

SERIE
NUEVAS
MIRADAS

Física y Química II

Marta Bulwik y Jorge Rubinstein (Coordinadores)

Silvia Calderón ➤ Karina Di Francisco ➤ Diana Macchi ➤ Dolores Marino

Liliana Olazar ➤ María Gabriela Rodríguez Usé

ES 3° AÑO

NAP

Formación General en el Ciclo Básico
de la Escuela Secundaria



tinta.fresca®

Física y Química

II

Física y Química II



Gerente general
Claudio De Simony
Directora editorial
Alina Baruj

Coordinación autoral
Marta Bulwik
Jorge Rubinstein

Autores
Silvia Calderón
Karina Di Francisco
Diana Macchi
Dolores Marino
Liliana Olazar
María Gabriela Rodríguez Usé

Editora
Jennifer Pochne
Corrector
Diego Kochmann

Jefa de arte
Eugenia Escamez
Diseño de maqueta
Lorena Morales
Diseño de tapa
Héctor Horacio Chivih Steinig
Diagramación
Pablo Branchini

Ilustraciones
Nelson Castro
Rodrigo Folgueira
Fablián Slongo

Jefa de pre prensa y fotografía
Andrea Balbi
Selección de imágenes
Leandro Ramírez

Fotografías
Archivo Clarín
Martín Katz
Roberto Cinti
Pablo Picca

Asistente editorial
Carolina Pizze

Producción editorial
Ricardo de las Barreras
Gustavo Melgarejo

Marketing editorial
Mariela Inés Gomez

© **Tinta fresca ediciones S. A.**
Corrientes 534, 1^{er} piso
(C1043AAS)
Ciudad de Buenos Aires

Hecho el depósito que establece
la ley 11.723.
Libro de edición argentina.
Impreso en la Argentina.
Printed in Argentina.

ISBN 978-987-576-779-9

Físico-química II / Silvia E. Calderón
... [et al.]; coordinación general de
Jorge Alberto Rubinstein; Marta
Bulwik - 1a ed. edición para el
alumno. - Ciudad Autónoma de
Buenos Aires : Tinta Fresca, 2015.
256 p. + Artículos escolares; 28
x 22 cm.

ISBN 978-987-576-779-9

1. Química Física. I. Calderón,
Silvia E. II. Rubinstein, Jorge Alberto,
coord. III. Bulwik, Marta, coord.
CDD 540

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de noviembre de 2015.
La tirada consta de 4.500
ejemplares.



Este logo alerta al lector sobre
la amenaza que fotocopiar libros
representa para el futuro de la
escritura. En efecto, la fotocopia de
libros provoca una disminución tan
importante de la venta de libros que
atenta contra la posibilidad de los
autores de crear nuevas obras y de las
editoriales de publicarlas.

La reproducción total o parcial de
este libro en cualquier forma que sea,
idéntica o modificada, y por cualquier
medio o procedimiento, sea mecánico,
electrónico, informático o magnético
y sobre cualquier tipo de soporte,
no autorizada por los editores, viola
derechos reservados, es ilegal y
constituye un delito.

En español, el género masculino
en singular y plural incluye ambos
géneros. Esta forma propia de la
lengua oculta la mención de lo
femenino. Pero, como el uso explícito
de ambos géneros dificulta la lectura,
los responsables de esta publicación
emplean el masculino incluso en todos
los casos.

La foto de la página 16 (Microfotografía de micropartículas de levaduras que
contienen aceite de limón encapsulado. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.)
fue publicada en el siguiente trabajo: "Aroma finishing of cotton fabrics by means of
microencapsulation techniques", Miró Specos, M., Puggia, C., Marino, P., Escobar,
G., Defain, M.V., Hermida, L.G., 2010 *Journal of Industrial Textiles*, 40, 1, pp.13-32.

► Índice

Capítulo 1

Algunos desarrollos de la Física y la Química en los siglos xx y xxi	7
La Física en la Argentina	8
Einstein en la Argentina	8
Así trabajan los científicos	9
Entrevistamos a un investigador argentino.....	10
Entrevistamos a una investigadora argentina.....	12
Los Premios Nobel.....	14
Los Premios Nobel de Física y Química del año 2014	14
Son nuestros	15
El primero	15
El único	15
El último... por ahora	15
Química al día	16
Productos textiles	16
Mucho plástico, muchas ideas	17
La ciencia, la tecnología y los campamentos	18
Conductividad y superconductividad	19
Superconductividad y magnetismo	20
Nanotecnología	21
Lo micro y lo nano	21
El desarrollo de la nanotecnología	22
Algunas aplicaciones de la nanotecnología	22
Ideas básicas	23
Actividades de integración	23

Capítulo 2

Intercambios de energía	25
Los cuerpos o sistemas poseen energía	26
¿En qué se mide la energía?	27
Potencia.....	27
La energía se intercambia y se conserva ..	28
La energía se transforma	30
Energía cinética.....	30
Energía potencial.....	30
Otras formas de energía	30
Energía interna	31
Energía interna y temperatura	32
Medición de las temperaturas	33
Intercambio de energía por calor	34
El calor y la historia	35
Calor y conservación de la energía	36

Calor y cambios de temperatura	37
Equilibrio térmico	37
Calculando cantidades de calor	38
Calor específico	39
Más cálculos: calorimetría	40
Determinación de la capacidad calorífica	41
Calor y cambios de estado	42
Evaporación	44
Los cambios de estado y la presión	44
Calor latente	45
Formas de transmisión del calor	46
Conducción del calor	47
Algunos cálculos sobre conducción del calor	48
Conservación, degradación y crisis energética	49
La crisis energética	50
Ideas básicas	51
Actividades de integración	51

Capítulo 3

Intercambio de energía por radiación	53
Intercambio de energía	54
Fenómenos ondulatorios	54
Tipos de ondas	55
Energía y ondas.....	55
Parámetros característicos de las ondas	56
Amplitud	56
Período y frecuencia.....	56
Relación entre frecuencia y período	57
Longitud de onda	57
Relación entre longitud de onda y período	58
Velocidad de propagación	58
Frecuencia de ondas sonoras y luminosas.....	59
Fenómenos característicos de las ondas	60
Reflexión.....	60
Refracción	60
Interferencia	61
Difracción	61
Radiación térmica	62
Factores que influyen en la radiación que recibe un cuerpo	63
La radiación y el color	63
La radiación y la inclinación de la superficie	64
Energía absorbida por radiación	64

