiento tranquilo de la gente, todo ha vuelto a la normalidad. Secretamente, Marcelo se propone averiguar *qué es ese edificio*. El desafío es, al fin y al cabo, una forma de soportar el encierro obligado. Acuerda en que todo debe ser descubierto exclusivamente por lo que vea a través de su ventana, así que evitará hablar de su secreto con sus padres y su hermana. Como inicio del juego detectivesco, esa noche planea una serie de actividades para el día siguiente, que incluye observaciones regulares a horas fijadas, y en eso está cuando se duerme.

Al día siguiente, a primera hora, presencia la llegada de una veintena de personas, al tiempo que se retira un grupo más pequeño. Le parece que casi todos llevan camisa celeste, aunque no puede asegurarlo por la distancia que lo separa de ellos. De la chimenea próxima a las antenas continúa saliendo un hilo de humo. Al frente del edificio distingue un cartel casi totalmente oculto donde lee una C, que parece ser la primera letra de una palabra. Media hora después comienza un continuo ir y venir de personas, que suelen cargar objetos de tamaños diversos. Algunos llegan con un bulto pero se marchan sin él; en otros, sucede al revés. Hay un señor con bastón acompañado por un perro y varios camiones que descargan bultos de formas aproximadamente cúbicas. Al mediodía llega un hombre que lleva un chico en brazos, quien se mueve grotescamente cuando es abandonado en el suelo.

El tercer día Marcelo no advierte nada novedoso, excepto el grupo de gente que arriba a primera hora.

Al día siguiente, en cambio, ocurre algo notable: un grupo de personas, que calcula cercana al centenar, se reúne con carteles frente al edificio. En uno de los carteles distingue, no sin esfuerzo, la palabra Basta.

El quinto día se levanta temprano. Desea observar la llegada del grupo habitual que, de acuerdo con los datos anteriores, debe ocurrir a una hora determinada. Y, en efecto, sucede tal cual lo previsto. Más tarde comienza el constante movimiento de gente con bultos.

Por la noche observa las luces del edificio: nota que las ventanas se van iluminando progresivamente de una a la vez, a medida que se apaga la luz de la ventana anterior. Finalizada la operación en los dos pisos, solo queda iluminado un cuarto de la planta baja. Intenta distinguir qué hay adentro, pero se lo impide la luz intensa de un farol exterior ubicado sobre la ventana.

Al otro día no hay ningún tipo de actividad, salvo la entrada y salida de pequeños grupos de personas. A la noche repite la observación de las luces y comprueba que siguen el esquema del día anterior, por lo que Marcelo supone que es una práctica habitual.

A la mañana siguiente una cuadrilla de obreros empieza a alambrear el campo circundante al edificio. Después del mediodía ocurre algo sorprendente: un grupo de cuatro hombres, aparentemente armados, rodean al edificio y luego entran en él. Dos horas después se marchan en una furgoneta.

## 2. Responda la siguiente consigna:

- a- Le proponemos tomar el lugar de Marcelo y, a partir de los datos suministrados por el relato, contestar la pregunta que se planteó el protagonista: **¿Qué es ese edificio?** Para ello le sugerimos que analice cuidadosamente todos los detalles de la narración y los anote. Durante el procesamiento de los datos, tal vez le sea útil distinguir aquellos sucesos que considera periódicos de los que ocurren de manera ocasional.

Escriba, a continuación, cuál es su hipótesis en relación al edificio.

3. Tras completar el punto anterior, responda:

a- Dentro del conjunto de hechos narrados, describa cuáles le parecen *fundamentales* para sostener la hipótesis que acaba de formular. Proponga una explicación posible para los hechos que considera relevantes.

b- Dentro del mismo conjunto de datos, mencione cuáles son *secundarios* o no *significativos*.

c- ¿Es posible que alguno de los datos no encaje con la hipótesis formulada por usted? Si es así, indique en qué casos se presenta esa situación.

d- ¿Cree que, ante el relato, otra persona podría haber formulado una hipótesis diferente a la suya? Imagine cuál podría ser esa hipótesis y sobre qué datos se sustentaría.

e- Continúe la lectura del relato:

### **Segunda parte:**

#### **Marcelo consigue un largavista**

El panorama es muy diferente a través del largavista. Lo que antes parecían camisas, ahora son nítidamente guardapolvos. Marcelo advierte la llegada de varios albañiles que comienzan a reparar una de las paredes del edificio.

Por la tarde se produce una alborotosa visita: un micro de escolares, cuyos delantales blancos son perfectamente distinguibles con el largavista. Los cuenta: son 31, acompañados por una maestra gorda y alguien que parece ser un celador y cuyo aspecto le resulta desagradable. Están unas dos horas en el interior del edificio. Salen comiendo y arremolinándose, y el celador los hace rápidamente subir al micro. Esta vez cuenta 30 chicos, pero no está seguro de no haberse equivocado debido a la confusión de la salida. No puede contar de nuevo y eso lo inquieta. Si en verdad hubiera tenido un chico menos, habría obtenido un dato revelador.

Esa noche no logra dormirse pensando en lo ocurrido. Desgraciadamente, al otro día se desata una fuerte lluvia que no le permite continuar sus observaciones.

Al día siguiente distingue a cinco personas que bajan de una camioneta un gran piletón, lleno de un líquido que debe ser muy peligroso por el cuidado con que se mueven los hombres. Más tarde llegan otros camiones que bajan unos cubos que parecen ser de corcho o telgopor pues, pese a su tamaño, son transportados sin dificultad.

Estudiando el movimiento de los albañiles, Marcelo ha podido prever el día en que una plataforma que utilizan, ocultará el farol que impide ver el interior de la habitación iluminada por la noche. Anota en su registro el instante previsto.

En días siguientes no sucede gran cosa. Una tarde regresan los hombres armados. Puede distinguir ahora que sus armas son en verdad extrañas: parecen rifles, pero poseen una manguera conectada a un tanque pequeño, a manera de unas que recuerda de una historieta espacial. Además, observando cuidadosamente, descubre que los hombres llevan máscaras. Consulta sus registros de los días anteriores y comprueba que ha pasado exactamente una semana desde su anterior aparición.

Al otro día, al regresar a su cama desde la cocina, ve un automóvil negro. Una de sus puertas es mantenida abierta por un chofer de prolijo uniforme. Marcelo imagina la llegada de un personaje importante y se reprocha haber descuidado su trabajo de investigación. Poco después ve que una anciana sube al auto y que este parte velozmente.

Por la tarde es testigo de un sensacional incidente. Uno de los albañiles, que está trabajando sobre un andamio, comienza a hacer gestos con sus brazos. En la penumbra de una ventana, Marcelo distingue a alguien, que parece estar vestido con un tapado de piel o un sobretodo, y que agita violentamente una soga del andamio. El albañil tiene tiempo para descender y, al

llegar a tierra, manifiesta con grandes gestos su enojo frente a sus compañeros.

A última hora Marcelo repara en un detalle que no había notado antes. De vez en cuando hay personas que salen del edificio con recipientes y frascos, pero regresan sin ellos. Del mismo modo, reconoce algunos que salen sin nada, pero regresan con algo en sus manos. Eso le hace suponer la existencia de una construcción cercana a donde se dirige la gente, aunque no logre verla por las edificaciones que se interponen.

Un día, por otra parte, se produce lo que Marcelo ya había previsto: por la noche, cuando el farol queda oculto por la plataforma, puede divisar un hombre de uniforme gris en el único cuarto iluminado del edificio.

#### 4. Responda las siguientes consignas:

a- A partir de los nuevos datos y sin olvidar los de la primera parte del relato, conteste:  
**¿Qué es el edificio?**

Le recomendamos nuevamente anotar todo lo que crea importante. ¿Por qué cree que insistimos con este procedimiento? ¿No sería suficiente con el simple registro memorístico?

b- ¿Coincide esta hipótesis con la que elaboró en la primera parte? Si no es así, explique por qué razones abandonó la anterior. ¿Tuvo alguna importancia disponer de un largavista? ¿Por qué?

c- Señale qué nuevos hechos periódicos y ocasionales se añadieron a su lista. ¿Puede distinguir algún momento del relato en el que, advertido de una regularidad, Marcelo pudo prever un determinado acontecimiento? Describa ese momento.

d- Distinga cuáles de las observaciones de Marcelo son objetivas y cuáles están teñidas por algún juicio de carácter estético o de valor. e- Describa cuáles hechos le parecen fundamentales para sostener la actual hipótesis, cuáles son secundarios y cuáles no encajan con la hipótesis formulada.

f- ¿Qué importancia usted le asigna al hecho de que Marcelo contó 31 alumnos al entrar al edificio y cree haber contado solo 30 al salir?

g- Indique si, en algún momento, Marcelo logró inferir la existencia de algo que no era visible desde su puesto de observación. Si es así, ¿con qué datos hizo la inferencia?

h- Señale un momento del relato en el que se vuelve posible una determinada observación que en otros momentos estaba obstaculizada.

i- Siga adelante con la lectura del relato:

#### **Tercera parte:**

##### **A Marcelo le prestan un telescopio**

La primera visión que obtiene apenas montado el telescopio es la de los camiones. Los cubos que parecían de corcho son fardos de pasto. La chimenea continúa despidiendo su hilo de humo y el movimiento de personas es el acostumbrado.

A media mañana aparece otra vez el piletón, que será cargado aparentemente en una camioneta amarilla. Marcelo intenta obtener algún dato sobre el líquido que transporta, para así poder identificarlo. Con gran sorpresa, mientras analiza detenidamente la superficie del líquido, descubre en él algo que parece ser una aleta.

Los nuevos datos son registrados y examinados durante el almuerzo. A la hora de la siesta ya intuye el resultado de la investigación. En ese instante regresa el auto negro, del cual desciende nuevamente la anciana. Al salir del edificio lleva un perro entre sus brazos apretándolo contra su pecho. El perro tiene una pata enyesada. Suben al automóvil y se marchan velozmente.

Marcelo sonríe con cierta satisfacción. No podría afirmar qué es exactamente el edificio, pues para ello debería continuar con sus observaciones. No obstante, considera que la idea que tiene es bastante precisa.

**5.** Responda las siguientes consignas:

a- A partir de los nuevos datos y de los de las dos partes anteriores del relato, conteste: **¿Qué es el edificio?**

b- ¿Coincide esta hipótesis con la que elaboró en la segunda parte? Si no es así, explique por qué causas la descartó. ¿Tuvo alguna importancia el empleo de un telescopio? ¿Por qué?

c- En el relato, Marcelo nota que su hipótesis no es exacta sino bastante precisa. ¿Por qué pensará eso? Fundamente su opinión.

d- ¿Es posible que, si el relato tuviese una cuarta parte, la precisión de la hipótesis fuese mayor? ¿Por qué?

**6 (optativo).** Invite a participar de «El enigma del edificio» a un grupo de familiares o amigos, a quienes puede ir leyéndoles el texto y las preguntas. Si lo hace, «El enigma...» se enriquecerá mucho, pues habrá más intercambios para sostener la validez de cada hipótesis. Si usted asiste a una consultoría o participa de un foro puede intercambiar ideas con otros alumnos sobre las hipótesis que sostuvo cada uno.

### *Comentarios sobre esta actividad*

A continuación le planteamos los elementos de discusión que genera esta actividad, sobre todo cuando se plantea grupalmente. Por un problema de espacio solo nos limitaremos a destacar los más importantes.

- Las mayores diferencias entre las hipótesis se debe a que cada persona suele seleccionar **un conjunto diferente de datos**: o sea, que un hecho considerado significativo para alguno, frecuentemente es secundario para otro o, incluso, contradictorio. La chimenea, por ejemplo, puede ser central para quien imaginó al edificio como una planta industrial, irrelevante para quien haya pensado en una escuela y difícil de «encajar» en una hipótesis de centro comercial.
- A veces las «contradicciones» son solo aparentes. Las personas que, en la primera parte, sostienen que se trata de una cárcel, descartan de plano esa hipótesis cuando más tarde se enteran de que hubo una visita de escolares. Cambian esa actitud si se les informa que algunas cárceles modelo son (o fueron en alguna oportunidad) visitadas por contingentes escolares. Esto genera una reflexión sobre la importancia del **acceso a información adecuada**.
- La resolución grupal permite diferenciar los **procedimientos de registro y análisis** efectuados por distintos participantes y así poner de manifiesto la mayor o menor eficacia de cada uno. La forma de registro utilizada, por ejemplo, puede variar en su precisión, desde el cuadro detallado y de fácil visualización hasta el simple registro memorístico.
- También genera interesantes intercambios la **actitud asumida** por cada uno en relación a los 31 o los 30 escolares. Frente a esto, algunos dicen «Seguro que Marcelo contó mal»; otros toman el dato como fundamental y conciben truculentas hipótesis; en una tercera alternativa, distinta a las anteriores, hay quienes afirman que el dato no debe tenerse en cuenta debido a la imprecisión con que la fue obtenido.
- Con cierta frecuencia hay participantes que insisten con una hipótesis determinada debido a que alguno de los datos tiene **conexión directa con una vivencia propia**. Una persona, por ejemplo, repetía que el edificio era un hospital debido a que el encendido y el apagado

de las luces la realizaba él mismo en el hospital en donde trabajaba. Solo cambió su actitud cuando otros le advirtieron que esa práctica es común en otros establecimientos, un dato que seguramente no le era desconocido. Esto nos hace pensar que en estos procesos hay personas y, como tales, no están exentas de subjetividades. Seguramente esa subjetividad se aminora mucho en un campo controlado como el de la ciencia, pero sería ilusorio pretender que no se diera.

- Otro aspecto que se da con frecuencia es la **«presión» del contexto** sobre las decisiones de los participantes. En épocas en que los medios denunciaban la adulteración de vinos, una de las hipótesis sobre el edificio solía ser, precisamente, la de una planta destinada a la adulteración. En otro momento, poco después del retorno de la democracia en nuestro país, era corriente la hipótesis de un centro clandestino de detención. Pareciera que una huelga, un atentado, un crack financiero o cualquier noticia importante que ocupe la atención de la gente, dejan su huella en la supuesta «objetividad» de quien hipotetiza sobre el edificio que observa Marcelo.
- El desarrollo de esta actividad depara generalmente un intenso proceso de análisis, confrontación e intercambio entre los participantes que, en algunos aspectos, está vinculado con el **desarrollo de la ciencia y la labor de los científicos**. Aunque el rol de Marcelo de observador a distancia que accede a mejores instrumentos de observación sugiere una vinculación con el desarrollo de la astronomía, el planteo puede extenderse tanto al estudio de lo muy lejano como de lo muy pequeño, es decir, de aquellos ámbitos de acceso restringido.
- Al trazar un paralelo entre esta actividad y la investigación astronómica, se perciben muchas coincidencias, tales como la determinación de **sucesos periódicos** (movimiento de planetas o fases de la Luna) y la detección de **sucesos que ocurren ocasionalmente** (la explosión de una estrella).
- En esta actividad se espera que usted haya asumido un rol activo y que se adueñara del problema, un aspecto que suele ser ignorado en gran parte de los cursos de física.
- Por último, en cuanto al problema planteado ¿Qué es el edificio?. la intención es que no quede totalmente definido si se trata de un centro de investigación, de una clínica veterinaria o de alguna suerte de combinación de ambas. La experiencia nos muestra que somos muy resistentes a aceptar esa cuota de incertidumbre. Esto nos lleva a reflexionar sobre algo curioso: pareciera que no toleramos la carencia de verdades acabadas y cerradas, y que nos falta entrenamiento para fijar nuestra mirada en el proceso de construcción en sí. Si examinamos la actividad globalmente, notaremos que la imprecisión final es mucho menor que la inicial. ¿No ocurre algo semejante con el desarrollo de la ciencia? Creemos que de ese modo no solo se toma conciencia de los vericuetos de la construcción, sino que se percibe un panorama de puertas abiertas, en el que quién sabe si usted no habrá de asumir un papel relevante en el futuro.



## Actividad 2

Aquí vamos a analizar algunas relaciones entre sucesos de la realidad y ciertos momentos del relato anterior. Le mostramos un caso, a modo de ejemplo:

Suceso de la realidad	Suceso del relato
Los eclipses totales de Sol son acontecimientos muy esperados por los científicos pues durante su transcurso queda oculto el disco solar, normalmente muy brillante, y pueden verse los detalles de la corona que está a su alrededor.	Una noche, Marcelo puede por fin divisar un hombre de uniforme gris en el cuarto iluminado el edificio, gracias a que el farol exterior que le obstaculizaba la visión, queda oculto por la plataforma de los albañiles.

Trate de identificar otras situaciones del relato «El enigma del edificio» que tengan relación con los siguientes sucesos de la realidad:

Suceso de la realidad	Suceso del relato
En 1905 el notable astrónomo norteamericano Percival Lowell, tras analizar las irregularidades en el movimiento de los últimos planetas conocidos del sistema solar, comenzó la búsqueda de un noveno planeta que, según sus deducciones, debía ser la causa de aquellas anomalías y del cual, incluso, calculó su posición. Veinticinco años después, Clyde Tombaugh pudo ubicar a Plutón, muy cerca de donde lo había dicho Lowell.	

## 1.2. Método científico y actitud científica

En «El enigma del edificio» queda claro que, al poner la mirada sobre el proceso más que en el resultado, estamos fomentando una reflexión acerca de la operatoria empleada, es decir: cómo se seleccionó y se procesó la información, qué datos fueron considerados importantes, qué resultados se lograron al afinar las observaciones, cómo se fueron modificando las hipótesis iniciales, etc. Establecimos así una conexión con las formas de analizar y de proceder propias de la ciencia, a las que se suele llamar método científico. Por las razones que se verán a continuación, aquí evitamos referirnos a un método y preferimos, en cambio, hablar de una actitud científica.



### Actividad 3

En el libro *Física Conceptual* de Paul G. Hewitt, puede leerse: Los científicos deben esforzarse por distinguir entre lo que ven y lo que desean ver pues, como la mayor parte de las personas, tienen una gran capacidad para engañarse a sí mismos. Explique qué aspectos tienen en común el texto y la historia de «El enigma del edificio».



### Actividad 4

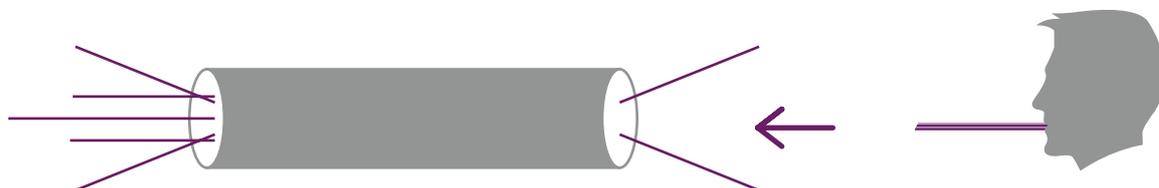
La Actividad 1 estaba directamente asociada con el desarrollo de la investigación astronómica: la que se plantea a continuación intenta recrear una experiencia que permitió conocer detalles de lo sumamente pequeño.

Lea este nuevo relato, en el que se plantea una experiencia «casera».

### La elaboración de modelos: una lata con sorpresa

Un muchacho despoja a una lata de sus dos tapas y coloca algo en su interior. Propone a sus amigos un acertijo: deberán adivinar qué es ese algo a partir de una experiencia que les mostrará.

Como sus amigos acceden, monta el dispositivo que muestra la figura. En un momento, trae una cerbatana y comienza a arrojar bolillitas dentro de la lata. Desde ya que nadie, excepto él, puede ver el interior.



El muchacho siempre arroja las bolitas paralelamente al eje de la lata, o sea, sin inclinar el tiro hacia ningún lado. Sus amigos observan que las bolillitas tienen alguno de estos tres comportamientos:

- algunas bolitas no logran pasar la lata y rebotan,
- otras atraviesan la lata desviando su trayectoria,
- y algunas otras emergen de la lata sin sufrir desviaciones.

El muchacho va cambiando el punto de tiro, subiendo o bajando un poquito la cerbatana o bien corriéndose hacia un lado. De ese modo consigue tirar las bolillitas más cerca del borde de la lata o más hacia el centro, pero siempre manteniendo las trayectorias paralelas al eje de la lata. En cualquiera de las situaciones se obtienen azarosamente los tres resultados anteriormente descriptos.

Tras una serie de tiros, el muchacho formula la pregunta: **¿Qué suponen que tiene adentro la lata?**

**1.** Analice la información y proponga una respuesta a la cuestión que se plantea. ¿Le parece que esta experiencia puede dar información sobre lo que hay dentro de la lata? Fundamente sus ideas, basándose en el comportamiento de las bolillitas. Es posible que no surja una única respuesta; si es así, anote todas las opciones y, cotejándolas con el relato, piense cuál puede ser más probable.

**2.** Continúe con la lectura del relato:

El muchacho realiza ahora una experiencia similar con **bolillas de tres tamaños distintos**. La tabla muestra cuántas bolillas atravesaron la lata y cuántas no.

	Bolillas pequeñas	Bolillas medianas	Bolillas grandes
Pasan	70	60	-
Rebotan	30	40	100

**3.** Explique a qué se deben esas diferencias para cada tamaño de bolilla.

Por último, el muchacho repite la experiencia anterior pero utilizando **una lata diferente**. En esta tabla están registrados los resultados.

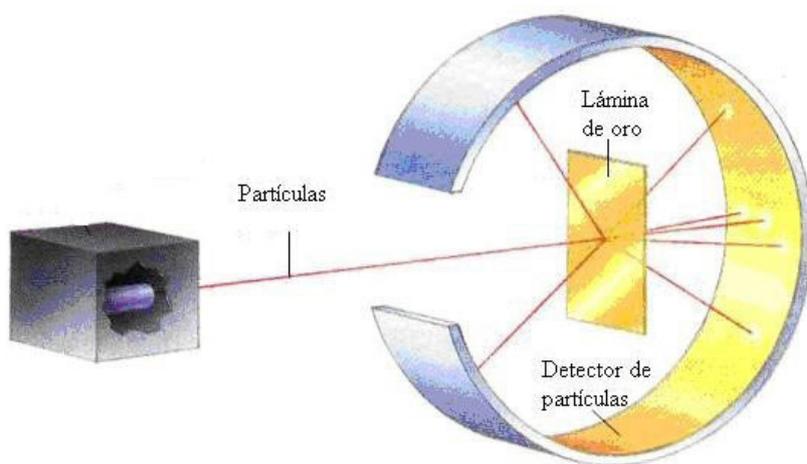
	Bolillas pequeñas	Bolillas medianas	Bolillas grandes
Pasan	90	70	40
Rebotan	10	30	60

**4.** ¿En qué se diferencia esta nueva lata de la anterior? Fundamente su respuesta.

### Comentarios sobre la actividad

- Sus deducciones acerca del contenido de la lata le han permitido elaborar una representación denominada modelo. Una interpretación semejante fue obtenida por Marcelo respecto al edificio: la imagen que llegó a elaborar representa al edificio, pero no es el edificio en sí. La representación es un recorte de la realidad pues, como ya vimos, seguramente hay aspectos del edificio que no han sido volcados en el modelo logrado. Otro tanto puede afirmarse del modelo de Lowell respecto a Marte. En todos los casos, el modelo no es lo mismo que aquello (el edificio, la superficie de Marte) que es el objeto de estudio que se está modelando.

- En la actividad 4 no se puede asegurar que el modelo corresponda exactamente con lo que hay dentro de la lata, a menos que se dispusiera de la lata y se pudiera espiar en su interior. Pero esto no siempre es posible, pues el objeto de estudio puede ser muy lejano o sumamente pequeño. De todos modos, aunque fuera posible, cabría preguntarse si la información que recibiríamos del objeto, sea por nuestros sentidos o por medio de algún dispositivo, sería *toda* la información sobre el objeto. Eso conduce a una cuestión sobre la que no nos extenderemos aquí: ¿Podemos conocer la realidad en su totalidad? ¿A qué nos referimos cuando hablamos de realidad o de totalidad? Dejamos, entonces, picando estos interrogantes que nos internarían en una reflexión más general acerca de los límites del conocimiento.
- Al hacer esta actividad con grupos, las hipótesis más frecuentes son la de colador, la de red o algún sucedáneo de ambos, con lo que nuevamente se plantea el problema de la imprecisión. Desde la perspectiva de esos modelos muy semejantes, la explicación del comportamiento de las bolillitas sería: las que siguen de largo pasan por los huecos, las que se desvían pasan por un hueco pero rozan con un borde de la red y las que rebotan pegan de lleno en algún lugar de la trama.
- La experiencia nada aporta sobre otras características de ese contenido desconocido tales como, por ejemplo, su color o su textura. Para tener información sobre estos aspectos, seguramente habrá que diseñar otro tipo de experimento. Es posible que los nuevos experimentos revelen detalles más precisos sobre el contenido, de un modo análogo a lo que sucedía en el relato de Marcelo, en el que los mejores instrumentos de observación permitieron corroborar, perfeccionar o descartar los modelos previos.



- La actividad guarda similitud con una célebre experiencia de la física sobre la estructura de la materia, atribuida generalmente al científico inglés Ernest Rutherford (1871-1937) pero llevada a cabo por sus discípulos Geiger y Marsden.

En el experimento, un conjunto de partículas muy pequeñas fueron arrojadas a gran velocidad sobre una lámina de oro muy delgada: algunas rebotaban y otras atravesaban la lámina, saliendo tanto en línea recta como desviándose. La interpretación de los resultados fue muy similar a la del relato de la lata: la materia es granulosa y está llena de espacios vacíos. Como el número de partículas que pasaba dependía del material de la lámina, la proporción de espacios huecos podía variar. Este experimento permitió modificar uno de los modelos vigentes hasta ese entonces, que consideraba que la materia era compacta. Además, es un ejemplo de cómo puede tenerse información de mundos diminutos aunque no sean visibles.

## SÍNTESIS UNIDAD 1

científico en general y de nuestra disciplina en particular. Aunque pueda parecer obvio, conviene señalar que no es importante que usted sea capaz de reproducir con lujo de detalles los relatos de «El enigma del edificio» ni cualquier otro. Lo que sí es relevante es que usted sea consciente del proceso que realizó al leerlos, para que esté en condiciones de repetir ese proceso con nuevas situaciones. Por esa razón, se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta unidad, usted haya logrado:

- *procesar datos y otorgarles niveles de significatividad.*
- *distinguir sucesos periódicos y ocasionales.*
- *comparar la efectividad de distintos mecanismos de registro.*
- *valorar la importancia del acceso a información adecuada.*
- *apreciar cómo el acceso a mejores observaciones permite corroborar, perfeccionar o descartar los modelos previos.*
- *reflexionar sobre la supuesta objetividad de los procesos de análisis encarados y advertir algunas formas de la «presión» del contexto.*
- *aprender cómo se puede obtener información acerca de mundos aparentemente inaccesibles.*
- *y, en fin, participar de un proceso en el que la imprecisión final fue, notoriamente, mucho menor que la inicial.*

Estas ideas se retomarán una y otra vez aquí, en el contexto de los contenidos específicos que habrán de tratarse en las siguientes Unidades.



## 1.4. Evaluación

### Pregunta 1

En la guía de la asignatura hay una extensa actividad en la que un muchacho, que acaba de mudarse a un barrio desconocido, observa un edificio cercano a su casa durante varios días. Su desafío es tener una idea lo más aproximada posible de qué es ese edificio.

a- Al finalizar la tercera parte del relato, el muchacho advierte que su interpretación es: A. Exacta B. Bastante precisa.

### Pregunta 2

En el texto de Paul G. Hewitt citado en la bibliografía sugerida, se señala: Muchas personas creen que cambiar de opinión es signo de debilidad pero la posibilidad de refinar sus teorías es un punto fuerte de la ciencia, no un punto débil. Al indicar el permanente cambio que se nota en la actividad científica, Hewitt intenta mostrar... (Indique cuál de estas opciones es correcta):

- A. que las opiniones de la ciencia son poco fundamentadas.
- B. un punto débil de la ciencia.
- C. una fortaleza de la ciencia.

### Pregunta 3

Lea el siguiente fragmento de John Bernal, un epistemólogo irlandés citado varias veces en este texto: «Muchas historias de la ciencia son relatos acerca de los grandes descubridores que se han ido sucediendo en una especie de revelación de los secretos de la naturaleza. Naturalmente, la existencia de grandes científicos ha tenido efectos decisivos en el progreso de la ciencia, pero sus realizaciones no pueden estudiarse aisladamente de su contexto social (...) pues aquellos fueron hombres de su tiempo que estuvieron sometidos a las mismas influencias formativas. (...) Ningún gran hombre se basta a sí mismo en ningún terreno cultural, y mucho menos en la ciencia; no puede realizarse ningún descubrimiento efectivo sin el trabajo preparatorio de otros científicos...».

De acuerdo a lo que afirma Bernal (Indique cuál de estas opciones es correcta):

- A. El trabajo de los científicos es aislado y no tiene en cuenta los aportes de quienes le precedieron.
- B. El trabajo de los científicos se basa en los aportes realizados por quienes le precedieron.
- C. El contexto social no influye de ningún modo sobre el trabajo de los científicos.

## UNIDAD 2 La energía

La palabra «energía» es empleada con frecuencia en nuestras expresiones cotidianas; asociamos con ella la capacidad de realizar alguna acción o de producir algún cambio. Sabemos que sin un aporte energético, no puede llevarse a cabo ningún tipo de hecho o fenómeno. La energía puede manifestarse como energía química, eléctrica y de muchas otras formas. Aquí presentaremos una de ellas: la denominada «energía mecánica» vinculada al movimiento, a la posición y a la elasticidad de los objetos:

- Un cuerpo que está en movimiento posee capacidad de realizar una acción; a esa forma de la energía se la llama **energía cinética**.
- Un objeto sostenido a cierta altura posee una cierta «capacidad de caerse»: si por alguna razón desapareciera lo que lo sostiene, este comenzará a caer. Por esa razón, se dice que mientras permanece a una cierta altura del piso posee **energía potencial**.
- Al doblar una vara, una rama o cualquier otro objeto flexible, éstos adquieren la capacidad «potencial» de moverse apenas sean liberados de lo que los mantiene doblados. Una situación similar se da con un elástico estirado o comprimido. En todos estos casos los objetos poseen **energía potencial elástica**.

### Apelando a nuestra experiencia

*En este apartado le propondremos resolver algunos problemas a partir de su experiencia cotidiana. Escriba las respuestas, así podrá cotejarlas a medida que avance en la lectura de esta guía.*

Analice las siguientes expresiones y trate de dilucidar si son *verdaderas* o *falsas*. Escriba los argumentos que se le ocurran para sostener sus opiniones, incluyendo ejemplos o contraejemplos de su propia experiencia. Considere que no hay ningún tipo de rozamiento. Para resolver la consigna, vuelva a leer el texto que introduce esta unidad las veces que sea necesario.

- 1- Cuanto más rápido se mueve un objeto, más energía cinética posee.
- 2- Si se dejan caer dos macetas iguales (de igual masa), una desde el tercer piso de un edificio y otra desde el primer piso, al llegar al suelo tendrán la misma rapidez.
- 3- Un ladrillo que se encuentra en un primer piso tiene menos energía potencial que uno que está en el segundo piso, pues su «capacidad de caer» es menor.
- 4- Apenas un objeto comienza a caer su energía potencial empieza a disminuir, al mismo tiempo que crece su energía cinética.
- 5- Cuanto más se dobla una vara, mayor es la energía potencial elástica que adquiere.
- 6- La energía potencial elástica de un arco flexionado se convierte en energía cinética de la flecha en el momento en que esta es arrojada.

### Breves comentarios sobre los problemas planteados

Con relación a las preguntas, le proponemos continuar con la lectura de los textos y volver a ellas cuando cuente con información para corroborar sus respuestas.

## 2.1. El origen del concepto de energía

Es difícil establecer cuándo aparece desarrollada por primera vez la noción de energía. Bajo la denominación de «vis viva» puede apreciarse en los trabajos del gran científico holandés Christian Huygens (1629-1695). La idea de la transformación de la energía se debe a un alemán -el doctor Julius Robert Mayer (1814-1878)- mientras se desempeñaba como médico naval en Indonesia.

Si le preguntamos con qué asociaría la palabra energía, su respuesta seguramente apuntará hacia *algo* que está presente en ciertos tipos de alimentos, que proporcionan los motores, que tiene la electricidad o que se libera en un terremoto. En efecto, los alimentos entregan energía, de un modo semejante a como un combustible puede hacer funcionar el motor de un auto; la electricidad provee la energía requerida para que funcione la mayor parte de los artefactos domésticos; hay máquinas que funcionan con la energía provista por un río caudaloso, por el viento o por la luz del Sol; la energía proveniente de unos parlantes puede hacer vibrar los vidrios de una habitación... Podríamos añadir un caso que muestre que un cuerpo en movimiento posee energía: por ejemplo, una piedra que, al ser arrojada sobre un vidrio, lo rompe. En cada una de las situaciones anteriores, aunque pertenezcan a ámbitos muy diferentes, hay un aspecto en común: todas ellas están ligadas a acciones o se refieren a transformaciones, es decir, a cambios. Seguramente usted ha advertido que vivimos en un mundo que cambia permanentemente. Todas esas transformaciones que continuamente ocurren a nuestro alrededor son posibles porque hay intercambio de energía. Los mecanismos del desarrollo de la vida, por ejemplo, son posibles debido a un conjunto de procesos que requieren energía.

Por todo lo anterior se afirma que **la energía es la capacidad de realizar una acción o de producir alguna transformación, algún cambio**. A cada uno de los modos en que la energía puede manifestarse se lo denomina **forma de energía**.

### De una forma de energía a otra



Tomemos el caso de la energía que posee una persona que se está desplazando con su bicicleta. La energía de movimiento proviene de los alimentos que ingirió el ciclista. Del mismo modo, una cañita voladora adquiere energía de movimiento a partir de la energía que aporta la reacción energética de la pólvora. Cuando ocurren esos pasajes de una forma a otra se dice que se ha producido una **transformación de energía**.

Si analizamos distintos sucesos cotidianos notaremos que, en muchos de ellos, las transformaciones se van sucediendo. La energía que aporta un combustible, por ejemplo, se transforma en energía de movimiento de las partes de una máquina generadora de electricidad. En la electricidad así producida hay energía que, a su vez, si se la hace circular por una lámpara puede transformarse en luz, que es otra forma de energía; en sonido si se aplica sobre un parlante; o nuevamente en energía de movimiento si se la utiliza para hacer funcionar un motorcito eléctrico.

En cada una de las transformaciones energéticas, una parte de la energía original se transforma, además, en **calor**, que es otra forma de energía. En algunos casos eso es muy evidente, como sucede con la lámpara. En otros casos, hay que ser un poco más observador: por ejemplo, si se toca el cuerpo de un motor andando se siente una elevación de su temperatura<sup>4</sup>. Si el motor funciona con electricidad, una parte importante de la energía eléctrica se pierde en forma de calor. Con la expresión «se pierde» indicamos que no sirve para nuestros fines,

---

<sup>4</sup> Conviene aclarar que no siempre la entrega de calor (energía) a un cuerpo lleva asociado un incremento de su temperatura. Nos referimos, en particular, al caso de los cambios de estado. Cuando se suministra calor al agua hirviendo, por ejemplo, la energía entregada se emplea para que el agua líquida pase al estado de vapor. Mientras la transformación se lleva a cabo, la temperatura permanece fija en 100 °C.

pues no puede ser aprovechado. Retomemos el caso de la bicicleta: se puede comprobar que partes del vehículo se calientan mientras están en movimiento, debido al rozamiento permanente entre las partes móviles. Eso significa que la energía cinética provista por las piernas del ciclista no se aprovecha totalmente en mover las ruedas y gran parte se convierte en calor. Si toda la energía invertida en una transformación pudiese convertirse en energía útil, el rendimiento sería igual al 100%, un valor imposible de obtener en la realidad. Si la energía útil solo representara la mitad de la total, el rendimiento sería de un 50%. Para tener una idea de los valores corrientes, considere que de toda la energía liberada al quemarse el combustible de un automóvil, solo se aprovecha alrededor de un 30% como energía útil. O sea, el rendimiento típico de un auto es de un 30%.

¿Es posible que una máquina produzca más energía útil que la que consume? La respuesta es negativa, porque equivaldría a tener una eficiencia mayor al 100%. A lo largo de la historia hubo personas que diseñaron y construyeron ingeniosos artefactos que intentaban superar esa limitación. Hoy se sabe que tales máquinas son imposibles, y que los valores habituales de eficiencia son bastante bajos.

## 2.2. El principio de la conservación de la energía

La energía es una magnitud que puede medirse, es decir, que se le puede asignar un valor; más adelante indicaremos en qué unidades se la expresa corrientemente. Los científicos del siglo XIX descubrieron que si se miden todas las energías que intervienen al comienzo de una transformación y luego se las suma, y se realiza el mismo procedimiento con las energías que se obtienen al final, el valor obtenido será el mismo. Esto significa que en una sucesión de transformaciones, la energía **se conserva**, es decir, mantiene invariable su valor inicial o, dicho de otra manera<sup>5</sup>:

La suma de las energías iniciales.

=

La suma de las energías finales.

### ¿En qué unidades se mide la energía?

La unidad de medida aceptada actualmente es el *joule* (se lo abrevia J), en homenaje al científico que hizo una notable contribución sobre el tema. Los españoles lo llaman *julio*. En ciertas actividades se usa el *kilojoule* (kJ), un múltiplo equivalente a 1000 J.

Para tener idea de cuánto representan estas unidades, le damos algunos ejemplos.

- Una persona que camina con una rapidez de 5 kilómetros por hora tiene una energía cinética de alrededor de 100 J.
- Un automóvil que marcha con una rapidez de 35 kilómetros por hora tiene una energía cinética de unos 70.000 J.
- Una dieta considerada «normal» requiere un aporte diario de aproximadamente 8.500.000 J, o sea 8500 kJ. Este valor puede ser mayor o menor según el gasto energético de la persona considerada.
- Una taza de crema entrega al organismo la energía equivalente a unos 2200 kJ
- Una porción de 50 gramos de arroz blanco aporta unos 720 kJ.
- Una sola galletita dulce entrega alrededor de 250 kJ.

