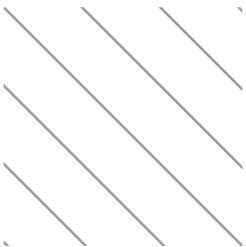


FÍSICA

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

02-08-2024



Vamos Buenos Aires

Tercera edición marzo 2020

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
UNIDAD 4 Propagación de energía sin necesidad de un medio. La luz	53
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
UNIDAD 5 La energía eléctrica. Electrostática	68
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
UNIDAD 6 El transporte de energía eléctrica	77
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

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 secundario¹ 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. Electrostatica	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

¹ 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.

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, traslúcidos y opacos. Absorción, reflexión y refracción. Espejos y lentes. Instrumentos ópticos. Dispersión de la luz. El espectro electromagnético

Unidad 5: La energía eléctrica. Electroestática

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

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 indicios².

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 edificio³

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

² 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.

³ 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.

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

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

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

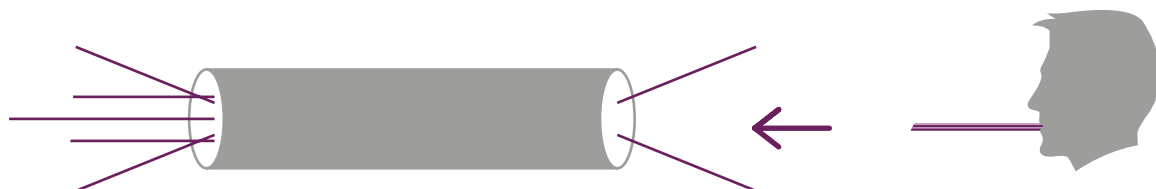
La Actividad 1 estaba directamente asociada con el desarrollo de la investigación astronómica: la que se plantea a continuación intenta recrear una experiencia que permitió conocer detalles de lo sumamente pequeño.

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

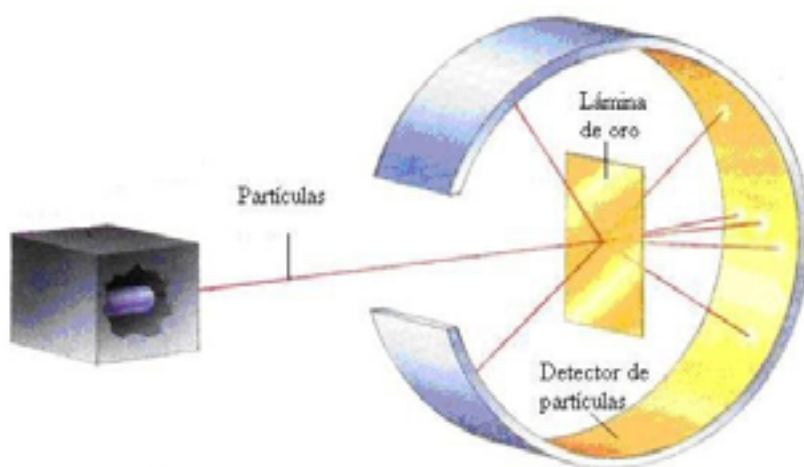
La elaboración de modelos: una lata con sorpresa

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.



- 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.



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.

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 temperatura⁴. 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,

⁴ 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.

- 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»

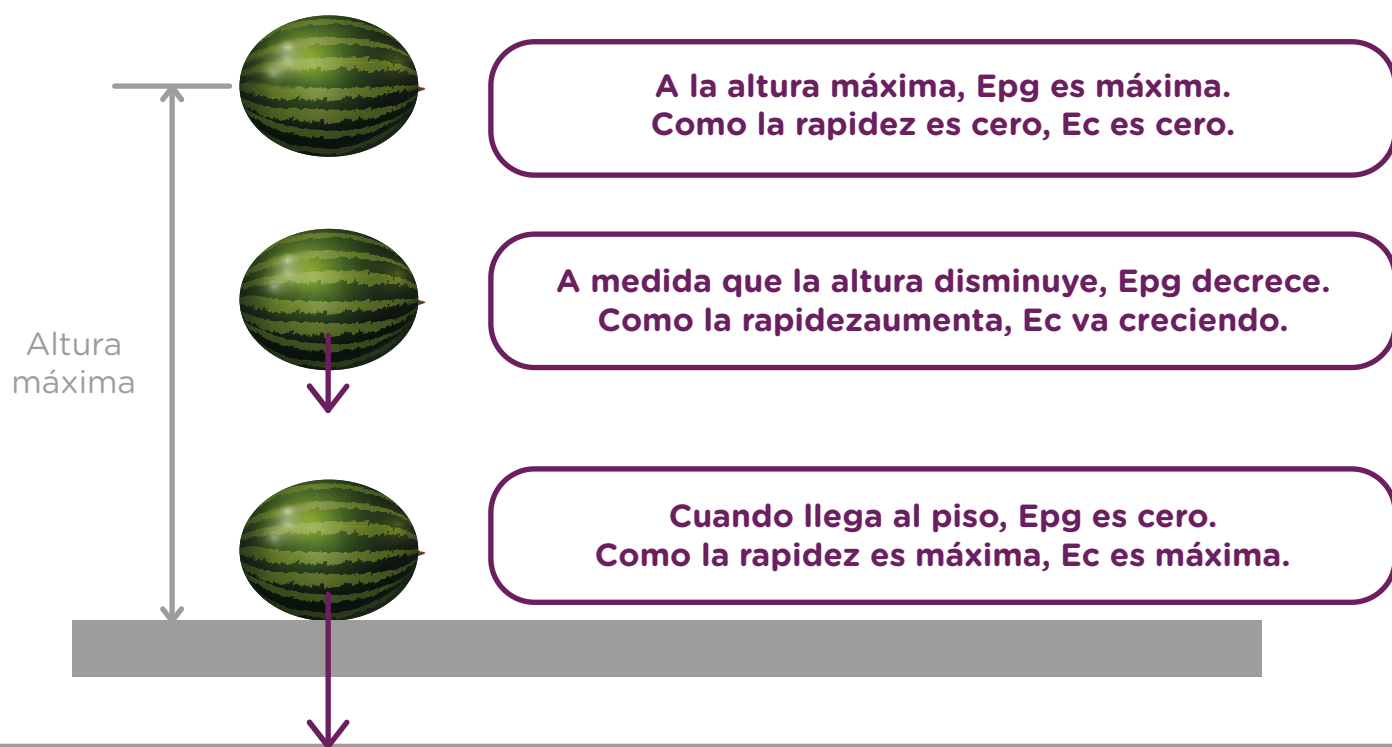
La energía cinética toma su denominación del término *kinema* que en griego significa, precisamente, movimiento. Si usted analizó los ejemplos presentados en el párrafo «¿En qué unidades se mide la energía?» habrá notado que el mismo avión a reacción tiene una energía cinética distinta durante el despegue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