Emisión de radiación.....	65
Emisión de radiación y temperatura	65
La Tierra emite radiación	66
Propagación de energía radiante.....	67
Espectro electromagnético	67
Ondas de radio.....	68
Microondas.....	68
Rayos X y radiaciones gamma	68
Radiación visible	69
La radiación ultravioleta.....	69
Radiación infrarroja	70
La radiación y los materiales.....	71
Cuerpo negro	72
Radiación del cuerpo negro	72
Distribución espectral.....	72
Constante solar (intercambio de energía entre el Sol y la Tierra).....	73
Luz, color y espectro visible.....	74
Espectros	74
Color	75
Mezclas de colores.....	75
Cuantización de la energía	76
Ideas básicas.....	77
Actividades de integración.....	77

Capítulo 4

Estructura atómica y clasificación de los elementos.....	79
Distintos materiales, distintas propiedades	80
La Química en la historia	81
La alquimia y la Química.....	81
Robert Boyle: pionero de la Química moderna..	83
Otra vez los átomos.....	84
Química: una ciencia en constante desarrollo...	85
Primera tabla de pesos atómicos	87
De los átomos indivisibles a las partículas subatómicas	88
Modelizar lo invisible: modelos atómicos.88	
¿Ver para creer?	89
Modelo para armar: lo esencial es invisible a los ojos.....	89
El modelo "budín inglés".....	90
Un experimento crucial.....	91
Preguntas y respuestas: surgimiento del modelo atómico molecular	92
Historias de vida	92
Los espectros y los átomos	93

Niels Bohr da una respuesta.....	93
Del modelo de Bohr al modelo atómico actual (simplificado)	94
Algo más sobre el núcleo atómico.....	94
Principales partículas que constituyen los átomos.....	95
Y también los quarks	95
Para resumir	96
Átomos y números.....	97
El número atómico	97
El número másico	97
Elemento	99
Los nombres de los elementos: de aquí y de allá, historias para contar	100
Los kobolds, unos duendes muy hacendosos	100
De la cosmética a la farmacopea	100
Portador de luz	100
Poniendo un poco de orden.....	101
Elementos propuestos por Mendeleiev	102
Dimitri I. Mendeleiev: retrato de un científico	102
La tabla periódica actual.....	103
Distribución electrónica y ubicación en la tabla periódica	104
Ideas básicas.....	105
Actividades de integración.....	105

Capítulo 5

Estructura de las sustancias	107
Las uniones químicas	108
Un octeto para explicar las uniones químicas.....	108
La formación de iones	109
Los iones y la conductividad eléctrica	110
Un modelo para utilizar: algunas conclusiones del trabajo experimental	111
Sal, salinas. Apuntes interesantes.....	111
Los compuestos iónicos y la unión iónica.....	112
Linus Pauling: una vida al servicio de los otros	114
Relación entre las estructuras de las sustancias iónicas y de sus propiedades.....	115
Sales y cristales	116
Enfermos por el color: los pigmentos	117
Las sustancias moleculares y la unión covalente	118
Algunas propiedades de las sustancias moleculares	120

Interacciones entre moléculas.....	121
Geometría de las moléculas	123
Modelos moleculares en 3D.....	123
¿Se puede hacer papas fritas en un microondas	124
Nuevamente las fuerzas intermoleculares	126
Un hielo que no moja	126
Las fuerzas de van der Waals y las arañas	128
El agua, ¿solvente universal?.....	128
¿El aceite comestible se disuelve en agua?.....	128
El conflicto de este siglo: el agua.....	129
El Mar Muerto	129
La solubilidad y los modelos para explicarla... ..	130
El carbono: un elemento muy especial.....	131
Unión metálica.....	132
Ideas básicas.....	133
Actividades de integración.....	133

Capítulo 6

Reacciones químicas	135
Transformaciones químicas	136
Cambios y más cambios	137
Los aportes de Lavoisier	138
Transformaciones equilibradas	138
Escritura y ajuste de ecuaciones	139
Las cosas por su nombre: una primera aproximación a la nomenclatura química.....	141
Velocidad de las las reacciones químicas	142
La velocidad de las reacciones	143
Evidencia de reacción.....	143
Factores que influyen en la velocidad de las transformaciones químicas	143
La importancia de las fechas.....	144
Velocidad de reacción (1): la concentración	144
Velocidad de reacción (2): la temperatura	145
Velocidad de reacción (3): estado físico del reactivo	146
Retomamos las actividades experimentales.	
Algunas conclusiones y explicaciones.....	147
Los catalizadores y la velocidad de una reacción.....	148
La catalasa cataliza	149
Teoría de choques y algunas cuestiones.....	149
Una cuestión de encuentro efectivo	149
Una cuestión de energía suficiente	149

Calor de reacción	150
Reacciones de óxido-reducción.....	151
Cambios en los números de oxidación.....	152
A limpiar objetos de plata	152
Siderurgia.....	153
Sucesos dentro del alto horno	154
Ideas básicas.....	155
Actividades de integración.....	155

Capítulo 7

Ciencia en la vida cotidiana	157
Reacciones de combustión	158
El fuego y la cerámica.....	158
Factores necesarios e indispensables para que haya combustión	160
Algo sobre combustibles	160
Para explorar el invento de Bunsen	161
Observamos la llama: ¡así no, por favor!	162
Recomendaciones para el buen uso y manipulación correcta de los cilindros o garrafas con GLP.....	163
Algo sobre comburentes	164
Para comprobar la presencia de comburente	164
Combustión: reunión de factores.....	165
Un asesino que no se muestra.....	166
El túnel del Balvano	166
¿Magia o reacción química?	167
A "matar" el fuego.....	167
Oxidaciones rápidas versus oxidaciones lentas	168
Ácidos y bases	168
Utilidades ácidas.....	169
Utilidades básicas	169
Sustancias indicadoras	170
Agrupar agrios (ácidos) y amargos (bases), sin probar.....	170
Y si se mezclan uno con otro, ¿qué?	171
Para seguir experimentando con ácidos y bases: otros indicadores	171
¡Ay, me picó!.....	173
El pelo, ¿otra cuestión de acidez?	173
El pH de un champú.....	173
Lluvia ácida	174
Simulación de la acción de la lluvia ácida sobre la cáscara de un huevo.....	174
El ácido sulfúrico	175