<sup>5</sup> La investigación científica del último siglo mostró que existen casos en los que este enunciado no se cumple. Uno de tales casos es el de ciertos fenómenos nucleares, que serán presentados en la unidad 8.

- La combustión de un kilogramo de lignito, una variedad de carbón mineral, entrega aproximadamente 17.000 kJ.
- Un avión a reacción de pasajeros tiene una energía cinética de unos 1.500 millones de joules durante el despegue. Durante el vuelo a gran altura, esa energía es cercana a los 15.000 millones de joules.
- Un automóvil se desplaza por la vía rápida de una autopista con una rapidez de 120 kilómetros por hora (120 km/h), equivalentes a unos 33 metros por segundo (33 m/s). Su energía de movimiento es de unos 120.000 J.
- La energía de movimiento de un gato que está corriendo a un ratón es de unos 70 joules. Y la del ratón que está corriendo con la misma rapidez que el gato es de alrededor de 7 joules.

### 2.3. La energía mecánica

Se llama así a la energía relacionada tanto con el movimiento de un cuerpo como con la posición que este ocupa. Tal como adelantamos, la primera se denomina energía **cinética** y la segunda es la energía **potencial**. Antes de estudiarlas, introduciremos conceptos sobre el peso, la caída de un cuerpo y las nociones de trabajo y potencia.

#### El peso, el trabajo y la potencia

La fuerza que llamamos «peso» es el resultado de la atracción ejercida por nuestro planeta, que llamamos gravedad terrestre. Cuando un cuerpo es atraído por la Tierra, al mismo tiempo ese cuerpo atrae a la Tierra. Como se trata de una acción que se ejerce entre ambos, se dice que eso es una **interacción** («inter» significa «entre»). ¿Por qué solo notamos la atracción ejercida por la Tierra y no la que se ejerce sobre ella? Porque la Tierra está constituida por muchísima más materia que el cuerpo y sobre ella el efecto de esa fuerza no es apreciable.

Cuando aplicamos una fuerza para levantar un cuerpo hasta cierta altura debemos hacer un «esfuerzo» para vencer la acción de la gravedad, es decir, para contrarrestar al peso del cuerpo. En esas condiciones, se dice que realizamos un **trabajo**. Ese trabajo será mayor si subimos el mismo cuerpo hasta más altura. Y también será mayor si la altura no cambia, pero hay que hacer más fuerza porque el cuerpo es más pesado. También se realiza trabajo si, por ejemplo, se empuja horizontalmente un cuerpo o se tira de él y este se pone en movimiento, frena o acelera.

Ahora bien, imaginemos que se dispone de dos grúas para elevar dos cuerpos iguales hasta la misma altura. De acuerdo con lo estudiado, el trabajo realizado será el mismo en ambos casos. Suponga que la primera grúa eleva al cuerpo en un cierto tiempo y que la segunda demora la mitad de ese tiempo. Es evidente que la segunda tiene una mayor capacidad, tal vez por contar con un motor más poderoso. A esa capacidad la llamamos **potencia** y la segunda grúa tiene el doble de potencia que la primera.

El trabajo suele expresarse en las mismas unidades que se usan para la energía, es decir, en Joule. Y una unidad muy usada para expresar la potencia es el **watt** o **vatio**, en honor del gran científico escocés James Watt (1736-1819). Cuando se realiza un trabajo de 1 J durante un segundo, se desarrolla una potencia de 1 w.

#### La energía de movimiento o «cinética»

La energía cinética toma su denominación del término *kinema* que en griego significa, precisamente, movimiento. Si usted analizó los ejemplos presentados en el párrafo «¿En qué unidades se mide la energía?» habrá notado que el mismo avión a reacción tiene una energía cinética distinta durante el despegue que en el vuelo a gran altura.

La razón es sencilla: cuando vuela lo hace con una rapidez mayor que cuando está en la carrera de despegue (vamos a suponer que, pese al gasto de combustible, su masa no varía). La realidad cotidiana nos presenta otros casos en los que puede advertirse que la energía cinética de un cuerpo aumenta a medida que crece su rapidez. Por esa razón, por ejemplo, el choque contra una pared de un automóvil que marcha a 100 km/h causa más daño que si el vehículo se moviese a 20 km/h.

En otro de los ejemplos del mismo párrafo se compara la energía cinética de un gato con la de un ratón. Pese a que en este caso se mueven con la misma rapidez, la energía cinética del gato es mayor a la del ratón. Esto nos lleva a pensar que en la determinación de la energía cinética también influirá la masa del cuerpo, una magnitud relacionada con la cantidad de materia del cuerpo. De la misma manera, nuestra experiencia nos señala que si un pesado camión y un auto impactan con la misma rapidez sobre una pared, seguramente el camión provocará un daño mayor que el causado por el auto. Y esto permite pensar que, efectivamente, el camión posee más energía cinética que el auto. Tras este análisis, podemos afirmar que la energía de movimiento no solo depende de cuán rápido se mueve el objeto, sino también de su masa. A continuación está la expresión matemática para la energía cinética  **$E_c$** , que «está de acuerdo» con los dos planteos anteriores.

$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$  en la que  $m$  es la masa del cuerpo y  $V^2$  es la rapidez elevada al cuadrado.

Para ver cómo influye la rapidez, tomemos el caso de un automóvil que marcha con una rapidez de 36 km/h (10 m/s), y tiene una energía cinética de 70.000 J. El mismo auto marchando al doble de rapidez, es decir a 72 km/h (20 m/s), tiene una energía cinética de 280.000 J. Pese a lo que se hubiera supuesto, la energía cinética no se duplica sino que se cuadruplica, es decir, se multiplica por cuatro. El mismo auto al triple de rapidez, o sea a 108 km/h (30 m/s), tiene una energía cinética de 630.000 J. En este caso la rapidez se triplica, pero la energía cinética se multiplica por 9. Estos resultados se relacionan con el cuadrado que afecta a la rapidez en la fórmula anterior.

### Una observación sobre la rapidez y la velocidad

Seguramente usted habrá notado que hemos evitado usar el término «velocidad», que se emplea corrientemente en el lenguaje cotidiano. Lo eludimos porque, para la Física, la noción de velocidad implica no solo la rapidez (es decir, la intensidad del movimiento) sino también **hacia dónde** se realiza el movimiento: tanto su **dirección**, que es la línea determinada por el trayecto que va trazando (a lo que se denomina **trayectoria**) como su **sentido** (de los cuales hay dos para cada dirección). Un modo de representar toda esa información es mediante un **vector** y, por ello, la velocidad es una magnitud «vectorial». Cuando nos refiramos, simplemente, al valor numérico de la velocidad, diremos «rapidez». En el ejemplo de unos párrafos más adelante, usted podrá apreciar que para representar la velocidad de un cuerpo utilizamos un vector.

### La energía potencial gravitatoria

Ya explicamos que si una persona transporta un cuerpo desde el lugar donde está hasta una cierta altura debe realizar un trabajo. Para ello tiene que ir transformando parte de la energía química que tiene en su cuerpo, que es «adquirida» por el cuerpo por el solo hecho de haber aumentado la altura adonde se encuentra. Esa energía se mantendrá «acumulada» en el cuerpo durante el tiempo en que este se mantenga a esa altura. Cuando un objeto se halla en estas condiciones se dice que posee energía **potencial gravitatoria**.

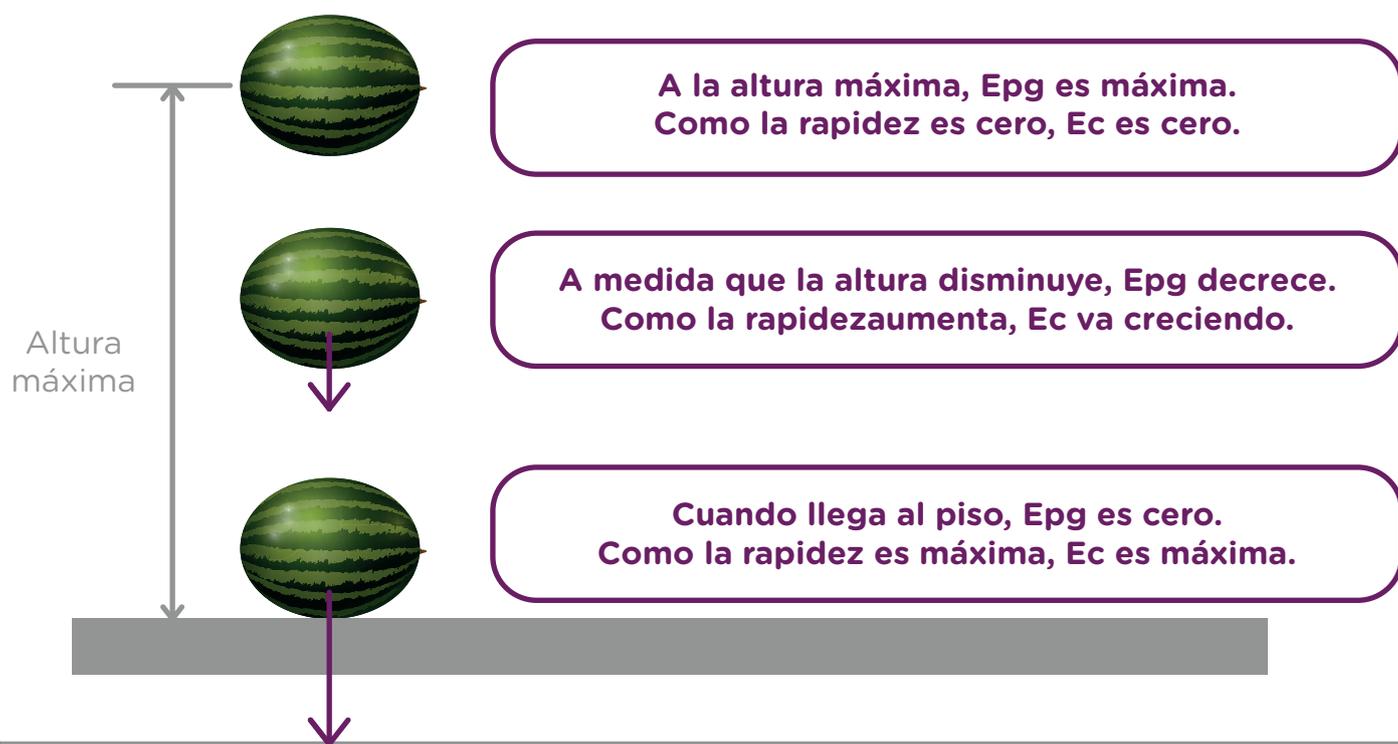
Con la expresión «potencial» quiere señalarse que la energía está «en potencia», «guardada», que aún no se ha expresado. La palabra «gravitatoria» se refiere a la gravedad, es decir, a la atracción entre la Tierra y el cuerpo.

Cuanto mayor sea la altura a la que sube, más energía potencial gravitatoria tendrá el cuerpo. Pero si se elevan hasta la misma altura una manzana y una sandía, el trabajo que habrá que hacer en el segundo caso será mayor, y la sandía adquirirá más energía potencial que la manzana. Ello significa que la energía potencial gravitatoria de un cuerpo depende también de su masa.

La proporcionalidad se aprecia en la expresión matemática de la energía potencial:  **$E_p = m \cdot g \cdot h$**  donde **m** es la masa del cuerpo, **h** es la altura a la que se encuentra y **g** es el valor de la aceleración de un cuerpo en caída libre debido a la gravedad del lugar. Conviene aclarar que para que la  $E_p$  obtenida quede expresada en Joule, la masa debe especificarse en kg, la altura en metros y la aceleración de la gravedad en  $m/s^2$ .

### La conservación de la energía mecánica

Si el cuerpo del ejemplo anterior fuese dejado en libertad, es evidente que empezará a caer. Eso significa que su rapidez comenzará a incrementarse a partir del valor 0, que corresponde al punto de partida. Pero también, a partir de ese momento, su energía potencial gravitatoria ( $E_{pg}$ ) comenzará a transformarse en energía cinética ( $E_c$ ). La máxima energía cinética corresponde al instante anterior a tocar el piso. En ese momento, la energía potencial gravitatoria es cero, porque la altura desde el piso es 0.



El vector (flecha) indica la velocidad del cuerpo, que aumenta su valor a medida que pasa el tiempo (por eso el vector es más largo). La velocidad tiene dirección vertical y sentido hacia abajo. Cuando hay un cambio de velocidad, el movimiento es **acelerado**. La aceleración es positiva si la velocidad aumenta (por ejemplo, en una caída) y negativa si la velocidad disminuye (por ejemplo, en un tiro vertical hacia arriba).

En cualquier punto del recorrido, la energía mecánica total del cuerpo es igual a la suma de la energía cinética y la energía potencial.

$E_m = E_c + E_p$  (en el mismo punto)

Si durante la caída no hay rozamientos con el aire ni de ningún otro tipo, la energía mecánica total del cuerpo no cambia, es decir **se conserva**. Entonces, como en el punto más alto la energía cinética es 0, allí el valor de la energía mecánica será igual al valor de la energía potencial. Y como en el punto más bajo la energía potencial es 0, allí el valor de la energía mecánica será igual al valor de la energía cinética. Cuando el cuerpo está ascendiendo la transformación es al revés: la energía cinética inicial se va transformando en energía potencial gravitatoria. Si durante el recorrido no hay rozamientos, el valor de la energía mecánica del cuerpo no se modifica.

### La energía potencial elástica

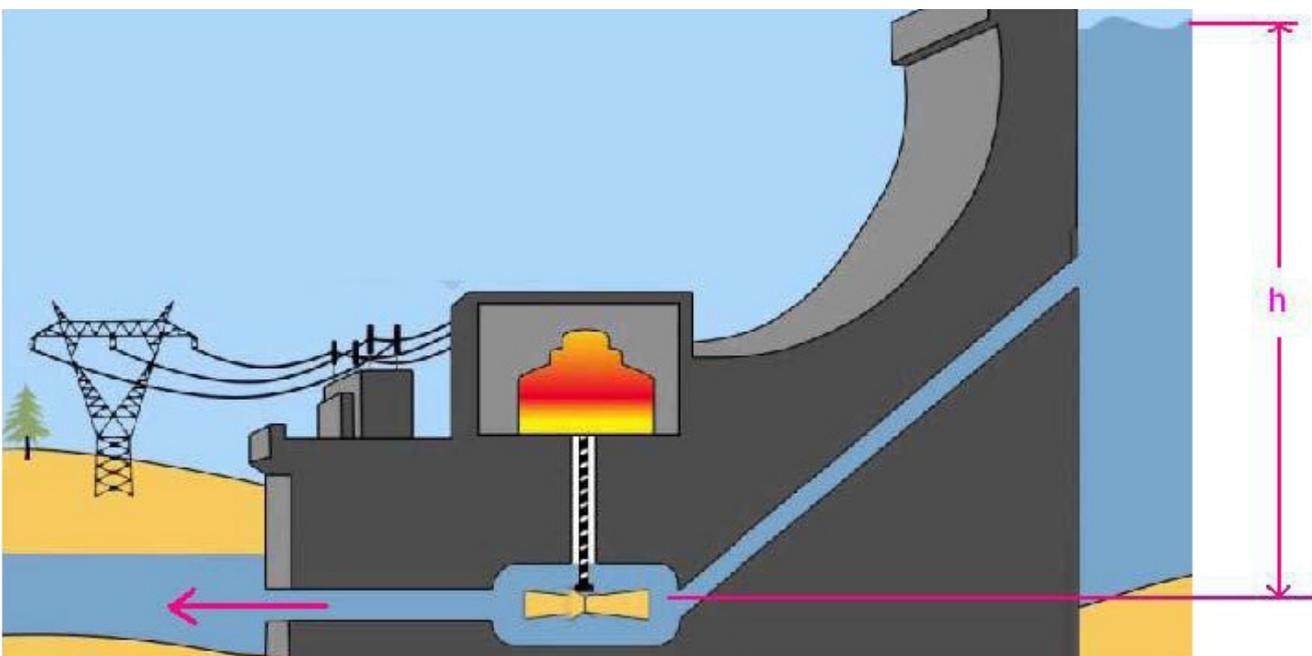
Las fuerzas elásticas se relacionan con el comportamiento de elásticos, resortes, varillas y ramas flexibles. Mientras esos objetos están estirados, arqueados o comprimidos, según el caso, hay una forma de energía que permanece «acumulada» en ellos, y que también es una energía «en potencia». Para distinguirla de la potencial gravitatoria, a esta forma se llama **energía potencial elástica**.

## 2.4. La creciente demanda de energía

El mundo actual requiere enormes cantidades de energía, que se utilizan para el alumbrado, la calefacción y para una extensa variedad de máquinas industriales, vehículos y aparatos domésticos. Como el consumo mundial de energía se incrementa año a año, existe un gran interés en desarrollar formas más eficaces de aprovechar las fuentes naturales disponibles. En esta parte tomará contacto con diversas formas de aprovechar esa energía. Las de mayor desarrollo son la energía térmica, la nuclear y la hidroeléctrica. Otras de menor desarrollo son la energía eólica, la mareomotriz, la geotérmica y la producida por la combustión de restos provenientes de organismos.

### Las centrales hidroeléctricas

El ser humano explota la energía de las corrientes de agua desde épocas muy remotas. Unos dos mil años atrás, los griegos comenzaron a usar esa energía para mover molinos, con los que trituraban los granos de los cereales. Las grandes ruedas hidráulicas del siglo XII llegaron a desarrollar una potencia apenas por debajo de la de un pequeño automóvil actual. Sin embargo, el aprovechamiento de este tipo de energía adquirió su mayor esplendor seis siglos después, cuando por primera vez se construyeron enormes ruedas hidráulicas de hierro.

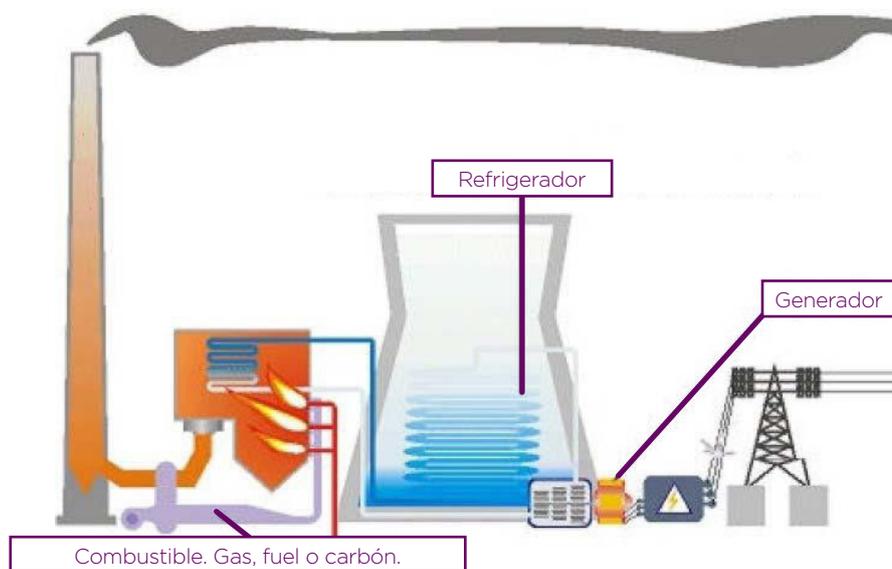


En las centrales hidroeléctricas se aprovecha la energía cinética de ríos corrientosos o que desplazan mucha agua. Se construyen represas que retienen el agua a varios metros de altura sobre el nivel inferior (indicado **h** en la figura), inundando extensas zonas. De esa manera el agua adquiere energía potencial, que se va transformando en energía cinética cuando se la libera y se la deja caer. Esa energía es utilizada para accionar las paletas (álabes) de una turbina que, mediante un dispositivo interno, convierte la energía cinética en electricidad.

Las grandes centrales hidroeléctricas tienen una extraordinaria capacidad de generación eléctrica, pero son muy criticadas debido a que ocasionan importantes alteraciones en el clima del lugar. La presencia de una amplia zona inundada, por ejemplo, aumenta mucho la evaporación del agua, lo cual hace que las lluvias sean más frecuentes, afectando a los animales y vegetales que viven en esa región. También se producen alteraciones en los ciclos de reproducción de los peces que habitan las aguas del río usado para la represa. Nuestro país cuenta con varias centrales hidroeléctricas. La mayoría se encuentra íntegramente dentro del territorio argentino, las demás son compartidas con países vecinos. Las compartidas son Salto Grande (con Uruguay) y Yacyretá (con Paraguay). En ellas la energía eléctrica producida se reparte entre los dos países. La energía generada en Yacyretá abastece el 15% del total de la demanda eléctrica argentina.

### Las centrales térmicas

Gran parte de la energía eléctrica que se produce en el mundo aún se genera en este tipo de centrales, cuya denominación se debe a que funcionan con energía química provista por la quema de carbón, de gas o de fuel oil (este último un combustible que se obtiene a partir del petróleo).



El calor liberado por la combustión se emplea para generar vapor, con el que se mueven las paletas de turbinas que convierten la energía cinética en electricidad, de un modo semejante al de las turbinas hidroeléctricas.

El gran problema de este tipo de centrales es que los gases que desprenden como producto de la combustión causan serios problemas de contaminación atmosférica. Por esa razón, la tendencia mundial es ir reemplazándolas por otros tipos de centrales. Más de la mitad de la electricidad que se produce en nuestro país se obtiene en centrales térmicas que funcionan con gas natural.

## Las centrales nucleares

Se trata en realidad de una central térmica; la principal diferencia con una tradicional es que la producción de calor no se logra con una combustión sino con reacciones nucleares de fisión que se llevan a cabo en el núcleo de los átomos de ciertos materiales y que serán descritas en la unidad 8. Con el calor liberado se produce vapor, que se usa para hacer girar las paletas de turbinas que generan electricidad. Son muy cuestionadas por las organizaciones ambientalistas porque producen desechos sumamente peligrosos para la vida. Para prevenir accidentes, su funcionamiento es permanentemente controlado por organizaciones especializadas. En la Argentina están en funcionamiento dos centrales nucleares (Atucha I y Embalse) y se encuentra en construcción otra (Atucha II). Están previstos los estudios para la construcción de otras dos.

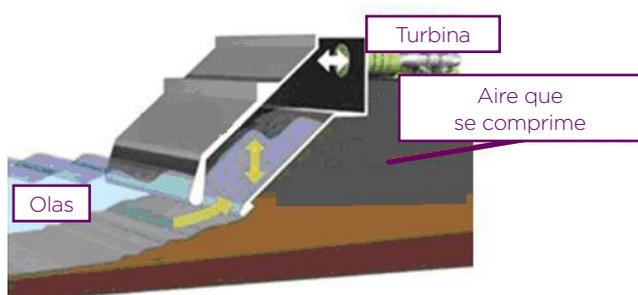
## Las fuentes de energía «alternativas»

Algunas fuentes naturales de energía, como el Sol y el viento, prácticamente no se consumen, pues la naturaleza está continuamente garantizando su renovación. Otras fuentes, en cambio, se encuentran en una cantidad limitada y su consumición acabará por agotarlas. Es el caso del petróleo y del carbón. A las primeras se las denomina fuentes renovables de energía y a las segundas, no renovables. Como el consumo mundial de energía se incrementa día a día, es imprescindible tomar medidas para preservar las fuentes no renovables, dando prioridad al empleo de las que son renovables. Para que ello sea posible hay que desarrollar formas más efectivas de aprovechar las otras energías (solar, eólica, mareomotriz, etc.) que por ahora se emplean solo muy limitadamente. La capacidad de producir electricidad de todas estas formas «alternativas» resulta todavía muy inferior a la de los tres tipos de centrales «clásicas», es decir las hidroeléctricas, las térmicas convencionales y las nucleares.

- **Centrales mareomotrices:** las mareas son movimientos ascendentes y descendentes del mar causados por la atracción originada por la gravedad solar en conjunto con la gravedad de la Luna. Esa variación puede ser empleada como una fuente de energía. La figura muestra el esquema de una central mareomotriz. Con la marea alta se llena el embalse. Al bajar la marea, la diferencia de nivel se utiliza para accionar la turbina generadora.

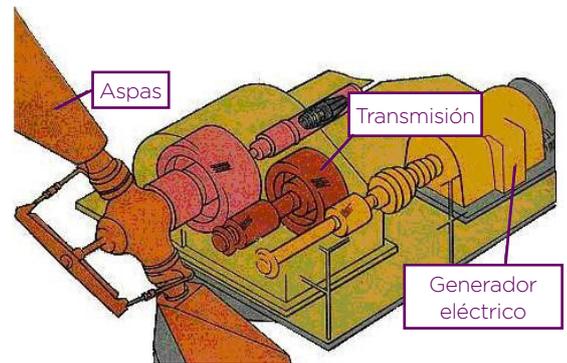


Hoy, una central mareomotriz solo resulta verdaderamente útil si la diferencia de altura entre la marea alta y la baja es de varios metros y esa condición lamentablemente se presenta en pocos lugares del mundo. La principal productora de electricidad proveniente de esta forma de energía es la central francesa ubicada en la desembocadura del río Rance, en el canal de la Mancha, en la que la diferencia en los niveles de marea llega a ser superior a los 10 metros.



- **Energía de las olas:** la energía que puede obtenerse de las olas es muy variable y depende de las condiciones climáticas. La imagen muestra el diseño de una central que utiliza esa energía para comprimir aire en el interior de una cámara, lo cual origina un flujo de aire que mueve la turbina generadora. Los estudios demuestran que, para que una central que aprovecha esta forma de energía fuese rentable, debería cubrir varios kilómetros, lo cual podría ocasionar riesgos a la navegación.

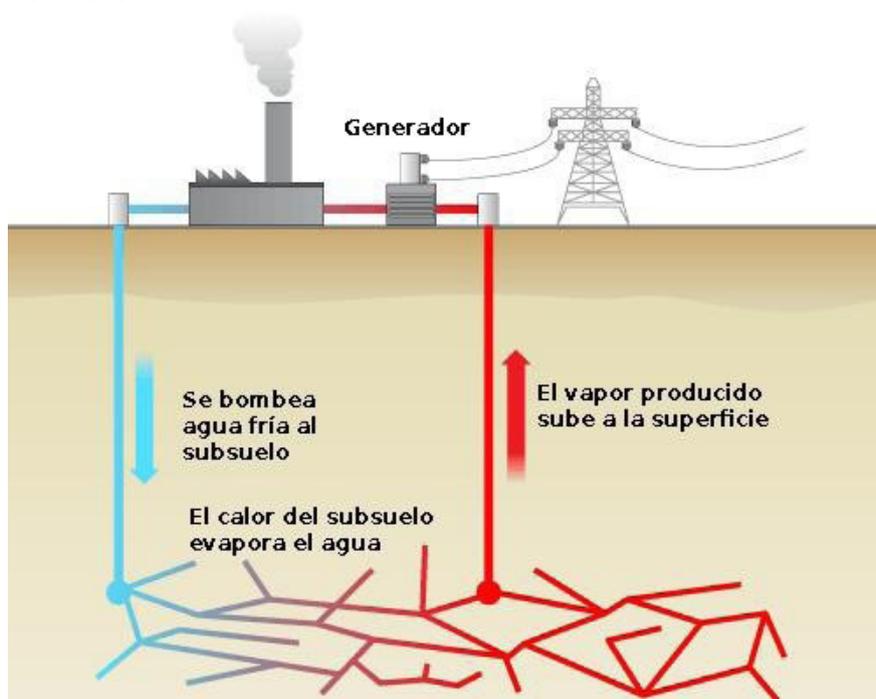
• **Aerogeneradores:** las personas usaron la energía cinética del viento desde la más remota antigüedad. Así como puede mover un molino o una veleta, el viento también puede impulsar un velero, mantener un barrilete en el aire, hacer girar un pequeño molinete o transportar las semillas de una planta. Los generadores eólicos (de Eolo, dios mitológico de los vientos) o aerogeneradores se mueven con el viento, convirtiendo la energía cinética en electricidad. Presentan muchas ventajas, ya que funcionan en forma independiente, son de fácil mantenimiento y no producen ningún tipo de contaminación. Su único impacto es la variación del paisaje en donde son instalados, que corresponde usualmente a regiones llanas, con gran visibilidad.



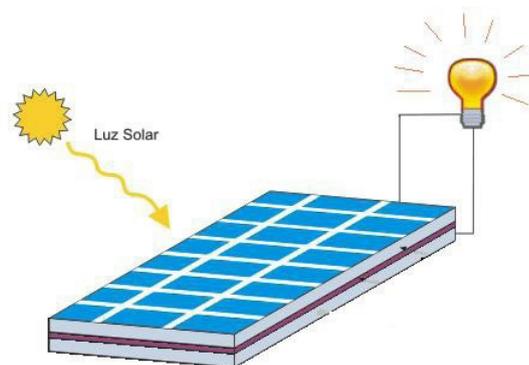
• **Energía geotérmica:** nuestro planeta posee en el magma una reserva de energía formidable. Los estudios geológicos realizados en distintas regiones han puesto de manifiesto que, hasta cierta profundidad, la temperatura interna del planeta se eleva a razón de unos 3 °C cada 100 metros. Se estima que en el centro de la Tierra la temperatura llega a los 6.000 °C. Se propusieron distintos modelos para explicar las causas de este incremento; el de mayor aceptación lo adjudica a la liberación de energía mediante procesos radiactivos como los que se describirán en la unidad 8. Esta energía natural se pone en evidencia, por ejemplo, a través de las aguas termales y de los llamados géisers (término islandés que significa «emanar»).

La primera utilización de esta forma de energía fue en la antigua Roma, en los baños públicos. Algunos pueblos también las utilizaron para cocinar sus alimentos a partir del vapor condensado. Para que una central geotérmica sea eficiente, el vapor caliente debe poseer la suficiente presión como para mover las turbinas adecuadamente. Para conseguir un correcto funcionamiento, se deben hacer perforaciones en la corteza para llegar a los depósitos de agua caliente y vapor a alta presión.

Desde hace varios años, en diferentes zonas de nuestro país se llevan a cabo estudios para determinar la viabilidad de instalar centrales geotérmicas redituables. Los estudios muestran que las posibilidades de explotación son muy elevadas, sobretodo en la franja cercana a la cordillera de los Andes, una región de marcada actividad volcánica y con manifestaciones termales.

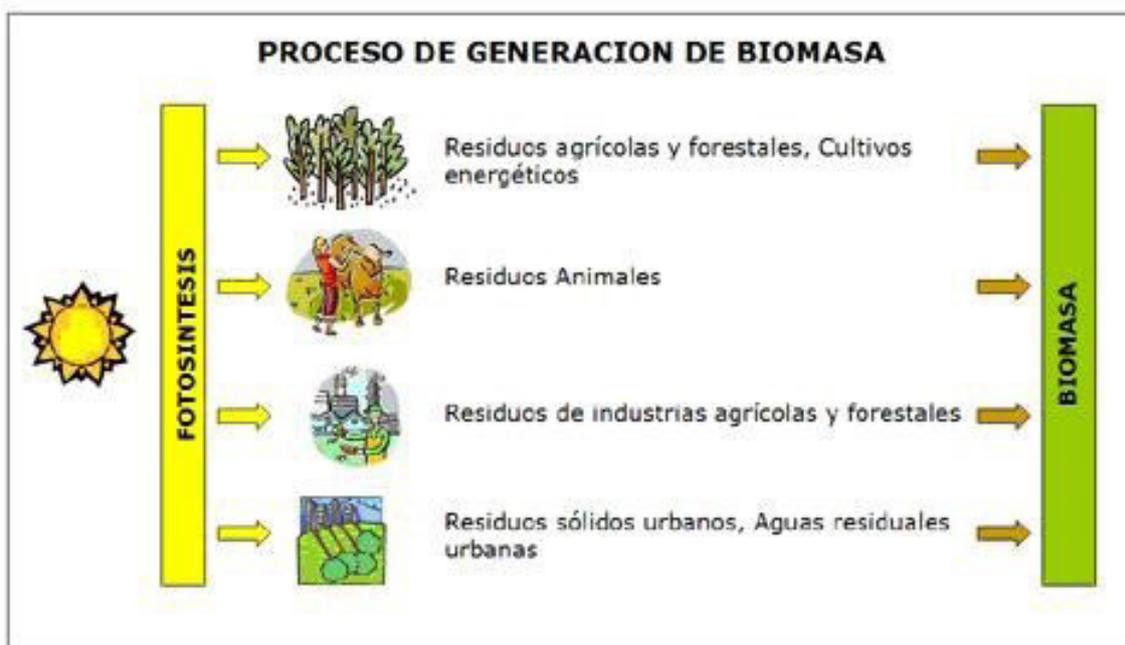


• **Energía solar:** la energía térmica del Sol se puede aprovechar mediante los denominados colectores solares, que permiten por ejemplo calentar el agua de sistemas de calefacción. Así se consigue disminuir apreciablemente el consumo de gas y de otros combustibles. Una aplicación de esta forma de energía son los grandes hornos solares, en los que se consiguen elevadas temperaturas. Otra aplicación directa<sup>6</sup> de la energía solar es la generación de electricidad mediante paneles solares.



Estos paneles cuentan con unos dispositivos llamados «células fotoeléctricas» que convierten la energía lumínica en electricidad y son semejantes a las que se utilizan para accionar relojes o calculadoras. El efecto fotoeléctrico será estudiado en la unidad 8. A esta forma de conversión energética se la llama generación fotovoltaica y resulta particularmente útil en poblaciones rurales a las que no llega la red domiciliaria.

• **Energía de la biomasa:** la energía solar es utilizada por las plantas, las algas y algunas bacterias para fabricar alimento. La llamada bioenergía o energía de la biomasa se produce por la combustión de materiales de desecho, como paja, podas de árboles, astillas y restos de aserraderos y aceites usados de origen doméstico.



Sus aplicaciones son muy amplias: desde la generación de electricidad y la calefacción hogareña, hasta la obtención de combustibles para vehículos y motores industriales. Así se intenta reducir el consumo de derivados del petróleo, que no son renovables. Aunque en estos procesos se controla la emisión de dióxido de carbono y gases contaminantes, las organizaciones ambientales alertan sobre los efectos tóxicos de la combustión de agroquímicos que forman parte de los restos vegetales.

Entre los biocombustibles líquidos se incluyen el biodiésel, obtenido a partir de grasas animales y de aceites vegetales, y el bioetanol, que se elabora de la caña de azúcar o del almidón de maíz y se comercializa mezclado con naftas. Un biocombustible gaseoso es el biogás, también usado para generar electricidad en centrales térmicas.

<sup>6</sup> Las formas «indirectas» de la energía solar son, por ejemplo, la energía del viento, de la biomasa y de los combustibles, ya que el Sol participa en la formación de todos esos recursos.

### Lectura adicional (optativa)

Existen numerosos materiales editados sobre la evolución de los recursos energéticos, tanto en libros dedicados especialmente al tema como en fascículos profusamente ilustrados y en enciclopedias. Si el tema le interesa, le recomendamos uno:

Boyle, Desmond. *La energía*. Buenos Aires, Editorial Atlántida, 1996.



#### En la red

*Le recomendamos visitar*

*<http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas.php> donde encontrará una detallada descripción de las diversas fuentes de energía y del aprovechamiento de las llamadas energías «alternativas».*

*En <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/energia-vs-ambiente/argentin.htm> hallará un panorama general de la producción eléctrica en nuestro país, con descripciones de una central térmica, una hidroeléctrica, una nuclear, una eólica, etc.*

*En <http://www.monografias.com/trabajos16/central-termica/central-termica.shtml> podrá consultar detalles de funcionamiento de las centrales térmicas.*

---

## SÍNTESIS UNIDAD 2

Esta unidad ha estado dedicada a una importante noción: la de energía. Se espera que, entre otras cosas, a lo largo de esta unidad, usted haya logrado:

- *distinguir los conceptos de **trabajo, potencia y energía**.*
- *reconocer las formas que puede adoptar la energía mecánica.*
- *comprender en qué condiciones la energía mecánica de un sistema se conserva.*
- *comprender el funcionamiento de las centrales energéticas de la actualidad.*
- *aplicar los conceptos introducidos sobre diferentes situaciones.*

En la siguiente unidad pondremos la mirada en una de las formas en que la energía puede propagarse: comenzaremos allí el estudio de las ondas.

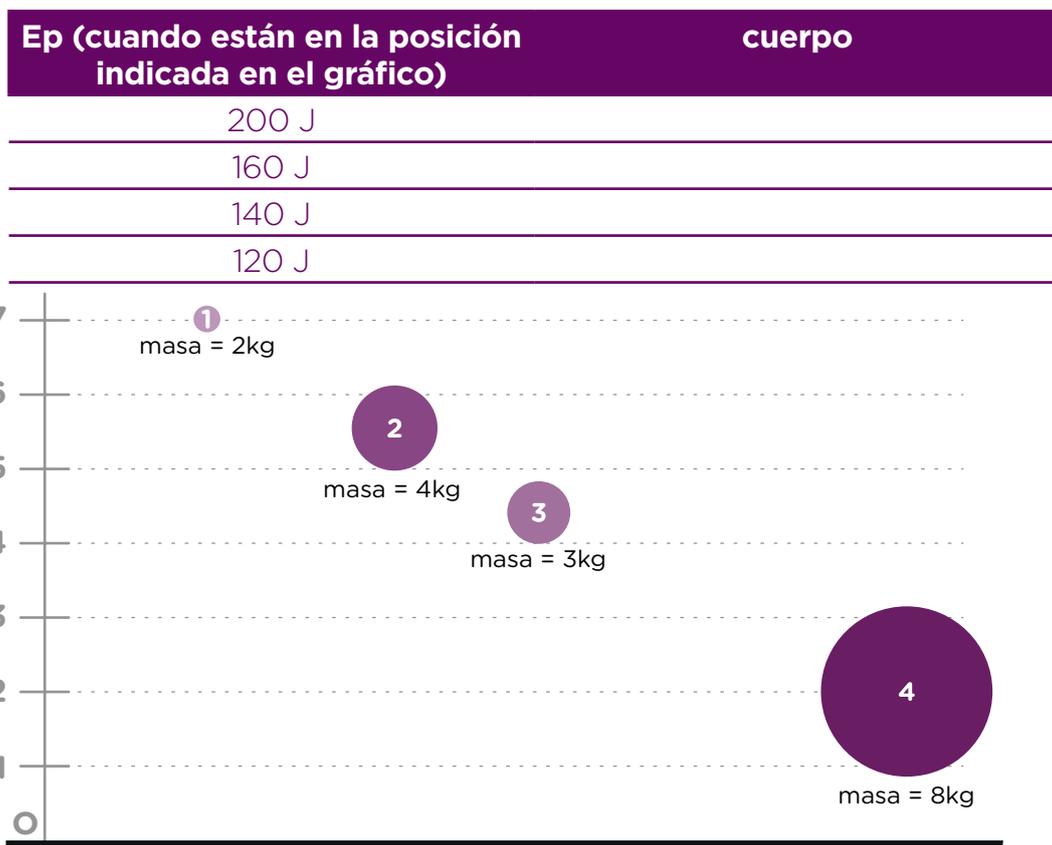


## 2.6. Evaluación

### Pregunta 1

El siguiente gráfico muestra las diferentes **alturas** (en **metros**) a las que se encuentran cuatro cuerpos de distinta masa, antes de comenzar a caer.

a- ¿A cuál cuerpo corresponde cada uno de los valores de Energía Potencial (**Ep**) indicados en la tabla?