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)

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

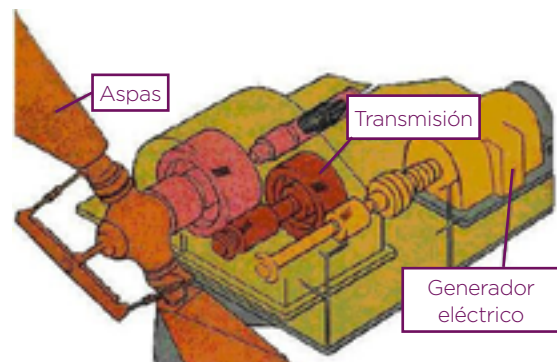
Gran parte de la energía eléctrica que se produce en el mundo aún se genera en este tipo de centrales, cuya denominación se debe a que funcionan con energía química provista por la quema de carbón, de gas o de fuel oil (este último un combustible que se obtiene a partir del petróleo).



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.

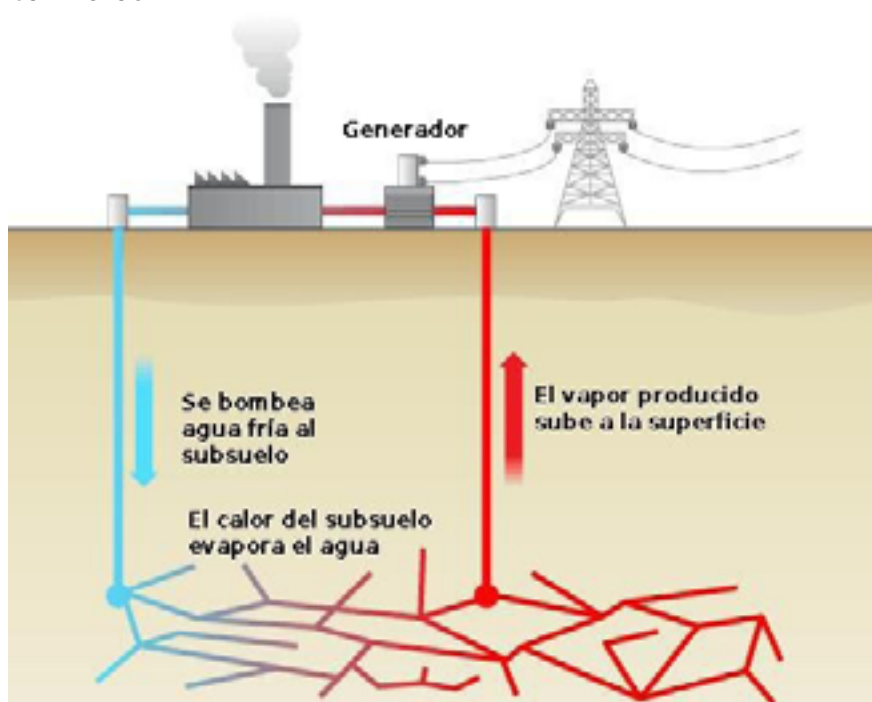
• **Aerogeneradores:** las personas usaron la energía cinética del viento desde la más remota antigüedad. Así como puede mover un molino o una veleta, el viento también puede impulsar un velero, mantener un barrilete en el aire, hacer girar un pequeño molinete o transportar las semillas de una planta. 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 reutilizables. Los estudios muestran que las posibilidades de explotación son muy elevadas, sobretudo en la franja cercana a la cordillera de los Andes, una región de marcada actividad volcánica y con manifestaciones termales.



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.