Dstrucción progresiva de materiales.....	176
Ideas básicas.....	177
Actividades de integración.....	177

Capítulo 8

Ciencia ambiental	179
Clima y tiempo atmosférico.....	180
El pronóstico y sus variables.....	181
La temperatura	181
La presión atmosférica	181
El viento	182
Las nubes	182
El agua en la atmósfera: humedad, lluvia, granizo y nieve.....	182
Cambios en la atmósfera y sus impactos.....	183
La capa de ozono	183
El efecto invernadero y el cambio climático.....	184
Tornados y huracanes	186
Tornados.....	186
Huracanes	186
Los combustibles y el ambiente	187
¡Combustibles <i>made in</i> Argentina!	187
Argentina aumenta la producción de bioetanol.....	187
Estudian producir biogás con los desechos de un frigorífico de pescado.....	188
El hidrógeno, otro combustible “limpio”.....	188
Contaminación del agua	189
Contaminación de los suelos	191
Minería a cielo abierto	193
Minería “a debate abierto”.....	194
Una lluvia gris con olor a azufre.....	195
Tratamiento de la basura urbana	197
Un caso de reciclado y tratamiento de la basura	197
El reciclado de las pilas.....	198
Ideas básicas.....	199
Actividades de integración.....	199

Capítulo 9

Reacciones nucleares	201
El núcleo atómico	202
Componentes del núcleo.....	202
Quarks	202
Interacciones en la naturaleza.....	203
Relación entre la masa y la energía	204

Interacción fuerte	205
Aceleradores de partículas	205
Rayos X.....	206
Radiactividad natural.....	207
Emisiones radiactivas.....	208
Decaimientos radiactivos	209
Leyes de conservación.....	209
Vida media.....	212
Familias radiactivas	213
Radioisótopos artificiales	214
Riesgos para la salud	215
La arqueología y los radioisótopos	215
Otras aplicaciones.....	216
Reacciones nucleares	218
La fisión y la reacción en cadena.....	218
Reactores nucleares.....	220
Aspectos éticos en el uso de la energía nuclear.....	222
Reacción de fusión y energía en las estrellas	224
Ciclo protón-protón.....	225
Ideas básicas.....	226
Actividades de integración.....	226
Índice alfabético temático.....	228

Algunos desarrollos de la Física y la Química en los siglos xx y xxi

1

Contenidos

- > Física en la Argentina
- > Química en la Argentina
- > Premios Nobel 2014
- > Química y Física al día
- > La ciencia y la ficción

Vivimos en un mundo impregnado de ciencia y tecnología.

Pero, ¿cómo funciona la ciencia en el siglo xxi? Además de contar con los conocimientos requeridos y de utilizar métodos de investigación validados en cada campo, uno de los rasgos distintivos de la ciencia actual es el trabajo en equipo y la constante y fluida comunicación entre los científicos. Los equipos de investigación, que por lo general son interdisciplinarios, trabajan en instituciones que los respaldan y que aportan los medios para que puedan realizar sus investigaciones.

Otra característica importante es que hoy en día la mayoría de los científicos se especializan en una de las ramas de su campo de saberes. Para hacer una analogía, así como un deportista puede ser un jugador de fútbol, y en particular delantero, un físico puede dedicarse al estudio de las partículas subatómicas y, dentro de ellas, a los neutrinos.

En cuanto a la comunicación, basta decir que esta fue el motor para que un grupo de científicos, hace unos 50 años, se propusiesen enlazar sus computadoras para intercambiar información, lo que derivó en la creación de Internet.

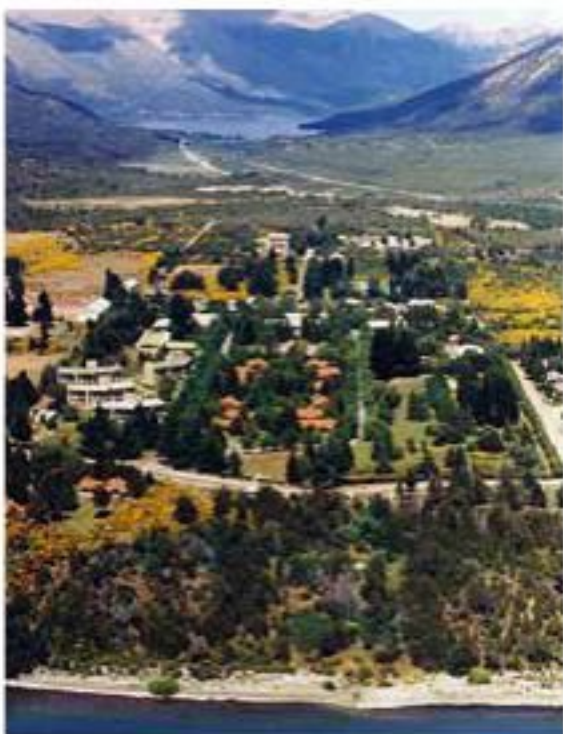
Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C1/>



EN ESTE CAPÍTULO...

Se mostrarán algunos aspectos de la investigación en Física y en Química en nuestro país, así como algunas de sus aplicaciones surgidas de proyectos actuales, inherentes a esas ciencias.



Centro Atómico Bariloche.



Instituto Balseiro, en San Carlos de Bariloche, donde se desarrollan importantes investigaciones de Física.



Antenas de comunicación satelital en Falda del Carmen, provincia de Córdoba, pertenecientes a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

La Física en la Argentina

En 1771, el Dr. Juan Baltasar Maciel le presentó al gobernador Vértiz un plan para la creación del futuro Colegio Real de San Carlos (donde luego se formarían muchos de los hombres de Mayo). Allí afirmaba: "Su enseñanza se podrá apartar de Aristóteles y seguir solo la luz de la experiencia por las observaciones y experimentos". Se reconoció de esta manera el carácter experimental de la Física, disciplina que hasta el momento estaba estrechamente ligada a la Filosofía.