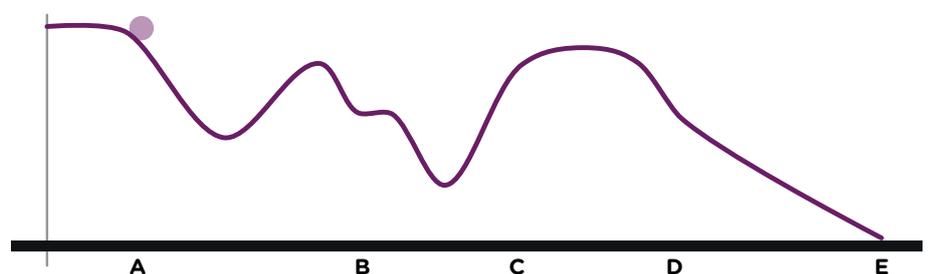
b- ¿Cuánta energía cinética ( $E_c$ ) tiene cada cuerpo cuando está en caída, justo antes de llegar al piso?

cuerpo	$E_c$ (cuando están justo por llegar al piso)
1	
2	
3	
4	

c- Considerando su **Ec**, escriba en orden el número de cada cuerpo, de mayor a menor.

### Pregunta 2

El esquema muestra una pelota que comienza a caer por un recorrido sinuoso, semejante al de una montaña rusa.



a- Sin considerar el punto inicial, indique los puntos en los que la pelota tiene:

	Puntos
<b>Ec máxima</b>	
<b>Ec mínima</b>	
<b>Ep máxima</b>	
<b>Ep mínima</b>	

b- Suponga que al iniciarse el movimiento la energía total de la pelota es de 1000 J. Con ese dato indique con una X la opción correcta del cuadro SIN CONSIDERAR las pérdidas de energía por el rozamiento:

<b>Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES</b>	menor que 1000 J	
	igual a 1000 J	
	mayor que 1000 J	

c- Ahora, indique con una X la opción correcta del cuadro CONSIDERANDO las pérdidas de energía por el rozamiento:

<b>Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES</b>	menor que 1000 J	
	igual a 1000 J	
	mayor que 1000 J	

### Pregunta 3

Dos móviles se desplazan por una ruta. El móvil A tiene el doble de masa que el móvil B.

El móvil B marcha al doble de velocidad que el móvil A. ¿Cuál tiene más energía cinética de los dos: A o B?

(Recomendación: trate de responder analizando cómo participan m y v en la fórmula de Ec.)

### Pregunta 4

¿Cuál tiene más energía potencial: un paquete de 4 kilogramos de azúcar a 2 metros del piso o un paquete de 1 kilogramo a 4 metros? Elija una opción:

a- Si estuvieran a la misma altura, como el paquete de 4 kilogramos tiene cuatro veces más masa que el de 1 kilogramo, la energía potencial del primero sería cuatro veces mayor que la del segundo. Pero como el segundo está al doble de altura que el primero, la energía potencial del paquete de 4 kilogramos solo será el doble que la energía potencial del paquete de 1 kilogramo.

b- Si estuvieran a la misma altura, como el paquete de 4 kilogramos tiene cuatro veces más masa que el de 1 kilogramo, la energía potencial del primero sería dos veces mayor que la del segundo. Pero como el segundo está al doble de altura que el primero, la energía potencial del paquete de 4 kilogramos solo será el triple que la energía potencial C. del paquete de 1 kilogramo.

### Pregunta 5

Julietta se encuentra en su balcón, a cierta altura del piso. Hechizada por las bellas palabras de Romeo, imprevistamente deja caer una maceta.

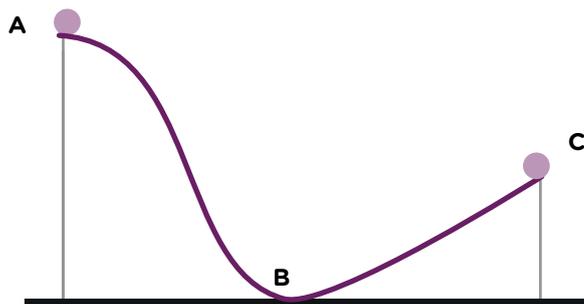
Sabemos que, antes de que comience a caer, la energía potencial de la maceta es de 120 J.

Suponga que todo transcurre en un lugar donde no hay ningún medio que oponga resistencia al movimiento de la maceta. En esas condiciones:

- a- ¿Qué energía cinética tiene la maceta justo en el instante en que empieza a caer? A. 0 B. 120 J C. 60 J
- b- ¿Cuánto vale la energía potencial justo antes de llegar al piso? A. 120 J B. 0 C. 60 J
- c- ¿Cuánto vale la energía cinética justo antes de llegar al piso? A. 120 J B. 0 C. 60 J

### Pregunta 6

a- La figura muestra un tramo del recorrido de una montaña rusa. Imagine que el carrito tiene un indicador de rapidez en el tablero. Señale en cuál de los tres lugares identificados A, B y C, el indicador mostrará que la rapidez es máxima (y, por lo tanto, también su energía cinética). Elija una opción:



- A. El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en C.
- B. El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en A.
- C. El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en B.

b- La situación anterior se repite, pero ahora con la mitad de los pasajeros. En cada punto del recorrido, ¿cambió la energía cinética del carrito con respecto a la que tenía con todos los pasajeros? ¿Por qué? Elija una opción:

- A. La energía cinética del carrito no cambió, porque solo cambió la masa.
- B. La energía cinética del carrito cambió, porque cambió la masa.
- C. La energía cinética del carrito cambió, porque no cambió la masa.

### Pregunta 7

Indique cuál de estas afirmaciones es verdadera (V) y cuál falsa (F)

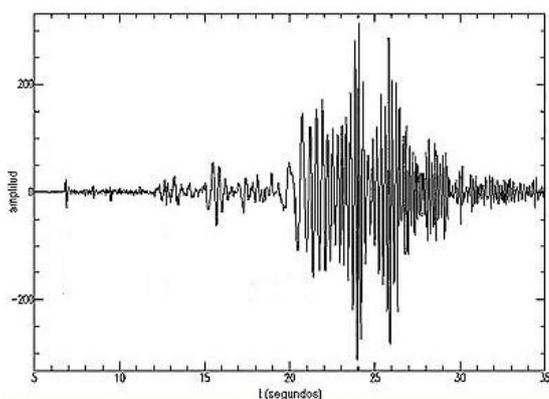
- a- En una central hidroeléctrica convencional, la energía potencial del agua de la represa se convierte en energía cinética, que es aprovechada por las turbinas.  V /  F
- b- El único impacto que provocan los aerogeneradores en el ambiente es la variación del paisaje en donde son instalados.  V /  F
- c- Para obtener energía rentable de las olas es suficiente construir centrales que ocupen unos pocos metros de costa.  V /  F
- d- Las centrales térmicas convencionales prácticamente no generan un impacto sobre el ambiente.  V /  F

## UNIDAD 3 Las ondas como propagación de energía. El sonido

Para comprender qué es una onda es útil recurrir a un fenómeno conocido que figura en la mayoría de los textos de la materia: al arrojar un objeto a un lago se produce una figura circular alrededor del lugar donde este cayó. La circunferencia generada se desplaza agrandándose y, si encuentra un corcho o una ramita que flota en el agua, los hace moverse hacia arriba y abajo sin que el corcho o la ramita se desplacen por la superficie del agua. Esa circunferencia es una onda.



Una característica importante de las ondas, que será trabajada a lo largo de esta unidad, es que transportan energía. Eso se pone en evidencia precisamente en el hecho mencionado: al avanzar la onda en el agua, el corcho o la ramita adquieren energía de movimiento debido a la energía entregada por la onda.



Así como la caída de la piedra genera esas oscilaciones en el agua, la vibración de una campana hace oscilar el aire que tiene a su alrededor. Y cuando se produce un terremoto, las vibraciones generadas (un ejemplo se muestra en la figura siguiente) viajan por el interior del planeta hasta lugares muy lejanos. A cada una de los fenómenos que alteran las características del medio inicialmente en equilibrio los llamamos «perturbación».

Tanto las oscilaciones en el agua, como las que ocurren en el aire y las que viajan por las profundidades terrestres constituyen un tipo de ondas que necesitan un medio para propagarse. En los ejemplos presentados el medio es el agua, el aire o el suelo. A este tipo de ondas se las denomina ondas mecánicas. En la presente unidad nos ocuparemos de estudiar las características de dichas ondas y dedicaremos especial atención a las que producen el sonido.

### Apelando a nuestra experiencia previa

Vamos a proponerle la resolución de unos pocos problemas sencillos usando el conocimiento que seguramente posee a partir de su experiencia cotidiana con el entorno. Más adelante planteamos una breve discusión sobre cada problema, de modo que usted pueda cotejar sus respuestas.

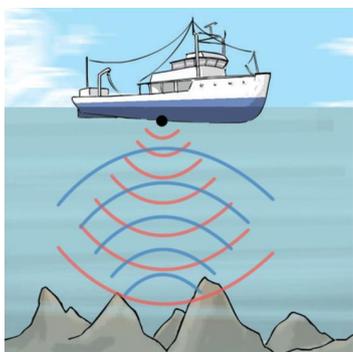


a- Mencione distintas situaciones en las que usted reconozca la presencia de ondas. Indique cuál es el medio por el que viajan esas ondas.

b- Suponga que tuviese que demostrar a otra persona que las ondas transportan energía. ¿Se le ocurre algún ejemplo para mostrarlo?

c- Explique por dónde viajan las ondas en los «teléfonos» que hacen los niños con dos potes vacíos y un piolín, del tipo que se muestra en la imagen.

d- Se sabe que los perros y otros animales (como el gato, el chimpancé, la rata y, muy especialmente, el murciélago) poseen la capacidad de escuchar sonidos inaudibles para las personas. Aprovechando esa circunstancia, existen silbatos especialmente diseñados para que los escuchen los perros y no las personas. ¿Cómo cree que serán las ondas producidas por estos silbatos comparándolas, por ejemplo, con las producidas por la voz humana? ¿Le parece que un silbato para perros podría oírse si se aumentara su volumen? Fundamente su respuesta.



e- Haga una lista de tres características por las que un sonido puede ser distinguido de otro. Proponga situaciones que ilustren esas diferencias.

f- Si se grita en algunas zonas montañosas y en habitaciones vacías puede percibirse el eco. ¿A qué cree que se deberá este fenómeno?

g- ¿Conoce un dispositivo llamado sonar (imagen izquierda) que, instalado a bordo de un barco, permite conocer la forma del relieve submarino? Si lo conoce, ¿cómo cree que funciona?

### Breves comentarios sobre los problemas planteados

Las situaciones anteriores aluden a un conjunto de saberes que probablemente usted ya posee, aunque tal vez de un modo algo informal.

El punto **a** lo invita a identificar situaciones en las que se producen ondas de distinto tipo e introduce la idea de que las ondas se propagan a través de diversos medios. El punto **b** indaga en una cuestión central de esta unidad: el de la energía asociada a los **fenómenos ondulatorios**. Es posible que la pregunta le haya hecho evocar la imagen de un terremoto o la de la voz de una cantante que rompe una copa de cristal. El punto **c** intenta marcar, a partir de un caso particular, que el sonido puede viajar no solo en el aire, sino también en otros gases, así como en líquidos y sólidos.

Los puntos **d** y **e** apuntan al empleo de saberes que muy probablemente usted posee acerca de la altura, la intensidad (o sea, el volumen) y el timbre de los sonidos. Otro tanto ocurre con los puntos **f** y **g**, referidos al fenómeno conocido del eco y a una de sus aplicaciones.

## 3.1. Sonidos por todas partes

Vivimos rodeados de sonidos. Permanentemente escuchamos sonidos provenientes de vehículos y máquinas, de fenómenos naturales que ocurren en la atmósfera, de instrumentos musicales, de explosiones, de voces humanas y de otros animales, del interior de nuestro propio cuerpo ¿Cómo se generan esos sonidos? ¿Qué características permiten distinguir a unos de otros? ¿Cómo es el proceso por el cual podemos oírlos?

El sonido puede existir incluso en ausencia de algún oído capaz de percibirlo. Con relación a esto, citemos la introducción al capítulo sobre el tema, de un libro de Maiztegui y Boido<sup>7</sup> cuya lectura recomendamos:

«La palabra sonido tiene dos significados distintos: por una parte designa una *sensación*, algo que sucede en el hombre cuando oye; por otra, se refiere a un *fenómeno físico*: la producción y propagación de ondas sonoras. El primer aspecto interesa en especial al fisiólogo y al psicólogo; el segundo, al físico, que estudia los fenómenos sonoros en una rama de su ciencia llamada *acústica*».



<sup>7</sup> Maiztegui, A. y Boido, G.: *Física Elemental*. Buenos Aires, Kapelusz, 1981. Aunque lamentablemente no ha sido reeditado, algún ejemplar puede hallarse si se encara con entusiasmo la tarea de buscarlo.

### 3.2. La reflexión y la absorción del sonido

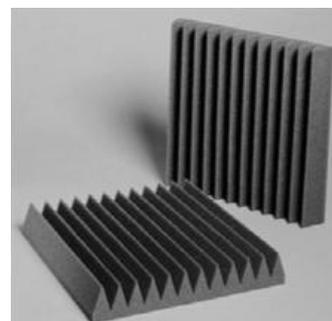
Una de las preocupaciones de quienes construyen teatros y salas de espectáculos es conseguir una buena acústica, o sea, lograr que las palabras y la música se escuchen con la mayor fidelidad. Por esa razón, hay que ocuparse especialmente de la **reflexión** del sonido en obstáculos, es decir, del «rebote» del sonido. La acústica de una sala mejora si se controlan esas reflexiones y un modo de lograrlo es disponiendo adecuadamente los decorados y las cortinas, pues están confeccionados con telas espesas, con mucha capacidad de **absorción** de esas ondas. En la imagen puede verse el telón del Teatro Colón de Buenos Aires, que pesa casi dos toneladas.



La vibración producida al hablar, al soplar una trompeta o al golpear un tambor hace oscilar el aire que hay alrededor. Las ondas producidas son invisibles, pero el oído puede percibir las en forma de sonido. Subrayemos que, para que la transmisión sea posible, el medio tiene que presentar una característica fundamental: debe ser **elástico**, es decir, sus partículas deben ser capaces de «ir y volver» en torno a su posición original. Por no cumplir con esa condición, otros materiales como la plastilina no permiten la propagación del sonido.

Aunque ambos fenómenos se deben a la reflexión del sonido, puede ser útil diferenciar al eco de la **reverberación**. El primero ocurre cuando el obstáculo se halla a una distancia tal del emisor, que este puede diferenciar claramente el sonido original del sonido reflejado. En la reverberación, en cambio, la distancia entre el obstáculo y el emisor es menor, y eso provoca que ambos sonidos «se fundan», produciendo una suerte de sonido «alargado» (típico de cuando cantamos en el baño).

En ciertas ocasiones conviene reducir la reverberación al mínimo. Un ejemplo son los estudios de grabación, cuyas paredes se cubren con planchas de material absorbente (imagen). De ese modo consiguen «apagar» el sonido, pues evitan que las ondas se reflejen. Entre los materiales absorbentes del sonido se pueden mencionar al amianto, la goma espuma rugosa y la fibra de celulosa (como las de los maples en los que se comercializan los huevos), cuyas planchas absorben entre un 70 y un 85% del sonido que incide sobre ellas.



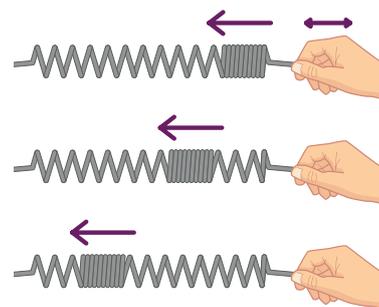
Gracias al eco producido por los obstáculos, el murciélago y otros animales consiguen orientarse. Una descripción más detallada de esta excepcional capacidad se presenta algo más adelante. Basándose en el mismo principio, a principios del siglo XX se desarrolló -en el contexto posterior al desastre del *Titanic* en 1912- el dispositivo llamado sonar que ya presentamos al iniciar la unidad. Cuanto mayor es la profundidad, el eco de la onda emitida por el sonar demora más en retornar. A partir de conocer el tiempo transcurrido desde que salió la onda, puede obtenerse un detalle del relieve del fondo marino.

Algo más tarde, a partir del sonar, nació la ecografía, un procedimiento de diagnóstico que consiste en emitir sonidos inaudibles para el oído humano<sup>8</sup> y dirigirlos sobre los tejidos en estudio. Un sistema electrónico recoge el eco producido por esos tejidos y lo convierte en una imagen que se puede apreciar en una pantalla.

<sup>8</sup> De estos «ultrasonidos» nos ocuparemos más adelante.

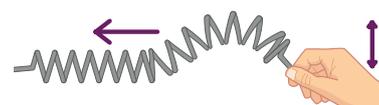
### 3.3. Las ondas longitudinales

Las ondas de sonido son longitudinales, porque la vibración de las partículas del medio se produce en la misma dirección que la propagación de la onda. Una representación de una onda de este tipo puede apreciarse en la secuencia ilustrada en la imagen siguiente: en ella, la mano mueve alternativamente al elástico en dirección horizontal y la onda avanza por el elástico en la misma dirección (y en el sentido que muestra la flecha).



Si tiene acceso a Internet, le sugerimos ver una animación del movimiento representado en el gráfico anterior, en la siguiente página: <http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/OndasTransyLong.html>

Antes de continuar con este tipo de ondas, aclaremos que las ondas transversales se caracterizan porque en ellas la vibración es perpendicular a la dirección de propagación.



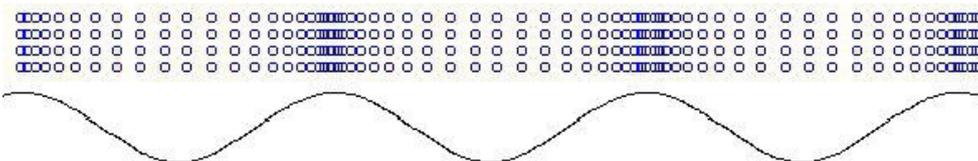
Dentro de este grupo se encuentran las ondas que constituyen la luz visible, de cuyo estudio nos ocuparemos en la unidad 4. Allí mostraremos, además, que se trata de ondas de una naturaleza muy diferente a las de sonido.

Pese a que el sonido es una onda longitudinal, a las ondas de este tipo -entre otras razones por una cuestión de claridad- se las acostumbra representar del modo que se ve más abajo.



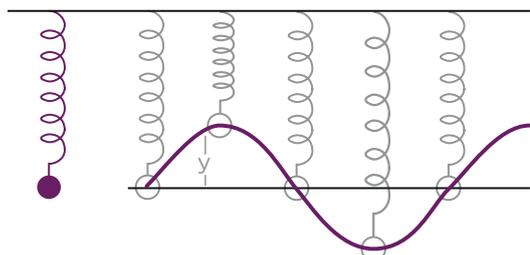
La figura superior corresponde a una onda de sonido emitida por un instrumento metálico con forma de horquilla denominado diapasón, que suele ser empleado por los músicos para afinar sus instrumentos<sup>9</sup>.

La figura inferior (en negro) es la «conversión» de la anterior.



Le damos una idea de cómo se realizó esa «conversión». Suponga que la onda longitudinal corresponde al movimiento de un resorte con una bolita que se mueven alternativamente en la dirección vertical. Imagine ahora que, adosado a la bolita por algún dispositivo adecuado, hay un lápiz que va dejando un trazo sobre un papel vertical a medida que la bolita se desplaza. Como resultado de varias idas y vueltas, el dibujo hecho por el lápiz será un trazo grueso, pues está formado por varios trazos superpuestos.

Le pedimos un esfuerzito más a su imaginación. Piense ahora que el papel de atrás, en lugar de permanecer quieto, se va desplazando uniformemente en dirección perpendicular al vaivén del resorte, como si se tratase de una cinta continua de papel en movimiento. En este caso, los trazos sucesivos del lápiz ya no se superpondrán (porque el papel se va corriendo), sino que irá quedando dibujado lo que aparece en la figura siguiente.

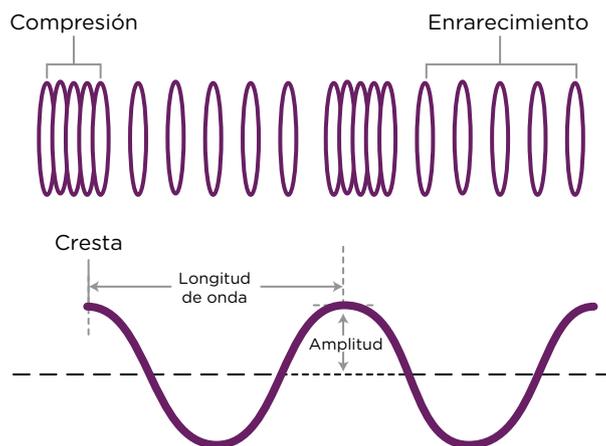


En estas dos imágenes podemos ver cómo se corresponden cada zona de la onda longitudinal con su representación «convertida».

<sup>9</sup> Conviene saber que hay diapasones «afinados» en diferentes notas (es decir, más graves o más agudos), y que un mismo diapasón da siempre la misma nota.

Cuando el sonido viaja por el aire, en las zonas identificadas como de «compresión», la presión del aire es algo mayor a la normal; en las de «enrarecimiento» o «descompresión», la presión del aire es algo menor a la normal.

En la figura inferior puede observarse que, tras una «cresta» y un «valle», la secuencia cresta-valle se repite. A cada una de estas secuencias se la llama **ciclo**. La **longitud de onda** es la distancia que hay entre dos crestas o dos valles consecutivos. En el gráfico se muestra también la **amplitud**, que es la distancia entre el punto medio de la onda y uno cualquiera de sus puntos extremos.



Si usted tiene dudas respecto del aspecto de estos dos tipos de ondas, y también si no las tiene, le recomendamos recurrir a la siguiente página: [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56\\_ondas/index.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm)

En ella podrá visualizar la simulación de una onda transversal y, al clickear en «seguir», la de una onda longitudinal. Tenga en cuenta que los españoles llaman «muelles» a los resortes.

### 3.4. La importancia del medio

El sonido no puede transmitirse en el vacío. Las ondas de sonido solo se desplazan cuando existe algún material por el que puedan hacerlo. A este tipo de ondas que requieren un medio -gaseoso, líquido o sólido- se las denomina ondas **mecánicas**.



Imagine una experiencia con un viejo reloj despertador con campanilla. Se ajustan sus controles para que comience a sonar a los diez minutos. Se coloca el reloj en la base del aparato de la figura y se lo tapa con el recipiente de vidrio. A los diez minutos, puede apreciarse no solo el sonido que viene del interior de la campana, sino también la vibración de esta última. Luego se ajustan los controles del reloj para que vuelva a sonar a los diez minutos. Se repite la experiencia, pero esta vez

se saca antes el aire del interior del recipiente. Para ello se usa un dispositivo que funciona «al revés» de un inflador, pues extrae el aire en lugar de introducirlo. A los diez minutos se ve la vibración de la campanilla, pero su sonido no se escucha. Esto corrobora que las ondas de sonido no se propagan al exterior si en el recipiente hay vacío, es decir si no hay un material por el que puedan viajar.

### La rapidez del sonido

Las ondas sonoras se mueven con distinta rapidez según el medio en que se desplazan. En el aire, estas ondas recorren entre 330 y 340 metros por cada segundo. La rapidez en el agua es de unos 1500 metros por segundo. La rapidez del sonido en los sólidos es mayor: en distintos metales, por ejemplo, varía entre los 3800 y los 5200 metros por segundo.

### Ondas y energía

Ya señalamos que una característica importante de las ondas es que transportan energía. Esto nos lleva a recordar el ejemplo de la piedra arrojada a una laguna, en el que puede haber un cuerpo que comienza a subir y bajar en torno a su posición inicial (o sea: adquiere energía de movimiento) debido a la energía de la onda. Del mismo modo, un vidrio vibra por el sonido

proveniente de un altoparlante y, si el sonido es muy intenso, puede llegar a romperse. Con este segundo ejemplo reafirmamos lo señalado al principio, en cuanto a que el sonido puede existir en ausencia de algún oído capaz de percibirlo: cuando escuchamos el sonido es porque su energía llega a nuestro oído, pero esa energía existe aunque el oído no esté presente.

### 3.5. El volumen y el tono del sonido

Es posible relacionar las características de cada sonido con las de la onda correspondiente.

Esto se ilustra a continuación. Los ejemplos se refieren nuevamente a sonidos producidos por un diapasón.

Si se golpea suavemente un diapasón, el sonido producido es más débil que si el golpe es fuerte. Un sonido se diferencia del otro en **volumen** o **intensidad**.

La intensidad del sonido generalmente se expresa en decibeles (dB), unidad que recuerda al investigador escocés Alexander Graham Bell (1847-1922).

Cuando el sonido es débil las partículas del medio vibran más cerca de su posición de equilibrio que cuando el sonido es más fuerte. Es decir, la amplitud del movimiento de cada partícula aumenta a medida que se incrementa el volumen.

Si recurrimos a la representación ya discutida, las ondas producidas en cada caso difieren en su amplitud, como se ve a continuación. (Estas dos ondas y las dos que siguen están representadas en la misma escala).



Si ahora se golpea suavemente un diapasón más pequeño, su sonido es más agudo que en el caso anterior. El sonido del diapasón de mayor tamaño es más grave. Los dos sonidos se diferencian en **tono** o **altura**. Las ondas producidas en cada caso poseen distinta frecuencia: las «crestas» de la onda del sonido agudo son más frecuentes que las del sonido grave.

La frecuencia se mide en hertz (que se abrevia hz), en honor al científico alemán Heinrich Hertz (1857-1894) que estudió la propagación de las ondas. Probablemente esa unidad le sea más conocida por sus múltiplos: el kilohertz (khz), equivalente a 1000 hz y el megahertz (Mhz), igual a 1.000.000 hz.



Tras estas definiciones, podemos ya decir que, en un mismo medio, la rapidez del sonido no depende de la intensidad ni de la frecuencia. Más sencillamente: un sonido fuerte y uno débil que fueron emitidos juntos, llegarán juntos. Lo mismo es válido para uno agudo y uno grave.

## El timbre

Si se toca una misma nota en un piano y luego en un órgano, el oído reconoce que los dos sonidos producidos tienen el mismo tono, es decir, son igual de agudos o de graves. Aunque el volumen de ambos sonidos sea el mismo, el oído diferencia cuál corresponde al piano y cuál al órgano. Eso ocurre porque cada fuente de sonido posee un «modo de vibrar» que le es propio. A esa característica se la denomina timbre.

Los diapasones son elementos que se destacan por generar ondas de formas «regulares». Fueron elegidos en todas las situaciones anteriores para simplificar la representación de las ondas. Lo que ocurre es que otras fuentes de sonido producen ondas generalmente mucho más complejas. Lo que el oído reconoce como timbre es la forma, es decir, el «dibujo» que presenta cada una de esas ondas. Como ejemplo, le mostramos cuatro ondas correspondientes a la misma nota emitida por un diapasón, una flauta, un clarinete y una trompeta.



Diapasón



Flauta



Clarinete



Trompeta

### 3.6. El mecanismo de la audición humana

Ya explicamos que, cuando un cuerpo vibra, el aire copia sus oscilaciones y estas viajan en forma de ondas en todas las direcciones.

El oído humano cuenta con una delicada membrana elástica, denominada tímpano, que está en contacto con la atmósfera por su cara externa. Las ondas que viajan por el aire mueven al tímpano y este transmite esa vibración a tres huesitos móviles del interior del oído que, a su vez, se encargan de llevarla hacia el llamado oído interno. Allí se localiza una zona con aspecto de caracol, la cóclea, llena de un líquido que recibe la vibración desde los huesitos. La cóclea dispone de receptores sensoriales que captan el estímulo y lo convierten en impulsos nerviosos. La información es conducida al cerebro, en donde tiene lugar la sensación de audición.

Para ser reconocidas por el oído como un sonido, las ondas deben tener ciertas características. Si el sonido es demasiado suave entonces su amplitud es muy pequeña, y el tímpano no llega a detectarla. Conviene resaltar que la amplitud de oscilación del tímpano es increíblemente pequeña. Para tener una idea considere que si llegara a ser de una centésima de milímetro el oído podría sufrir daños, como ocurre en el caso de una explosión fuerte. Además, las ondas deben estar comprendidas dentro de un rango de frecuencias. Los sonidos más graves que pueden escucharse se hallan alrededor de los 20 hz y los más agudos están próximos a los 20.000 hz. El rango audible de las personas se va reduciendo con el paso de los años, sobre todo en la parte de los agudos.

Como dato interesante, la presión mínima que puede detectar el oído es del orden de dos diezmil millonésima de atmósfera (tenga en cuenta que la presión «normal» es de una atmósfera).

---

## La capacidad auditiva de algunos animales

Usted debe conocer unos silbatos especialmente diseñados, que producen un sonido muy agudo que puede ser escuchado por los perros y no por las personas, a los cuales se los conoce como «**ultrasonidos**». Además del perro (que llega a los 40.000 hz), otros animales presentan una mayor capacidad auditiva que el ser humano, sobre todo en los sonidos agudos. Esa posibilidad de escuchar sonidos muy agudos, inaudibles para las personas, también la poseen el gato, el chimpancé, la rata y, muy especialmente, el murciélago. La rata, por ejemplo, percibe sonidos aún más agudos que los que oye el perro. Por eso los aparatos ahuyentadores de ratas se diseñan para generar sonidos audibles para esos roedores pero no para los perros.

Algunos animales usan el eco para moverse eludiendo los obstáculos, una capacidad denominada **ecolocalización**. El delfín, por ejemplo, emite ultrasonidos semejantes a «clics» y, aunque a veces no vea a un objeto cercano, puede saber que está gracias al eco producido por los clics. Lo mismo ocurre con algunas ballenas y los cachalotes, aunque el caso más conocido es el del murciélago, que vuela con seguridad aun en la oscuridad total. Es capaz de emitir sonidos de muy alta frecuencia, de alrededor de 90.000 hz, producidos por su boca o por los orificios de su nariz, según la especie considerada.

---

## SÍNTESIS UNIDAD 3

En esta unidad se ha analizado el movimiento ondulatorio y el sonido. Se espera que usted haya logrado:

- *distinguir las ondas transversales, las longitudinales y las estacionarias.*
- *comprender los distintos parámetros que caracterizan a las ondas: amplitud, longitud, frecuencia, rapidez.*
- *entender que las ondas transportan energía.*
- *tomar contacto con las propiedades del sonido en el aire y en otros medios: intensidad, timbre, altura, rapidez.*
- *comprender la naturaleza de la reflexión del sonido.*
- *examinar distintas situaciones de producción de sonido desde la perspectiva de los nuevos conceptos introducidos.*

En la Unidad 4 estudiaremos las ondas electromagnéticas y, en particular, la luz.



### 3.8. Evaluación

#### Pregunta 1

En una película de aventuras espaciales se representa la gigantesca explosión de una estrella. La película muestra que, durante el estallido, se emite un ruido muy fuerte.

¿Le parece correcto que en esas condiciones se produzca ese ruido?

Marque la opción correcta: SI  - NO

#### Pregunta 2

Una chica se tira del trampolín de una piscina y al zambullirse en el agua produce un sonido. Ese sonido es escuchado por un chico que toma sol en el borde de la piscina, a 20 metros del lugar en donde cayó la chica.

También es escuchado por el bañero, que se encuentra sumergido en el agua, a 20 metros de donde cayó la chica.

Elija la opción correcta:

- A. El chico escucha el ruido de la zambullida antes que el bañero.
- B. El chico y el bañero escuchan el ruido de la zambullida al mismo tiempo.
- C. El bañero escucha el ruido de la zambullida antes que el chico.

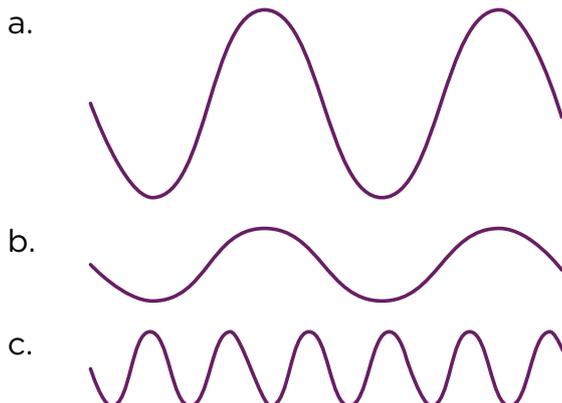
#### Pregunta 3

En valores aproximados, una rana escucha en un rango de sonidos cuya frecuencia se encuentra entre los 50 Hz y los 10.000 Hz, y una paloma, entre 100 y 10.000 Hz. ¿Entre qué valores de frecuencia debe emitirse un sonido para que sea escuchado por la rana y no por la paloma?

- A. Entre 40 y 120 hz.
- B. Entre 50 y 90 hz.
- C. Entre 100 y 10.000 hz.
- D. Cualquier frecuencia debajo de 50 hz.
- E. Cualquier frecuencia debajo de 100 hz.

#### Pregunta 4

El osciloscopio es un instrumento que permite «visualizar» las ondas. Para ese propósito posee una pantalla semejante a la de un pequeño televisor o monitor. En la figura inferior puede apreciarse cómo se ven en la pantalla tres notas emitidas por una cantidad igual de diapasones.



- A. La onda más grave y más intensa es la...  
 B. La onda más aguda es la...  
 C. La onda más grave y menos intensa es la...

**Pregunta 5**

Si se aumentara varias veces la amplitud de una onda sonora de 50.000 hz ¿podríamos escucharla? Marque SI  - NO

**Pregunta 6**

a - En medio del campo, un auto toca la bocina frente a una montaña que se halla a 680 metros de distancia. Con la información de la unidad, ¿cuánto demora el eco en llegarle al conductor?

- A. 1 segundo                       B. 2 segundos                       C. 4 segundos  
 D. 6 segundos                       E. 8 segundos

b - En medio del campo, un auto toca la bocina frente a una montaña. El conductor escucha el eco 2 segundos después. ¿A qué distancia se encuentra el automóvil de la montaña?

- A. 170 metros                       B. 680 metros                       C. 85 metros  
 D. 340 metros                       E. 3400 metros

**Pregunta 7**

Una hoja se encuentra en la superficie de un estanque con agua quieta cuando, a cierta distancia, se arroja una piedra que provoca una onda en la superficie del agua. Indique con una X como se comporta la hoja al ser alcanzada por la onda:

*Baja y sube en el lugar que ocupaba inicialmente.*

*Se aleja horizontalmente de su posición inicial.*

*Baja y sube, alejándose horizontalmente de su posición inicial.*

*Se aleja y se acerca horizontalmente de su posición inicial.*

La justificación a su respuesta es que la onda provocada por la piedra:

*Es materia en movimiento.*

*Es materia y energía en movimiento.*

*Es energía en movimiento.*

**Pregunta 8**

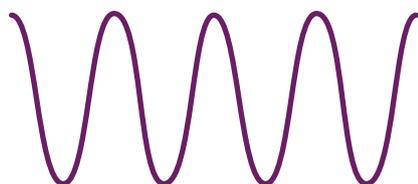
Considerando que los esquemas de las ondas A y B están realizados en la misma escala, indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F):

*La frecuencia de la onda A es mayor que la de B.*  V /  F

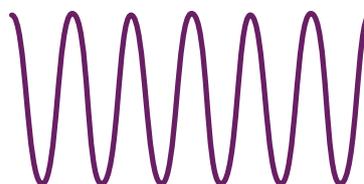
*La longitud de onda de B es menor que en A.*  V /  F

*Las ondas coinciden en amplitud.*  V /  F

A.



B.



---

### **Pregunta 9**

Responda las siguientes preguntas con SI o NO:

¿El sonido es una onda longitudinal?

Para que el sonido se propague, ¿es necesario un medio material?

¿Cambia la velocidad del sonido al variar la densidad del medio en el que se propaga?

En el caso de las ondas graficadas en el punto anterior, ¿B es de mayor intensidad que A?

En el caso de las ondas graficadas en el punto anterior, ¿B es más aguda que A?

---

## UNIDAD 4 Propagación de energía sin necesidad de un medio. La luz

En la unidad 3 usted ha estudiado características de las ondas que necesitan un medio como el agua o el aire para desplazarse, entre ellas las que viajan por las profundidades terrestres. Existe otro tipo de ondas que pueden propagarse independientemente de si hay o no un medio; es decir, son capaces de viajar aún en el vacío. Se trata de las **ondas electromagnéticas**, que serán objeto de estudio de la presente unidad. Una pequeña porción de esta familia de ondas es percibida por nuestro organismo, otras no lo son pero sus efectos pueden notarse al cabo de un tiempo; otras requieren aparatos especiales para ser detectadas. Al igual que las estudiadas en la unidad anterior, estas ondas **transportan energía**.

### Apelando a nuestra experiencia

*Antes de comenzar con la lectura, recurrimos a sus vivencias y a información que probablemente usted ya posee para aplicar a la resolución de algunos problemas.*

1- ¿Tiene idea de cuál es la rapidez de la luz? ¿Será la misma en el vacío que en otro medio transparente como, por ejemplo, el vidrio? ¿Por qué lo cree así?