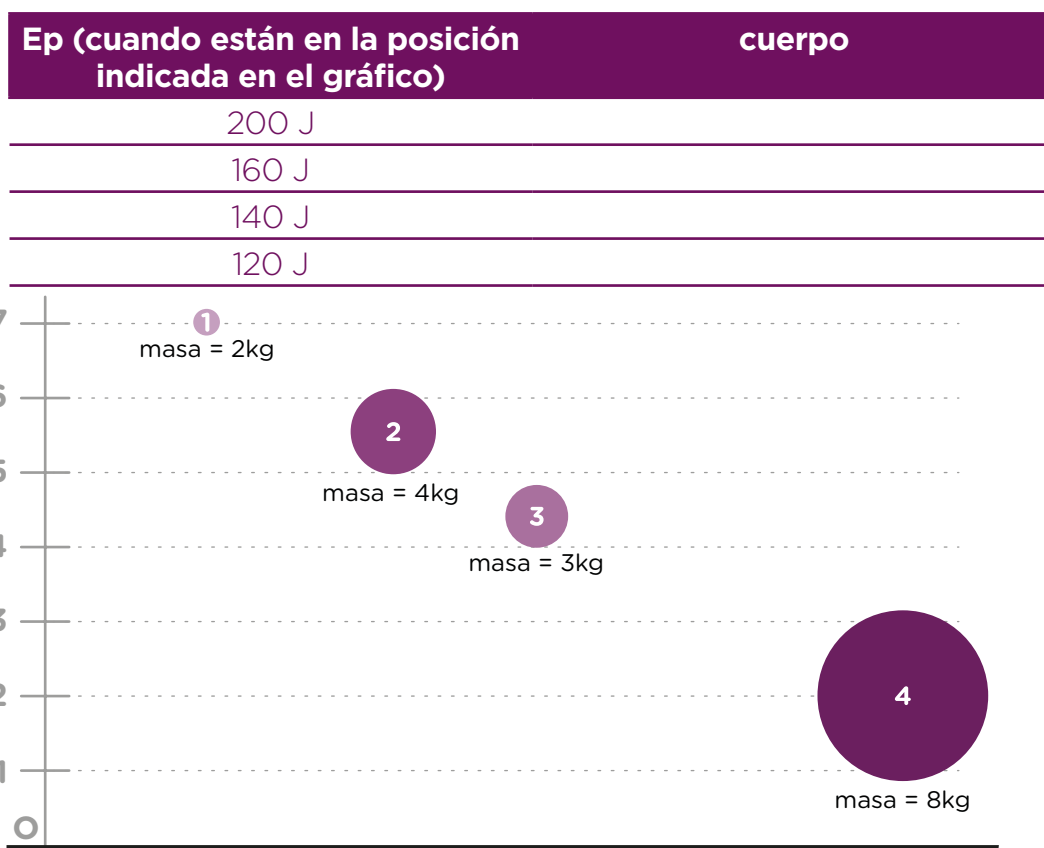


2.6. Evaluación

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?



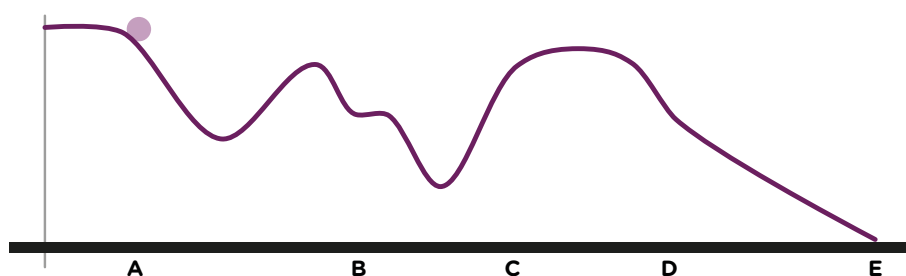
b- ¿Cuánta energía cinética (**Ec**) tiene cada cuerpo cuando está en caída, justo antes de llegar al piso?

cuerpo	Ec (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

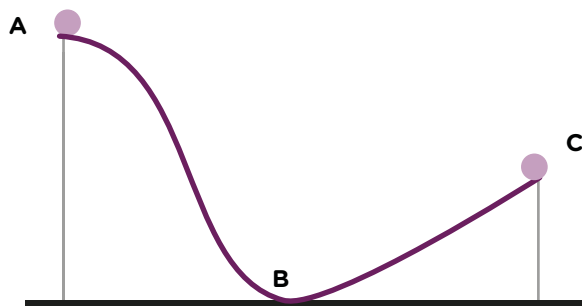
El esquema muestra una pelota que comienza a caer por un recorrido sinuoso, semejante al de una montaña rusa.



- a- ¿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:



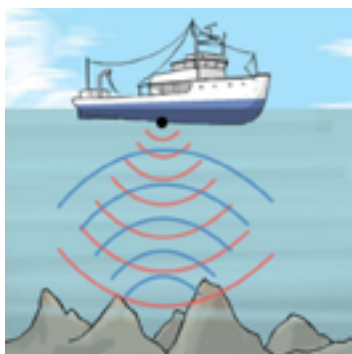
- A. El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en C.
- B. El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en A.
- C. El indicador mostrará que la rapidez (y la energía cinética) es mayor en B.
- b- La situación anterior se repite, pero ahora con la mitad 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 ☐

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 Boido⁷ cuya lectura recomendamos:

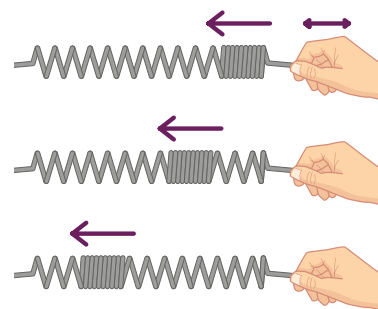
«La palabra sonido tiene dos significados distintos: por una parte designa una *sensación*, algo que sucede en el hombre cuando oye; por otra, se refiere a un *fenómeno físico*: la producción y propagación de ondas sonoras. El primer aspecto interesa en especial al fisiólogo y al psicólogo; el segundo,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



⁷ 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.

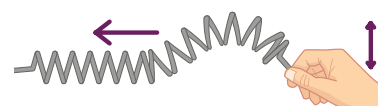
3.3. Las ondas longitudinales

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.



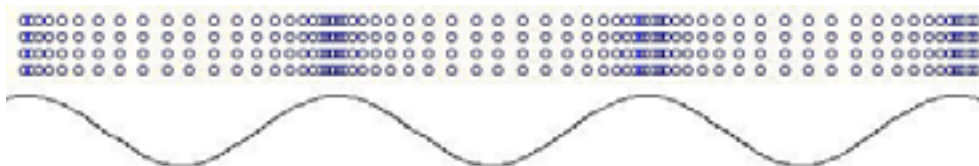
Dentro de este grupo se encuentran las ondas que constituyen la luz visible, de cuyo estudio nos ocuparemos en la unidad 4. Allí mostraremos, además, que se trata de ondas de una naturaleza muy diferente a las de sonido.

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.



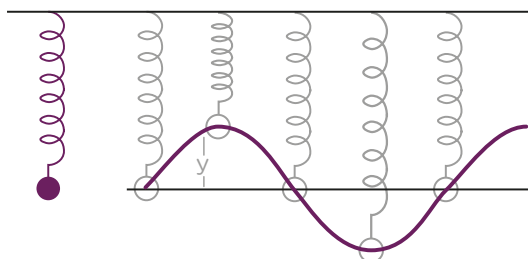
La figura superior corresponde a una onda de sonido emitida por un instrumento metálico con forma de horquilla denominado diapasón, que suele ser empleado por los músicos para afinar sus instrumentos⁹.