Sin embargo, la evolución fue lenta: en 1802, Manuel Belgrano incluyó temas de Física en la formación de los alumnos de la Escuela de Náutica y, recién en 1823, llegaron al país los primeros laboratorios de Física y de Química. Más adelante, en 1849, Domingo Faustino Sarmiento tradujo y publicó en Chile el libro *El por qué o La Física al alcance de todos*, de M. Levi Álvarez.

En 1906, se fundó en la Universidad de La Plata el Instituto de Física, primera institución argentina dedicada a la investigación en esta ciencia. A partir de ese momento comenzaron a desarrollarse otras instituciones en nuestro país entre las que se destacan, por ejemplo, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) fundada en 1952, y el actual Instituto Balseiro en San Carlos de Bariloche, fundado en 1955.

En la actualidad, prácticamente todas las universidades tienen institutos o equipos de investigación en Física, además de la carrera de Investigación coordinada por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), entidad fundada en 1958 por el Dr. Bernardo A. Houssay, que promueve y financia la investigación científica en nuestro país. La coordinación entre las políticas nacionales y provinciales en lo referente a la investigación se realiza a partir del año 2007 desde el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCyT).

Einstein en la Argentina

Albert Einstein (1879-1955) fue probablemente el físico más famoso por sus impresionantes aportes a la ciencia moderna. En 1921, recibió el Premio Nobel de Física por sus trabajos publicados en 1905.

En 1925 Einstein visitó la Argentina, invitado por la Universidad de Buenos Aires y otras instituciones. El científico permaneció en nuestro país desde el día 25 de marzo hasta el 23 de abril; durante su estadía dictó conferencias sobre su Teoría de la Relatividad en Buenos Aires, La Plata y Córdoba.

Albert Einstein visitó nuestro país en 1925, e interactuó con físicos argentinos.



Así trabajan los científicos

Proyecto Auger

En la Argentina se está desarrollando un proyecto de investigación en Física de gran importancia, llamado Pierre Auger, cuyo objetivo específico es la detección de rayos cósmicos. Este proyecto tiene como centro de investigación un observatorio situado en la región de Malargüe, provincia de Mendoza, con una superficie de 3.000 km^2 . Allí desempeñan sus actividades unos 300 científicos provenientes de 17 países.

¿Qué son los rayos cósmicos?

Los rayos cósmicos están constituidos por partículas muy energéticas que llegan desde el espacio exterior a la parte superior de la atmósfera. Esta lluvia, compuesta mayormente por núcleos atómicos de distintos elementos, choca con la atmósfera y forma partículas que llegan al suelo.

El estudio de los rayos cósmicos primarios se realiza mediante instrumentos montados en satélites artificiales o en globos aerostáticos que ascienden a gran altura. En cambio, los llamados rayos secundarios se analizan con instrumentos montados en la Tierra, como los detectores del Proyecto Auger.

El conocimiento de las diversas clases de partículas que llegan a tierra, su energía y su dirección, permitirán con el tiempo determinar las fuentes de estos rayos y verificar las teorías sobre su origen o no.

¿Cómo se detectan los rayos cósmicos?

Los rayos cósmicos muy energéticos, que son de gran interés debido a que han sido poco desviados, son escasos: en promedio, llega uno por cada kilómetro cuadrado de superficie terrestre en un año. Por esta razón, los medidores del Proyecto Auger abarcan una superficie de 3.000 km^2 . En esa extensión se han distribuido 1.600 detectores ubicados, aproximadamente, a 1.500 m uno de otro.

Cada detector es un tanque cilíndrico que contiene 12.000 litros de agua. Cuando una partícula llega, produce radiación que es registrada por los detectores.

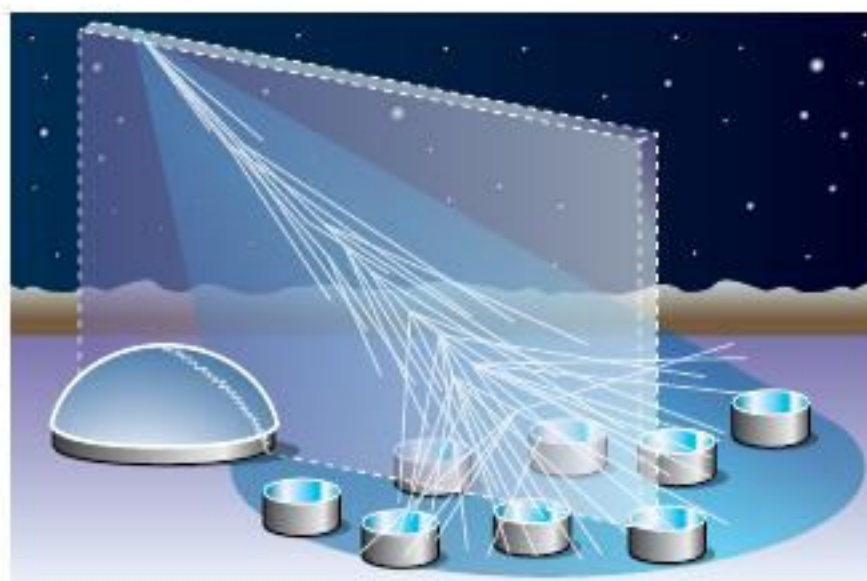
Por otra parte, los rayos cósmicos pueden producir fluorescencia, es decir, cierta luminosidad, que se puede observar en condiciones de mucha oscuridad. La detección de este efecto se realiza mediante telescopios especiales.

De esta manera, este observatorio, que en su tipo es el mayor del mundo, detecta simultáneamente los rayos cósmicos por medio de ambos métodos, lo que mejora su eficiencia.

En su página de Internet: www.auger.org.ar, además de datos y fotos sobre este proyecto, se pueden ver animaciones de su funcionamiento.



Uno de los 1.600 detectores cilíndricos de radiación cósmica.



Esquema del funcionamiento del observatorio ubicado en Mendoza. Los rayos cósmicos son registrados por los detectores cilíndricos y, simultáneamente, son observados por los telescopios.



Entrevistamos a un investigador argentino

Luis Baraldo es investigador del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y docente en la carrera de Química de la UBA (Universidad de Buenos Aires), donde cursó sus estudios de grado y se doctoró en Química en el año 1994. Más adelante, viajó a los Estados Unidos para trabajar en el prestigioso MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) en Boston, para luego regresar a nuestro país.