2- Si pudo responder la pregunta anterior, resuelva estas nuevas dos situaciones:

a- Considerando que una vuelta por el Ecuador terrestre equivale a unos 40.000 km., calcule cuántas vueltas podría dar la luz alrededor de la Tierra en un segundo (aunque sea incorrecto, considere que la luz pudiese «ir doblando»).

b- ¿Tiene idea de cuánto demora en llegarnos la luz desde la Luna?, ¿y la del Sol? Para hacer el cálculo, tenga en cuenta que la Luna se encuentra a unos 384.000 km. y el Sol a 150.000.000 km. aproximadamente.

3-

a- La energía contenida en la luz se pone en evidencia en numerosos fenómenos. Piense si conoce alguno de ellos y descríbalos.

b- ¿Tiene idea de cuál es la relación entre la luz y la producción, en las plantas, de sustancias que pueden servir de alimento?

4- ¿Qué cree que puede ocurrirle a un rayo de luz proveniente del Sol cuando atraviesa un prisma como el de la figura? ¿A qué se debe ese fenómeno?

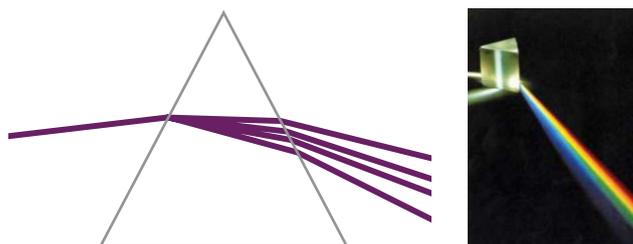
¿Le parece que podría haber diferencias si la luz que entra al prisma proviniera de una lamparita?

5-

a- Para que un colectivo pueda controlar el descenso de los pasajeros por la puerta trasera, el colectivo cuenta con un espejo junto a la puerta delantera y uno junto a la puerta de descenso. Piense entonces cómo están dispuestos estos espejos y realice un esquema de ellos.

b- ¿Se imagina cómo es la disposición de los dos espejos en el interior de un periscopio? Trate de hacer un esquema que muestre, además, el camino que sigue la luz por cada espejo.

6- Una persona observa la vidriera de un bar desde una mesa que está en su interior. Las palabras se ven invertidas. Luego observa cómo se ve la vidriera sobre un espejo que se halla en el interior del bar. Descubre que las palabras allí se ven «al derecho». Explique a qué se



debe que la persona vea de ese modo en cada uno de los casos.

7- Ciertos espejos de uso común permiten apreciar pequeños detalles en la cara, pues nuestra imagen se ve en ellos más grande. Intente localizar alguno de esos espejos y realice algunas pruebas. ¿Cómo se ve cuando se ubica muy cerca del espejo? ¿Y si comienza a alejarse? Toque la superficie del espejo: ¿Le parece plana?

8- Piensen a qué razones pueden deberse las siguientes situaciones:

a- Al entrar a un cine en el que ya se está proyectando la película, apenas puede verse la luz de la linterna del acomodador. Un rato después puede distinguirse perfectamente a las personas sentadas en la oscuridad de la sala.

b- Al abrir la persiana por la mañana la luz del día encandila; unos minutos después la misma luz es perfectamente tolerable.

9- Así como el ojo humano puede percibir los colores del arco iris, existen animales que solo pueden ver algunos pocos colores. ¿Tiene idea de qué otras diferencias se presentan en los mecanismos de visión de distintos animales?

10- Escriba toda la información que usted posea acerca de las siguientes ondas electromagnéticas. Si conoce alguna característica o algún uso de cada una de estas ondas, menciónelos.

ondas de radio  
rayos ultravioleta

microondas  
rayos X

rayos infrarrojo  
rayos gamma

### Breves comentarios sobre los problemas planteados

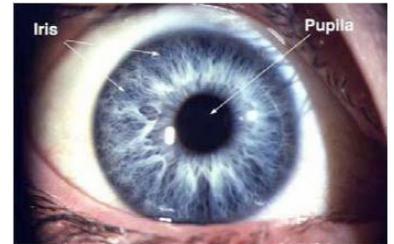
- El punto 1 recupera una información sobre la rapidez<sup>10</sup> de la luz que usted tal vez posee. Hoy se sabe que, en un segundo, la luz recorre unos 300.000 Km si se propaga en el vacío. Es decir, la rapidez de la luz es de aproximadamente 300.000 Km/s. La luz recorre cerca de 225.000 Km si lo hace en el agua y alrededor de 200.000 Km según el tipo de vidrio. Son valores tan enormes que cuesta tener una idea de lo que representan.
- El punto 2 retoma el planteo del punto anterior. Si la luz pudiese «doblar» siguiendo el ecuador, daría más de siete vueltas a la tierra por segundo. La luz de la luna demora algo más de un segundo en llegar a la tierra, la solar unos 8 minutos y la de la siguiente estrella más próxima, más de cuatro años.
- El punto 3 apela a su imaginación. Respecto al ítem a, un fenómeno muy sencillo para poner en evidencia la energía contenida en la luz consiste, por ejemplo, en provocar una llama «concentrando» luz en un papel (preferentemente oscuro) mediante una lupa. Otro ejemplo que puede mencionarse es el de algunas calculadoras y otros aparatos que cuentan en su interior con un dispositivo que, al ser expuesto a la luz, transforma la energía lumínica en energía eléctrica. Esta energía es la que se emplea para hacer funcionar el aparato. Con respecto al ítem b, las plantas, las algas y algunas bacterias utilizan la energía lumínica para realizar la fotosíntesis, un proceso mediante el cual esos organismos producen alimento.
- El punto 4 se detiene en un fenómeno conocido. A la luz proveniente del Sol se la suele llamar **luz blanca** y está compuesta, en realidad, por una superposición de varios colores distintos. Si un rayo de luz blanca atraviesa un prisma, la luz despliega un conjunto de colores, que son los que constituyen el arco iris. Como la luz solar «se separa» en los

---

<sup>10</sup> Como recordará, llamamos «rapidez» al valor numérico de la velocidad. Si no tiene clara la diferencia entre ambos conceptos, le sugerimos volver a leer la sección 2.3. transforma la energía lumínica en energía eléctrica. Esta energía es la que se emplea para hacer funcionar el aparato. Con respecto al ítem b, las plantas, las algas y algunas bacterias utilizan la energía lumínica para realizar la fotosíntesis, un proceso mediante el cual esos organismos producen alimento.

diferentes colores que la forman, el fenómeno se suele denominar **descomposición o dispersión de la luz**. El arco iris que a veces se forma en el cielo o mientras se riega el jardín, proviene de la descomposición de la luz al atravesar las gotas de agua que quedan en suspensión en la atmósfera y que actúan como un conjunto de pequeños prismas.

- El resultado de la descomposición dependerá del tipo de luz que llega al prisma: cuando proviene de una lamparita, por ejemplo, en el espectro aparece una proporción mayor de color rojo y una menor de azul.
- Los puntos 5, 6 y 7 se basan en fenómenos ampliamente conocidos. La experiencia nos indica que en las imágenes que apreciamos en los espejos todo aparece «dado vuelta». Esta alteración de los lados es, según la geometría, una **simetría**. Entonces, un segundo espejo, al «dar vuelta» otra vez, permite volver a la disposición original. Y un texto escrito «simétricamente» a propósito, como el que suele estar impreso en el frente de las ambulancias, se verá «derecho» en el espejo retrovisor de un automóvil. En los casos en que las superficies no son planas sino curvas se observan otros efectos. Aunque los espejos citados en el punto 7 parezcan planos son, en realidad, espejos esféricos de muy suave curvatura. En otros espejos esféricos, la imagen puede llegar a verse menor que el objeto, como ocurre en los espejos retrovisores exteriores de vehículos que van colocados del lado opuesto al de manejo.



- El punto 8 hace referencia a la capacidad de acomodación de las pupilas según las condiciones de iluminación. Si usted desea dedicar unos minutos de su tiempo a una interesante observación de cómo cambia el tamaño de las pupilas con más o con menos luz, invite a una persona de ojos claros a que permanezca unos minutos con su vista hacia una zona oscura de la habitación en que se realiza la experiencia.

Una vez que haya observado sus pupilas, ilumine un ojo de la persona con una linterna. Notará que ambas pupilas disminuyen su tamaño para dejar entrar menos luz. En condiciones en que el cambio de iluminación es muy notable, como ocurre al entrar a un cine a oscuras o al abrir la persiana por la mañana, la acomodación demora unos segundos.

- El punto 9 se refiere a la visión de algunos animales que, como las abejas, son capaces de captar «colores» que las personas no ven, como el producido por los rayos ultravioleta. Las diferencias también se dan en cuanto al nivel de precisión: las arañas no distinguen más que luces y sombras, mientras que un gran número de aves poseen una agudeza tal que les permite detectar una presa a cientos de metros. Muchos insectos, como la mosca, disponen de ojos múltiples, con los que pueden observar distintos puntos simultáneamente.
- El punto 10 recupera la información que usted probablemente posee acerca de las ondas de radio, los rayos ultravioleta y otras ondas electromagnéticas. La idea es confrontar este saber previo con el texto que más adelante se incluye en este material.

Para cerrar esta breve discusión inicial, recordemos que un material que, como la madera y el metal, no permite el paso de la luz es opaco.

Algunos vidrios permiten el paso de la luz y se puede ver a través de ellos, por lo que se los llama transparentes.



Ciertos vidrios «rugosos» (como los de la imagen) que suelen colocarse en puertas y ventanas de los baños, permiten el paso de la luz pero no una visión nítida. Se los llama traslúcidos.

Usted podrá ampliar y modificar sus ideas sobre las cuestiones planteadas en los problemas, a partir del trabajo propuesto en esta unidad.

## 4.1. La evolución en las concepciones sobre la luz

Desde las épocas más remotas, los seres humanos se han planteado numerosas preguntas sobre la composición de la luz y los fenómenos relacionados con ella. Hace 2500 años, Sócrates y Platón consideraban que la luz era un conjunto de filamentos que partían del ojo y que, al «tocar» los objetos, permitía percibirlos mediante la vista. Estas ideas perduraron hasta el siglo XV.

Un paso fundamental se da dos siglos después, cuando el inglés Isaac Newton (1643-1727) desarrolla la teoría corpuscular, según la cual la luz está compuesta por pequeñísimos corpúsculos que se propagan en línea recta. Esta concepción se opone a la del holandés Christiaan Huygens (1629-1695) y la del inglés Robert Hooke (1635-1703), para quienes la luz estaba constituida por ondas.

En el siglo XX, el alemán Albert Einstein (1879-1955) desarrolla el modelo de fotones o paquetes de energía, de la que daremos algunos detalles más en la unidad 8. En esta concepción se acepta un comportamiento dual de la luz, ya que los fotones se manifiestan a veces como una onda y otras veces como un corpúsculo.

### La rapidez de la luz

Otra de las características de la luz muy discutidas era el de su rapidez. Algunos llegaron a considerar que su propagación era instantánea, es decir, que su rapidez era infinita. A fines del siglo XVI el italiano Galileo Galilei (1564 -1642) pensó en un modo de medirla, partiendo de una experiencia similar que había usado para obtener la rapidez del sonido.



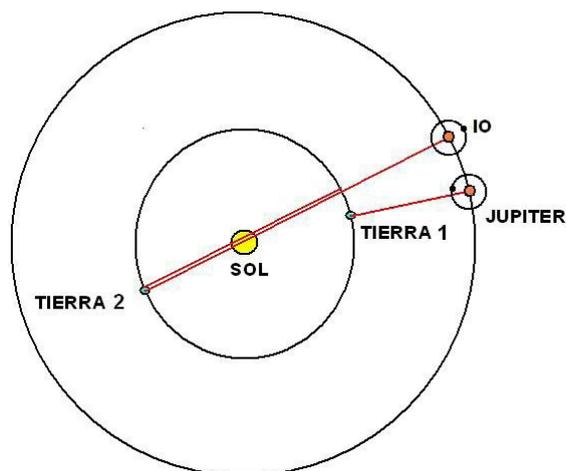
Su método imaginario consistía en colocar dos personas con faroles, enfrentados a una distancia de unos 3000 pasos (algo más de cuatro kilómetros) durante una noche oscura. Uno de los participantes destapaba el suyo, el otro hacia lo propio al ver esa luz. El cálculo era sencillo: había que dividir el camino recorrido por la luz (de ida vuelta) por el tiempo transcurrido entre el momento en que el primer participante destapaba su farol hasta que veía la luz del segundo. La idea era buena, pero el tiempo resultaba ser muy inferior al tiempo de reacción de cada participante, así que la experiencia fue desestimada. Galileo pensó en aumentar la distancia, pero eso hubiera dificultado la percepción de la luz de los faroles disponibles en esa época.

La primera medición de la rapidez de la luz fue casi casual, ya que tuvo lugar mientras se efectuaba una observación del cielo. La realizó el astrónomo danés Ole Roemer (1644-1710) en 1675. Aunque la lectura que sigue no es obligatoria, lo invitamos a tomar contacto con los detalles de esta asombrosa medición.

Mucho más tarde se efectuaron mediciones de mayor precisión recurriendo a ingeniosos experimentos de laboratorio, que no serán descriptos aquí. Hoy se acepta que la rapidez de la luz en el vacío (es decir, en ausencia de cualquier medio) tiene un valor aproximado de 300.000 km/s. Otras experiencias permitieron conocer que la rapidez de la luz en el aire es muy próxima a la que posee en el vacío. También se obtuvo que en el agua es de unos 223.000 km/s y en el vidrio alrededor de 200.000 km/s. Estos resultados confirmaron que cada medio obstaculiza el pasaje de la luz oponiéndole distintas resistencias.

*Lectura optativa***La medición de Roemer**

Roemer estaba analizando los desplazamientos de IO, uno de los satélites de Júpiter, desde el Observatorio de París. Notó que el tiempo que el satélite demoraba en completar una vuelta alrededor de Júpiter parecía, según la época del año, atrasar o adelantar. Al principio no comprendió la razón de esas diferencias en el tiempo. Tras un análisis minucioso de la situación, encontró la explicación.



Cuando la Tierra se encontraba en la posición 1, representada en la parte inferior de la figura, Roemer predijo que IO sería eclipsado por Júpiter en un cierto momento, el cual fue calculado con mucha precisión.

Algo más de seis meses después, Roemer esperó que el eclipse se produjese en el momento justo que había calculado. El fenómeno, sin embargo, se produjo con un retraso de algo más de 16 minutos. La parte superior de la figura muestra la posición de Júpiter, su satélite IO y la Tierra (2) en el momento en que se producía el eclipse. El razonamiento de Roemer fue el siguiente:

Si la Tierra hubiese permanecido en el lugar original (1) desde donde observó primero, no habría habido diferencias con el tiempo calculado. El retraso se debió a la distancia que se agregó (indicada en la figura con una doble línea) y que es el espacio adicional que recorrió la luz de IO cuando la Tierra se encontraba en su nueva posición (2).

Roemer disponía de un valor bastante aproximado de cuánto valía esa distancia, que es alrededor del diámetro de la órbita terrestre. Entonces, el paso siguiente consistió en dividirla por los 16 minutos (el tiempo que la luz tardó en recorrerla). Efectuó el cálculo y obtuvo que la luz recorría 225.000 km en un segundo.

Roemer publicó sus resultados en 1676. Si bien el valor medido difería bastante del que hoy se considera correcto, su hallazgo fue sumamente importante, pues permitió descartar la idea de que la luz se desplazaba con rapidez infinita.

**El año luz**

Un año luz es la distancia que recorre la luz en el vacío, viajando durante un año. Aunque pueda parecer obvio, esto significa que año luz es una unidad de distancia y no de tiempo. El valor del año luz se obtiene multiplicando la rapidez de la luz en el vacío, expresado en km/seg., por la cantidad de segundos que transcurren en un año. El resultado que se obtiene es:

**1 año luz = aprox 9,5 billones de km** (expresado en notación científica:  $9,5 \times 10^{12}$  km)

Empleando esta unidad, la estrella Proxima Centauri (la más cercana a la Tierra, después del Sol) se halla a una distancia de aproximadamente 4,3 años luz de la Tierra. Eso significa que la luz de esta estrella demora 4,3 años en llegar a nuestro planeta. Con el mismo criterio, como la luz del Sol tarda 8,3 minutos en llegar a la superficie terrestre, se suele decir que el Sol se halla a 8,3 minutos luz de la Tierra.

## 4.2. Dos modelos explicativos: la óptica geométrica y la óptica física

Muchas veces, para proponer una explicación de un determinado fenómeno, se recurre a representaciones simplificadas de esos fenómenos y, de ese modo, se consigue entender más fácilmente algún aspecto de su naturaleza. Como se ha trabajado ampliamente en la unidad 1, cada una de las representaciones posibles, con mayor o menor nivel de detalle, es un **modelo**.

El siguiente ejemplo le permitirá comprender los alcances y las limitaciones de un modelo explicativo: es posible estudiar un gran número de propiedades de la luz apelando a una «simplificación geométrica», que considera a la luz formada por rayos, haces rectos de luz que representan la dirección de propagación de las ondas lumínicas. Cuando esto se hace nos internamos en los ámbitos de la llamada óptica «geométrica».

Sin embargo, este modelo «no alcanza» para describir otro conjunto de fenómenos (tales como, por ejemplo, la polarización o la interferencia). En estos casos se debe aplicar otro modelo, más minucioso y detallado: el de la óptica «física», que considera a la luz constituida por ondas electromagnéticas.

Los autores A. Rela y J. Sztrajman describen las limitaciones de la óptica geométrica:

En rigor, la óptica geométrica es una forma de aproximarse a la óptica física. Esa aproximación es útil siempre que la apliquemos a objetos de cierto tamaño, bastante mayor que la longitud de onda de la luz. La luz visible es una onda cuya longitud varía entre los 0,4 y los 0,7 micrones<sup>11</sup>. Para determinar, por ejemplo, qué características debería tener un espejo convexo para la salida de un estacionamiento, basta con la aproximación geométrica, puesto que el espejo mide 30 centímetros y los vehículos, peatones y distancias miden más de un metro. En cambio, para diseñar un lector de discos compactos (CD), no alcanza la óptica geométrica, puesto que la distancia entre los surcos del disco es de 1,6 micrones, del mismo orden que la longitud de onda de la luz con la que se los lee. Entonces, la idea de rayos rectos de luz es tan solo una aproximación que da muy buenos resultados en muchos casos de interés práctico y no los da en muchos otros. Cuando no es aplicable la óptica geométrica, se utiliza la óptica física, que tiene presentes los efectos ondulatorios de la luz.<sup>12</sup>

## 4.3. Las ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas son ondas transversales, porque en ellas la vibración es perpendicular a la dirección de avance de la onda, tal como se mostró en la sección 3.3. Todas las ondas electromagnéticas pueden propagarse en el vacío y también en un medio como el aire. En el caso de la luz, esta también se propaga en el agua y en materiales que denominamos transparentes.

Encontramos diferencias fundamentales entre las ondas de luz y las de sonido. Como seguramente recordará, las de sonido son ondas longitudinales (las vibraciones tienen la misma dirección de avance de la onda) y necesitan de un medio para propagarse.

La diferencia de rapidez entre ambas es enorme. Para compararlas, las expresamos en la misma unidad:

Luz = 300.000.000 m/seg

Sonido = 340 m/seg

La luz visible constituye, en realidad, una pequeña porción dentro del conjunto de las denominadas ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético abarca desde las ondas de radio hasta los rayos gamma en orden creciente de frecuencia y decreciente de longitud de onda. Todas las ondas del espectro electromagnético viajan con la rapidez de la luz.

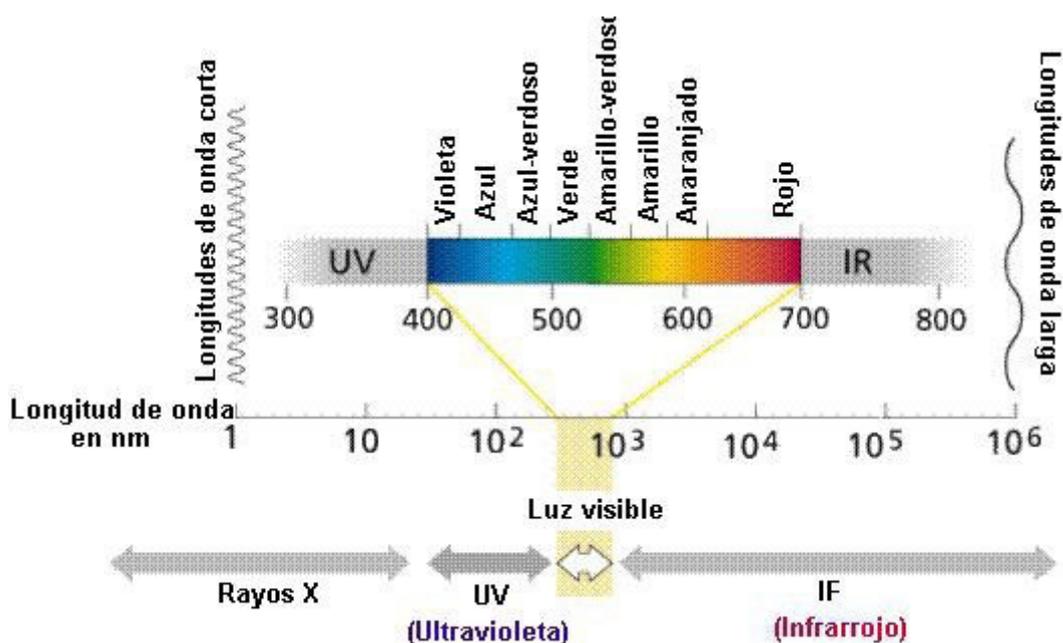
---

<sup>11</sup> El micron es una medida de longitud que corresponde a la milésima parte de un milímetro, o sea, a la millonésima parte de un metro.

<sup>12</sup> Rela, A. y Sztrajman, J. *Física II*. Buenos Aires, Aique, 1999.

- Las **ondas de radio**, producidas por las radioemisoras y captadas por los aparatos de radio; su energía se utiliza para transmitir los programas radiales.
- Las **microondas** generadas, por ejemplo, por ciertos hornos eléctricos de uso doméstico; su energía se emplea en ellos para cocinar y calentar.
- Los **rayos infrarrojo**<sup>13</sup>, liberados por el Sol y por otras fuentes, tales como un fuego encendido, una plancha, una lámpara, una estufa y todos los objetos que, sin ser tocados, al acercárseles una mano se siente calor.
- Los **rayos ultravioleta**, una parte de los cuales se pueden detectar por el efecto de «bronceado» que generan en la piel<sup>14</sup>.
- Los **rayos X**, que proceden del Sol y de otras fuentes y se utilizan, por ejemplo, para obtener placas radiográficas.
- Los **rayos gamma**, ondas de mucha energía que se originan en ciertas reacciones producidas en el núcleo de los átomos de sustancias llamadas radioactivas.
- Y, por último, la denominada **luz visible**, un conjunto de ondas que pueden ser percibidas por los órganos de la vista humana.

En el gráfico se presentan las ondas electromagnéticas ordenadas según su longitud de onda.



<sup>13</sup> Nótese que «rayos infrarrojo» y «rayos ultravioleta» se escribe así y no en plural.

<sup>14</sup> El fenómeno es, en realidad, una reacción defensiva ante estos rayos, que consiste en la producción de un pigmento oscuro llamado melanina. La exposición excesiva a estos rayos, además, puede provocar daños en la información hereditaria contenida en las células de la piel y la aparición de ciertas formas de cáncer.

## Lectura optativa

### La polarización de la luz

El modelo de la luz como onda electromagnética nos permite explicar varios fenómenos, entre ellos el de la polarización de la luz. Una onda de luz está polarizada cuando vibra en un solo plano. En la figura 1 se ven dos casos posibles: una polarización vertical y una horizontal.

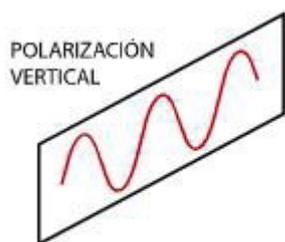
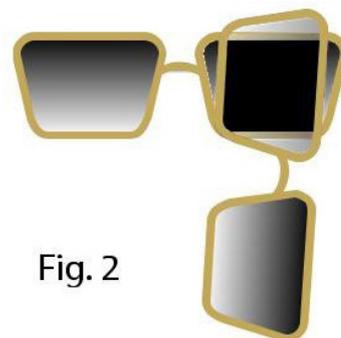
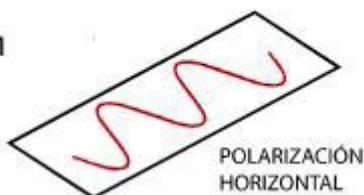


Fig. 1

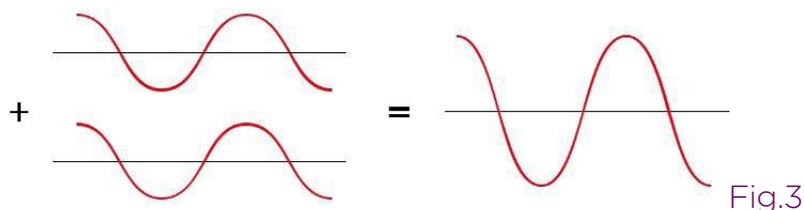


La luz que emite una lámpara incandescente, una vela o el Sol no está polarizada, porque las vibraciones se producen en diferentes planos al azar.

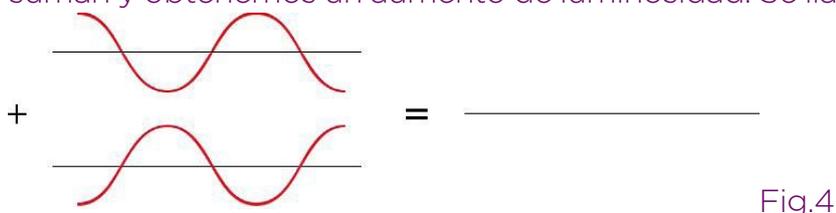
La luz se polariza con el empleo de filtros polarizantes. En el caso de los anteojos de sol polarizados, ellos permiten que la onda de luz vibre solamente en el plano vertical. Así se impide la llegada de ondas que vibran en el plano horizontal. Si superponemos en forma perpendicular dos anteojos polarizados, tal superposición impide totalmente el paso de luz, tal como se aprecia en la figura 2.

### La interferencia

Se produce cuando se superponen dos ondas luminosas. Se presentan dos casos notables:



Cuando las crestas de las ondas coinciden como muestra la figura 3, sus amplitudes se suman y obtenemos un aumento de luminosidad. Se llama interferencia constructiva.



Cuando las crestas de las ondas están desfasadas como muestra la figura 4, de modo que la cresta de una onda coincide con el valle de la otra, obtenemos una disminución de la luminosidad, llamada interferencia destructiva. Si las dos amplitudes son iguales, la disminución es total; si no, es solo parcial.

#### 4.4. La reflexión de la luz

La reflexión de la luz puede ser explicada recurriendo al modelo de la óptica geométrica. Se manifiesta en los vidrios, en las aguas en reposo, en algunas superficies metálicas y, sobre todo, en los espejos. Existen diversos tipos de espejos: los más corrientes son planos, y en ellos las imágenes se ven «a tamaño natural». Los espejos curvos suelen estar contruidos sobre un casquete esférico, es decir, una porción de esfera hueca; algunos reflejan la luz en su cara interna y otros en la externa. En los primeros la imagen de un objeto puede llegar a verse mayor que el objeto original. En los espejos del segundo tipo, en cambio, la imagen se ve menor a la real. También hay espejos con forma cilíndrica o parabólica.

Aquí nos ocuparemos específicamente de la reflexión que ocurre en los espejos planos (fig. 5), sin detenernos en las otras variedades.

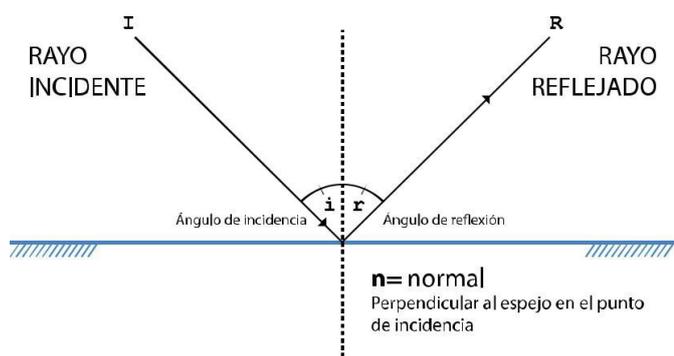


Fig. 5

El rayo incidente forma con la normal un ángulo  $i$  y el rayo reflejado forma con la misma normal un ángulo  $r$ .

Una de las leyes de la reflexión indica que el ángulo de incidencia y el de reflexión son iguales. La otra ley afirma que el rayo incidente, el reflejado y la normal están en el mismo plano. Como la reflexión se produce en un mismo medio, la rapidez de la luz no cambia.

Un ejemplo de aplicación de las leyes de reflexión de la luz es la marcha de los rayos en un periscopio casero, como el que se muestra en la figura 7b.

Vemos que el rayo de luz entra por la parte superior formando un ángulo con la normal igual al que forma el rayo reflejado en el primer espejo. Este, incide en el segundo espejo, formándose con la normal dos ángulos iguales para que finalmente el rayo llegue al ojo del observador. Para que el aparato funcione es fundamental regular la inclinación de los espejos. Si modificamos esa inclinación, como se ve en la figura 7a, el rayo reflejado no llega al segundo espejo.

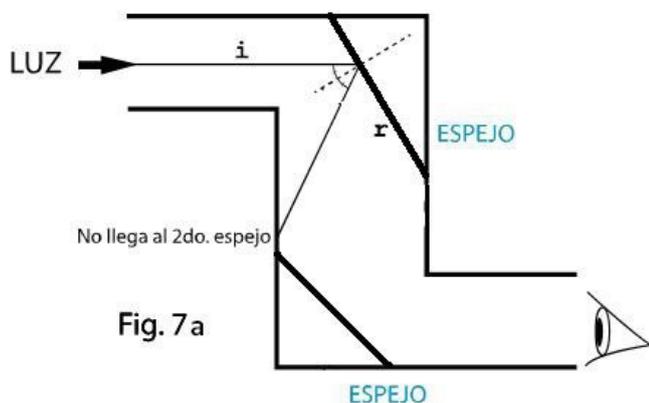


Fig. 7a

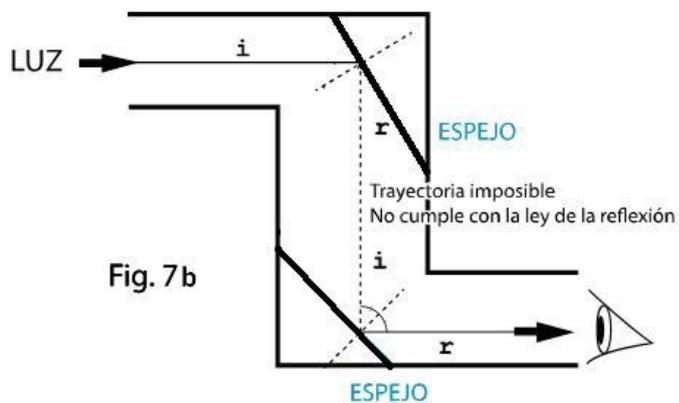
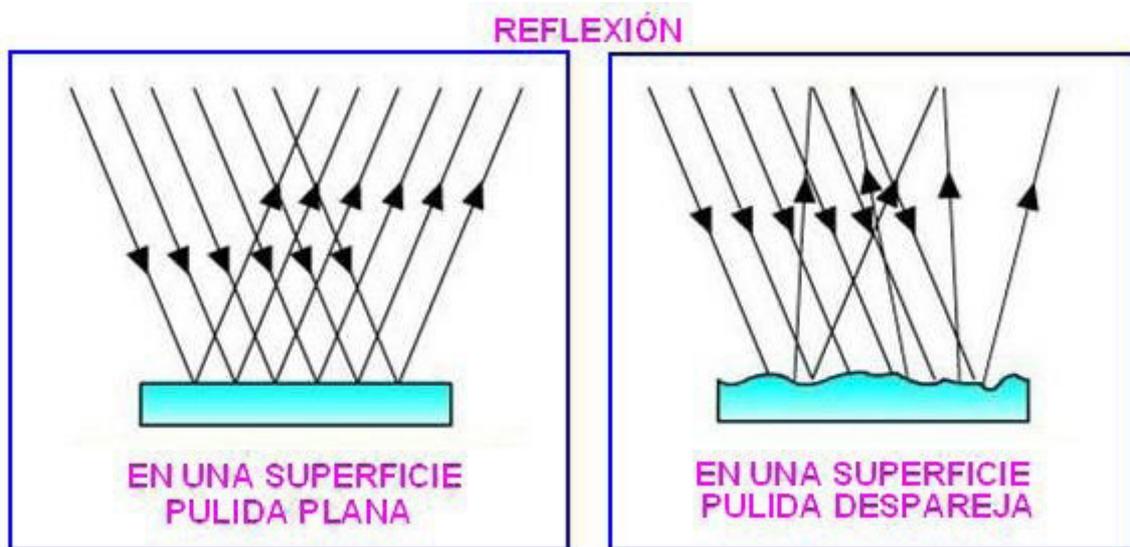


Fig. 7b

Si nos presentaran un diagrama como el siguiente (fig. 7b), en el que supuestamente la luz llega al ojo del observador, sería evidente que en la realidad el trazado no funcionaría, dado que en el primer espejo no se cumple la ley de la reflexión: el ángulo reflejado es visiblemente mayor que el incidente.

Cuando la cara reflectante en la que inciden los rayos de luz es rugosa y despareja, el rebote se lleva a cabo hacia múltiples direcciones, «desparramando» a los rayos. El fenómeno se llama dispersión o reflexión difusa y consiste, en realidad, en un conjunto de reflexiones simultáneas en diferentes direcciones.



### La refracción de la luz

También se explica con el modelo de la óptica geométrica. Se produce cuando la luz pasa de un medio a otro con diferente densidad óptica. Asociados con este fenómeno existen ciertos elementos llamados lentes y prismas, que son utilizados en una gran variedad de instrumentos ópticos, tales como microscopios, cámaras fotográficas, prismáticos y telescopios.

Analizaremos el caso del pasaje de la luz del aire al agua (fig. 8).

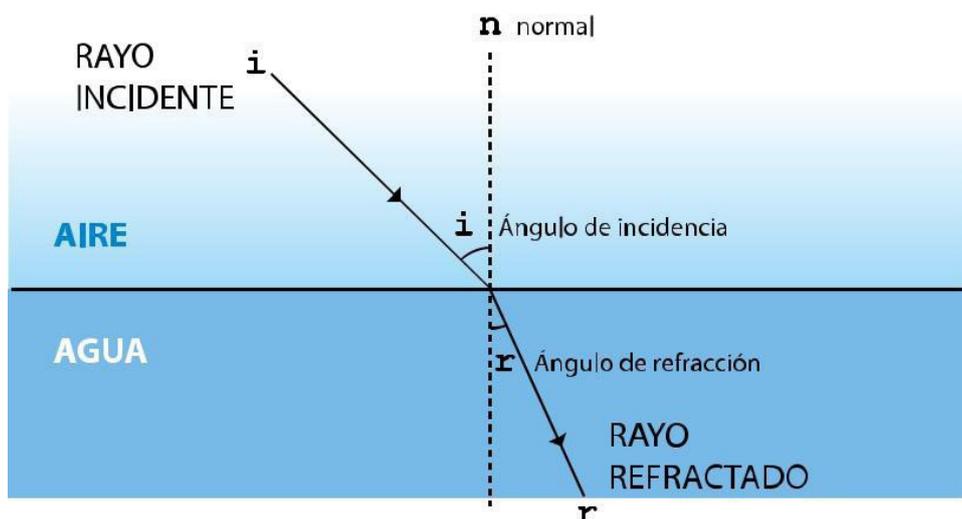


Fig. 8

Cuando el rayo incidente pasa del aire al agua «se quiebra», porque cambia su dirección acercándose a la normal. Como el segundo medio (agua) es ópticamente más denso que el primero (aire), la rapidez de la luz disminuye.

Si, en cambio, el segundo medio fuera menos denso que el primero, el rayo refractado se alejaría de la normal y la rapidez de la luz aumentaría. Como ejemplo, analicemos el caso del pasaje de la luz desde el agua al aire (fig. 9). Nótese que el diagrama es el mismo, aunque se invierte el sentido de avance de los rayos. O sea que, al pasar de un medio a otro menos denso, el rayo refractado se aleja de la normal.

El fenómeno de refracción puede producir ilusiones ópticas. Como ejemplo, tomemos el caso de un objeto depositado en el fondo de una piscina con agua transparente. Un rayo de luz que sale de él llega al observador como se ve en la figura 9. Sin embargo, el cerebro del observador interpreta que el objeto está a una profundidad menor que la real, porque no asume el quiebre producido por la refracción y cree que la luz proviene del objeto siguiendo la línea punteada.

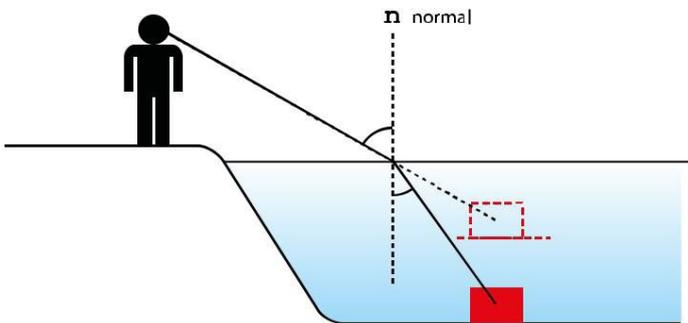


Fig. 9

Analicemos la situación presentada en la figura 10. ¿Cuál de los dos medios tiene mayor densidad óptica?