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».

⁹ 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.

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.

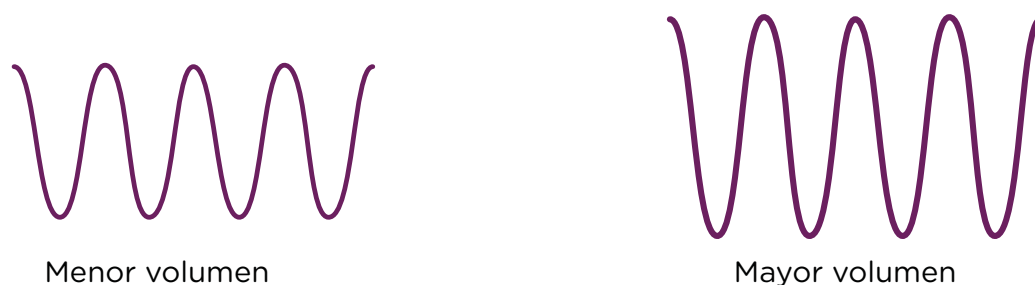
Esto se ilustra a continuación. Los ejemplos se refieren nuevamente a sonidos producidos por un diapasón.

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.

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.



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.

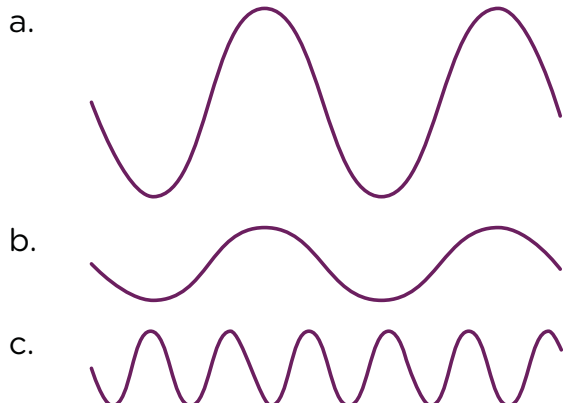
Pregunta 3

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.



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?

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 rapidez¹⁰ 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

¹⁰ 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.

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 hacía 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 descritos 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.

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 micrones¹¹. 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.¹²

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.

¹¹ 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.

¹² Rela, A. y Sztrajman, J. *Física II*. Buenos Aires, Aique, 1999.

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

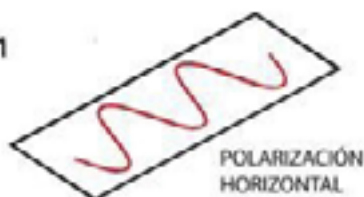


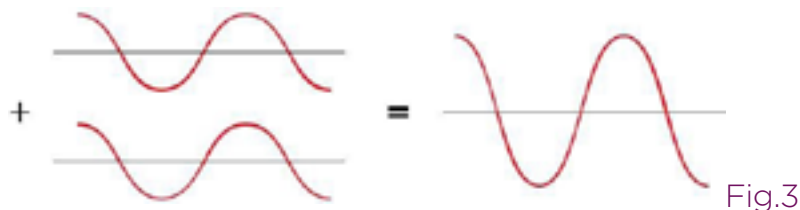
Fig. 2

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.

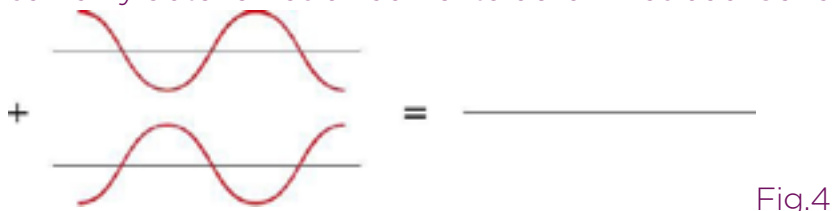
La luz se polariza con el empleo de filtros polarizantes. En el caso de los anteojos de sol polarizados, ellos permiten que la onda de luz vibre solamente en el plano vertical. Así se impide la llegada de ondas que vibran en el plano horizontal. Si superponemos en forma perpendicular dos anteojos polarizados,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

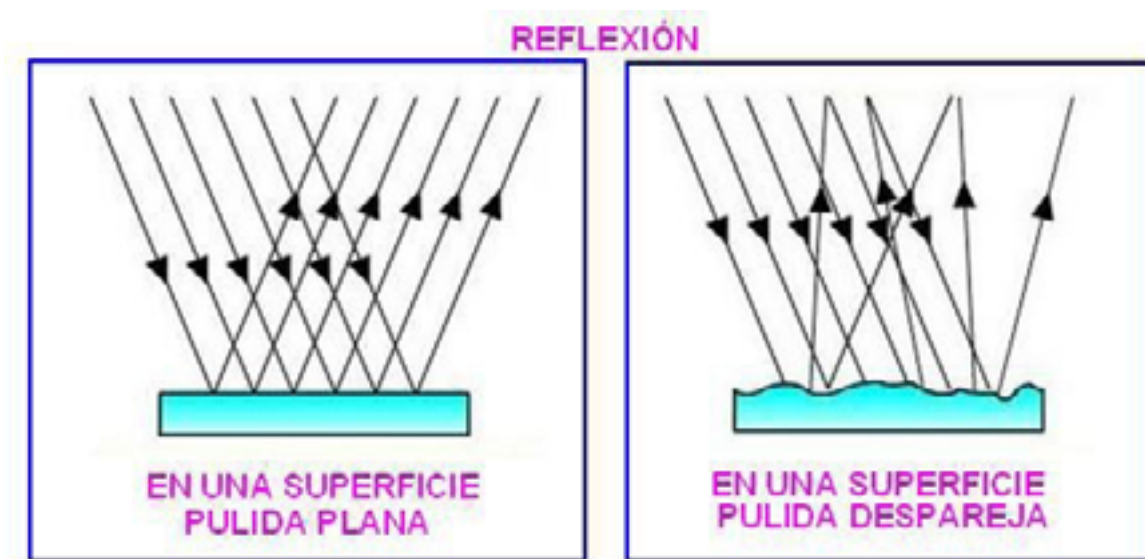


Cuando las crestas de las ondas coinciden como muestra la figura 3, sus amplitudes se suman y obtenemos un aumento de luminosidad. Se llama interferencia constructiva.