El Dr. Baraldo nos recibió en su oficina del INQUIMAE (Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía) donde trabaja, para brindarse amablemente a una entrevista. El siguiente es un extracto de dicho diálogo.

Prof. Karina Di Francisco –Hola Luis, ¡muchas gracias por atendernos! ¿Podrías contarnos en qué estás trabajando actualmente?

Dr. Luis Baraldo –Mi trabajo tiene que ver con la llamada química de coordinación. Se relaciona con la química de iones metálicos unidos a otros átomos.

La idea general es tratar de tomar un átomo o una pareja de átomos y ver cómo interactúan, para analizar qué pasa cuando se unen con otros. Ahora la estamos extendiendo a otro campo de investigación relacionado con sistemas que recientemente se han popularizado: las llamadas

nanopartículas, como lo son algunos agregados de átomos. La mayoría de esos agregados de átomos está sobre la superficie del material del que forman parte (a medida que las partículas son más pequeñas, es mayor la cantidad de átomos que permanecen en la superficie del material con relación a los átomos que están en su interior).

Puedo acercar algún otro átomo y ver cómo este impacta sobre las propiedades del primero. Si vengo con otro átomo y modifico las propiedades de los átomos de la superficie, el efecto se propaga sobre toda la nanopartícula y ese efecto sobre un átomo se multiplica por miles.

También estamos haciendo nanopartículas magnéticas, que son aquellas que mantienen el efecto provocado por un imán, aun luego de haberlo retirado. Esta propiedad las hace útiles para almacenar memoria. En eso están basados los discos rígidos, que están hechos de esta clase de nanopartículas.

Se están tratando de modificar algunas nanopartículas para que interactúen, por ejemplo, con sistemas biológicos. Se busca que cumplan con alguna función mientras circulan por el organismo sin ser “fagocitadas” por el sistema biológico.

–¿Cómo está el trabajo de los científicos de nuestro país en comparación con otros sitios del mundo en los que otros científicos trabajan en esta misma área?

–Bien; hay muchos grupos que trabajan bien y estamos mejorando en el equipamiento. Hay varias técnicas importantes, por ejemplo las que utilizan los microscopios de transmisión electrónica o los microscopios de barrido electrónico; si uno no cuenta con instrumentos para desarrollar esas técnicas, después es difícil entender los resultados de los experimentos.

–O sea que el factor presupuestario es importante...

–¡Definitivamente! Esta tecnología está cambiando todos los años; renovar los equipos modifica la clase de experimentos que se pueden hacer. Son equipos muy costosos: estamos hablando de equipos de miles de dólares.

–¿Quiénes integran tu grupo de trabajo?

–En este momento tengo cuatro tesis (licenciados que están haciendo su doctorado) y dos estudiantes que tienen lo que en la UBA se llama beca estímulo (estudiantes de

El prefijo “nano” viene del griego y significa “enano”.

Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro. Así, 1 nanómetro (nm) es equivalente a 10^{-9} metros (m)... ¡0,000000001 m!

la carrera de grado, que cobran algo para hacer investigación). También está con nosotros un estudiante que está cursando Laboratorio, que es una materia de la carrera. Esos siete seríamos el “elenco estable” y después tenemos un par de estudiantes más, colaborando.

—¿Cuáles fueron tus motivaciones para elegir la carrera científica?

—Bueno, en mi familia tengo poca tradición en ciencia y estudié perito mercantil...

Tengo un pariente —mi tío era Enrique Gaviola, un físico muy importante— a quien nunca conocí, lamentablemente, porque vivía en otra ciudad y porque no se llevaba muy bien con mi familia.

Siempre tuve un poco de inclinación hacia la ciencia. De hecho, la expectativa era que yo iba a estudiar Ingeniería. Decía que iba a estudiar Ingeniería y leía libros sobre dinosaurios.

Cuando tuve que elegir la carrera, fui a una psicopedagoga. Muy recomendable; me llevó un par de meses entender bien qué quería hacer y la verdad es que cuando me decidí, lo hice con mucha energía.

Ahora, habiendo decidido estudiar Química, la fantasía permanente era que, en realidad, a mí me interesaba la ciencia durante un rato, pero que, en realidad, iba a trabajar en la industria alguna vez.

Hoy en día sé —y esto tiene que ver con conocerme— que habría podido estudiar otras cosas pero hubiera terminado dedicándome a la investigación.

—¿Por ejemplo, qué otras cosas te hubiesen interesado estudiar?

—Casi cualquiera; cuando digo cualquiera es Historia, Economía... Porque básicamente me gusta lo que entiendo, me gusta la sensación que me da entender y la de ayudar a que otros entiendan.

Siempre leí mucho y parte de la fantasía era que yo iba a escribir.

—¿Pensabas en ser escritor de cosas relacionadas con la ciencia?

—¡No, escritor no! En realidad no sabía qué significaba decir eso.

Recuerdo cuando estaba tratando de elegir la carrera, las tres finalistas eran Historia, Literatura y Química. Preferí la Química y para mí el primer año fue muy difícil porque tenía cero experiencia en laboratorio, no tenía la menor idea de cómo se hacía nada.

—Hablaste de la posibilidad de ayudar a que otros entiendan. ¿Te interesa la docencia?

—Sí. Mi acercamiento a la ciencia es integral; el tema de la docencia en todas sus formas, ya sea trabajar con un grupo reducido en el laboratorio o trabajar con grupos más grandes.

—¿Reciben apoyo desde el Ministerio de Ciencia de la Nación?

—Sí, decididamente. Empezando porque, como investigador de CONICET, recibo un subsidio. El Ministerio da apoyo permanente y se siente. En los últimos 5 años se ha notado la diferencia. Por ejemplo, en la cantidad de tesis que tenemos y de investigadores que hay en el Instituto.

—¿Con qué otras ramas de la ciencia se vincula tu línea de trabajo actual?

—Hoy en día, dentro de las grandes categorías, la mayor afinidad se da con la Física y con la Biología.

—En tu opinión, ¿qué impacto tienen sobre la sociedad los resultados de la investigación en Química?