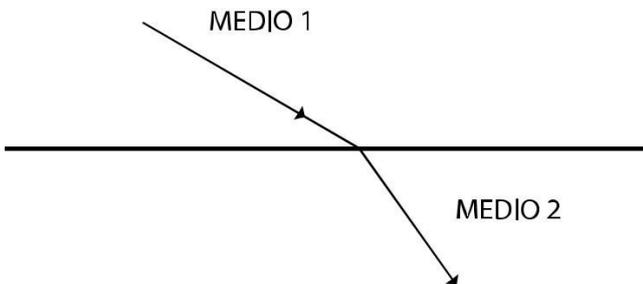


Fig. 10

Para responder la pregunta, trazamos la normal y observamos que el ángulo  $r$  es menor que el ángulo  $i$  (fig. 11). Es decir, al refractarse el rayo de luz, este se acerca a la normal. La conclusión es que el medio 2 tiene mayor densidad óptica que el 1.

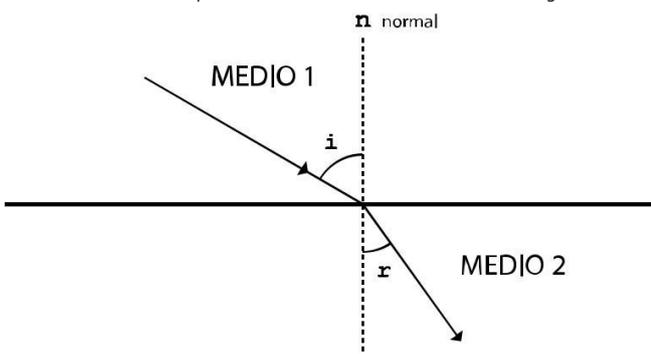
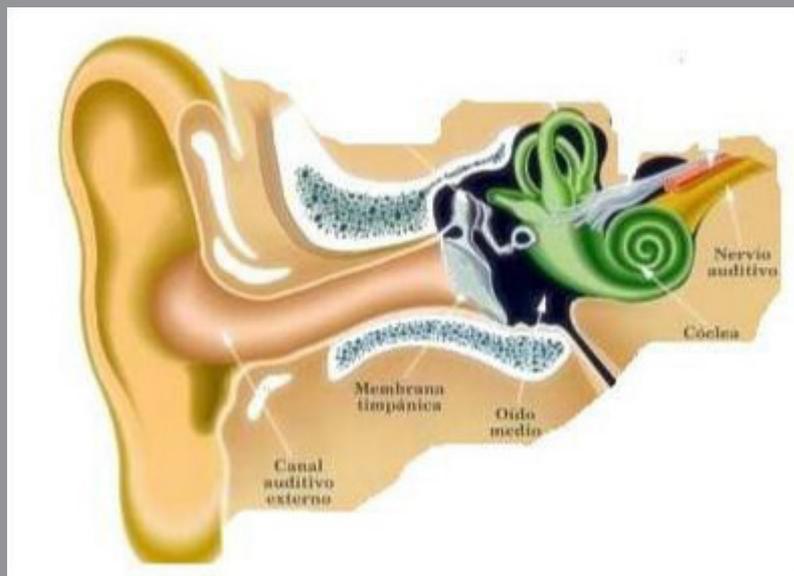


Fig. 11

## SÍNTESIS UNIDAD 4

Esta unidad se ha centrado en el estudio de la luz como parte de las ondas electromagnéticas. Entre otras cuestiones, se espera que usted haya logrado:

- reconocer la naturaleza de las **ondas electromagnéticas**, que no requieren un medio para desplazarse.
- tomar contacto con algunos de los procedimientos con los que ha sido posible medir la **rapidez de la luz**.
- identificar fenómenos que ponen en evidencia la **energía** contenida en la luz.
- explicar las formas de **interacción** entre la luz y los diversos tipos de materiales, así como la **descomposición de la luz blanca**.
- tomar contacto con los planteos de la **óptica geométrica**, que considera que la luz está formada por rayos.
- conocer y diferenciar los fenómenos de **reflexión** y de **refracción**. La unidad 5 estará dedicada al estudio de la electricidad.



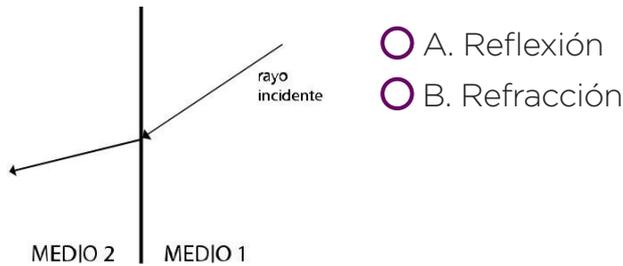


4.6. Evaluación

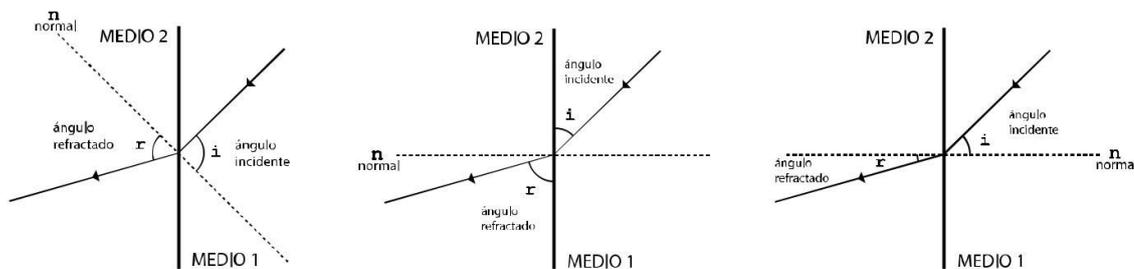
**Pregunta 1**

Un rayo de luz se desplaza en un medio (indicado 1 en el gráfico) y, al llegar a la superficie de separación con otro medio (2), cambia su dirección.

a- Observe la imagen e identifique el fenómeno que interviene. Indique cuál de los siguientes es el correcto:



b- Indique claramente cuál de los tres gráficos numerados I,II y III es el correcto. (Tenga en cuenta la normal a la superficie de separación de los dos medios y cada uno de los ángulos correspondientes al fenómeno que se produce).

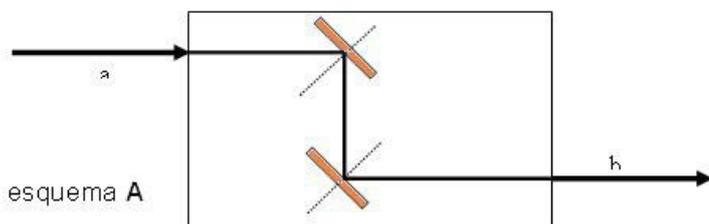


c- Señale con una (x) la opción correcta. En su paso del medio 1 al 2, la rapidez de la luz...

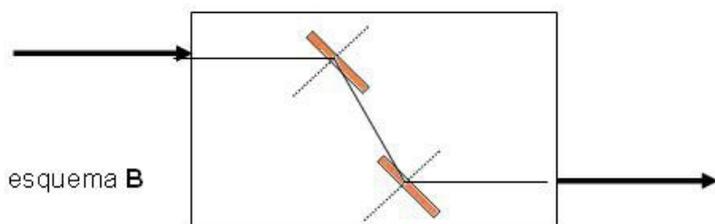
- aumento                       disminuyó                       no varió

**Pregunta 2**

En las instrucciones para construir un periscopio casero con dos espejos planos, se indica que los espejos deben colocarse a 45 grados, sobre la misma línea vertical. El esquema A muestra los espejos y el camino seguido por un rayo de luz.



Una persona afirma, sin embargo, que el periscopio también funcionaría si se dispusieran los espejos a 45 grados pero desplazados, como se muestra en el esquema B.



a- ¿A usted qué le parece? ¿Funcionará de este modo? Indique cual de las siguientes opciones es la correcta:

- A. No, porque no cumple con las leyes de la reflexión.
- B. Sí, porque no lo impide cambiar los ángulos de inclinación de los espejos.

b- ¿Le parece que el periscopio funcionaría si, en lugar de espejos, se pusieran dos lentes a 45 grados, sobre la misma línea vertical? Indique cuál de las siguientes es la opción correcta.

- A. No, porque la marcha de los rayos sería distinta (no hay reflexión).
- B. Sí, porque la inclinación de las lentes es correcta.

### Pregunta 3

Un astrónomo observa con su telescopio dos fenómenos en forma simultánea. Reconoce que uno de los sucesos tuvo lugar en la estrella A, que se encuentra a 50 años luz de la Tierra. El otro ocurrió en la estrella B, que está a 120 años luz del planeta.

Indique cuál de las siguientes opciones es la correcta:

- A. Ambos fenómenos ocurrieron efectivamente al mismo tiempo, porque el astrónomo los visualizó simultáneamente.
- B. El suceso de la estrella B ocurrió antes que el de la estrella A y, como la rapidez de la luz es la misma (300.000 km/seg), el evento en la B se produjo 70 años antes.

### Pregunta 4

Uno de los primeros experimentos propuestos por Galileo para medir la rapidez de la luz consistía en colocar dos focos tapados a una distancia de 15 metros, cada uno controlado por una persona. Uno de los participantes debía destapar su foco y el otro hacer lo mismo al ver la luz del primero. Para obtener el resultado, el primer participante debía medir el tiempo entre el momento en que destapó su foco y el instante en que veía la luz del otro. Como ya explicamos en este texto, el experimento no fue posible. Marque si estas afirmaciones son falsas (F) o verdaderas (V).

El tiempo que hubiera tardado el rayo luminoso en recorrer una distancia de 30 metros es de 1 centésima de segundo.  V /  F

El tiempo que hubiera tardado el rayo luminoso en recorrer una distancia de 30 metros es de 1 milésima de segundo.  V /  F

El tiempo que hubiera tardado el rayo luminoso en recorrer una distancia de 30 metros es de 1 diez millonésima de segundo.  V /  F

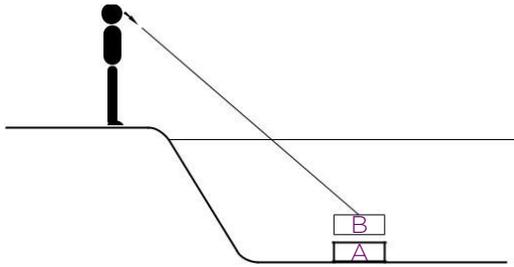
La rapidez de la luz es tan elevada que no podría haberse medido el tiempo en que el rayo luminoso recorre una distancia de 30 metros.  V /  F

El experimento habría sido factible si la distancia hubiera sido el triple de la propuesta.  V /  F

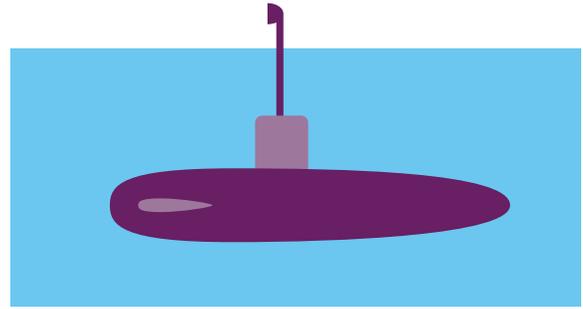
El experimento habría sido factible si la distancia hubiera sido mil veces la propuesta.  V /  F

### Pregunta 5

Observe las situaciones representadas en las figuras. Indique en el cuadro a qué fenómeno de la física corresponde cada una de ellas.



A: Objeto Real.  
B: Profundidad a la que lo ve el observador.



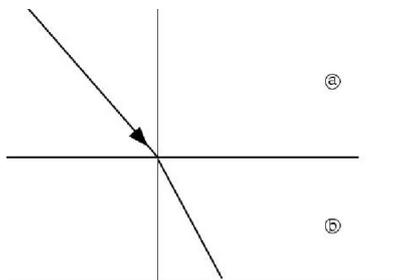
1- Si observamos una piscina con agua transparente y vemos un objeto depositado en el fondo nos parece que la profundidad a la que se halla el objeto es menor a la real.

2- El periscopio del submarino permite, mediante una combinación de espejos, ver lo que sucede sobre la superficie del agua. (Se trata, en realidad, de una simplificación, porque el periscopio también incluye lentes, pero ignórelo en su análisis).

	Reflexión	Refracción	Polarización
1			
2			
3			

**Pregunta 6**

Un rayo de luz pasa de un medio (a) a uno (b) como se ve en el gráfico. Marque con (C) cuál de las afirmaciones es correcta y con (I) cuál es incorrecta.



Al pasar de (a) a (b) la rapidez de la luz se mantiene constante.

C /  I

Al pasar de (a) a (b) la rapidez de la luz aumenta.

C /  I

Al pasar de (a) a (b) la rapidez de la luz disminuye.

C /  I

La densidad óptica de (b) es mayor que la de (a)

C /  I

El índice de refracción de (a) es menor que el de (b)

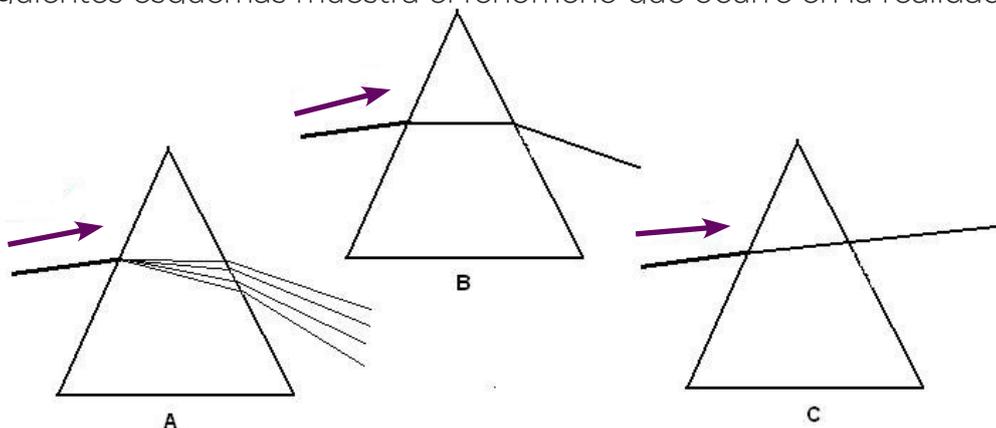
C /  I

La rapidez de la luz en (b) es de 300.000 km/s

C /  I

**Pregunta 7**

Se hace incidir luz de un solo color (se la llama «monocromática») sobre un prisma. Indique cuál de los siguientes esquemas muestra el fenómeno que ocurre en la realidad.



## UNIDAD 5 La energía eléctrica. Electrostática

Desde hace miles de años se conocen varios fenómenos vinculados con la electricidad, entre ellos los que se llevan a cabo en la atmósfera, como los rayos y los relámpagos. Durante mucho tiempo se dieron explicaciones mágicas de tales fenómenos y recién hace tres siglos comenzaron a estudiarse en forma sistemática y rigurosa. A partir de entonces los hallazgos en el campo de la electricidad han sido cada vez más frecuentes: se inventó la pila, dispositivos capaces de generar electricidad, la lámpara, el motor eléctrico y se comenzó a aprovechar las fuentes naturales de energía para obtener electricidad.

Pese a haber logrado semejante desarrollo, solo recientemente la ciencia ha podido proporcionar una explicación de qué es la electricidad. El siguiente ejemplo da una visión de lo que se conocía de ella hacia fines del siglo XVIII. En un libro escrito en Francia en esa época se describían muy variados usos de la electricidad en el telégrafo, en el teléfono, en la relojería, en la iluminación y en un gran número de aplicaciones a la reproducción del sonido, a la medicina, al transporte y a la industria. En la primera página del libro, sin embargo, se planteaba una pregunta fundamental: *¿Qué es electricidad?*, la cual se respondía de este modo:

*«No es posible contestar de lleno a semejante interrogación. No se puede todavía definir esa fuerza misteriosa, inaudita, cuya inmensidad escapa a todas nuestras investigaciones: no se la conoce más que por sus efectos»<sup>15</sup>.*

Hoy la ciencia dispone de un modelo para explicar los fenómenos eléctricos, a cuyo estudio dedicaremos la presente unidad. Según esta representación, los átomos están constituidos por neutrones, protones y electrones. Los dos últimos poseen una propiedad llamada carga eléctrica, que es la que participa en los fenómenos eléctricos: cada electrón tiene una carga negativa (que se suele indicar con un signo -) y cada protón una positiva (indicada +). Cada átomo posee normalmente la misma cantidad de electrones que de protones, de modo que las cargas de un signo se compensan con las del signo opuesto. Puesto que, en esas condiciones, no hay un exceso de ninguna de las dos cargas, los átomos son eléctricamente neutros.

De acuerdo con la interpretación del modelo, cuando el equilibrio de cargas se altera se puede poner de manifiesto una gran variedad de fenómenos eléctricos. En ellos siempre participan electrones, pues estos pueden desplazarse por el interior de un cuerpo o incluso pasar a otro cuerpo; eso no sucede con los protones, que prácticamente se encuentran fijos constituyendo el núcleo del átomo.

### Apelando a nuestra experiencia

*Como en otras unidades, le proponemos resolver situaciones vinculadas a sucesos cotidianos. Escriba las respuestas para cotejarlas a medida que avance en la lectura.*

**1-** Algunos fenómenos eléctricos pueden ponerse en evidencia mediante experimentos sencillos, tales como el simple frotamiento de algunas sustancias. Lo invitamos a reproducir algunos.

- a- Comience acercando una varilla de vidrio a trocitos de papel. Anote si observa algún hecho notable.
- b- Ahora frote la varilla repetidas veces usando un paño o una franela y acérquela a los papelitos. Anote lo que sucede. Anímese, y proponga una posible explicación para su observación basándose en la lectura del texto introductorio de esta unidad.

<sup>15</sup> Dary, Jorge. *Por el campo de la Electricidad*. México, Bouret, 1901

### Breves comentarios sobre la situación planteada

- Si realiza la experiencia de los ítems **a** y **b** podrá observar que, después de frotarla, la varilla puede atraer a los papelitos, así como a otros objetos livianos. La atracción es una consecuencia de que la varilla frotada se ha electrizado, es decir ha quedado cargada eléctricamente debido al frotamiento. Los científicos interpretan ese hecho del siguiente modo: antes de ser frotada, la varilla tenía la misma cantidad de electrones que de protones. Al frotar la varilla con la franela, esta arrancó electrones a la varilla, que pasaron a la tela. En consecuencia la tela adquirió cargas negativas, pues agregó nuevos electrones a los que ya tenía. La varilla, en cambio, al perder electrones quedó con protones de más, o sea, quedó cargada positivamente.

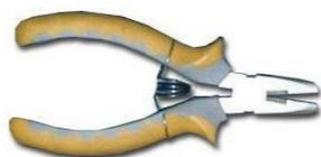
La experiencia muestra que algunos materiales, como el vidrio, son propensos a perder electrones y otros, como la tela, tienden a ganarlos. Esto permite establecer dos familias de materiales. Al enfrentar dos materiales de una misma familia que se encuentran cargados, estos se rechazan entre sí; en cambio, dos materiales cargados de familias diferentes se atraen. De estos resultados se deduce lo siguiente:

**Dos cuerpos con cargas eléctricas de igual signo se rechazan y dos cuerpos con cargas de distinto signo se atraen.**

Por las mismas razones, si se frota un globo con una tela y luego se lo pasa cerca de la cabeza, los cabellos se paran como muestra la figura.



### 5.1. Materiales buenos y malos conductores de la electricidad



La pinza de electricista de la imagen permite tocar cables con electricidad gracias a su mango con aislación de plástico.

Es posible distinguir dos grupos de materiales: los que permiten la conducción de electrones y los que no lo permiten. A los primeros se los denomina **conductores eléctricos** y a los otros, **aislantes** o **aisladores eléctricos**. El modelo atómico<sup>16</sup> interpreta esta diferencia de la siguiente manera: los materiales conductores son propensos a dejar escapar los electrones que se encuentran más alejados del núcleo de los átomos que constituyen ese material. Por esa razón, estos electrones son llamados **electrones libres**.

Los aislantes, en cambio, son materiales muy estables que no permiten el desplazamiento de sus electrones. Los metales son buenos conductores de la electricidad, especialmente la plata, el oro y el cobre. Entre los aislantes se pueden mencionar al vacío, la goma, la madera, el plástico y la porcelana.

La aislación eléctrica del aire es casi igual a la del vacío. Sin embargo, el aire pierde su capacidad de aislamiento cuando la electricidad es muy intensa y, entonces, se vuelve buen conductor. Eso es lo que ocurre en el aire de la atmósfera cuando se produce un rayo<sup>17</sup>.

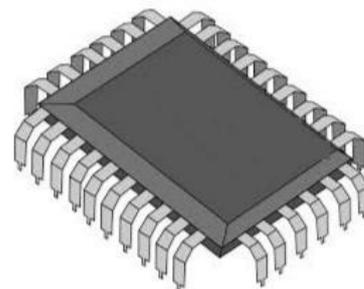
<sup>16</sup> Le recomendamos tener presente una actividad de la unidad 1, que plantea una experiencia «casera» en la que un muchacho arroja bolillitas dentro de una lata sin tapas, pero con «algo» en su interior. Si usted relee todo el texto correspondiente a esa experiencia, recordará una vez más lo que significa elaborar una representación denominada modelo. La experiencia de la lata mencionada guarda similitud con un experimento, realizado por Rutherford, Geiger y Marsden, que permitió pensar que la materia está formada por «granos» separados entre sí por «espacios vacíos».

<sup>17</sup> Los rayos son fuertes descargas eléctricas que viajan a través del aire de la atmósfera. Los más frecuentes se originan por la diferencia de cargas que hay entre la Tierra y cierto tipo de nubes. Por su extraordinaria energía, algunos rayos pueden causar daños muy severos.

## Lectura optativa

### Los semiconductores

Algunos materiales se incluyen en una categoría intermedia, la de los semiconductores y entre ellos se encuentran el silicio y el germanio. De los dos citados, el más utilizado hoy es el silicio, tanto por su abundancia en la naturaleza y su relativo bajo costo como por su facilidad de procesamiento.

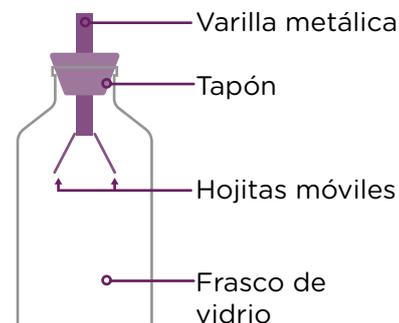


Los semiconductores son buenos aislantes en su estado «natural»; con el fin de conseguir mejorar la conductividad en sus superficies, a estos materiales se les añaden «impurezas» durante la fabricación. Por esa razón, la conductividad de un semiconductor se suele ubicar entre la de los conductores y la de los dieléctricos. Las aplicaciones de los semiconductores cubren una amplia variedad de artefactos electrónicos, como las computadoras, los elementos de control y numerosos aparatos domésticos. La imagen muestra un circuito integrado fabricado con semiconductores.

## 5.2. Los fenómenos electrostáticos

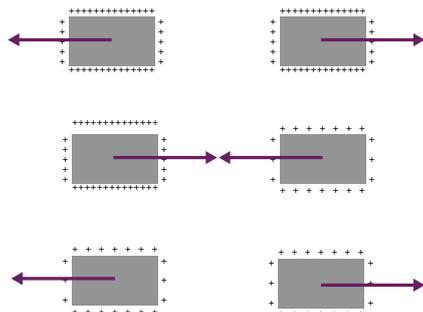
Ya vimos que un modo de pasar los electrones de un cuerpo a otro es frotando varias veces una regla plástica con una franela. En estos fenómenos el movimiento de las cargas dura apenas un momento, ya que ocurre mientras se frota a los cuerpos. Como las cargas casi no se mueven se los llama fenómenos **electrostáticos** (de «estático», que significa quieto).

¿Cómo se puede saber si un cuerpo está cargado o no? Con un instrumento llamado electroscopio. Uno muy sencillo consiste en un frasco de vidrio transparente, con un tapón en su boca, como se ve en la figura. El tapón tiene un agujero por donde pasa una varilla metálica. En uno de los extremos de la varilla hay dos hojitas móviles en «V» hechas del mismo material.



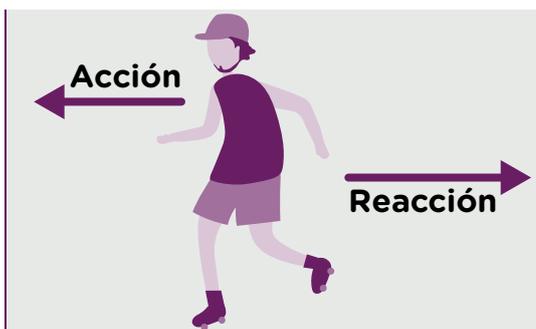
Al tocar la parte superior del instrumento con un cuerpo cargado (por ejemplo, negativamente), una parte de sus electrones se mueve por el interior de la varilla hacia las hojitas. Como las dos reciben cargas de igual signo, las hojitas se rechazan, abriéndose.

### La interacción electrostática



Las fuerzas electrostáticas pueden ser tanto de atracción como de repulsión. El esquema muestra nuevamente que cargas del mismo signo se rechazan y cargas de signo diferente se atraen. Usamos vectores<sup>18</sup> (flechas) para representar las fuerzas entre dos cuerpos cargados. Estas fuerzas pueden manifestarse sin que haya contacto entre los objetos. En los fenómenos electrostáticos, por otra parte, es perfectamente posible obtener por separado cargas eléctricas de un mismo signo.

<sup>18</sup> Recuerde que en la sección 2.3 hay una nota explicativa sobre el empleo de vectores.

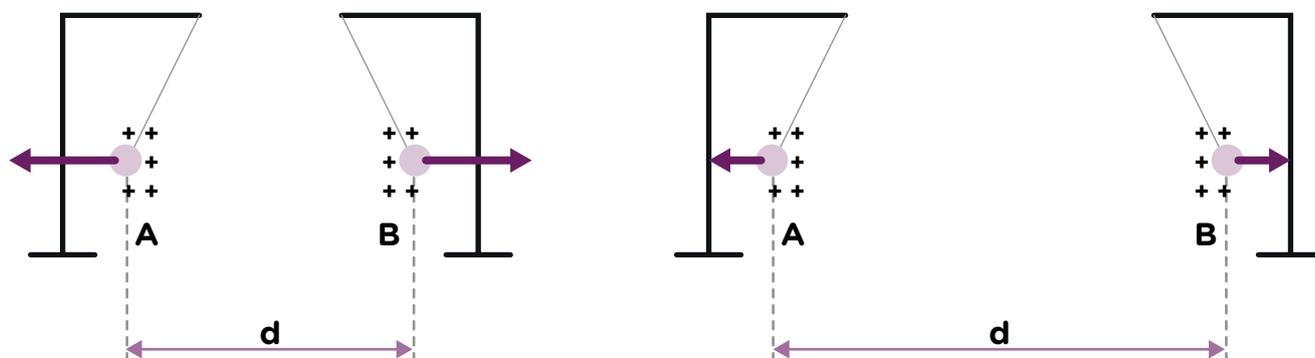


En la imagen puede notarse que las fuerzas se dan *de a pares*, a través de una interacción, es decir entre dos. Esta acción simultánea responde a uno de los tres principios de Newton: la Ley de Acción y Reacción<sup>19</sup>. Según esta ley, si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro (a la que se llama «acción»), recibe sobre sí una fuerza (llamada «reacción»).

La acción y la reacción tienen siempre la misma dirección, la misma intensidad y sentidos opuestos. Como ejemplo, la imagen muestra un niño parado sobre patines, que ejerce una fuerza (acción) sobre una pared. Aunque el niño aplica la fuerza en un sentido, su cuerpo avanza en el sentido opuesto. Eso es porque aparece una reacción sobre el niño. Por esa razón, si el motor de un cohete expulsa sus gases hacia atrás, la nave se mueve en sentido opuesto.

### La relación entre la fuerza electrostática y la distancia

Las dos figuras siguientes muestran dos cuerpos con cargas del mismo signo (**A** y **B**) que están colgados de hilos. Como se trata de una interacción, el cuerpo A se levanta por la repulsión provocada por B, y el B se levanta por la repulsión causada por A. Si compara las dos figuras, podrá notar que la fuerza con que un cuerpo repele (o atrae) al otro está relacionada con la distancia que separa a ambos. Cuanto mayor es la distancia, mucho menor es la fuerza electrostática. Y cuanto menor es la distancia, mucho mayor es la fuerza (por eso los vectores que representan las fuerzas en el segundo caso son más cortos).



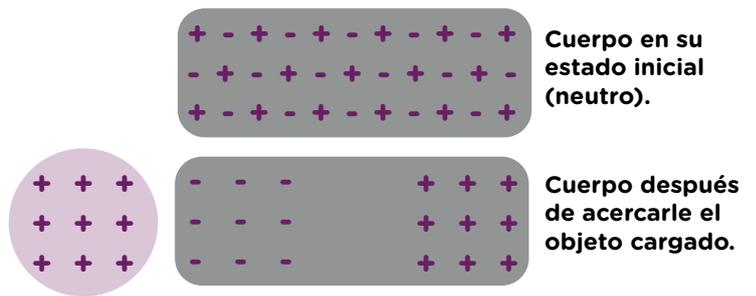
En realidad, la Fuerza **F** está vinculada no solo con la distancia **d**, sino también con la intensidad de cada carga **q**, según esta relación:  $F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$  (donde K es solo una constante de proporcionalidad) esto significa que si una de las cargas aumenta al doble, la F también crece en esa proporción. Es decir, **F y q son directamente proporcionales**. (Aclaremos que si cada una de las dos cargas aumenta al doble, la F crece 2 por 2 veces, o sea 4 veces) La fuerza F y la distancia son **inversamente proporcionales con el cuadrado**. Por eso, si d aumenta al doble, la F disminuye cuatro veces (que es el cuadrado de 2). Si d aumenta al triple, la F disminuye nueve veces (cuadrado de 3). Y si d disminuye a la mitad, F aumenta 4 veces. Del mismo modo, si la distancia se redujera a un cuarto de la original, la fuerza aumentaría dieciséis veces.

Esta relación entre **F**, **K** y **d** fue planteada por el físico francés Charles-Augustin de Coulomb (1736-1806) y se la conoce con su nombre.

<sup>19</sup> Esta ley, junto con la de *Inercia* y la de *Masa*, se expone en uno de los libros fundamentales de la Física, el *Principia*, escrito por Isaac Newton en 1687.

### 5.3. La inducción electrostática

Ya señalamos que normalmente un cuerpo tiene el mismo número de cargas positivas y negativas y, por eso, no manifiesta efectos eléctricos. Supongamos que ese cuerpo esté hecho de un material conductor y que a él se le acerca un objeto cargado. Las fuerzas electrostáticas que aparecen sobre el primer cuerpo hacen que sus cargas se separen. En la figura se presenta uno de los dos casos posibles.



Como el objeto tiene cargas positivas, atrae las cargas negativas del primer cuerpo, originalmente en equilibrio. Al mismo tiempo, sus cargas positivas son repelidas. Como consecuencia, las cargas se redistribuyen dentro del cuerpo, de modo que las de cada signo ocupan uno de los extremos. Es importante tener en cuenta que, como ya se explicó, los protones no se desplazan. Lo que ocurrió es que la zona cargada negativamente recibió los electrones del otro extremo, y la zona positiva quedó con ese signo al perder sus electrones.

Como el número total de cargas en el cuerpo no cambia, el efecto desaparece al alejar el objeto cargado. En ese momento la distribución de cargas en el cuerpo vuelve a ser pareja.

Si el cuerpo está hecho de un material mal conductor, al acercarle un objeto cargado también se produce el efecto de inducción. La diferencia con el caso anterior es que aquí los electrones apenas se desplazan porque su movimiento es mucho más dificultoso. Sin embargo, es suficiente para que el cuerpo deje de ser neutro. Eso es lo que sucede cuando acercamos una regla cargada por frotamiento a un papelito.

### El campo eléctrico

Cuando un cuerpo se carga eléctricamente, en torno a él puede manifestarse un conjunto de fenómenos. Vimos que pueden aparecer, por ejemplo, fuerzas de atracción o de repulsión con otros cuerpos. Ello ocurre porque la carga del cuerpo «llena» con un campo eléctrico el espacio que tiene a su alrededor<sup>20</sup>. Para analizar con más detalle la situación, vamos a considerar una carga eléctrica que está aislada en el espacio, a la cual se le aproxima una segunda carga. Al hacerlo, esta segunda carga quedará «sumergida» dentro del campo eléctrico generado por la primera.

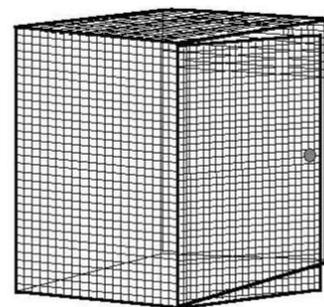
¿De qué modo «sentirá» la segunda carga la presencia del campo? En forma de una fuerza eléctrica, ya que será repelida por ella (si ambas cargas poseen el mismo signo) o atraída (si tienen signos opuestos). El espacio cercano a la primera carga tiene algo que «lo llena» y que es la causa de la acción sobre la segunda carga. Ese algo invisible e inmaterial que modifica las características del espacio es, en este caso, un **campo eléctrico**.

¿Cómo se puede saber si en un cierto lugar existe o no un campo eléctrico? Los ejemplos anteriores muestran que, aunque los campos no se ven, pueden ponerse de manifiesto. Entonces, si colocamos un cuerpo cargado en el lugar investigado, a partir de observar su comportamiento podremos detectar si hay o no un campo eléctrico. Gracias a la noción de campo es posible explicar cómo pueden generarse fuerzas a distancia sobre los objetos, es decir, sin que sea necesario estar en contacto con ellos. Los campos eléctricos pueden ser atractivos o repulsivos, según participen cargas o polos de distinto o igual nombre. En cambio, cuando el campo es provocado por la gravedad (que se llama **campo gravitatorio**), solo se evidencian efectos atractivos.

<sup>20</sup> Aunque empleamos la palabra «llena», debe quedar claro que el campo es inmaterial. Por eso recurrimos a las comillas.

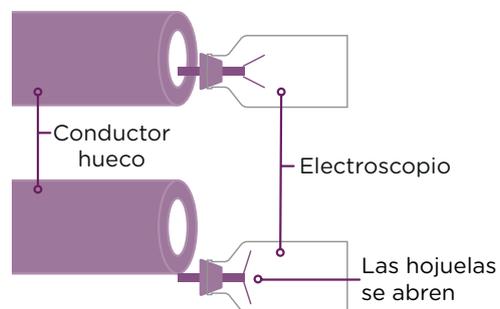
*Lectura optativa***Una aislación para campos eléctricos**

Los campos eléctricos forman parte de nuestra experiencia cotidiana, generalmente producidos por televisores y monitores de computadora, por tubos fluorescentes y por otros artefactos eléctricos. A veces, para evitar interferencias que pueden afectar el buen funcionamiento de algunos de esos aparatos, se requiere contar con una aislación de esos campos, para lo cual se emplea una cubierta con una malla metálica conectada a tierra, llamada **Jaula de Faraday** (en la imagen). El nombre hace honor al notable científico inglés Michael Faraday, quien junto a James Clerk Maxwell participó en la construcción de la idea de «campo».

*Lectura optativa***Las cargas en un conductor y el efecto de las puntas**

Cuando un material conductor está cargado eléctricamente, la distribución de las cargas en su interior no es pareja. Eso puede verificarse fácilmente empleando un electroscopio y un conductor cilíndrico hueco, tal como muestra la figura.

Cuando la varilla del electroscopio se pone en contacto con la parte interior del conductor, las hojuelas no se separan. En cambio, sí hay separación al tocar la parte exterior con la varilla. Eso indica que hay cargas en la superficie exterior del conductor, y que no las hay en la parte interior.



Este comportamiento puede ser explicado a partir de conocimientos ya adquiridos. Por un lado, aprendimos que las cargas pueden moverse libremente dentro de los conductores. También sabemos que las cargas del mismo signo se repelen. Entonces, es razonable pensar que en el interior de un conductor las cargas se situarán de manera que cada una quede lo más alejada de las vecinas. Eso se consigue cuando se disponen sobre la superficie externa del conductor.

Usando el electroscopio también puede verificarse que, en cuerpos curvos irregulares, hay más concentración de cargas en las zonas de mayor curvatura. La acumulación de cargas será mayor cuanto más puntiaguda sea la zona considerada. En las puntas muy agudas, las cargas se encuentran tan cercanas entre sí que pueden llegar a saltar hacia el aire debido a la gran fuerza de repulsión.

## SÍNTESIS UNIDAD 5

Esta unidad ha sido dedicada a la electrostática, es decir, a la electricidad cuando permanece prácticamente en reposo. Se espera que usted haya logrado:

- *analizar la naturaleza de varios fenómenos en los que participa la electricidad.*
- *reconocer las distintas formas en que puede cargarse un cuerpo apelando a experimentos sencillos.*
- *distinguir los conceptos de **fuerza eléctrica** y de **carga**.*
- *advertir que dos cuerpos con cargas eléctricas de igual signo se rechazan y que dos cuerpos con cargas de distinto signo se atraen.*
- *comprender la **ley de Coulomb**.*
- *diferenciar materiales que son **buenos conductores eléctricos** de los que son **malos conductores** o **aislantes eléctricos**.*
- *distinguir al **campo eléctrico** que se genera alrededor de un cuerpo cargado.*

En la siguiente unidad volveremos a poner la mirada en la electricidad. Allí profundizaremos la información que usted adquirió, y la aplicaremos al caso en que las cargas eléctricas se hallan en movimiento.



**5.5. Evaluación**

**Pregunta 1**

Indique si estas afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

- a. En los fenómenos eléctricos participan tanto electrones como protones, porque los dos pueden moverse por el interior de un cuerpo.  V /  F
- b. La abertura de las hojuelas móviles de un electroscopio permite diferenciar el nivel de carga que tiene el cuerpo analizado.  V /  F
- c. El aire siempre es un excelente aislante eléctrico.  V /  F
- d. Para detectar si en un lugar hay o no un campo eléctrico, hay que analizar el comportamiento de un cuerpo cargado en el lugar investigado.  V /  F
- e. La inducción electrostática puede darse tanto en materiales conductores como en dieléctricos.  V /  F

**Pregunta 2**

Si pasa su brazo cerca de la pantalla de un televisor encendido, notará que los vellos del brazo se paran. ¿Qué ocurrirá si toca con un electroscopio la pantalla?