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.

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).

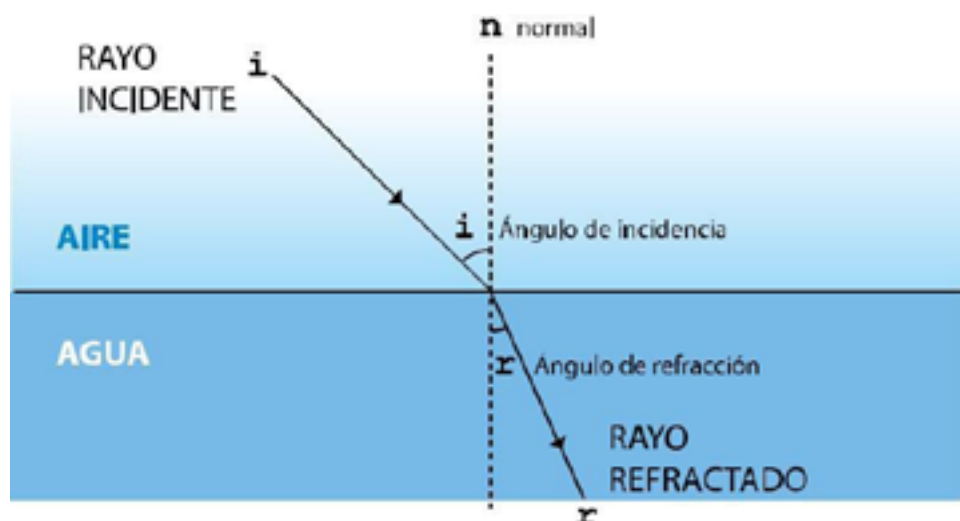


Fig. 8

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.

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.



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.

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»¹⁵.

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.

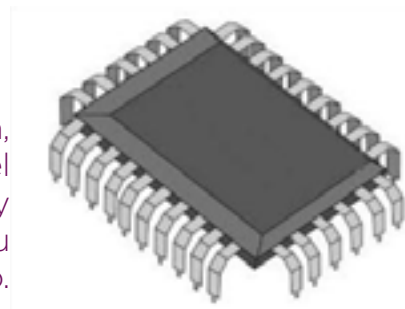
- a- Comience acercando una varilla de vidrio a trocitos de papel. Anote si observa algún hecho notable.
- b- Ahora frote la varilla repetidas veces usando un paño o una franela y acérquela a los papelitos. Anote lo que sucede. Anímese, y proponga una posible explicación para su observación basándose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

¹⁵ Dary, Jorge. *Por el campo de la Electricidad*. México, Bouret, 1901

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.

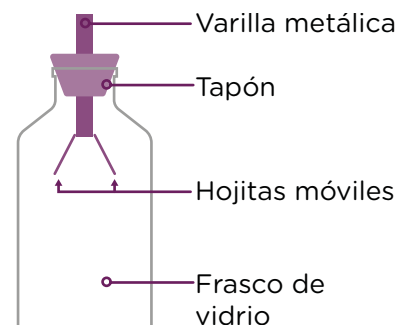


Los semiconductores son buenos aislantes en su estado «natural»; con el fin de conseguir mejorar la conductividad en sus superficies, a estos materiales se les añaden «impurezas» durante la fabricación. Por esa razón, la conductividad de un semiconductor se suele ubicar entre la de los conductores y 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

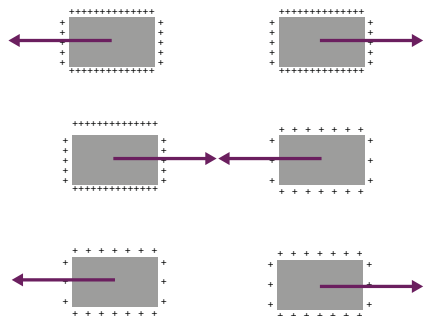
Ya vimos que un modo de pasar los electrones de un cuerpo a otro es frotando varias veces una regla plástica con una franela. En estos fenómenos el movimiento de las cargas dura apenas un momento, ya que ocurre mientras se frota a los cuerpos. Como las cargas casi no se mueven se los llama fenómenos **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 vectores¹⁸ (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.

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

SÍNTESIS UNIDAD 5

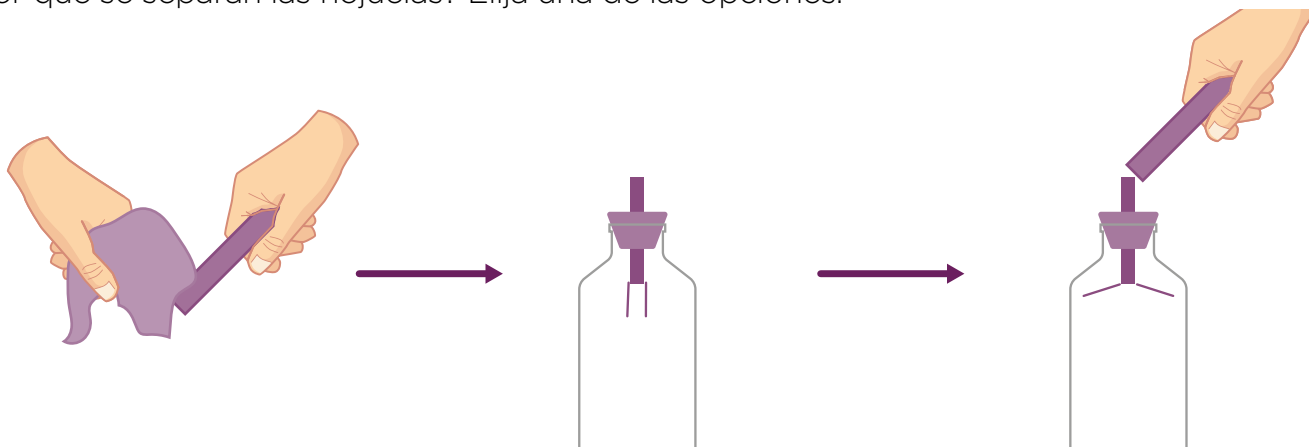
Esta unidad ha sido dedicada a la electrostática, es decir, a la electricidad cuando permanece prácticamente en reposo. Se espera que usted haya logrado:

- *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.