—¡Es difícil de responder! ¿Por dónde empezar? Por mi gusto personal, inmediatamente en lo que pienso es en los materiales. Es cuestión de mirar el paisaje y ver cómo cambió en 25 años. Antes predominaba lo metalizado. Hoy en día, si vos mirás a tu alrededor, la mayoría son plásticos con texturas mates, menos brillosas. Bueno, esta diversidad de materiales, que los libros vengán impresos a color y que las computadoras pesen lo que pesan, son todos derivados de que actualmente hay disponible toda una batería de nuevos materiales.

—¿Qué les recomendarías a los adolescentes que estén pensando en seguir una carrera científica?

—En general, que sepan que la ciencia da acceso a una porción muy grande y significativa del mundo actual. También es muy importante no cultivar solamente esta parte, porque el conocimiento es útil cuando uno lo puede integrar. La interdisciplina no es una cosa que sucede afuera; para empezar sucede en la cabeza de las personas. Es cierto que cuesta esfuerzo, pero uno queda en un mejor lugar cuando hace ese recorrido. Ese camino vale la pena en sí mismo.

—Gracias!



Entrevistamos a una investigadora argentina

María Mabel Puelles nació en el año 1969, en Banfield, provincia de Buenos Aires. Estudió en la Escuela Normal Nacional Superior Antonio Mentrúyt de esa localidad, donde obtuvo el título de bachiller. Allí descubrió su preferencia por las materias de ciencias exactas y naturales y tomó la decisión de estudiar Licenciatura en Química.

Está casada, tiene una hija y trabaja en el INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

Hoy nos cuenta un poco de su vida, de su experiencia en la facultad y de cómo entró a trabajar en el INTI.



Mabel Puelles en su lugar de trabajo.

Prof. Flavia Grimberg—¿Por qué decidiste estudiar en la UBA (Universidad de Buenos Aires)?

Lic. María Mabel Puelles—Por varias razones: porque la carrera que elegí no se da en muchas universidades, la UBA es gratuita y, a mi criterio, es la que tiene mejor prestigio y reconocimiento en el exterior.

—¿En cuántos años está estipulada la carrera? ¿En cuántos años la hiciste?

—Consta de 1 año introductorio en el CBC (Ciclo Básico Común) y luego 5 años en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN). Yo tardé 8 años en total, porque trabajé desde el comienzo y durante toda la carrera.

Los primeros tres años fui preceptora de la misma escuela donde estudié el bachillerato. Luego, en un colegio secundario privado, trabajé como jefa del Laboratorio, planificando y coordinando las prácticas de Físicoquímica, Química y Biología, y como profesora de esas mismas tres materias.

—¿Te gustó lo que estudiaste? ¿Se pareció a lo que te imaginabas?

—¡Me gustó mucho! Los primeros años me costó; a pesar de tener una buena base de la escuela secundaria, fue difícil adaptarme al nuevo ritmo de estudio y trabajo.

El contenido de las materias de la carrera se acercaba a lo que me ima-

ginaba, por eso nunca quise cambiar; pero lo que me hizo dudar en algún momento fue el nivel de exigencia. Los últimos años pude disfrutarlos más.

—¿Qué aspiración laboral tenías para cuando finalizaras la carrera?

¿Con qué soñabas?

—Siempre soñé con ejercer mi profesión en un laboratorio de análisis químico.

—¿Cuál fue tu primer trabajo relacionado con tus estudios?

—En el Centro de Química del INTI, específicamente en el Laboratorio de Metales, Análisis Inorgánico y Espectrometría de Rayos X. Es el mismo en el que continúo hasta hoy.

El INTI es un organismo público, fundado en 1957, que principalmente brinda asistencia y apoyo tecnológico a la actividad industrial, estatal y privada.

En este organismo trabajan unas 1.200 personas, y está organizado como un sistema de centros, integrado por 29 unidades en cuya conducción participan empresarios y funcionarios ligados a cada tipo de actividad. Está presente en 11 provincias y ofrece servicios a unas 7.000 empresas, al menos una vez por año. Además, posee un organismo de certificación que verifica el cumplimiento de normas en más de diez rubros industriales, y un grupo que se dedica a la investigación y el desarrollo científico tecnológico (<http://www.inti.gov.ar>).



—¿Cómo lograste entrar a trabajar ahí? ¿Lo buscaste, o se dio?

—Cerca de terminar la carrera, y a pesar de que mi trabajo como profesora me gustaba mucho, soñaba con trabajar en un laboratorio, entonces redacté mi currículum, hice copias y las llevé a una serie de lugares privados y estatales.

Durante unos meses tuve muchas entrevistas. Una de ellas fue en el INTI. Se dio la coincidencia de que en el Centro de Química estaban buscando un profesional, me llamaron para la entrevista psicotécnica y, pocos días después, para decirme que había sido seleccionada.

—¿Trabajás sola o con un equipo de trabajo? ¿Cómo está integrado?

—Es un equipo de trabajo. Mi jefa es la coordinadora de la Unidad Técnica Analítica Inorgánica, yo soy la jefa del Laboratorio de Metales, Análisis Inorgánico y Espectrometría de Rayos X. Tengo siete colaboradores a cargo, tres licenciados en Química y cuatro técnicos químicos.

—¿Qué tareas hacés?

—Hacemos asistencia técnica a la industria, organismos del Estado y a la sociedad en general; e investigación y desarrollo de nuevas técnicas analíticas, con el objeto de resolver problemas analíticos. Por ejemplo:

► Realizamos análisis de piezas metálicas rotas de un determinado equipo para ver de qué forma podrían ser fabricadas y reemplazadas a un costo menor que el que tiene la pieza importada.

► Realizamos análisis químicos completos de aleaciones metálicas, para verificar la calidad de una partida, para comprobar si lo que se vendió es lo que compró. Por ejemplo, es importante analizar los materiales que se usarán para hacer implantes dentales, que son aceros inoxidable o aleaciones de titanio de una determinada calidad, para que no produzcan daño a la salud de las personas.

► Realizamos análisis para corroborar si un producto cumple con lo declarado por el fabricante: determinar la presencia de flúor en cremas dentales, dióxido de titanio (principio activo) en pantallas solares, etcétera.

Para estos exámenes se utilizan diferentes metodologías y el equipamiento adecuado. También realizamos investigaciones de mucha precisión, por difracción* y fluorescencia de rayos X (RX)*, para lo que se requieren equipos muy costosos, que una pequeña o mediana industria no puede costear.