- A. Las hojuelas del electroscopio no van a moverse.
- B. Las hojuelas del electroscopio van a separarse.
- C. Las hojuelas del electroscopio van a juntarse.

**Pregunta 3**

En el esquema las bolitas grises (chicas) representan electrones y las violetas (grandes) protones. Marque cuáles situaciones son correctas (C) y cuáles incorrectas (I).

<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I	<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I	<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I
<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I	<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I	<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I
<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I	<input type="radio"/> C / <input type="radio"/> I	

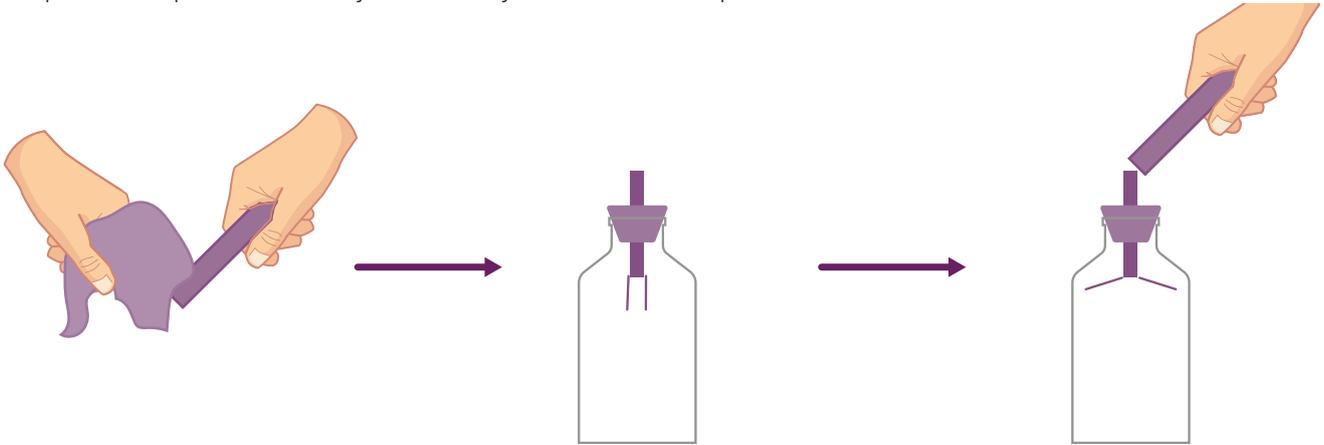
**Pregunta 4**

Entre dos cargas eléctricas separadas por una distancia **d** se manifiesta una fuerza de repulsión **F** de un cierto valor. Indique qué sucede con la fuerza F en cada uno de los casos del cuadro:

	¿aumenta?	¿disminuye?	¿cuántas veces?
La distancia d aumenta al triple.			
La distancia d aumenta seis veces.			
La distancia d disminuye a la mitad.			
La distancia d disminuye a la cuarta parte.			
La distancia d disminuye diez veces.			

### Pregunta 5

Las imágenes muestran una experiencia realizada con un electroscopio. En el primer paso se frota una regla de plástico con un paño. Luego se acerca la regla al electroscopio, sin tocarlo. ¿Por qué se separan las hojuelas? Elija una de las opciones:



- A. Las hojuelas se separan porque se cargan con el mismo signo que la carga de la regla.
- B. Las hojuelas se separan porque no tienen cargas.
- C. Las hojuelas se separan porque se cargan con signo diferente a la carga de la regla.

### Pregunta 6

Indique verdadero (V) o falso (F) en cada afirmación.

Las atracciones o repulsiones eléctricas se producen porque la materia tiene masa.  V /  F

La buena conductividad de los metales se debe a que tienen electrones libres.  V /  F

Si se frota un cuerpo neutro y queda cargado negativamente, ha perdido protones.  V /  F

Un cuerpo cargado puede atraer a un cuerpo neutro porque puede polarizarlo.  V /  F

### Pregunta 7

Dos cuerpos pequeños que están cargados eléctricamente con cargas de igual signo  $q_1$  y  $q_2$  se encuentran separados una distancia  $d$ . En esas condiciones la fuerza de interacción entre ellos es de **12 N**. Complete el cuadro siguiente, dando el valor de la fuerza de interacción entre los cuerpos, cuando se realizan los siguientes cambios. (Considere que cada situación es independiente; es decir, que debe compararse con el mismo caso inicial).

	Fuerza
El valor de $q_1$ se duplica y las otras magnitudes quedan igual.	
El valor de $q_2$ se reduce a la sexta parte y las otras magnitudes no cambian.	
La distancia $d$ aumenta al doble y las cargas no se modifican.	
Solo se cambia el signo de ambas cargas.	
Se duplican las tres magnitudes: $q_1$ , $q_2$ y $d$ .	

## UNIDAD 6 El transporte de energía eléctrica

### La corriente eléctrica

En la unidad 5 usted ha tomado contacto con experimentos sencillos que pusieron en evidencia algunos fenómenos eléctricos. Cuando se establece un pasaje de cargas de un cuerpo hacia otro, se está en presencia de una **corriente eléctrica**.

En la misma unidad reconocimos que la corriente se establece o no según el material. Distinguimos así los materiales denominados buenos conductores eléctricos y los malos conductores o aislantes eléctricos. El modelo científico interpreta la diferencia entre ambos tipos de la siguiente manera: los materiales conductores son propensos a dejar «*escapar*» los electrones que se encuentran más alejados del núcleo del átomo. Por esa razón, estos electrones son llamados **electrones libres**. Los aislantes, en cambio, son materiales muy estables que no permiten el desplazamiento de sus electrones. Estos pueden ser «*arrancados*» por frotamiento.

En esta unidad nos ocuparemos de analizar las características de las corrientes eléctricas y las relaciones que se establecen entre un conjunto de variables que describen los comportamientos de esas corrientes.

### Apelando a nuestra experiencia

*Volvemos a plantear situaciones vinculadas con sus experiencias cotidianas sobre la electricidad, lo cual le permitirá anticipar algunas ideas presentadas a lo largo de esta unidad.*

1- Señale si, a su juicio, las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Intente justificar sus respuestas.

a- Los metales -como la plata, el oro y el cobre- y sus aleaciones -bronce, acero, etc.- son buenos conductores de la electricidad. Entre los aislantes se pueden mencionar la goma, la madera, el plástico y la porcelana.

b- Los cables de uso cotidiano pueden ser «simples» o «dobles». Las partes internas son de material conductor y las externas de material aislante.

c- Las lamparitas tradicionales (incandescentes) poseen un filamento, que es un alambrecito muy delgado de un metal llamado tungsteno o wolframio. Cuando circula electricidad por el filamento, **toda** la energía eléctrica se convierte en luz.

2- Suponga que usted ha conseguido encender una lamparita, como las que se usan en las linternas, recurriendo a una conexión de cables, un portalámpara y una pila. ¿Le parece que encendería la lamparita si se diese vuelta la pila? ¿Por qué?

3- Probablemente alguna vez usted ha visto cómo ciertos tipos de elementos que se emplean en electricidad se representan con símbolos. Explique cuál cree que será la ventaja de apelar a símbolos en lugar de usar dibujos «*realistas*».

4- En la unidad 2 ya vimos que cada una de las maneras en que la energía puede manifestarse es una **forma de energía** y que es posible pasar de una forma de energía a otras formas distintas; si eso ocurre, se produce una **transformación de energía**. Complete el siguiente cuadro, indicando las formas de energía que se entregan y las formas que se producen en cada caso. A modo de ejemplo, considere que las pilas son elementos que tienen almacenada **energía potencial química**. Al ser conectadas comienzan a proveer **energía eléctrica**, que hace circular a los electrones.

	¿Qué formas de energía reciben?	¿Qué formas de energía entregan?
Estufa eléctrica		
Generador eólico		
Tubo fluorescente		
Televisor		
Usina hidroeléctrica		
Timbre		
Ventilador		
Radio		

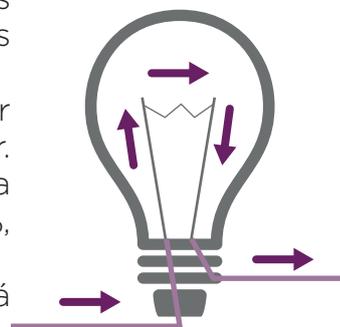
### Breves comentarios sobre los problemas planteados

Los conceptos involucrados en esta actividad serán desarrollados en el texto. La actividad intenta generar una pequeña reflexión anticipada a esa lectura.

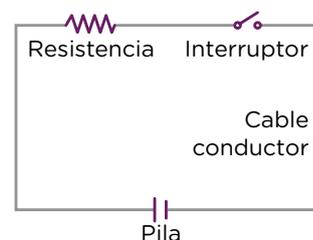
- Estas son las respuestas para el punto **a**: Las afirmaciones **1** y **2** son correctas. En el caso particular de la **2**, añadiremos que las partes internas de un cable de uso cotidiano es de un material metálico (generalmente cobre) por el que puede circular la electricidad. La parte exterior es de un material aislante (plástico o, menos frecuentemente, goma). Gracias a la presencia del aislante, se puede tocar un cable sin que la electricidad llegue a nuestro cuerpo. Los cables suelen tener uno o dos conductores separados; en el primer caso se acostumbra llamarlos cables **monopolares** o **unipolares** y en el segundo **bipolares**.

La afirmación **c** no es correcta debido a que, al circular electricidad por el filamento, este produce tanto luz como calor. En realidad, la proporción de energía eléctrica que se transforma en energía lumínica suele ser muy baja, del orden del 10 o 15%, correspondiendo el resto de la transformación al calor.

Como información adicional, agreguemos que el filamento está situado dentro de una cubierta de vidrio transparente, de cuyo interior se ha sustituido el oxígeno por un gas inerte (argón o nitrógeno) para evitar que el filamento se queme.



- Con respecto al punto 1, los electrones pueden circular por la lámpara en cualquier sentido. Pueden, en efecto, entrar por uno cualquiera de los terminales de la lámpara y salir de ella por el otro terminal<sup>21</sup>.
- En el punto c esperamos que usted haya advertido la «economía gráfica» que supone el empleo de símbolos en lugar de usar dibujos «realistas». Por otra parte, al haber acuerdo acerca del uso convencional de cada símbolo, se logra evitar interpretaciones imprecisas o erróneas acerca de lo que se desea indicar. En la imagen se representa un circuito eléctrico.



<sup>21</sup> Esto no siempre es así: para el circuito de una radio y de otros aparatos electrónicos, hay una única forma posible de conectar las pilas; generalmente está indicada en el cuerpo del aparato. Y si la electricidad se usa para hacer funcionar un motor del tipo de los que tienen algunos juguetes, al cambiar la forma de conexión cambia el sentido de giro del motor.

	¿Qué formas de energía reciben?	¿Qué formas de energía entregan?
Estufa eléctrica	<i>E eléctrica</i>	<i>calor, E lumínica, magnética.</i>
Generador eólico	<i>E de movimiento (del viento)</i>	<i>E de movimiento de la turbina eólica, y luego E eléctrica, magnética, calor.</i>
Tubo fluorescente	<i>E eléctrica</i>	<i>E lumínica, magnética, calor.</i>
Televisor	<i>E eléctrica</i>	<i>E de movimiento del parlante (acústica), E lumínica, magnética, calor.</i>
Usina hidroeléctrica	<i>E de movimiento (del agua)</i>	<i>E de movimiento de las turbinas, y luego E eléctrica, magnética, calor.</i>
Timbre	<i>E eléctrica</i>	<i>E de movimiento (acústica), magnética, calor.</i>
Ventilador	<i>E eléctrica</i>	<i>E de movimiento, magnética, calor.</i>
Radio	<i>E eléctrica</i>	<i>E de movimiento del parlante (acústica), magnética, calor.</i>

En los textos que siguen usted podrá apreciar que, para que los electrones se puedan mover de un átomo a otro hay que suministrarles energía, o sea algún dispositivo que incorpore una diferencia de potencial (tensión) entre los extremos de un conductor. Así como el calor fluye desde un punto a mayor temperatura hacia uno de menor temperatura, con la electricidad pasa algo similar. Es necesario que exista una diferencia de potencial entre los extremos de un conductor para que la carga fluya; sin esta tensión la carga no se mueve. Esta idea es fundamental para comprender el concepto de corriente eléctrica.

Existen varios modos de lograr el desplazamiento de los electrones recurriendo a pilas y a otros elementos conocidos. Cuando se emplean pilas, el desplazamiento de electrones se establece siempre en un mismo sentido, desde el polo negativo de las pilas hacia el positivo. En esos casos se dice que la corriente es **continua** o **directa**. Además de las pilas, también puede usarse la electricidad producida por otros dispositivos que, a diferencia de aquellas, cambian permanentemente el sentido y la intensidad de circulación de la corriente que generan. Como en este caso el sentido de circulación va alternándose, la corriente se denomina **alterna**. En realidad, la «*circulación*» en este caso es muy restringida, pues la «*orden*» del cambio de sentido es tan rápida que los electrones solo llegan a realizar vaivenes alternados en torno a una posición relativamente fija.

## 6.1. Los circuitos eléctricos

Lámparas, pilas, cables y otros elementos pueden ser configurados según una disposición que se conoce como circuito eléctrico, un concepto que ya apareció párrafos atrás. El término «*circuito*» da idea de ciclo, de camino continuo, sin interrupciones, que es recorrido por la electricidad tal como ocurre con los automóviles en las pistas de carrera.

A cualquier elemento que «*consume*» energía eléctrica, como una plancha, una radio, una computadora o cualquier otro aparato eléctrico, se le asigna la denominación de **resistor** o **resistencia** y se lo representa con una sucesión de pequeñas líneas ascendentes y descendentes, como un serruchito. Los circuitos pueden armarse según una disposición **en serie** o una **en paralelo**, o bien mediante una combinación de esas dos formas básicas.

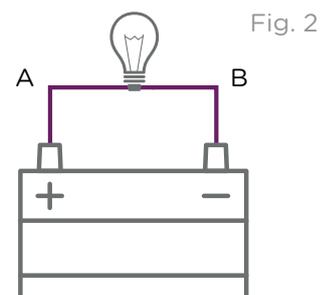
Para producir circulación de corriente entre los puntos A y B de un material conductor, como el de la figura, es necesario que exista una **diferencia de potencial** entre A y B. Se llama diferencia de potencial (o tensión, y también «*voltaje*») a la fuerza que impulsa el movimiento de las cargas.

Fig. 1



Se mide en voltios.

Durante un tiempo, las pilas y las baterías entregan una diferencia de potencial permanente que permite la circulación continua de corriente. En el caso ilustrado, la bombita está conectada a los bornes (contactos) de la batería. Si la batería está descargada, no existe diferencia de potencial entre A y B, y no hay circulación de corriente. Por lo tanto la bombita no enciende. Si la batería tiene carga, la diferencia de potencial genera la corriente que pasa por el filamento de la bombita, la cual se pone incandescente y emite luz.



### Una analogía hidráulica

Se suelen explicar fenómenos eléctricos recurriendo a una «analogía hidráulica»<sup>22</sup> con depósitos de agua y cañerías. De ese modo se comprenden conceptos de cierta complejidad, tales como la relación entre la **diferencia de potencial**, la **resistencia** del circuito y la **intensidad** de la corriente eléctrica. No hay que perder de vista que si bien este tipo de comparaciones son útiles para explicar un conjunto de aspectos, hay muchas otras cuestiones para las cuales la comparación no será válida.

En la fig.3a se ven dos recipientes (1 y 2) unidos por un caño. El nivel de agua es mayor en 1 que en 2. A medida que el nivel de 1 desciende y el de 2 aumenta, el desnivel  $\Delta h$  se hace menor y el caudal de agua en el caño va disminuyendo. El agua dejará de circular cuando los dos niveles se igualen, o sea cuando  $\Delta h=0$ .

Fig. 3a

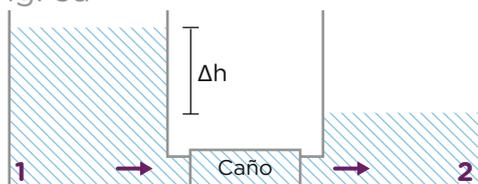
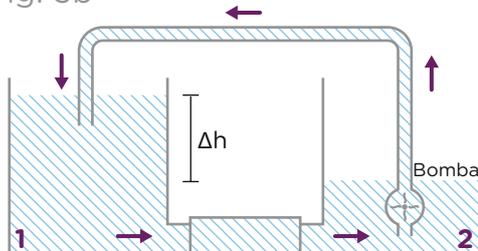


Fig. 3b



Imagine que añadimos una bomba que devuelve al recipiente 1 la misma cantidad de agua que llega al 2. Así se mantendrá el desnivel  $\Delta h$  y el líquido circulará permanentemente, como se ve en la figura 3b:

Así como el desnivel  $\Delta h$  produce la circulación del agua, la diferencia de potencial de la batería provoca la circulación de las cargas. Por otra parte, el diámetro del caño de unión ofrece una mayor o menor resistencia al paso del agua. Esto puede compararse con la resistencia al paso de la corriente que ejercen diferentes conductores. El caudal (que es la cantidad de líquido por segundo) se puede asemejar a la intensidad de corriente, que es la cantidad de cargas que pasan por segundo por el conductor.

En esta analogía, la bomba entrega energía para mantener el desnivel  $\Delta h$ ; la pila o la batería aportan energía para mantener la diferencia de potencial eléctrico.

## 6.2. La ley de Ohm

A principios del siglo XIX el físico alemán Georg Simon Ohm (1789-1854) realizó una serie de experimentos que le permitieron relacionar la tensión o diferencia de potencial (comúnmente llamado «voltaje») aplicada a los extremos de un conductor con la intensidad de la corriente que circulaba por ese conductor, es decir, con el número de cargas que se desplazaban. Ohm notó que, a medida que modificaba la tensión en un circuito, obtenía nuevos valores de intensidad. Si en cada una de las situaciones efectuaba el cociente entre ambos, obtenía un cierto valor constante (desde luego, dentro de las pequeñas variaciones esperables en el contexto de un experimento). A ese valor lo denominó resistencia. La expresión matemática de la relación es:  $\frac{V}{i} = \text{constante} = R$  donde **V** es la tensión o voltaje, **i** es la intensidad de la

<sup>22</sup> Según la Real Academia Española, una analogía es una «relación de semejanza entre cosas distintas» o un «razonamiento basado en la existencia de atributos semejantes en seres o cosas diferentes».

corriente y  $R$  es la resistencia. A esta expresión se la conoce actualmente como **ley de Ohm**. El científico alemán notó que el valor de la resistencia  $R$  dependía del conductor que usara en su circuito. Como la intensidad aumentaba al incrementarse el voltaje, pero disminuía al crecer la resistencia, dedujo que la resistencia podía interpretarse como la oposición que manifiesta un cuerpo al pasaje de corriente eléctrica.

Si escribimos la ley de Ohm así:  $I = V / R$  se ve claramente que la intensidad de corriente es directamente proporcional a la diferencia de potencial que entrega la batería e inversamente proporcional a la resistencia que ofrece el conductor.

La unidad más usual en que se expresa la intensidad de la corriente es el ampere o amperio (se abrevia A), en homenaje al físico y matemático francés André-Marie Ampère (1875- 1936). En un circuito circula una corriente de 1 A cuando, en cada segundo, por él se desplaza un número determinado de electrones, que equivale a más de 6 trillones de cargas<sup>23</sup>. Cuando circula 1 ampere y la tensión aplicada es de 1 V, entonces la resistencia del circuito es de 1 ohm u ohmio (que se lo representa con la letra griega omega).

### Lectura optativa

#### La resistencia y la resistividad

El valor de la resistencia depende de dos factores:

a) Las características geométricas del conductor, que son la longitud ( $l$ ) y la sección ( $S$ )

(superficie que se obtiene al cortarlo perpendicularmente);

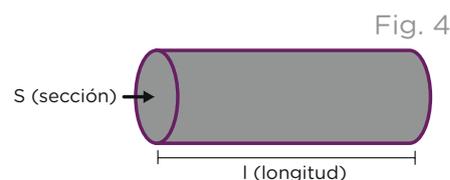
b) La resistividad (se identifica con la letra griega  $\rho$ ) que depende del material con que está construido el conductor.

Podemos calcular la resistencia aplicando la ecuación:

$$R = \rho l / S$$

En esta expresión,  $R$  es la resistencia del conductor;  $\rho$  es la resistividad propia del material con el que está construido;  $l$  es la longitud y  $S$  es la sección del conductor.

Entonces, la resistencia de un conductor construido en un material determinado es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la sección.



### 6.3. Circuitos eléctricos en serie y en paralelo

Las resistencias de un circuito eléctrico pueden conectarse en serie, en paralelo, o en una combinación de ambos.

#### Resistencias en serie

Responden a una configuración como la de la figura 5. Si hay una interrupción en un punto deja de circular corriente en todo el todo el circuito. Si se tratara de tres lamparitas conectadas en serie con una batería, sería suficiente que una de ellas se quemara para que las otras dos dejaran de funcionar.

<sup>23</sup> La elección de este número de cargas obedece a razones de orden práctico que no expondremos aquí.

La resistencia total de las tres agrupadas en serie se denomina resistencia equivalente de la serie,  $R_s$  y se calcula como:  **$R_s = R_1 + R_2 + R_3$** .

La intensidad de corriente será:  $I = V/R_s$  y su valor será el mismo para todos los puntos del circuito (porque los electrones que circulan por una de las resistencias son los mismos que circulan por las otras). Veamos un ejemplo concreto en la figura 6:

Fig. 5



Fig. 6



La resistencia equivalente la calculamos como:  $R_s = 1 \text{ ohm} + 2 \text{ ohm} + 3 \text{ ohm} = 6 \text{ ohm}$

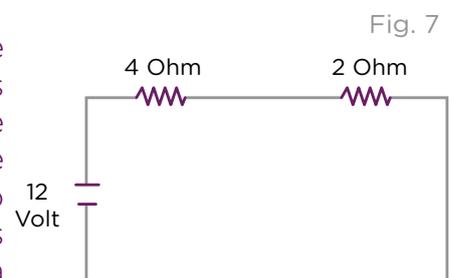
Aplicando la ley de Ohm podemos calcular la intensidad de corriente:

$I = V/R_s = 12 \text{ volt}/6 \text{ ohm} = 2 \text{ amperes}$  (que circulan por todas las resistencias).

### Lectura optativa

#### Las caídas de potencial

Se llama así a la tensión que soporta cada una de las resistencias de un circuito. La suma de todas las caídas es igual al valor de la tensión de la batería que alimenta el circuito. Si las resistencias son todas de igual valor, la caída en cada una se obtiene dividiendo la tensión de la batería por la cantidad de resistencias del circuito. Si los valores de  $R$  son diferentes, la caída se divide proporcionalmente a cada una (fig.7).



En este caso, dado que la resistencia  $R_1$  es el doble de la  $R_2$ , el voltaje en cada una estará en la misma proporción. Es decir, en la  $R_1$  caerán 8 volt y en la  $R_2$  4 volt, que sumados dan los 12 volt que entrega la batería.

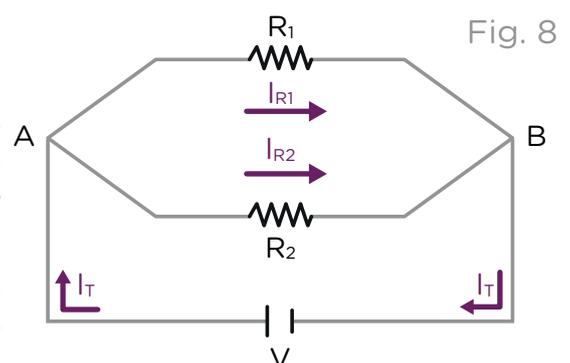
Si calculamos la intensidad de corriente en cada resistencia, aplicando la ley de Ohm obtendremos:  $I = 2 \text{ A}$  en las dos, tal como se espera en un circuito en serie.

#### Resistencias en paralelo

Dos resistencias conectadas en paralelo responden al siguiente esquema

Los puntos A y B, donde convergen tres o más conductores, se llaman nodos. La corriente que llega a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. En este caso,  $I_T$ .

(Intensidad Total) que llega al nodo A es igual a la suma de las corrientes  $I_{R1}$  y  $I_{R2}$  que pasan por las respectivas resistencias.



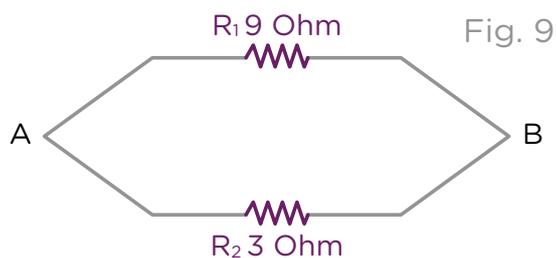
La diferencia de potencial que soportan las dos resistencias es la misma para ambas ya que la batería está conectada a las dos en los puntos A y B. Note que es como si se hubieran «superpuesto» dos circuitos de una sola resistencia.

A diferencia del circuito en serie, aquí no se distribuye el voltaje que entrega la batería entre las dos resistencias. Además, si se interrumpe una de las ramas (por ejemplo, porque se quema una bombita), la corriente sigue circulando con la misma intensidad por la otra rama.

La resistencia equivalente de un circuito en paralelo se calcula a partir de la expresión:

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2$$

O sea que la obtenemos sumando las inversas de las resistencias que lo componen para luego invertir el valor obtenido. La resistencia equivalente de un paralelo es menor que la menor de las resistencias que lo componen. Veamos un ejemplo:



$$1/R_p = 1/9 + 1/3 = 4/9 \text{ ohm} \quad R_p = 9/4 \text{ ohm} = 2,25 \text{ ohm}$$

Como se observa, la resistencia equivalente es menor que la de 3 ohm del esquema.

Entonces, si en un circuito se agrega una resistencia en serie, la resistencia total aumenta y la intensidad de corriente disminuye.

En cambio, cuando se añade una resistencia en paralelo, la resistencia total disminuye. En este caso, por la ley de Ohm, la intensidad total de corriente aumenta.

## SÍNTESIS UNIDAD 6

En esta unidad se han desarrollado contenidos asociados a la electricidad en movimiento, es decir a las corrientes eléctricas. Se espera que haya logrado:

- advertir que la energía puede manifestarse de varias formas y es posible la *transformación* de una forma en otra.
- comprender que la corriente eléctrica es un desplazamiento de *electrones libres* que se establece en el interior de los materiales conductores.
- diferenciar una corriente *continua* de una *alterna*, según si el desplazamiento de electrones es en un mismo sentido o va alternándose.
- tomar contacto con la *ley de Ohm*, que muestra la relación entre la *tensión*, la *resistencia* y la *intensidad* de la corriente eléctrica, y aplicar la ley en contextos específicos.
- conocer los circuitos *eléctricos* y saber representarlos mediante *símbolos* establecidos.
- distinguir las características de circuitos configurados en serie y de circuitos en *paralelo*.
- explicar el comportamiento de los circuitos eléctricos mediante *analogías hidráulicas*.

En la siguiente unidad se estudia el magnetismo y sus relaciones con la electricidad.

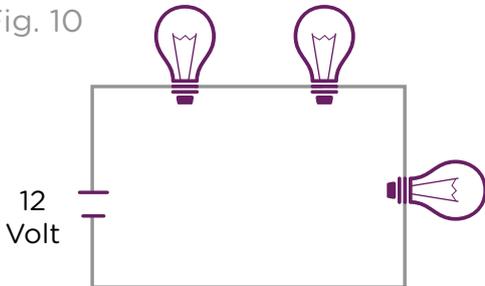


**6.5. Evaluación**

**Pregunta 1**

En el circuito de la figura 10 hay tres lámparas iguales conectadas a una batería de 12 volt. Indique si cada afirmación es correcta (C) o incorrecta (I):

Fig. 10



- a) Las lámparas están conectadas en serie.  C /  I
- b) Las lámparas están conectadas en paralelo.  C /  I
- c) La luminosidad que emite cada lámpara es la misma en las tres.  C /  I
- d) Cada lámpara soporta un voltaje de 12 volt.  C /  I
- e) Cada lámpara soporta un voltaje de 4 volt.  C /  I

**Pregunta 2**

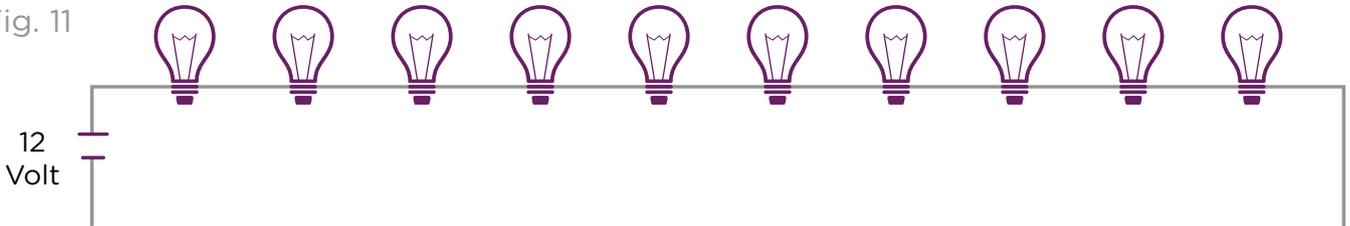
Un señor dispone de 3 resistencias de 30 ohm cada una, una batería de 10 volt y los cables para armar un circuito eléctrico. Indique con (C) o (I) cual de los siguientes armaría para que circule la mayor intensidad de corriente en cada una de las resistencias: a) Circuito serie. b) Circuito paralelo.

**Pregunta 3**

En la figura 11 se ilustra una guirnalda de luces de 10 lámparas iguales conectadas a una batería de 12 volt. Cada lámpara tiene una resistencia de 2 ohm.

En cada una de las siguientes afirmaciones, indique verdadero (V) o falso (F):

Fig. 11

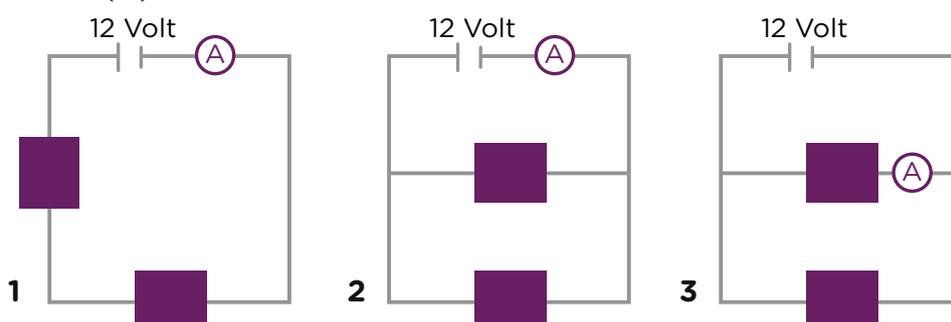


- a) Cada lámpara soporta 1,2 volt.  V /  F
- b) Cada lámpara soporta 12 volt.  V /  F
- c) Si las conectara en paralelo todas las lámparas tomarían 12 volt con una intensidad de corriente  $I = 6$  amp.  V /  F
- d) Conectadas en serie, por cada lámpara pasan 0,6 amp.  V /  F

**Pregunta 4**

¿En cuál de los tres circuitos (numerados 1, 2 y 3 en la figura 12) es mayor la indicación del amperímetro (A)?

Fig. 12



A Amperímetro

### Pregunta 5

Dos lámparas idénticas, de igual resistencia (que denominamos 1 y 2), aceptan un voltaje máximo de 12 volt. Con ellas se arman estos dos circuitos:

En cada una de las afirmaciones, indique verdadero (V) o falso (F):

Fig. 13

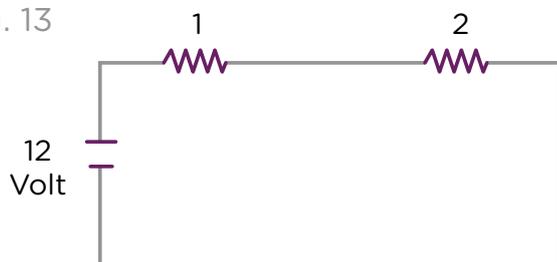
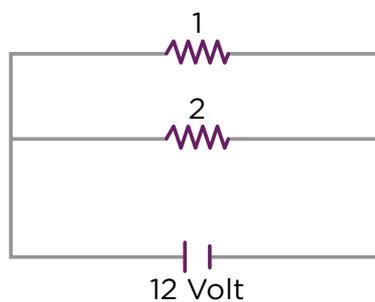


Fig. 14



- a) Ambos circuitos son factibles.  V /  F
- b) El circuito I no funcionará porque las lámparas deberán soportar 24 volt c/u.  V /  F
- c) Las lámparas emitirán mayor luminosidad en el I porque toman 24 volt.  V /  F
- d) Las 2 lámparas emiten igual luminosidad porque toman 12 volt en los dos circuitos.  V /  F

## UNIDAD 7 La energía en el magnetismo y el electromagnetismo

Es posible que alguna vez usted se haya asombrado por el singular comportamiento de los imanes. Con un poco de imaginación, puede pensarse que algo semejante deben haber sentido las personas que, en tiempos muy remotos, estuvieron frente a un imán. Muchos pueblos antiguos pensaban que los imanes tenían un «*espíritu*» y que de ellos brotaban «*ganchitos*» invisibles. Cinco siglos atrás, hubo quienes afirmaron que la piedra imán estaba viva<sup>24</sup>. Desde hace más de dos siglos, gracias a la investigación científica, se conocen ampliamente las propiedades magnéticas y hoy se propone un modelo para interpretarlas.

En términos generales, se llama **magnetismo** a un conjunto de propiedades que son características de los imanes; en esta unidad usted estudiará varias de ellas. Una de estas propiedades consiste en que entre un imán y un objeto de hierro<sup>25</sup> se produce una **atracción**, que «*empuja*» simultáneamente el uno hacia el otro, sin necesidad de que se toquen, es decir, sin que haya contacto. Del mismo modo que sucede con las fuerzas electrostáticas estudiadas en la unidad 6, esta acción es simultánea.

Por ejemplo, si un imán se acerca a un clavo, este último se magnetiza y ocurren dos fenómenos simultáneos: el imán atrae al clavo y el clavo también atrae al imán.

### Apelando a nuestra experiencia

*Como en otras unidades, presentamos problemas asociados con el conocimiento que, a partir de sus vivencias previas, probablemente usted posee sobre el tema. Como varias propiedades magnéticas se observan fácilmente al «jugar» con imanes, le proponemos acercarse al magnetismo mediante algunos experimentos sencillos.*

1- Trate de conseguir imanes de distintos tipos como, por ejemplo, las «*pastillas*» que se comercializan en librerías, algún imán en herradura, etc. También necesitará cartones, planchas y trozos de distintos metales (de llaves, chapitas, latas, tijeras, alambres de cables eléctricos, caños, medallas y pulseras) y alfileres como elementos auxiliares. Intente conseguir un puñado de limaduras de hierro en algún taller o de trozos de la lana de acero usada en la cocina. El experimento consiste, simplemente, explorar las posibilidades y alcances de los imanes apelando a su ingenio y a su imaginación. A medida que encuentre resultados que considere interesantes, registre sus observaciones y trate de explicar sus causas.

2- A partir de las experiencias realizadas, analice si las siguientes afirmaciones son **verdaderas** o **falsas**. Reescriba sus partes falsas de modo que resulten verdaderas. Si es posible, indique cuál es el experimento que le permite sostener sus opiniones.

a- Los imanes atraen objetos de cobre.

b- Los imanes atraen objetos de hierro o de las aleaciones<sup>26</sup> que contengan este material (como el acero).

c- El efecto magnético de un imán es más intenso en dos zonas, denominadas polos.

d- Hay dos tipos distintos de polo (en muchos imanes se los distingue con colores o con alguna otra indicación). Si se enfrentan dos imanes por sus polos de igual tipo, se atraen. Si los imanes se enfrentan por sus polos distintos, se rechazan.

e- Un imán puede «*convertir*» en nuevos imanes a los objetos que atrajo. Después de retirar el imán, estos objetos conservan por un tiempo el magnetismo que adquirieron.

<sup>24</sup> Así lo afirmó Girolamo Cardano (1501-1576), uno de los grandes matemáticos de todos los tiempos.

<sup>25</sup> Como se verá en la lectura posterior, los imanes también actúan sobre objetos de níquel y de cobalto.

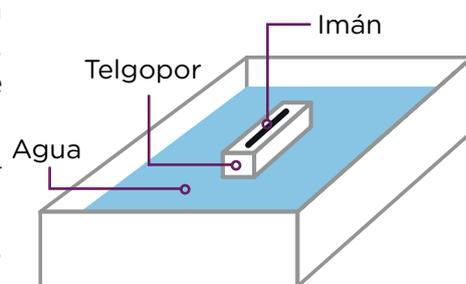
<sup>26</sup> Las aleaciones son materiales metálicos compuestos, constituidos por más de una sustancia. El acero, por ejemplo, es básicamente una aleación de hierro y carbono. El acero inoxidable tiene cromo y níquel.

- f- Al cortar un imán en dos partes, cada una se queda con uno de los dos polos.
- g- El efecto magnético no puede atravesar papeles, cartones o telas delgadas.
- h- La acción magnética del imán puede atravesar planchas de hierro o acero.

3- Tal vez usted ya conozca que la Tierra es un gigantesco imán, aunque de muy bajo poder. Como todos los imanes, posee dos polos magnéticos. ¿Conoce algún fenómeno o dispositivo que muestre la existencia del magnetismo terrestre? ¿Cuál?

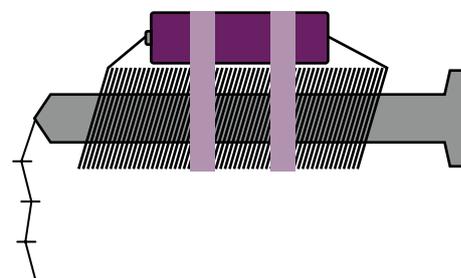
4- A partir de la figura, arme el siguiente dispositivo. Con él podrá investigar el comportamiento de una brújula. Necesita un trozo de telgopor, un imán, un recipiente de plástico y agua.