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 .	

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

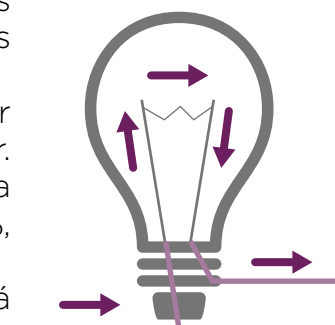
Breves comentarios sobre los problemas planteados

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

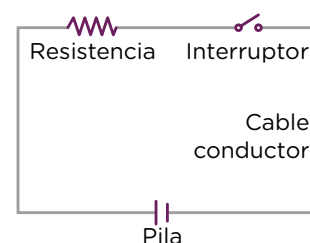
- Estas son las respuestas para el punto **a**: Las afirmaciones **1** y **2** son correctas. En el caso particular de la **2**, añadiremos que las partes internas de un cable de uso cotidiano es de un material metálico (generalmente cobre) por el que puede circular la electricidad. La parte exterior 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 terminal²¹.
- 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.



²¹ 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.

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.

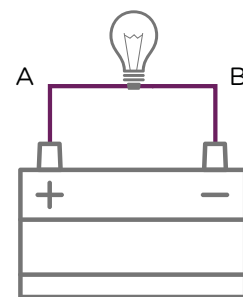


Fig. 2

Una analogía hidráulica

Se suelen explicar fenómenos eléctricos recurriendo a una «analogía hidráulica»²² 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 Δh 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

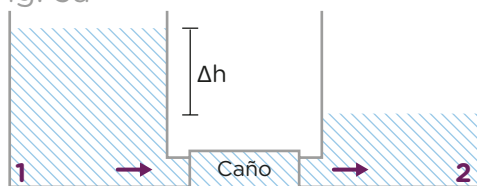
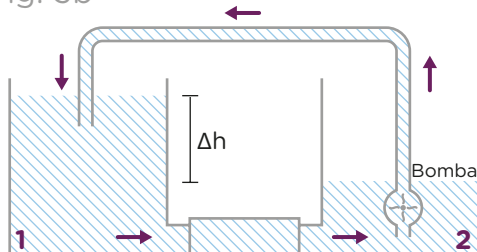


Fig. 3b



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

Así como el desnivel Δh 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 Δh ; 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

²² 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».

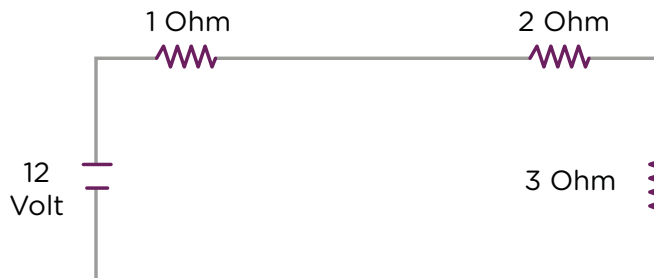
La resistencia total de las tres agrupadas en serie se denomina resistencia equivalente de la serie, R_s y se calcula como: **$R_s = R_1 + R_2 + R_3$** .

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

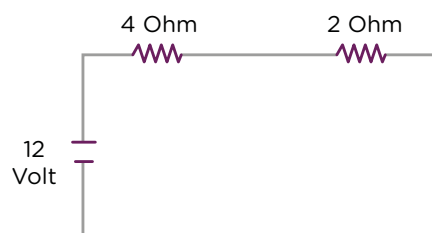
Las caídas de potencial

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.

Fig. 7



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.

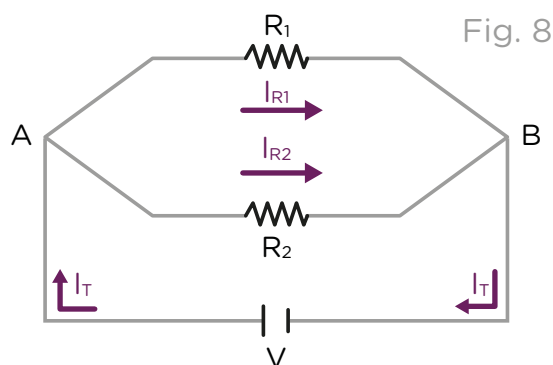


Fig. 8

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.

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

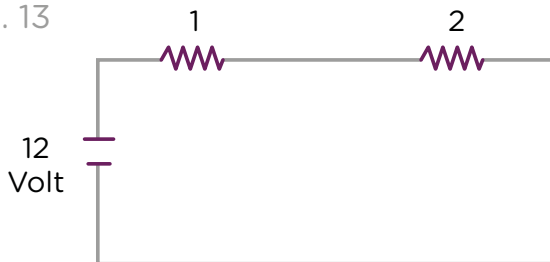
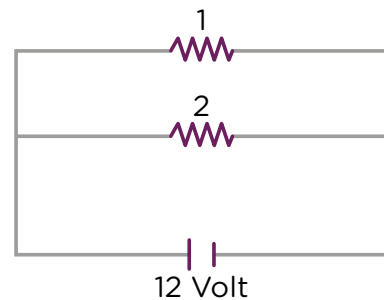


Fig. 14



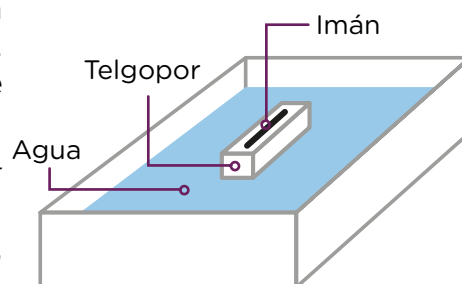
- a) Ambos circuitos son factibles. ☐ V / ☒ F ☐
- b) El circuito I no funcionará porque las lámparas deberán soportar 24 volt c/u. ☐ V / ☒ F ☐
- c) Las lámparas emitirán mayor luminosidad en el I porque toman 24 volt. ☐ V / ☒ F ☐
- d) Las 2 lámparas emiten igual luminosidad porque toman 12 volt en los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

- 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?