—¿Es lo que te imaginabas antes de empezar a trabajar?

—No, yo me imaginaba trabajando en una empresa privada, pero hoy reconozco que lo que hago es mejor. Trabajar en el INTI me permite capacitarme permanentemente, realizar tareas muy diversas, aprender nuevas cosas, tener a disposición una amplia diversidad de equipamiento para realizar mi tarea y crecer continuamente.

—¿Cuál sería tu trabajo ideal?

—El mismo que tengo hoy.

Glosario

difracción: la difracción de RX

permite corroborar, en una muestra incógnita, la existencia de sustancias cristalinas que deben estar presentes. Se puede usar también para verificar la presencia de fibras de asbestos en materiales aislantes, o de sílice en un ambiente laboral (ambas sustancias de uso prohibido).

fluorescencia de RX: técnica que permite determinar qué elementos componen una muestra incógnita; verificar la sospecha de la existencia de un elemento que no corresponda, o confirmar el contenido de un elemento que sí tendría que estar, en una determinada concentración máxima o mínima.



Laboratorio de Metales, Análisis Inorgánico y Espectrometría de Rayos X del INTI.



Medalla de los Premios Nobel.

Los Premios Nobel

Alfred Nobel (1833-1896), químico sueco, patentó más de trescientos inventos, y el más famoso fue la dinamita. Esta permitió reemplazar la nitroglicerina por un explosivo más estable y fácil de manipular, sin correr riesgos.

Su motivación para el desarrollo de este explosivo estaba estrechamente ligada a un fatídico hecho que años antes había marcado su vida: la muerte de su hermano durante el estallido de una fábrica de nitroglicerina.

Nobel se enriqueció tremendamente con el invento de la dinamita. En su testamento, redactado en 1895, destinó parte de su fortuna para que se otorgaran premios a quienes en diversas ramas del conocimiento se destacaran por trabajar en beneficio de la humanidad.

En la actualidad, la Fundación Nobel –creada en 1900– premia los mejores trabajos en Física, Química, Medicina, Fisiología, Literatura, Economía y a quienes contribuyen a la paz mundial.



Pierre Curie y su mujer, Marie Skłodowska, obtuvieron el Nobel de Física en 1903 por sus investigaciones sobre fenómenos de radiación. En 1911, Marie fue galardonada con el Nobel de Química por el descubrimiento de los elementos radio y polonio. En 1935, su hija Irene compartió con su marido, Frederic Joliot, el Nobel de Química por la síntesis de nuevos elementos radiactivos.

Los premios Nobel de Física y de Química del año 2014

El Premio Nobel de Química fue para los estadounidenses Eric Betzig y William Moerner y el alemán Stefan Hell, quienes trabajaron en el desarrollo de la microscopía fluorescente de alta resolución. Esta técnica, también llamada nanoscopia, permite a los científicos visualizar los caminos de las moléculas individuales dentro de una célula viva y las conexiones entre neuronas para la transmisión del impulso nervioso. Este trabajo contribuyó al estudio de enfermedades como el Alzheimer y el Parkinson, así como con el análisis de procesos cognitivos en las neuronas del cerebro.

El Premio Nobel de Física del año 2014 fue otorgado a los científicos japoneses Isamu Akasaki, Shuji Nakamura e Hiroshi Amano por el desarrollo de las lámparas LED azules para la iluminación, que posibilitan un enorme ahorro de energía. Los leds, esas pequeñas lamparitas que se mantienen encendidas en televisores o se encienden en un control remoto, se desarrollaron hace más de treinta años de colores verde y rojo. Los leds azules han permitido desarrollar lámparas de luz blanca, que pueden producir una muy buena iluminación, pero generando gastos de energía mucho menores que las basadas en otras tecnologías.



William Moerner



Stefan Hell



Eric Betzig



Hiroshi Amano



Isamu Akasaki



Shuji Nakamura

Son nuestros

El primero

Bernardo Houssay nació en Buenos Aires en 1887 y falleció en la misma ciudad en septiembre de 1971. Fue médico y fisiólogo. Presidió la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, la Academia Nacional de Medicina, la Sociedad Argentina de Biología y la Federación Internacional de Diabetes.

Fue premiado con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1947, como reconocimiento a sus investigaciones sobre el trabajo de la glándula hipófisis en la distribución de la glucosa en el cuerpo, un fenómeno directamente relacionado con el desarrollo de la enfermedad llamada diabetes.

Houssay, el primer argentino y latinoamericano premiado con un Nobel en Ciencias, trabajó con su discípulo y también premio nobel, Luis Federico Leloir.

El único

Luis Federico Leloir nació en 1906 en París, Francia. Dos años después, su madre se instaló con él en Buenos Aires. Cuando pudo optar, Leloir renunció a la ciudadanía francesa a la que tenía derecho, y eligió en cambio la ciudadanía argentina. Desde muy joven, el doctor Leloir tomó la decisión de dedicarse a la investigación, movilizado por la escasez de recursos que padecían los médicos de nuestro país para realizar su tarea.

Leloir recibió el Premio Nobel de Química en 1970 por sus estudios sobre la fabricación de los hidratos de carbono en los organismos vivos. Es el único argentino que ganó el Nobel de Química. En sus propias palabras: *"La investigación posee muchos aspectos que la transforman en una aventura atractiva. Hay también aspectos humanos dignos de mencionar. Algunos de los períodos más placenteros de mi carrera fueron aquellos en los cuales trabajé con personas inteligentes y entusiastas, con buen sentido del humor..."*.

Leloir murió en Buenos Aires el 2 de diciembre de 1987.

El último... por ahora

César Milstein nació en Bahía Blanca (Argentina) en 1927. Se graduó como doctor en Química a los 25 años de edad, y cinco años después ingresó al Instituto Nacional de Microbiología "Carlos Malbrán". Luego, trabajó en Inglaterra, acompañado por el doctor Sanger (también Premio Nobel). Volvió a la Argentina para trabajar en el Instituto Nacional de Bromatología entre 1961 y 1963.

Más adelante, regresó a Inglaterra para trabajar con el Dr. Georges Kohler. Ambos compartieron, en 1984, el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por estudios realizados sobre especificidad en el desarrollo y control del sistema inmunológico.