Una vez armado notará que, gracias al trozo de telgopor que flota, el imán apoyado en él puede moverse casi libremente sobre el agua. Mueva al telgopor delicadamente, de modo que quede apuntando en distintas direcciones.



- a- Tome nota de qué dirección señala el conjunto telgopor- imán cuando se detiene.
- b- Analice qué relación puede existir entre este resultado y el magnetismo de la Tierra.
- c- ¿En qué situaciones usaría una brújula como ésta? Indique ventajas y limitaciones.
- d- ¿Le parecería adecuado cambiar el recipiente de plástico por uno de aluminio? ¿Y por uno de hierro? ¿Por qué?
- e- Trate de conseguir una brújula de las que se compran en comercios y compare su funcionamiento con el de la «brújula casera» que construyó.

5- Le proponemos armar un electroimán. Este dispositivo mostrará que la electricidad puede originar efectos magnéticos. Deberá enrollar uno o dos metros de cable alrededor de una pieza de hierro, como un bulón o un tornillo grande y luego hará circular electricidad por el cable proveniente de una pila. El cable debe ser lo más fino posible, de un solo polo. Si consigue de dos polos, córtelo a lo largo de modo de separarlos.



- a- Comience probando con unos alfileres que este aparato se comporta como un imán mientras circule electricidad por el cable (la pila se mantiene conectada). Luego, mientras los alfileres están siendo atraídos por el imán, desconecte la pila. Describa qué ocurre con el efecto magnético.
- b- Recorra a un imán con sus polos identificados o a una brújula para conocer dónde está ubicado cada uno de los polos del electroimán construido.
- c- De vuelta la pila para invertir el sentido de la corriente. Observe qué sucede con la polaridad del electroimán.
- d- Construya otro electroimán con el mismo elemento como núcleo, pero duplicando el número de vueltas del cable (mantenga siempre el mismo sentido de giro y de avance). Analice si esto genera algún cambio en las características del electroimán.



6- La imagen muestra el esquema de una grúa que utiliza un electroimán. ¿Cómo cree que debe operarse el electroimán de la grúa para atrapar y para liberar la carga?

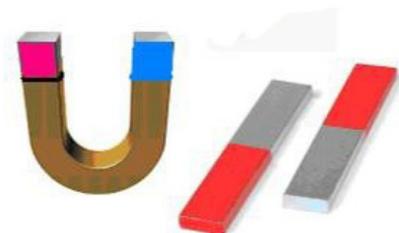
## Breves comentarios sobre los problemas planteados

Los conceptos involucrados en esta actividad serán desarrollados en el texto. La actividad, como siempre, intenta generar una reflexión anticipada a la lectura. En los puntos 1, 4 y 5, esperamos que se haya animado a realizar los experimentos o armar los aparatos. Si realizó las «*exploraciones*» del punto 1 es muy posible que, entre otras cosas, haya descubierto gran parte de lo que explicaremos a continuación.

### 7.1. Las propiedades básicas de los imanes

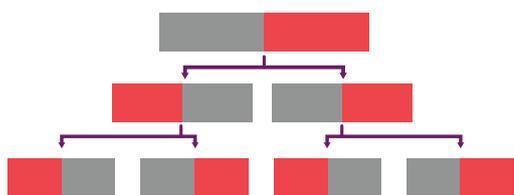
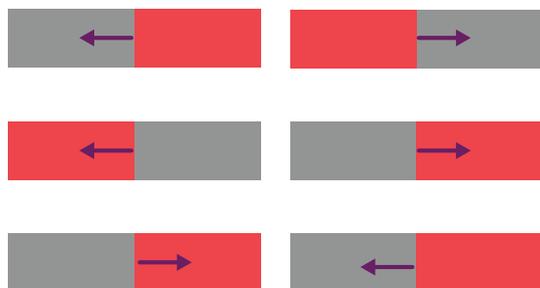
Mediante sencillas experiencias, puede verificarse que la acción del imán es más fuerte en dos de sus zonas, que se llaman *polos*.

Existen imanes de distintas formas: en herradura, en barra, en disco. Como se aprecia en la imagen, los polos pueden estar localizados en diferentes partes de acuerdo al tipo de imán.



#### Los dos polos son diferentes

Cada polo de un imán es de un tipo distinto. Ello puede mostrarse mediante sencillas experiencias, como las que se muestran en las imágenes. Al enfrentar dos imanes por sus polos de igual tipo, puede verse que se rechazan. Si se enfrentan los polos diferentes, se atraen. Por razones que se explicarán más adelante, uno de los polos del imán se denomina *norte* y al otro polo se lo llama *sur*. Aquí los identificamos con las letras iniciales «n» y «s», respectivamente. Los imanes comerciales suelen tener pintado su polo norte.



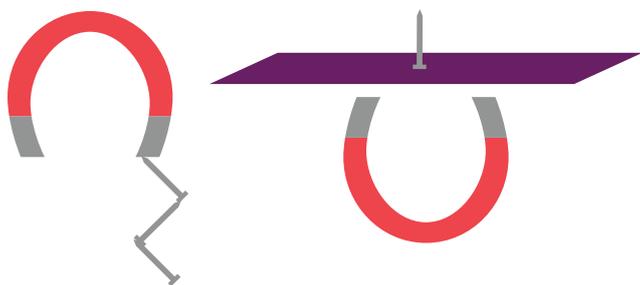
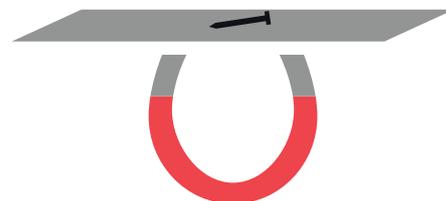
#### Los dos polos están siempre

Como se aprecia en la figura, cualquier tipo de imán siempre tiene dos polos.

Si se corta un imán en dos partes, cada una de esas partes tiene a su vez los dos polos.

#### Una manera de no dejar pasar al magnetismo

Si entre el imán y un objeto de hierro o acero se interpone una lámina que también sea de hierro o de acero, el imán ya no ejercerá atracción sobre el objeto. Es decir, la acción del imán no puede atravesar láminas de hierro o de acero.



#### Situaciones en las que el magnetismo puede pasar

Si, en cambio, se interpone una lámina que no es de hierro ni de acero, la acción del imán puede atravesarla. En efecto, la acción del imán puede atravesar superficies de papel, tela, aluminio o plástico, siempre que no sean demasiado gruesas.

## Un imán puede «crear» nuevos imanes

Al actuar sobre un objeto de hierro, el imán lo convierte en un nuevo imán. A este fenómeno se lo llama *inducción magnética*.

Debido a la inducción magnética, cada uno de los alfileres que se muestran en la imagen puede atraer a otro alfiler contiguo a él.



### Los nuevos imanes duran un tiempo

Los objetos magnetizados por inducción, conservan durante un tiempo el magnetismo que adquirieron. A este fenómeno se lo llama *magnetismo remanente*. Por eso, si en la situación anterior se retira el imán, durante un tiempo los alfileres continúan magnetizados.

En el fenómeno de magnetismo remanente se basa la técnica empleada para fabricar los imanes de hierro, que generalmente se consiguen con forma de herradura o de barra. A diferencia de la magnetita, que es natural, estos imanes son artificiales<sup>27</sup>.

## 7.2. Las fuerzas magnéticas

Seguramente ha notado que en algunos de los ejemplos anteriores aparecen vectores porque hay fuerzas aplicadas. Recuerde que la *longitud* del vector está relacionada con la intensidad de la fuerza aplicada, y la orientación del vector informa sobre la dirección y el sentido en que se aplica la fuerza.

No es posible ver las fuerzas que actúan entre un imán y un objeto de hierro, o entre dos imanes. Sin embargo, la existencia de las fuerzas se pone en evidencia por los efectos que estas producen. Algunos de los posibles efectos de esas fuerzas son, por ejemplo, causar un movimiento, frenarlo o modificar el trayecto recorrido.

La fuerza magnética puede manifestarse sin necesidad de que se produzca un contacto con los objetos o con otro imán, es decir puede manifestarse «a distancia». Es importante aclarar que existen otras fuerzas que también se manifiestan a distancia y que no son magnéticas. En la unidad 4 vimos, por ejemplo, casos en los que participan cargas eléctricas. Podemos diferenciar un fenómeno del otro de un modo sencillo:

Magnetismo	Electrostática
La fuerza aparece entre un imán y objetos de hierro/acero, o entre imanes. Es imposible separar un polo del otro.	La fuerza aparece entre objetos de materiales conductores eléctricos (si están aislados) y también entre objetos que no la conducen. Se pueden obtener cargas eléctricas por separado.

### ¿Es cierto que las fuerzas magnéticas actúan «de a dos»?

Para responder, lo invitamos a pensar en dos situaciones:

**Situación 1:** Si se sujeta un imán y se lo acerca a un alfiler, el alfiler se pondrá en movimiento hacia el imán. Esto indicaría que hay una fuerza magnética actuando sobre el alfiler y que es la que lo hace desplazarse.

**Situación 2:** Si ahora se acerca un imán a la heladera, usted va a sentir que el imán es atraído hacia el cuerpo de la heladera, que es de chapa de acero. Esto mostraría que hay una fuerza magnética actuando sobre el imán, y que es la que lo hace mover hacia la heladera.

<sup>27</sup> Los imanes negritos que hoy solemos usar para pegar papeles en la heladera también son artificiales, aunque no son de hierro; se construyen a partir de materiales cerámicos llamados ferritas. Los polos de estos imanes suelen estar en cada una de sus caras planas.

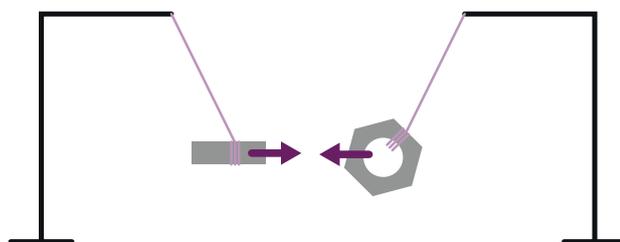
Tanto en la primera situación como en la segunda, en realidad existen dos fuerzas. Solo nos damos cuenta de una de ellas porque las masas del alfiler, del imán y de la heladera son muy diferentes. ¿Qué ocurrirá si enfrentamos un imán y un objeto, cuyas masas sean más o menos parecidas? Proponemos una experiencia con dos trozos de hilo, y una tuerca y un imán de masas semejantes.

De un hilo se cuelga una tuerca de hierro y, a unos dos metros de ella, de otro hilo se cuelga un imán. A medida que se los acerca, se manifiesta una fuerza de atracción sobre la tuerca, y también aparece una fuerza atractiva sobre el imán (pues ambos se apartan de la vertical). Esto comprueba que la acción es doble y simultánea.

En la imagen, con un vector se indica cómo el imán atrae a la tuerca, y con otro, la atracción de la tuerca sobre el imán.

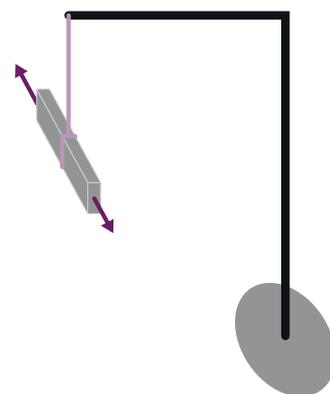
En la unidad 4 ya vimos que estas fuerzas «de a pares» indican una *interacción*, un término que da cuenta de que la acción es mutua y que aparece entre los dos cuerpos al mismo tiempo.

Recordemos que, en este caso, las interacciones pueden ser atractivas o repulsivas.



### 7.3. La brújula

Si se suspende un imán de un hilo como ilustra la figura (con un soporte de plástico), el imán rotará sobre sí mismo hasta que, en un tiempo, se quedará quieto. Si se repite esta experiencia, se observará que el imán queda siempre señalando una misma dirección. Este fenómeno fue advertido por personas de hace muchos siglos, mientras analizaban el comportamiento de la piedra imán natural. Fue a partir de ello que se les ocurrió aplicarla en la construcción de una brújula, es decir, de un instrumento que permite conocer los puntos cardinales. En esas épocas se acordó en llamar polo «norte» magnético a la parte de la piedra imán que señala hacia el Norte geográfico, y polo «sur» magnético a la que apunta al Sur geográfico<sup>28</sup>.

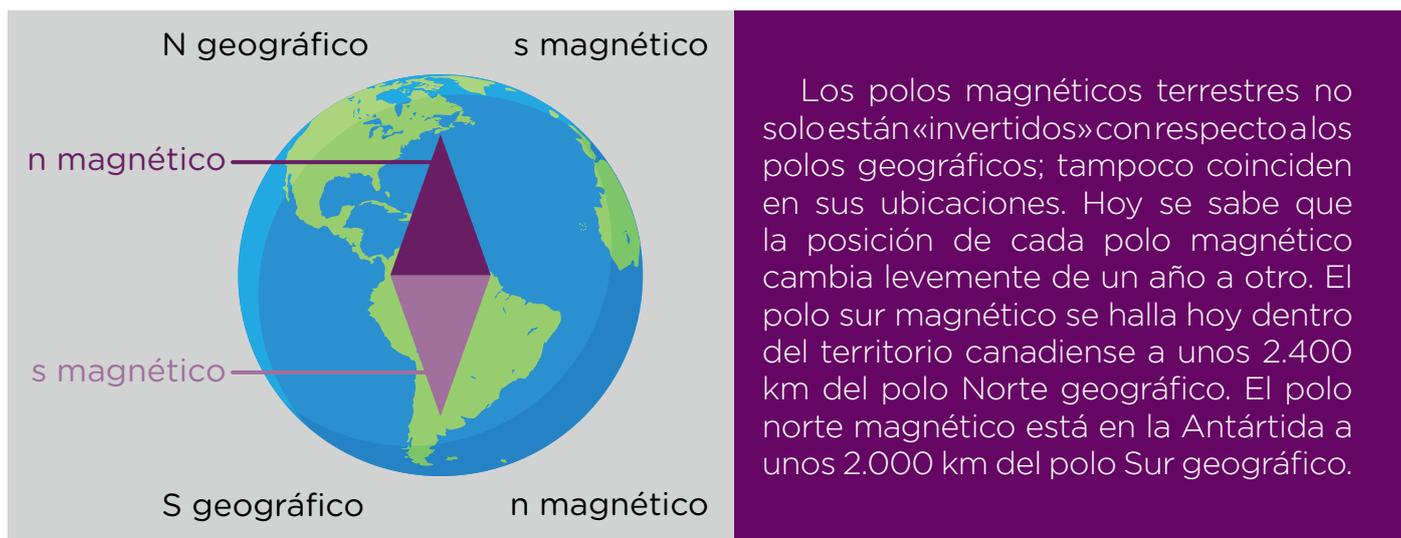


Ese es el origen de la convención vigente: a partir de ese momento quedaron fijados los nombres de los polos magnéticos y todos los demás imanes debieron «ponerse de acuerdo» con esta denominación. Si el extremo de un imán cualquiera se acerca al polo indicado n y es atraído, entonces se está en presencia de un s. Si es rechazado, se trata de otro n.

Aunque lograron aplicar este conocimiento en las brújulas, las personas de ese entonces no pudieron hallar las razones de ese comportamiento. Recién varios siglos después se logró dar una explicación científica. Y quien la dio fue el inglés William Gilbert (1544-1603), considerado el «padre del magnetismo».

<sup>28</sup> Para evitar confusiones, usaremos minúsculas para las letras iniciales de los polos magnéticos y mayúsculas para las iniciales de los polos geográficos.

Gilbert era un experimentador. Enfrentó una brújula con un imán y notó que esta iba modificando su orientación según cómo se desplazara el imán. Entonces se preguntó: ¿Cuál es el imán «natural» que orienta a la brújula cuando yo dejo de acercarle el imán? La respuesta fue: el imán que afecta la brújula es la propia Tierra. En síntesis, Gilbert fue el primero en interpretar que la aguja imantada de la brújula es atraída por los polos de otro imán y que ese otro imán es uno realmente gigantesco: la Tierra. Uno de los polos magnéticos terrestres se encuentra en las cercanías del polo Norte geográfico y el otro está cerca del polo Sur geográfico. Con ello se puso en evidencia que el polo magnético terrestre que atraía al n de la aguja debía ser un s. Y el que atraía al s de la aguja era un n. Ello significa que en el N geográfico hay un s magnético y en el S geográfico hay un n magnético (!!).



#### 7.4. El campo magnético

Ya explicamos este importante concepto en la unidad 4. Para entenderlo en relación al magnetismo, imagine un clavo que permanece quieto sobre una mesa de madera. Como la superficie de apoyo es horizontal, no hay razones para que el clavo modifique su estado de reposo. Pero si se aproxima un imán al clavo, sobre él aparecerá una fuerza que lo pondrá en movimiento, acercándolo al imán. Esto ocurre porque el clavo ha quedado «sumergido» dentro del campo magnético generado por el imán.

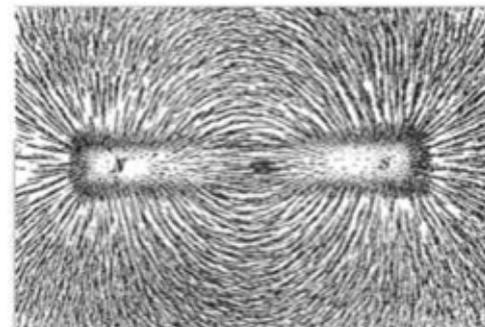
¿Cómo podemos saber si en un determinado lugar existe o no un campo magnético? El ejemplo anterior muestra que, aunque los campos no se ven, pueden ponerse de manifiesto. Entonces, si colocamos un clavo en el lugar investigado, a partir de observar su comportamiento podremos detectar si hay o no un campo magnético. Tanto los campos eléctricos como los magnéticos pueden ser atractivos o repulsivos. En cambio, cuando el campo es provocado por la gravedad, solo se evidencian efectos atractivos<sup>29</sup>.

La intensidad de un campo disminuye a medida que nos alejamos de aquello que lo genera, y esa disminución es muy acentuada, pues no es inversamente proporcional a la distancia, sino al **cuadrado** de la distancia. O sea: al doble de distancia corresponde 1/4 del campo; al triple de distancia, 1/9 del campo; a una distancia diez veces mayor, un campo cien veces menor, y así sucesivamente.

<sup>29</sup> Estos campos se denominan gravitatorios. La intensidad del campo gravitatorio depende de la masa del cuerpo que lo genera. El campo gravitatorio solar es muchísimo mayor que el terrestre porque la masa del Sol equivale a unas 300.000 veces la masa de la Tierra. Nuestro planeta, a su vez, tiene 80 veces más masa que la Luna, por eso el campo gravitatorio lunar es mucho menor que el terrestre.

## Visualizando campos magnéticos

Para poner en evidencia la presencia de campos magnéticos suelen emplearse limaduras de hierro. Se colocan las limaduras sobre una hoja de cartulina y se dispone el imán debajo de ella. Entonces las limaduras forman figuras, cuyo aspecto depende de cuál sea la forma del campo generado por el imán. Las figuras que resultan constituyen el espectro magnético del imán. Aclaremos que las limaduras no son el campo, sino solo un recurso que permite visualizar la forma del campo.



Las limaduras se distribuyen de un polo al otro en filas, que se conocen como líneas del campo. Además, las limaduras se concentran en las cercanías de los polos, porque allí el campo es más fuerte. En las zonas donde el campo es más intenso las líneas están más juntas y están más espaciadas donde el campo es más débil.<sup>30</sup>

### Lectura optativa

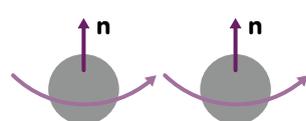
#### Una mirada más precisa

Ya indicamos que la primera explicación científica del magnetismo surgió a partir de las experiencias de Gilbert. Las investigaciones siguientes pusieron de manifiesto algunos comportamientos que permitieron mejorar el modelo original. Primero se demostró que **todos** los materiales presentan efectos magnéticos. Como en la mayoría de los casos, los efectos son tan débiles, en la práctica esos materiales pueden ser considerados no magnéticos. Hace casi dos siglos, Michael Faraday descubrió que cuando ciertos materiales se encontraban en presencia de un imán poderoso, sobre ellos aparecían fuerzas de repulsión con el imán. Entre esos materiales están el bismuto (un metal semejante al plomo) y el benceno (un líquido incoloro que se obtiene del petróleo y del carbón).

#### Los electrones como diminutos imanes

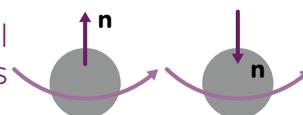
Hoy la ciencia considera que la materia está constituida por unidades sumamente pequeñas llamadas moléculas. Estas están formadas por átomos, los que a su vez están constituidos por neutrones, protones y electrones. Aunque la materia parece estar «fija», las partículas que la forman se encuentran en permanente movimiento<sup>30</sup>. El modelo del magnetismo toma en cuenta el movimiento de los electrones, en los que es posible distinguir dos tipos: uno alrededor de los protones y otro sobre sí mismos. El campo magnético es causado por esos dos movimientos de los electrones y, muy especialmente, por el segundo de ellos.

De acuerdo a esa interpretación, cada electrón en rotación en torno a su propio eje puede considerarse un imán con sus dos polos. Si imaginamos un par de electrones cercanos en el interior de la materia, pueden darse dos situaciones entre ellos.



Si uno de los electrones gira en el mismo sentido que el otro, los dos efectos magnéticos se potencian.

Si, por el contrario, un electrón gira en sentido opuesto al otro, los polos de cada uno quedan invertidos, y los efectos individuales se anulan entre sí.



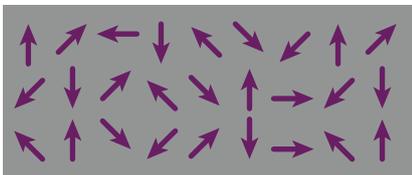
<sup>30</sup> Las partículas que constituyen la materia se encuentran en permanente agitación, es decir poseen energía cinética. Cuanto mayor es la agitación de las partículas, más alta es la temperatura de la materia.

En la mayoría de los materiales la distribución de estas rotaciones está «compensada», de modo que en el conjunto los campos casi se anulan unos con otros. Por ello, estos materiales presentan efectos magnéticos muy débiles.

### Los átomos como diminutos imanes

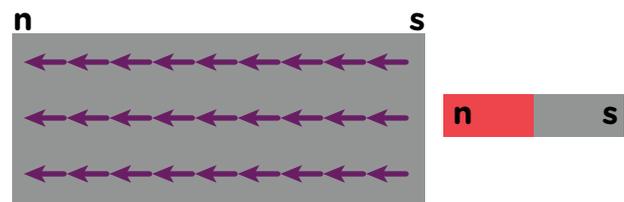
Una situación muy diferente se manifiesta con el hierro. En cada átomo de este material quedan algunos electrones cuyos campos magnéticos no se anulan y por eso los átomos de hierro se comportan como diminutos imanes. En realidad, este fenómeno ocurre también en otros metales, como el níquel y el cobalto, aunque con menor intensidad.

Entonces, ¿a qué se debe que el hierro tenga propiedades magnéticas? El modelo propone la siguiente explicación: el campo magnético generado por cada átomo de hierro es tan intenso que los átomos vecinos quedan todos orientados en una determinada dirección, formando un grupo. Al lado de ese grupo, constituido por muchos millones de átomos, se forman otros grupos semejantes que se orientan según otras direcciones. Cada uno de esos grupos se llama dominio magnético.



En un trozo de hierro sin magnetizar los dominios están orientados de cualquier manera, como se muestra en la imagen.

Al acercar un imán (derecha) al trozo de hierro (izquierda), los dominios comienzan a orientarse siguiendo la polaridad del imán. Esta es la inducción magnética presentada páginas atrás. Como resultado de ello, el trozo de hierro queda magnetizado.



Si más tarde se retira el imán, dentro del trozo de hierro los dominios comienzan otra vez a orientarse en cualquier dirección. El proceso de «desordenamiento» puede, sin embargo, demorar un tiempo. A ello se debe el magnetismo remanente ya presentado, por el que los alfileres conservaban parte del magnetismo después de alejarse el imán.

## 7.5. El electromagnetismo

Una serie de observaciones sobre fenómenos naturales hizo crecer la sospecha, en varios científicos del siglo XVIII, de que debía haber alguna relación entre la electricidad y el magnetismo. Habían notado, por ejemplo, que las agujas de las brújulas se desviaban durante las tormentas eléctricas. Algunos intentaron poner en evidencia esa relación de distintas formas, por ejemplo colocando un imán cerca de una pila, pero no conseguían observar ningún resultado interesante.

Una experiencia realizada en 1820 por el científico danés Hans Christian Oersted (1777-1851) permitió confirmar esas sospechas. Oersted se hallaba dando una clase experimental en la Universidad de Copenhague, la capital de su país. Casualmente unió con un cable los dos polos de una pila y pudo observar que la aguja de una brújula cercana se desviaba. Interpretó este hecho del siguiente modo: el efecto magnético no aparecía cuando la electricidad

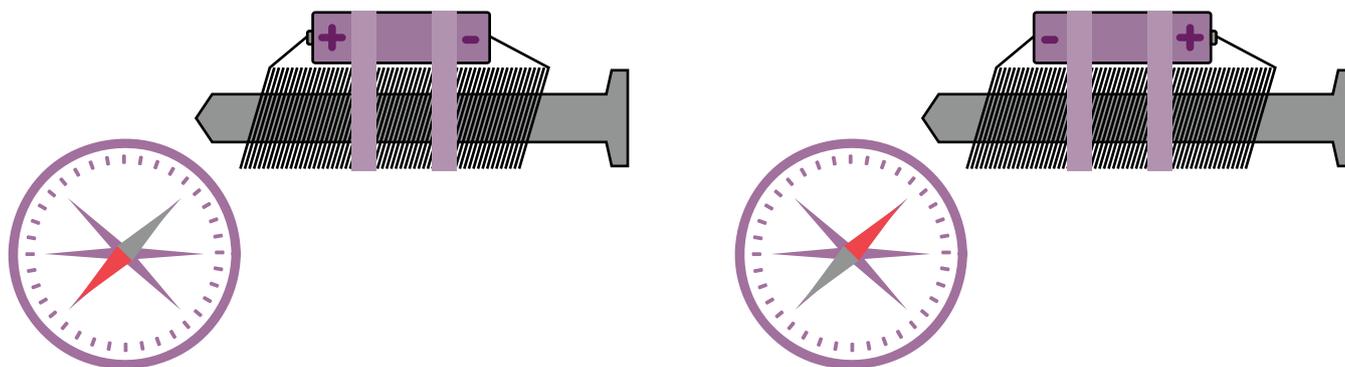


permanecía quieta, como ocurre en una pila desconectada, sino solo cuando circulaba por el cable. Es decir: al establecerse un circuito eléctrico con la pila, se producía un efecto magnético alrededor del conductor, que desviaba la aguja de la brújula.

El hallazgo del científico danés condujo a una serie de investigaciones que establecieron las bases del llamado electromagnetismo. El electroimán presentado al inicio de esta unidad es una aplicación de estos conceptos.

Una manera de poner en evidencia el efecto magnético generado por la circulación de corriente eléctrica es mediante el uso de finas limaduras de hierro. En la figura se muestra el aspecto de las limaduras sobre una hoja de cartulina, una vez que han sido fijadas con barniz en aerosol del tipo que se usa para pintura artesanal.

Como se muestra en las figuras siguientes, cuando la pila se da vuelta se invierte el sentido de circulación de la corriente y eso hace que los polos del electroimán también se inviertan. El cambio de polaridad se puede poner de manifiesto, por ejemplo, empleando una brújula. Al acercarla al electroimán, la aguja imantada de la brújula es atraída por uno de sus polos. Si se invierte el sentido de circulación de la electricidad, la atracción se manifiesta sobre el otro polo de la aguja imantada de la brújula.



Además, si se aumenta el número de vueltas del cable en la pieza de hierro, el efecto magnético del electroimán es mayor. Así pueden construirse potentes electroimanes.

## SÍNTESIS UNIDAD 7

En esta unidad se han desarrollado contenidos de magnetismo y electromagnetismo. Se espera que, entre otros puntos, usted haya logrado:

- *tomar contacto con un conjunto de **propiedades magnéticas** a partir del planteo de experimentos sencillos, así como con un modelo para interpretar esas propiedades.*
- *advertir que los fenómenos magnéticos suponen una **interacción** entre un imán y el objeto que es atraído.*
- *conocer los conceptos de polo magnético y de **fuerza magnética**, así como la noción de **campo**, aplicada al caso magnético.*
- *tener presente la relación entre el **magnetismo** y la **electricidad**.*

En la siguiente unidad nos internaremos en la denominada «**física moderna**»; allí trazaremos una visión general de la física atómica y de la física nuclear, con un primer acercamiento a la mecánica cuántica y al estudio del fenómeno de la radiactividad.



## 7.7. Evaluación

### Pregunta 1

Cuatro grupos de alumnos realizan la siguiente experiencia: cada uno apoya horizontalmente un imán en barra sobre un trozo de telgopor. Luego coloca al conjunto imán-telgopor sobre el agua contenida en un recipiente plástico. Como el trozo de telgopor flota, puede desplazarse libremente sobre el agua.

a- Al cabo de un rato ¿qué cree que va a ocurrir con la dirección que señala cada uno de los cuatro imanes?

- A. Los cuatro imanes señalarán direcciones distintas.
- B. Los cuatro imanes señalarán la dirección E-O.
- C. Los cuatro imanes señalarán la dirección N-S.
- D. Los cuatro imanes señalarán hacia dónde va el viento.

b- ¿Le parece que hubiera habido diferencias en la experiencia si el recipiente fuese de cobre?

c- ¿Y si el recipiente fuera de hierro?

### Pregunta 2

Marque cuáles de las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) y cuáles Falsas (F).

a- Si se acercan dos imanes y estos se repelen, seguro que se enfrentaron los dos polos n de cada uno.  V /  F

b- Si un imán atrae a un clavo, significa que el clavo también atrae al imán.  V /  F

### Pregunta 3

Si encontrara una brújula que no tiene indicado cada uno de sus polos,

a- ¿podría asegurar cuál es la dirección geográfica Norte-Sur?

b- ¿Y la dirección Este-Oeste?

c- ¿Y hacia dónde se encuentra el Norte geográfico? d- ¿Y hacia dónde hay un polo magnético de la Tierra?

### Pregunta 4

Imagine una bobina hecha con alambre de cobre, enrollado sobre un tubo de plástico. Junto a ella hay un imán. Indique cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) y cuáles son falsas (F).

a. Hay interacción si en la bobina circula corriente continua.  V /  F

b. Hay interacción aunque en ningún momento haya circulado corriente por la bobina.

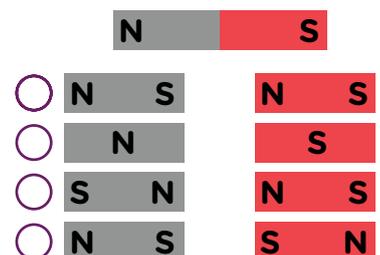
V /  F

c. No pasa nada porque los imanes y las cargas eléctricas en movimiento no interactúan.

V /  F

### Pregunta 5

Si al imán de la figura se lo corta y se separan las partes ¿cuál de las posibilidades que se presentan debajo le parece que será la configuración resultante?



## UNIDAD 8 Física atómica y nuclear

Esta última unidad está dedicada a un conjunto de temas que fueron desarrollados por la física a fines del siglo XIX y durante el siglo XX, razón por la cual se inscriben dentro de la denominada «*física moderna*». En esta unidad tiene especial relevancia la noción de **modelo**. Seguramente usted tendrá presente que ha sido citado con relación a los contenidos de las diferentes unidades. Por ejemplo, fue el tema central de la unidad 1 y se detallaron algunos modelos sobre la luz y la visión sostenidos en distintas épocas. Además, usted notará que los temas de esta unidad se prestan a ciertas aperturas que van más allá de los contenidos propios de la asignatura: la temática de la energía nuclear y su aprovechamiento, por ejemplo, conduce a diversas polémicas, siendo una de las más interesantes la de las implicancias éticas y sociales de la actividad científica. Nos parece oportuno comenzar a bosquejar estos debates aquí, en la unidad que cierra este material, pues creemos que deben ser parte de la formación de ciudadanos críticos y responsables, que posean una conciencia clara de los impactos y los efectos que producen las actividades científicas y tecnológicas sobre el ambiente, sobre la calidad de vida, sobre las comunicaciones y sobre el mundo del trabajo.

### Apelando a sus conocimientos

*Como en las anteriores unidades, le planteamos preguntas acerca de aspectos que usted tal vez conozca y también le proponemos una indagación centrada en sus conocimientos sobre el concepto de modelo estudiado en unidades anteriores.*

a- Una persona afirma: «*En el modelo **definitivo** del átomo existe una cierta analogía con la disposición de los planetas alrededor del Sol: según este modelo, el núcleo atómico está constituido por protones y neutrones, alrededor del cual se hallan electrones en movimiento*». ¿Qué opinión le merece esa afirmación?

b- En la unidad 5, algunos fenómenos eléctricos son explicados con una analogía hidráulica, con depósitos de agua y cañerías. Le pedimos que intente recordar unas reflexiones que le propusimos en esa unidad o, si lo considera necesario, vuelva a leer las secciones mencionadas. ¿En qué aspectos el modelo hidráulico presenta semejanzas con los circuitos eléctricos? ¿Para qué características de los circuitos eléctricos no le parece válida la comparación con el modelo hidráulico?

c- Probablemente usted conoce numerosas aplicaciones de la energía nuclear, tales como las bombas atómicas, los reactores nucleares, el empleo de sustancias radiactivas para efectuar diagnósticos en medicina y los submarinos con propulsión nuclear. ¿Tiene alguna idea de en qué consiste cada uno? Si conoce otros usos de la energía nuclear, bélicos y pacíficos, méncionelos.

d- En las centrales nucleares mencionadas en la unidad 2 se genera electricidad a partir del calor producido por ciertos fenómenos que ocurren en los núcleos atómicos y que se llevan a cabo en el interior de un reactor. ¿Tiene idea de cómo son esos fenómenos? ¿Y de cómo se logra la conversión energética? ¿Cuál es el «combustible» que se emplea?

e- Las centrales nucleares producen desechos muy contaminantes y pueden sufrir accidentes de efectos muy graves. ¿Conoce algún ejemplo para ilustrar esto último?

### Breves comentarios sobre los problemas planteados

Los primeros dos puntos están vinculados al concepto de modelo<sup>31</sup>. Seguramente usted ha manifestado su desacuerdo con la expresión «esquema definitivo» del átomo, pues ello no tiene en cuenta el significado y el alcance de un modelo.

<sup>31</sup> Hoy se dispone de una amplia variedad de «modelos de simulación» basados en programas de computadora: algunos reproducen aspectos del funcionamiento de una célula o de un órgano; otros las distintas etapas de la digestión; otros un eclipse, o un proceso de producción, o el interior de un volcán o la formación de un fenómeno atmosférico.

No casualmente en el punto **a** presentamos un modelo de átomo cuya representación recuerda mucho a una disposición planetaria. Ese modelo tiene más de un siglo, y hoy ha sido reemplazado por otros. Una parte de esa evolución es expuesta en esta unidad. El modelo «planetario», aunque superado, sigue siendo útil para explicar sencillamente un conjunto de fenómenos y por eso continúa empleándose.

Con relación a los puntos **c**, **d** y **e**, usted posiblemente conozca que en las centrales nucleares la energía térmica se logra mediante la «ruptura» controlada de núcleos de ciertos átomos, como el uranio. El proceso se denomina **fisión** y será descrito más adelante. Conviene aclarar que el material utilizado en estos procesos suele llamarse «combustible» aunque en realidad no lo es, pues el mecanismo por el que libera energía no es una combustión<sup>32</sup>.

El planteo del punto **e** sobre los desechos contaminantes y la posibilidad de accidentes catastróficos es un tema muy debatido en el mundo actual. La necesidad de estar informados sobre estas cuestiones queda evidenciada en el siguiente caso: varias naciones están permanentemente «a la pesca» de posibles basureros en otros países para depositar allí sus residuos radioactivos. A mediados de 1989 se trató de instalar un depósito a 500 metros de profundidad en Gastre, un pequeño poblado de Chubut. El intento no tuvo éxito debido a la activa oposición de la población del lugar.

Es conocido que, partiendo de argumentos como el de los desechos, muchos rechazan de plano a la energía nuclear: basan sus posturas en un análisis del tipo costo-beneficio, que considera las ventajas y los riesgos de esta forma de energía. Ciertos accidentes nucleares en instalaciones de EE.UU. y Japón, junto con el caso tristemente célebre de la central rusa de Chernobyl<sup>33</sup>, avalan estas posturas. Otro sector, en cambio, defiende el empleo de la energía nuclear con argumentos igualmente sólidos. Seguramente usted ha podido apreciar esta disparidad de ideas y opiniones<sup>34</sup> al leer noticias y comentarios sobre temas nucleares en diarios y revistas.

## 8.1. Conciso panorama de la física moderna

En la segunda mitad del siglo XIX, la física contaba con desarrollos teóricos que le permitían explicar y predecir una gran cantidad de fenómenos. La mecánica de Newton, los avances en termodinámica<sup>35</sup> y el desarrollo del electromagnetismo con las ideas de Faraday y Maxwell, se habían consolidado como herramientas muy eficaces para explicar el mundo físico. Sin embargo, ciertos resultados experimentales no encontraban explicación dentro de las teorías vigentes. Algunas observaciones sobre la energía radiante y la estructura de la materia, por ejemplo, no podían ser explicados satisfactoriamente con las leyes conocidas por la comunidad científica.

<sup>32</sup> La combustión es una transformación química en la que una sustancia *combustible* reacciona con otra, denominada *comburente* (el más común es el oxígeno) y produce otras sustancias, como el agua y el dióxido de carbono. En esa reacción se libera calor.

<sup>33</sup> El 26 de abril de 1986 hubo un catástrofe en la central nuclear de Chernobyl (Ucrania), que liberó sustancias radiactivas a la atmósfera y afectó gran parte de Europa. En ese momento murieron una treintena de personas, pero un número mucho mayor, aún desconocido, resultó dañada por la radiación.