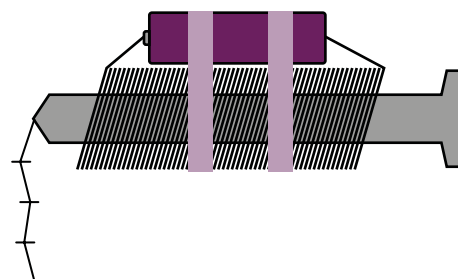
4- A partir de la figura, arme el siguiente dispositivo. Con él podrá investigar el comportamiento de una brújula. Necesita un trozo de telgopor, un imán, un recipiente de plástico y agua.

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- Recurra 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?

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 artificiales²⁷.

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»?

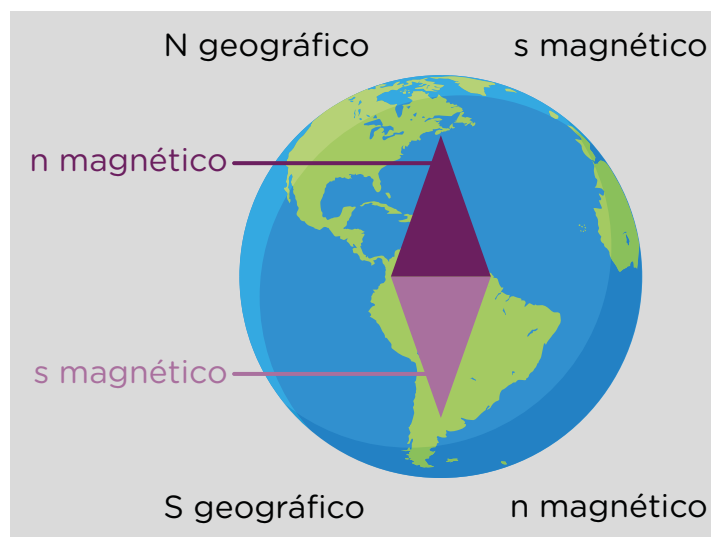
Para responder, lo invitamos a pensar en dos situaciones:

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.

²⁷ 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.

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 (!!).



Los polos magnéticos terrestres no solo están «invertidos» con respecto a los polos geográficos; tampoco coinciden en sus ubicaciones. Hoy se sabe que la posición de cada polo magnético cambia levemente de un año a otro. El polo sur magnético se halla hoy dentro del territorio canadiense a unos 2.400 km del polo Norte geográfico. El polo norte magnético está en la Antártida a unos 2.000 km del polo Sur geográfico.

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 atractivos²⁹.

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.

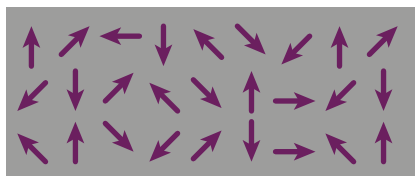
²⁹ Estos campos se denominan gravitatorios. La intensidad del campo gravitatorio depende de la masa del cuerpo que lo genera. El campo gravitatorio solar es muchísimo mayor que el terrestre porque la masa del Sol equivale a unas 300.000 veces la masa de la Tierra. Nuestro planeta, a su vez, tiene 80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

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

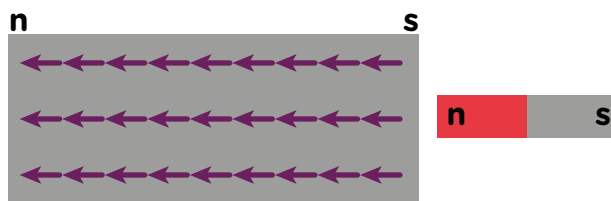
Una situación muy diferente se manifiesta con el hierro. En cada átomo de este material quedan algunos electrones cuyos campos magnéticos no se anulan y por eso los átomos de hierro se comportan como diminutos imanes. En realidad, este fenómeno ocurre también en otros metales, como el níquel y el cobalto,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



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.

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

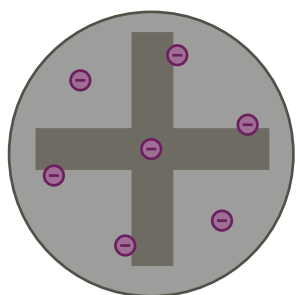
Los primeros dos puntos están vinculados al concepto de modelo³¹. Seguramente usted ha manifestado su desacuerdo con la expresión «esquema definitivo» del átomo, pues ello no tiene en cuenta el significado y el alcance de un modelo.

³¹ 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.