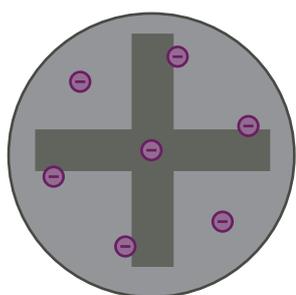
<sup>34</sup> Si usted desea compenetrarse con la polémica sobre el uso de la energía nuclear, le recomendamos contactarse con la Comisión de Energía Atómica (que aportará uno de los puntos de vista) y con Greenpeace y otras organizaciones ambientales (que aportarán un punto de vista muy diferente). Para adoptar una postura, habrá que pedir *datos* concretos y proceder luego a su consideración y evaluación.

<sup>35</sup> La termodinámica es una rama de la física que estudia los sistemas en equilibrio, a partir de sus propiedades macroscópicas, tales como el volumen, la presión o la temperatura.

Como recordará, en la unidad I se analizó cómo la ciencia en general (y la física en particular) enfrenta este tipo de «crisis». Los recientes resultados experimentales requerían nuevos enfoques, nuevas hipótesis y nuevos modelos teóricos, porque la física de Newton y Faraday fallaban al aplicarse a lo muy grande o lo muy pequeño. En las dos primeras décadas del siglo XX germinan dos modelos que cambian el modo de interpretar de las teorías tradicionales. Son la **mecánica cuántica** y la **teoría de la relatividad**, concebidas por Max Planck y Albert Einstein, respectivamente. Estas teorías se engloban hoy bajo la denominación de **física moderna** para diferenciarla de la física clásica de Newton y Faraday, a la que no sustituyen sino que complementan, añadiendo una nueva mirada sobre el vasto y complejo universo.

### Lo muy pequeño: el átomo

La idea atómica de la materia es muy antigua. Ya en el siglo IV a.C., Demócrito consideraba que todo lo material estaba formado por átomos y vacío. Esta noción de la materia formada por partículas muy pequeñas, prácticamente invisibles e indivisibles («**átomo**» significa precisamente «*que no se puede dividir*»), era más filosófica que científica, pues no había evidencia experimental directa o indirecta que la justificara. La idea de los átomos como constituyentes de la materia no sufrirá cambios notables hasta el siglo XVII, cuando el inglés John Dalton la rescate. Si bien Dalton comienza a atribuirle a los átomos características específicas, el cambio radical se originará en los trabajos de J.J. Thomson.



Las propiedades eléctricas de la materia se conocían desde mucho tiempo, pero es a partir del modelo atómico de Thomson y los posteriores, que empieza a considerarse a la carga eléctrica como un constituyente básico de la materia. Thomson identifica al electrón, la partícula portadora de carga negativa y determina algunas de sus propiedades. Esta partícula tenía una masa muy pequeña, más pequeña incluso que la masa de los átomos del elemento más simple conocido, el hidrógeno.

Thomson propuso entonces un modelo atómico donde uno de los constituyentes era el electrón. Como sabía que la materia habitualmente está en estado neutro, supuso que los electrones eran compensados (neutralizados) por partículas con carga positiva. Sus experimentos, sin embargo, no pudieron detectarlas. A pesar de ello, elaboró el primer modelo atómico que incluye al electrón en su estructura. Este modelo, conocido como «**modelo del budín**», considera al átomo como una distribución de masa positiva donde están incrustados los electrones (**e<sup>-</sup>**). En los átomos había tantos electrones como fuesen necesarios para compensar las cargas positivas, de modo que todo fuese eléctricamente neutro.

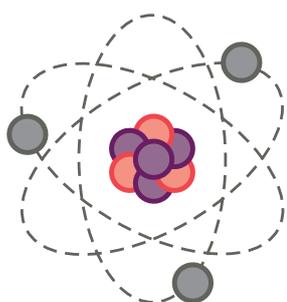
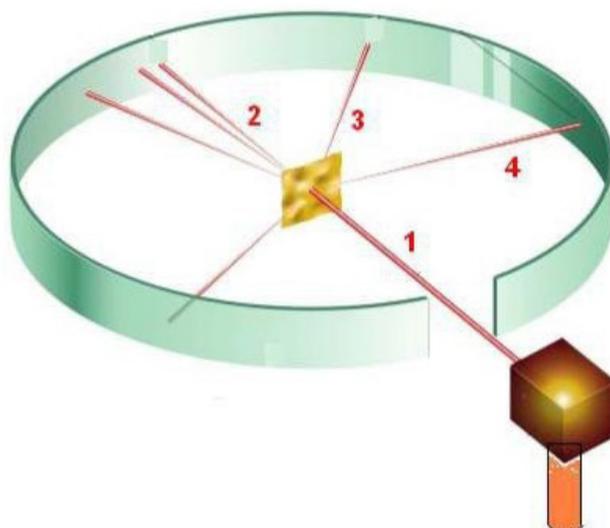
## 8.2. El átomo con núcleo

Con el modelo de Thomson se pudieron comprender las características eléctricas de la materia. Aunque se aceptó que el átomo tenía partes y que se lo podía dividir, se siguió manteniendo el nombre para esa estructura básica de la materia.

En la unidad 1 se analizó un experimento en el que se disparaban bolitas hacia el interior de una lata<sup>36</sup>. Esta situación posteriormente se relacionó con un experimento muy importante realizado en los primeros años del siglo XX por el físico neozelandés Ernest Rutherford para profundizar el conocimiento de la estructura de los átomos. Rutherford «**bombardeó**» una delgada lámina de oro con partículas alfa (partículas con carga positiva emitidas por algunos elementos radiactivos, de los que más adelante daremos más detalles). Las partículas disparadas están indicadas con un 1 en la figura. La mayoría de ellas atravesaba el oro sin desviarse (2), unas pocas se desviaban (3) y apenas una pequeña cantidad rebotaba en

<sup>36</sup> Si no lo tiene presente, le sugerimos retomar la lectura de la actividad 4 de la unidad 1.

la lámina (4) Rutherford trató de interpretar el resultado con el modelo de Thomson, pero no lograba justificar que la mayoría de las partículas siguiera su camino sin desviarse ni que algunas pocas rebotaran en la lámina. Concluyó entonces que la masa del átomo no estaba distribuida como proponía el «modelo del budín». Si la mayoría de las partículas pasaba sin desviarse, era porque no encontraban nada en su camino al atravesar el metal. Pensó que esto podía ocurrir si la masa con la carga positiva, en lugar de estar repartida, se concentraba en un lugar pequeño y central: el núcleo. Allí no solo estaría la carga positiva, sino la mayor parte de la masa atómica. Los electrones, alrededor del núcleo, no podían estar quietos ya que la fuerza eléctrica entre cargas opuestas los haría ir hacia el núcleo. Una manera de resolver esta cuestión era pensar que los electrones giraban alrededor del núcleo, como ocurre con los planetas en torno al Sol y por eso su propuesta se denomina «modelo planetario».



Si el núcleo ocupa un pequeño espacio del átomo y los electrones (miles de veces más pequeños) orbitan muy lejos de él... ¡el átomo está esencialmente vacío! La mayoría de las partículas alfa no se desvió porque no encontró nada en su camino. Solo se desviaron las que se acercaron a algún núcleo, y así experimentaron el «empujón» de la fuerza repulsiva eléctrica. Y, aunque muy pocas veces ocurría, una partícula alfa se podía encontrar de frente con un núcleo atómico y la fuerza eléctrica la hacía volver hacia atrás.

### La estructura nuclear

Los estudios posteriores al trabajo de Rutherford aportaron evidencia de una compleja estructura nuclear. Esencialmente, el núcleo contiene dos tipos de partículas: protones y neutrones. Estas partículas, denominadas nucleones, tienen masas casi iguales (la del neutrón es algo mayor). Comparado con ellas, el electrón tiene 1800 veces menos masa. Por eso se suele considerar que la masa de todo el átomo es la masa nuclear. Los protones ( $p^+$ ) tienen carga positiva y los neutrones son neutros ( $n^0$ ). Salvo el hidrógeno, todos los demás elementos tienen los tres tipos de partículas en sus átomos. Los átomos, en su estado fundamental, tienen igual cantidad de protones y electrones. La cantidad de neutrones no tiene relación con la de los otros dos.

### Interacción fuerte e interacción débil

Salvo con el hidrógeno, todos los núcleos atómicos presentaban un interrogante: ¿Cómo se pueden mantener juntas partículas con la misma carga, si deberían repelerse? Con las dos fuerzas conocidas (electromagnética y gravitatoria) no se podía explicarlo. Desde la teoría se planteó entonces la existencia de una fuerza o interacción llamada «fuerte» que mantiene juntos a los protones, actúa solo si ellos están muy próximos y es mucho mayor a la repulsión eléctrica. Si dos protones de un núcleo están un poco alejados, prevalece la repulsión eléctrica. Por eso los núcleos con gran cantidad de nucleones son menos estables que los que tienen pocos.

Para fundamentar otros procesos dentro del núcleo hubo que plantear la existencia de otra fuerza o interacción: la llamada «débil», que explica el fenómeno de la radiactividad, al cual nos referiremos más adelante.

### 8.3. Fuera del núcleo: Bohr y los niveles de energía

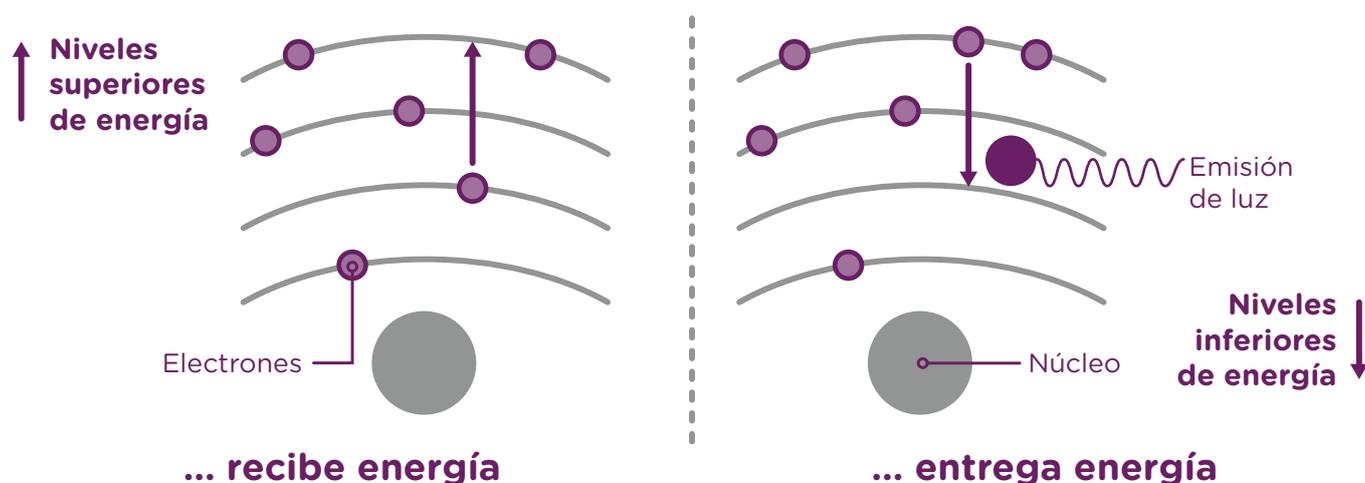
Con el modelo «planetario» de Rutherford se resolvía el problema de la distribución de las cargas dentro del átomo. Sin embargo, no se comprendía cómo los electrones en torno al núcleo permanecían estables. Las experiencias habían demostrado que, en esas condiciones, las cargas eléctricas debían emitir energía continuamente<sup>37</sup>. Esta pérdida de energía debería provocar que, en una fracción de segundo, el electrón dejara de orbitar y se fuera hacia el núcleo. Y eso no sucedía.

El comienzo de la solución provino del físico danés Niels Bohr, quien postuló la existencia de niveles en los que los electrones pueden desplazarse sin modificar su energía. Estas capas son las «zonas permitidas» para los electrones y envuelven al núcleo atómico situándose a distancias bien definidas de él.

En su estado fundamental los electrones ocupan los lugares más cercanos al núcleo, que son los de menor energía. Pueden cambiar de nivel ganando o perdiendo energía. Al pasar a niveles superiores, ganan energía. Al pasar a niveles más bajos, la pierden. Esa energía es emitida, por ejemplo, en forma de luz.

Con los trabajos de Rutherford y Bohr se inicia la era atómica, uno de los períodos más intensos y fructíferos de la ciencia. El modelo del átomo se irá enriqueciendo y complejizando a lo largo de casi tres décadas con los aportes de otros científicos<sup>38</sup>. Hasta mitad del siglo XX se consideraba que el electrón, el protón y el neutrón eran partículas elementales. La evidencia

#### Si el electrón...



experimental posterior llevó a reconocer que los nucleones tienen una estructura interna en la que participan componentes más elementales denominados **quarks**. Hoy la lista se ha ampliado mucho, y se acepta la existencia de más de un centenar de partículas subatómicas.

### 8.4. La radiactividad

En el experimento de Rutherford se emplearon partículas alfa como «proyectiles».

Esta clase de radiación había sido descubierta en 1896 de un modo totalmente casual. El francés Henry Becquerel se topó con ellas mientras estudiaba la fluorescencia, un fenómeno conocido desde hacía algún tiempo que consiste en la emisión de luz por algunos materiales que han sido expuestos a rayos ultravioleta.

Una parte de los experimentos de Becquerel consistía en exponer mineral de uranio al sol

<sup>37</sup> Como el vector velocidad cambia punto a punto, un movimiento circular es siempre acelerado.

<sup>38</sup> Entre estos científicos se hallan Werner Heisenberg (aportó el principio de incertidumbre), Louis de Broglie (la dualidad onda-partícula), Paul Dirac (la antimateria) y Erwin Schrödinger (la función de onda).

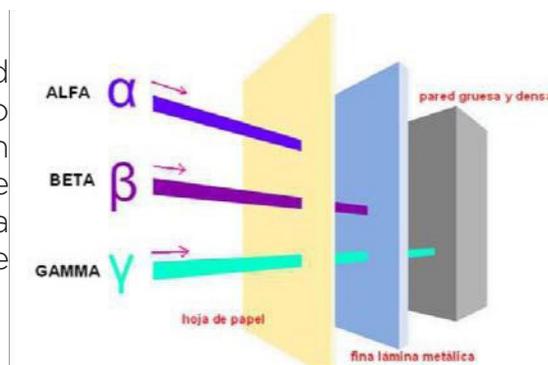
y estudiar luego la fluorescencia. Como estaba nublado, guardó en un cajón el uranio y las placas fotográficas<sup>39</sup> (envueltas en papel grueso). El revelado posterior de las placas mostró unas manchas intensas justo en el lugar donde se había apoyado el mineral.

El resultado era asombroso, porque las placas no habían sido expuestas a la luz. Becquerel dedujo que rayos muy intensos habían actuado sobre ellas a través del grueso papel aislante.

Esa radiación, más penetrante que la luz y con capacidad de atravesar materiales opacos<sup>40</sup>, provenía sin duda de aquel mineral de uranio. Los estudios posteriores identificaron tres tipos de radiaciones. Al fenómeno se lo llamó **Radiactividad**, que consiste en la emisión espontánea de radiación originada en los núcleos de los átomos de ciertos elementos. Las radiaciones tienen características diferentes y se identifican con las primeras letras del alfabeto griego: alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) y gamma ( $\gamma$ ).

Rayo	Constituido por	Velocidad	Carga eléctrica	Poder de penetración	Su emisión ¿altera la masa del núcleo?	Su emisión ¿altera la carga del núcleo?
<b>Alfa</b> $\alpha$	Partículas: $2p^+$ y $2n^0$	Alta	(+) debido a los dos protones.	Relativamente bajo. Una hoja de papel la frena.	Sí. Se pierden cuatro nucleones.	Sí, pierde dos protones.
<b>Beta</b> $\beta$	Partículas: electrones.	Alta	(-)	Medio. Atraviesan el papel pero los detiene una fina lámina de metal.	Prácticamente no, ya que su masa es muy Pequeña.	Sí, el núcleo gana una carga Positiva.
<b>Gamma</b> $\gamma$	Radiación electromagnética de alta frecuencia.	La de la luz.	no	Alto. Solo gruesas paredes de material denso la aíslan.	no	no

La radiactividad ha encontrado una gran cantidad de aplicaciones tecnológicas, como por ejemplo en la agricultura (en control de plagas, irradiación para preservar alimentos), en la industria (control de soldaduras y filtraciones, esterilizaciones) y en medicina (radioisótopos para diagnóstico y tratamiento de enfermedades).



### 8.5. El efecto fotoeléctrico

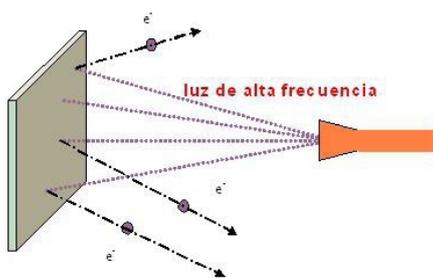
Ya mencionamos este fenómeno en la unidad 2, al referirnos a las células fotovoltaicas. El efecto fotoeléctrico consiste en la expulsión de electrones de la superficie de los metales por acción de la luz. El fenómeno era conocido experimentalmente con cierto detalle, pero las observaciones no encontraban una explicación satisfactoria en el contexto de la teoría ondulatoria de la luz. Para resolver esta cuestión, fue necesario recurrir a las ideas de Max Planck sobre la radiación.

En la interpretación de Planck, la energía radiante no se emite o absorbe de manera continua sino que se transfiere en pequeños «paquetes» de energía denominados **«cuantos»**. La energía encerrada en ese paquete depende de la frecuencia de la radiación. Más específicamente, la energía que transporta el cuanto es directamente proporcional a la frecuencia<sup>41</sup>.

<sup>39</sup> Se trata de placas de vidrio cubiertas con emulsión sensible a la luz.

<sup>40</sup> La capacidad de atravesar materia también la tenían los rayos X, descubiertos por Roentgen en 1895.

<sup>41</sup> Esta relación tiene una expresión matemática sencilla:  $E = h \cdot f$ , donde E es la energía del cuanto, f la frecuencia y h una constante de proporcionalidad.

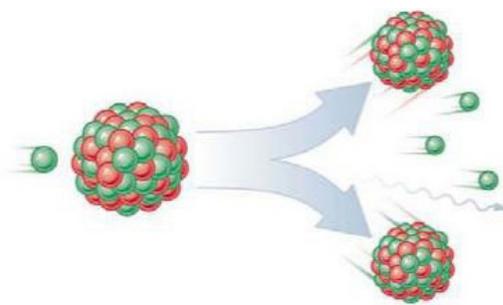


Va a ser Albert Einstein quien, tomando las ideas de Planck, explique el fenómeno<sup>42</sup>: para él la radiación luminosa no son ondas continuas sino **cuantos** de energía luminosa, a los que dio el nombre de **fotones**. Para frecuencias altas (luz azul, violeta, ultravioleta, etc.) la energía del fotón es grande; para las frecuencias bajas (luz roja o infrarroja) el fotón transporta poca energía. A partir de allí, explica:

- Si un fotón choca con un electrón de un átomo del metal, le transfiere su energía.
- Si la energía del fotón es suficiente, el electrón logra escapar de la superficie.
- Si la energía del fotón es insuficiente, el electrón no podrá escapar del átomo.
- Si la luz tiene la frecuencia apropiada, la cantidad de electrones expulsados tendrá relación con la intensidad de la luz. Cuanto más intensa es la luz, más fotones estarán llegando a la superficie del metal y transfiriendo su energía a los electrones.

## 8.6. Los fenómenos nucleares: fisión y fusión

Los átomos de algunos materiales, como el uranio o el plutonio, tienen un núcleo formado por numerosos neutrones y protones. El fenómeno de **fisión nuclear** ocurre cuando los núcleos de estos átomos «se rompen», desintegrándose en núcleos más livianos. Si se suma la masa de estos últimos resultará algo menor que la masa de los núcleos originales.



Esa pequeñísima masa «desaparecida» se habrá convertido en una gran cantidad de energía. Este es el fundamento de las reacciones nucleares que originaron la bomba atómica y el funcionamiento de los reactores nucleares. La reacción de fisión se inicia cuando se logra que el núcleo de un átomo absorba un neutrón externo. Como resultado de ello no solo se libera energía, sino que se producen nuevos neutrones, que van a impactar sobre otros núcleos. Como el proceso continúa, se lo denomina **reacción en cadena**, ilustrada en la figura.

Durante el fenómeno de **fusión nuclear**, en cambio, sucede el proceso inverso: dos núcleos de átomos se «juntan», dando lugar a otro, más pesado. La masa del núcleo final es menor que la suma de las masas de los núcleos originales. Aquí también esa pequeñísima masa «desaparecida» se convertirá en una gran cantidad de energía.

### Lectura optativa

#### Conciso panorama del desarrollo de la física nuclear

En la lista se describen los hitos científicos y tecnológicos que marcaron el desarrollo de la física nuclear hasta poco antes de la construcción de las primeras bombas atómicas. La intención es que, al tomar contacto con esta cronología de sucesos y al apreciar las contribuciones de diversos investigadores (algunos ya mencionados), retome la idea presentada en otras unidades sobre la «construcción social» del conocimiento científico. Aunque solo se citan los sucesos más notables de la cronología, podrá apreciar la intensa interacción entre científicos de diversos países.

De acuerdo con la teoría atómica del siglo XIX, la materia está constituida por partículas. Se distingue un total de 92 elementos que no se pueden transformar.

<sup>42</sup> Por estas investigaciones, Einstein será galardonado con el Premio Nobel de Física en 1921.

1896: El francés Antoine Henri Becquerel (1852-1908) descubre que el uranio<sup>43</sup> emite una radiación desconocida.

1897: El inglés Joseph John Thomson (1856-1940) identifica al electrón, como un corpúsculo de carga negativa.

1898: Los franceses Marie y Pierre Curie, (1867-1934) y (1859-1906), aíslan el radio<sup>44</sup>. Se comienza a hablar de la radiactividad.

1902: Rutherford y el inglés Frederick Soddy (1877-1956) proponen una explicación de la radiactividad basada en la división continua de átomos de radio y uranio.

1905: Einstein formula la célebre equivalencia entre la masa y la energía, expresada por la ecuación  $E=mc^2$ <sup>45</sup>.

1911: Rutherford lleva a cabo su experiencia, que le permite concebir un modelo de átomo con la masa concentrada en el núcleo y electrones girando a su alrededor.

1913: El danés Nils Bohr (1885-1962) reúne la idea de Rutherford con la teoría cuántica del alemán Max Planck (1858-1947) para explicar la naturaleza de las órbitas en los átomos.

1919: El inglés James Chadwick (1891-1974) y Rutherford usan el radio para bombardear nitrógeno: de ese modo obtienen oxígeno e hidrógeno.

1932: Los ingleses John Cockroft (1897-1967) y Ernest Walton aceleran protones para bombardear litio<sup>46</sup> y este se desintegra, liberando energía.

1930/1: El estadounidense Ernest Lawrence (1901-1958) construye el primer ciclotrón<sup>47</sup> para acelerar partículas.

1932: Chadwick descubre el neutrón, una partícula sin carga, que por sus características es ideal para provocar transformaciones nucleares.

1933: Los franceses Irène y Frédéric Joliot-Curie, (1897-1956 y 1900-1958), provocan reacciones nucleares empleando rayos alfa.

1934: El italiano Enrico Fermi (1901-1954) bombardea átomos pesados con neutrones, obteniendo sustancias radiactivas.

1938/9: Los alemanes Otto Hahn (1879 -1968) y Fritz Strassmann (1902-1980) publican un artículo en el que describen sus experiencias de desintegración de uranio.

1939: La austríaca Lise Meitner (1878 -1968) y el alemán Otto Frisch (1904-1979) proponen una explicación de las experiencias de Hahn y describen la naturaleza de la reacción en cadena.

1939: Frederic Joliot-Curie, Halban y Kowarski confirman las predicciones de Frisch y Meitner.

1939: Fermi, Zinn, Anderson, Leo Szilard y Hanstein realizan experiencias que ponen en evidencia la energía que aparece en los fenómenos nucleares.

1939: Bohr informa sobre las experiencias de Frisch y Meitner a científicos de EE.UU. Desarrolla con Wheeler la teoría del proceso de fisión de los núcleos atómicos.

1940: Experiencias realizadas en varios países confirman las predicciones de la teoría de Bohr y Wheeler.

1940: Frisch advierte que la fisión puede ser usada en un arma de enorme poder.

<sup>43</sup> El uranio es un metal radiactivo duro y pesado, de color blanco brillante.

<sup>44</sup> El radio es un metal pesado y radiactivo.

<sup>45</sup> Esta fórmula indica la relación entre la masa desaparecida en una reacción de fisión y la energía que se produce.

<sup>46</sup> El litio es un metal liviano y blando, de color blanco plateado.

<sup>47</sup> Un ciclotrón es un dispositivo que, mediante el empleo de campos magnéticos y eléctricos, permite acelerar partículas hasta que adquieran altas energías.

## 8.7. Acerca de la perspectiva ético-social

En la introducción hemos señalado que la temática nuclear se presta para el planteo de diversos debates. Seguramente usted coincidirá en que para poder tomar posición en un debate es necesario disponer de buena información, y ésta no siempre es de fácil acceso. A modo de ejemplo, lo invitamos a leer algunos datos.

- Las primeras bombas atómicas fueron el resultado del denominado *Proyecto Manhattan*, que se originó en 1942 en los EE.UU., durante la Segunda Guerra Mundial. En él participaron científicos eminentes de varios países, como Enrico Fermi, Edward Teller, Leo Szilard, Eugene Wigner, Arthur Compton, Ernest Lawrence y Richard Feynman, coordinados por Julius Oppenheimer. El desarrollo de las bombas involucró a casi 150 mil personas, con una inversión de dos mil millones de dólares.
- El 6 de agosto de 1945 la ciudad japonesa de Hiroshima fue arrasada por la primera bomba atómica (de uranio) lanzada contra una población. Tres días después corrió similar destino la ciudad de Nagasaki, por la explosión de una bomba de plutonio.

Un informe de la propia Marina estadounidense señalaba que, a principios de 1945, Japón se encontraba a punto de presentar la rendición. Entonces, aún aceptando que el lanzamiento sobre Hiroshima de la primera bomba (de uranio) hubiese sido útil para salvar vidas norteamericanas hasta que dicha rendición se efectivizara, no existe justificación posible para la segunda bomba sobre Nagasaki, excepto que se quería probar la eficacia de un nuevo modelo de bomba basada en el empleo de plutonio.

Lea ahora este nuevo texto, escrito por Max Born, Premio Nobel de Física<sup>48</sup>:

*«En el ámbito de la ciencia y en su ética se ha producido un giro que hace imposible seguir manteniendo el viejo ideal de la investigación pura encaminada exclusivamente al conocimiento. Mi generación se dedicó a la ciencia por la ciencia y creía que nunca podría conducir al mal porque la búsqueda de la verdad es buena por sí misma.*

*Era un bello sueño del que fuimos despertados por los acontecimientos mundiales. Incluso quienes disfrutaban de un sueño más profundo despertaron cuando, en agosto de 1945, se arrojaron sobre ciudades japonesas las primeras bombas atómicas. Desde entonces hemos comprendido que a causa de los resultados de nuestro trabajo estamos implicados irremisiblemente en la economía y en la política, en las luchas sociales internas de los países y en las luchas por el poder entre las diversas naciones, y que todo ello nos asigna una gran responsabilidad».*

Mus, odit et labo. Aturit optatur?

Liquund igendig enetus.

La quiatis sequi doluptaecte que veris es at.

Uptatum aut omnimet preposam ullaciat utem aut quas magnimi numquod ipsundia ne dolupienia doluptior mi, erroratur, volupta tioriatis quos eum senderum repe dolorecea num aut as dolesti oruntur alit, que nusam res eos moluptamus, sitias enim fugiassedita duntia nonecta simpel min rector si cone vid quae nulloria vellabo. Ferovit, voluptatem enis suntium soloribus, ipsunt inim quae volupta aut essit accusda dolorpor aut officitatest explamus volorrupta que vel minti cumquod et eum quat.

Um erspit rectius adigeni hilluptis eum adi con con placcessus.

<sup>48</sup> Born, Max y Hedwig: *Ciencia y conciencia en la era atómica*. Madrid, Alianza 1971.

## SÍNTESIS UNIDAD 8

En esta unidad se han desarrollado contenidos asociados a la denominada «*física moderna*». Se espera que, entre otras cosas, usted haya logrado:

- *retomar la noción de modelo y la idea de la construcción social y escalonada del conocimiento científico, ya presentadas otras veces en la asignatura*
- *compenetrarse con polémicas vinculadas con aspectos éticos y sociales de la actividad científica.*
- *distinguir las características del núcleo atómico.*
- *conocer la naturaleza de los procesos de fisión y de fusión nucleares.*
- *tomar contacto con el concepto de cuanto de energía.*
- *comprender la naturaleza del efecto fotoeléctrico y de la radiactividad.*
- *adquirir un somero panorama del desarrollo de la física nuclear durante la primera mitad del siglo XX.*

Tras esta incursión en la física moderna y en algunas de sus problemáticas, cerramos la exposición de los contenidos seleccionados. Esperamos que este recorrido por la física le haya despertado interés y curiosidad. Si siente que le dejó respuestas, pero también inquietudes y preguntas, no se preocupe. Mantener una «*puerta abierta*» era uno de nuestros propósitos.



## 8.9. Evaluación

### Pregunta 1

A fines del siglo XIX, J.J. Thomson realiza un importante descubrimiento. ¿Qué fue lo que descubrió? Elija la opción correcta:

- a) El núcleo atómico.
- b) El electrón.
- c) La radiactividad.
- d) El efecto fotoeléctrico.

### Pregunta 2

¿Cuál es la interacción que mantiene juntos a los nucleones?

Elija la opción correcta:

- a) La fuerza electromagnética.
- b) La fuerza fuerte.
- c) La interacción gravitatoria.
- d) La interacción débil.

### Pregunta 3

¿Cómo se clasifica al poder penetrante de la radiación  $\beta$ ? Elija la opción correcta:

- a) Bajo.
- b) Medio.
- c) Alto.

### Pregunta 4

¿Cuál es el fenómeno por el cual se libera energía en las estrellas? Elija la opción correcta.

- a) Fisión nuclear.
- b) Fusión nuclear.
- c) Fenómeno fotoeléctrico.
- d) Fenómenos electromagnéticos.

### Pregunta 5

La radiación infrarroja no arranca electrones de la superficie de un metal porque (elija la opción correcta):

- a) Su longitud de onda es grande.
- b) Su energía es alta.
- c) Por su baja intensidad.
- d) Por su elevada frecuencia.

### Pregunta 6

Distinga si la siguiente afirmación es verdadera (V) o falsa (F).

El dispositivo que controla la apertura de las puertas en algunos ascensores y en las entradas de ciertos supermercados y aeropuertos, está basado en el efecto fotoeléctrico.

Respuestas a los ejercicios de cada unidad

**Unidad 1**

Pregunta 1: Correcta B

Pregunta 2: Correcta C

Pregunta 3: Correcta B

**Unidad 2**

Pregunta 1

a-

Ep (cuando están en la posición indicada en el gráfico)	cuerpo
200 J	<b>2</b>
160 J	<b>4</b>
140 J	<b>1</b>
120 J	<b>3</b>

b-

cuerpo	Ec (cuando están justo por llegar al piso)
1	<b>140 J</b>
2	<b>200 J</b>
3	<b>120 J</b>
4	<b>160 J</b>

c-

**2** | **4** | **1** | **3**

Pregunta 2

a-

	Puntos
Ec máxima	<b>E</b>
Ec mínima	<b>D</b>
Ep máxima	<b>D</b>
Ep mínima	<b>E</b>

b-

<b>Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES</b>	menor que 1000 J	
	igual a 1000 J	<b>X</b>
	mayor que 1000 J	

c-

<b>Cuando la pelota está en el punto E, LA ENERGÍA TOTAL ES</b>	menor que 1000 J	<b>X</b>
	igual a 1000 J	
	mayor que 1000 J	

Pregunta 3: B

Pregunta 4 correcta: A

Pregunta 5

a. correcta: A

b. correcta: B

c. correcta: A

Pregunta 6

a. correcta: C

b correcta: B

Pregunta 7

a- En una central hidroeléctrica convencional, la energía potencial del agua de la represa se convierte en energía cinética, que es aprovechada por las turbinas.  V /  F  O

b- El único impacto que provocan los aerogeneradores en el ambiente es la variación del paisaje en donde son instalados.  V /  F  O

c- Para obtener energía rentable de las olas es suficiente construir centrales que ocupen unos pocos metros de costa.  V /  F  X

d- Las centrales térmicas convencionales prácticamente no generan un impacto sobre el ambiente.  V /  F  X

### Unidad 3

Pregunta 1 Correcta: NO

Pregunta 2 Correcta: C

Pregunta 3 Correcta: B

Pregunta 4 a c b

Pregunta 5 Correcta: NO

Pregunta 6 a Correcta: C  
b Correcta: D

Pregunta 7

*Baja y sube en el lugar que ocupaba inicialmente.*  X

*Se aleja horizontalmente de su posición inicial.*

*Baja y sube, alejándose horizontalmente de su posición inicial.*

*Se aleja y se acerca horizontalmente de su posición inicial.*

*Es materia en movimiento.*

*Es materia y energía en movimiento.*

*Es energía en movimiento.*  X

Pregunta 8

*La frecuencia de la onda A es mayor que la de B.*  V /  F  X

*La longitud de onda de B es menor que en A.*  V /  F  O

*Las ondas coinciden en amplitud.*  V /  F  O

Pregunta 9

¿El sonido es una onda longitudinal? **si**

Para que el sonido se propague, ¿es necesario un medio material? **SÍ**

¿Cambia la velocidad del sonido al variar la densidad del medio en el que se propaga? **SÍ**

En el caso de las ondas graficadas en el punto anterior, ¿B es de mayor intensidad que A? **NO**

En el caso de las ondas graficadas en el punto anterior, ¿B es más aguda que A? **SÍ**

#### Unidad 4

Pregunta 1

- a. Correcto: B
- b. Correcto: III
- c. La rapidez de la luz disminuyó.

Pregunta 2

- a. Correcto: A
- b. Correcto: A

Pregunta 3.

Correcto: B

Pregunta 4

El tiempo que hubiera tardado el rayo luminoso en recorrer una distancia de 30 metros es de 1 centésima de segundo.  V /  F

El tiempo que hubiera tardado el rayo luminoso en recorrer una distancia de 30 metros es de 1 milésima de segundo.  V /  F

El tiempo que hubiera tardado el rayo luminoso en recorrer una distancia de 30 metros es de 1 diez millonésima de segundo.  V /  F

La rapidez de la luz es tan elevada que no podría haberse medido el tiempo en que el rayo luminoso recorre una distancia de 30 metros.  V /  F

El experimento habría sido factible si la distancia hubiera sido el triple de la propuesta.  V /  F

El experimento habría sido factible si la distancia hubiera sido mil veces la propuesta.  V /  F

Pregunta 5

	Reflexión	Refracción	Polarización
1		X	
2	X		
3			X

Pregunta 6

Al pasar de (a) a (b) la rapidez de la luz se mantiene constante.  C /  I

Al pasar de (a) a (b) la rapidez de la luz aumenta.  C /  I

Al pasar de (a) a (b) la rapidez de la luz disminuye.  C /  I

La densidad óptica de (b) es mayor que la de (a)  C /  I

El índice de refracción de (a) es menor que el de (b)  C /  I

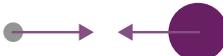
La rapidez de la luz en (b) es de 300.000 km/s  C /  I

Pregunta 7: Correcto: B

## Unidad 5

Pregunta 1. F V F V V

Pregunta 2. Correcta: B

Pregunta 3. La única correcta es: 

Pregunta 4

	¿aumenta?	¿disminuye?	¿cuántas veces?
La distancia d aumenta al triple.	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>9</b>
La distancia d aumenta seis veces.	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>36</b>
La distancia d disminuye a la mitad.	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>4</b>
La distancia d disminuye a la cuarta parte.	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>16</b>
La distancia d disminuye diez veces.	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>100</b>

Pregunta 5. Correcta: A

Pregunta 6:

Las atracciones o repulsiones eléctricas se producen porque la materia tiene masa.  V /  F

La buena conductividad de los metales se debe a que tienen electrones libres.  V /  F

Si se frota un cuerpo neutro y queda cargado negativamente, ha perdido protones.  V /  F

Un cuerpo cargado puede atraer a un cuerpo neutro porque puede polarizarlo.  V /  F

Pregunta 7

	Fuerza
El valor de q1 se duplica y las otras magnitudes quedan igual.	<b>24 N</b>
El valor de q2 se reduce a la sexta parte y las otras magnitudes no cambian.	<b>2 N</b>
La distancia d aumenta al doble y las cargas no se modifican.	<b>3 N</b>
Solo se cambia el signo de ambas cargas.	<b>12 N</b>
Se duplican las tres magnitudes: q1 , q2 y d.	<b>12 N</b>

## Unidad 6

Pregunta 1 a) C b) I c) C d) I e) C	Pregunta 2 Correctas: a) y c).	Pregunta 3 a) Circuito serie I b) Circuito paralelo C
Pregunta 4 V F V V	Pregunta 5 Correcto: 2	Pregunta 6 V F F V

**Unidad 7**

Pregunta 1 a. Correcta: C b. Correcta: NO c. Correcta: SI	Pregunta 2 a. F b. V	Pregunta 3 a. Correcta: SI b. Correcta: SI c. Correcta: NO d. Correcta: SI
Pregunta 4 V F F	Pregunta 5 La opción correcta es la 1	

**Unidad 8**

Pregunta 1 Correcta c	Pregunta 2 Correcta b	Pregunta 3 Correcta b
Pregunta 4 Correcta b	Pregunta 5 Correcta a	Pregunta 6 Verdadera







# Vamos Buenos Aires

[adultos2000@bue.edu.ar](mailto:adultos2000@bue.edu.ar)

0800 444 2400