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⁻**). 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 lata³⁶. 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

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

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

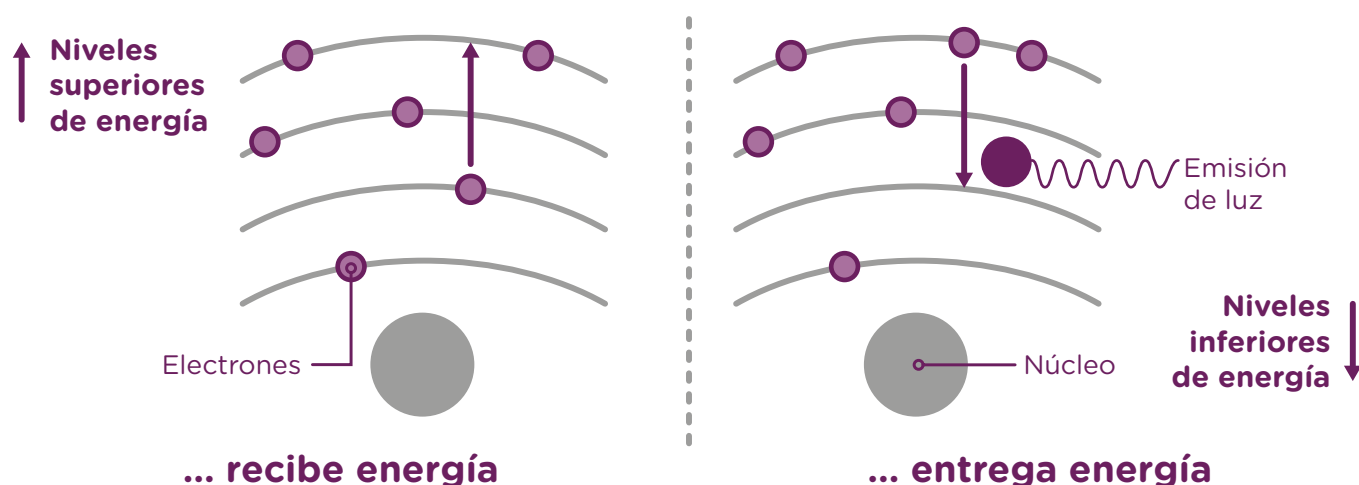
Con el modelo «planetario» de Rutherford se resolvía el problema de la distribución de las cargas dentro del átomo. Sin embargo, no se comprendía cómo los electrones en torno al núcleo permanecían estables. Las experiencias habían demostrado que, en esas condiciones, las cargas eléctricas debían emitir energía continuamente³⁷. 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 científicos³⁸. 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

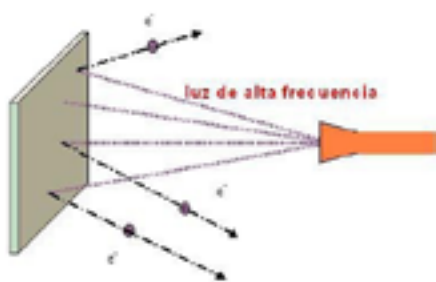
En el experimento de Rutherford se emplearon partículas alfa como «proyectiles».

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

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

³⁸ 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).

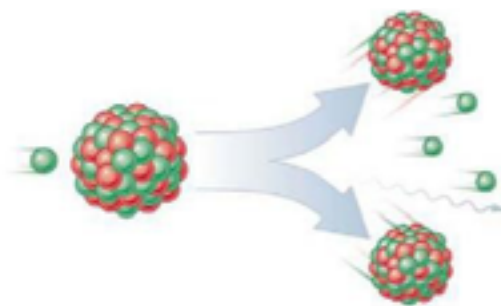


Va a ser Albert Einstein quien, tomando las ideas de Planck, explique el fenómeno⁴²: para él la radiación luminosa no son ondas continuas sino **cuantos** de energía luminosa, a los que dio el nombre de **fotones**. Para frecuencias altas (luz azul, violeta, ultravioleta, etc.) la energía del fotón es 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.

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

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 Física⁴⁸:

«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 rectur si cone vid quae nulloria vellabo. Feroovit, voluptatem enis suntium soloribus, ipsunt inim quae volupta aut essit accusda dolorpor aut officitatest explamus volorruppta que vel minti cumquod et eum quat.

Um erspit rectius adigeni hilluptis eum adi con con placeusus.

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



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 β ? 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.

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 ☐

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

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. ☒

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. ☒

Pregunta 8

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 ☐

Pregunta 9

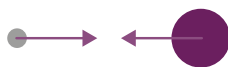
¿El sonido es una onda longitudinal? **SI**

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.	NO	SI	9
La distancia d aumenta seis veces.	NO	SI	36
La distancia d disminuye a la mitad.	SI	NO	4
La distancia d disminuye a la cuarta parte.	SI	NO	16
La distancia d disminuye diez veces.	SI	NO	100

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

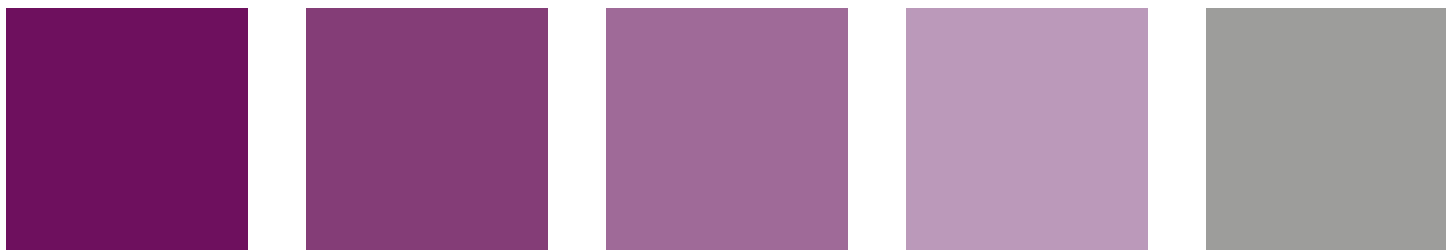
Un cuerpo cargado puede atraer a un cuerpo neutro porque puede polarizarlo. ☒ V / ☐ F

Pregunta 7

	Fuerza
El valor de q1 se duplica y las otras magnitudes quedan igual.	24 N
El valor de q2 se reduce a la sexta parte y las otras magnitudes no cambian.	2 N
La distancia d aumenta al doble y las cargas no se modifican.	3 N
Solo se cambia el signo de ambas cargas.	12 N
Se duplican las tres magnitudes: q1 , q2 y d.	12 N

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



Vamos Buenos Aires

adultos2000@bue.edu.ar

0800 444 2400



/educacionba

Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
02-08-2024

buenosaires.gob.ar/educacion