Milstein murió en Cambridge, Inglaterra, en el año 2002.

Actividades

1. La Argentina cuenta con dos premios nobel de la paz. Averigüen quiénes los obtuvieron y cuál fue su aporte para que se les otorgara dicha distinción.



Bernardo Houssay, nobel de fisiología y medicina en 1947.



Luis Federico Leloir trabajando en su laboratorio.



César Milstein (izquierda), nobel de fisiología y medicina en 1984.



Logo de la Bandera de la Paz, aceptado por los países de América el 15 de abril de 1935.

Química al día

Productos textiles

¡Fuera, bichos!

Hay buenas noticias para quienes se preocupan por las picaduras de mosquitos. Dentro de poco tiempo tendremos a nuestra disposición ropa confeccionada con telas capaces de repeler a los “molestos bichitos”.



Productos textiles con repelentes de insectos.

Científicos de nuestro país han desarrollado –en concordancia con otros proyectos que ya están en marcha en otros países del mundo– telas que contienen micropartículas de aceites capaces de ahuyentar insectos.

Las micropartículas se fabrican para obtener materiales más estables –en este caso, el aceite repelente– frente a posibles ataques de la humedad, la luz o ciertos reactivos químicos.

A las partículas en estado sólido de la sustancia o de la mezcla de sustancias que se quiere preservar, se las recubre con otro material. De ese modo, las micropartículas, a veces llamadas microesferas o microcápsulas, según su estructura, se reducen a un tamaño inferior a 1 milímetro de diámetro.

Con esta técnica, se consiguen pequeñas esferas repelentes de insectos, que luego se colocan en los productos textiles. Para fijar las micropartículas en las telas, estas se exponen a temperaturas de aproximadamente 150 °C durante intervalos que van de uno a diez minutos, aunque estas condiciones pueden variar, para evitar que las partículas se rompan o que se volatilice alguno de sus componentes. Las sustancias contenidas en las micropartículas se liberan lentamente desde la tela hacia el ambiente. Por ejemplo, algunas telas que luego de ser tratadas fueron expuestas a la acción del mosquito transmisor del dengue, presentaron efectos repelentes entre 20 y 40 días. Esto no ocurre en tejidos sin tratar.

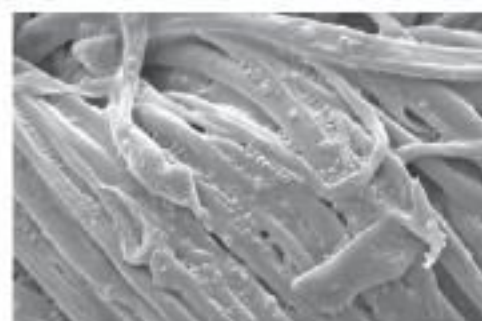
Una ventaja adicional es que las propiedades de los tejidos así tratados son resistentes a los lavados.

Hay datos que indican que en las telas fabricadas solamente con poliéster, el efecto repelente es de un 60%, mientras que en telas de algodón se logra un efecto aun mejor, que alcanza frecuentemente el 100% de repelencia.

Mi remera huele a limón

La técnica del microencapsulado permite fijar diversos materiales en los textiles. Es posible incorporar así, no solo repelentes de insectos, sino retardantes de llama, suavizantes, desodorantes, fragancias, colorantes, etcétera.

Por ejemplo, se está trabajando en la obtención de telas aromatizadas. Para eso se ha encapsulado aceite esencial de limón, utilizando levaduras y gelatinas para armar las paredes de las microcápsulas.



Microfotografía de micropartículas de levaduras que contienen aceite de limón encapsulado. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

El ecobus, un transporte público con energía limpia

Próximamente, la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) pondrá a circular el primer transporte 100% ecológico de la ciudad, que no requerirá de combustibles fósiles contaminantes para impulsar el vehículo.

El minibús ecológico tendrá capacidad para unas 15 personas. Inicialmente estará destinado al traslado de estudiantes y docentes por las diferentes facultades y dependencias y, para ello, se construirá un circuito de calles internas dentro de los predios de la Universidad.



Aspecto del ecobus.

Uno de los aspectos más interesantes de esta iniciativa es que, como no se trata de vehículos originalmente ecológicos, la Facultad de Ingeniería se encargará de modificar diferentes aspectos de la mecánica, e incorporar las baterías

de litio que harán funcionar el motor de manera “limpia” y sin efectos contaminantes.

La ventaja de las baterías de litio es que duran cinco veces más que las tradicionales de plomo, son reciclables y económicas.

Adaptado de: Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería 23 de marzo de 2015. Unidad de Prensa de la UNLP.

Mucho plástico, muchas ideas

En nuestro país, también hay quienes se preocupan por minimizar las consecuencias de que los plásticos se acumulen como grandes volúmenes de basura.

Los científicos del Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA), ubicado en la ciudad de Mar del Plata, pensaron en lograr el desarrollo económico, sin descuidar el ambiente. Dentro de su área de eco-materiales usan materiales derivados de recursos renovables para reemplazar, parcialmente, los **polímeros*** originados por fuentes no renovables. Por ejemplo, usan celulosa, almidón, cáscara de arroz o de maní, yute, sisal y fibras de algodón. De estos obtienen otros con los que reemplazan parte de los que usaban anteriormente para obtener plásticos, como el polietileno o el PVC y las llamadas resinas epoxi. En esos reemplazos parciales también incorporan polímeros obtenidos a partir de proteínas de soja y de aceites vegetales como el de lino. Con esos agregados, se mantienen propiedades del material original y se mejoran otras. Estos nuevos materiales tienen usos muy diversos: artículos de librería, muebles, recubrimientos, etcétera.

En el INTEMA también investigan qué ocurre al incorporar en los envoltorios de alimentos películas de gelatina, de almidón y de asociaciones con proteínas. De esa manera, intentan mejorar el mantenimiento de las propiedades de los alimentos frescos no procesados –por ejemplo el sabor– sin descuidar la protección del ambiente.

La demanda de los materiales diseñados por INTEMA sigue creciendo. Los productos se requieren desde Europa, para su uso en la industria automotriz, y desde los Estados Unidos, para la construcción de señales y senderos de parques públicos, entre otras aplicaciones.

Glosario

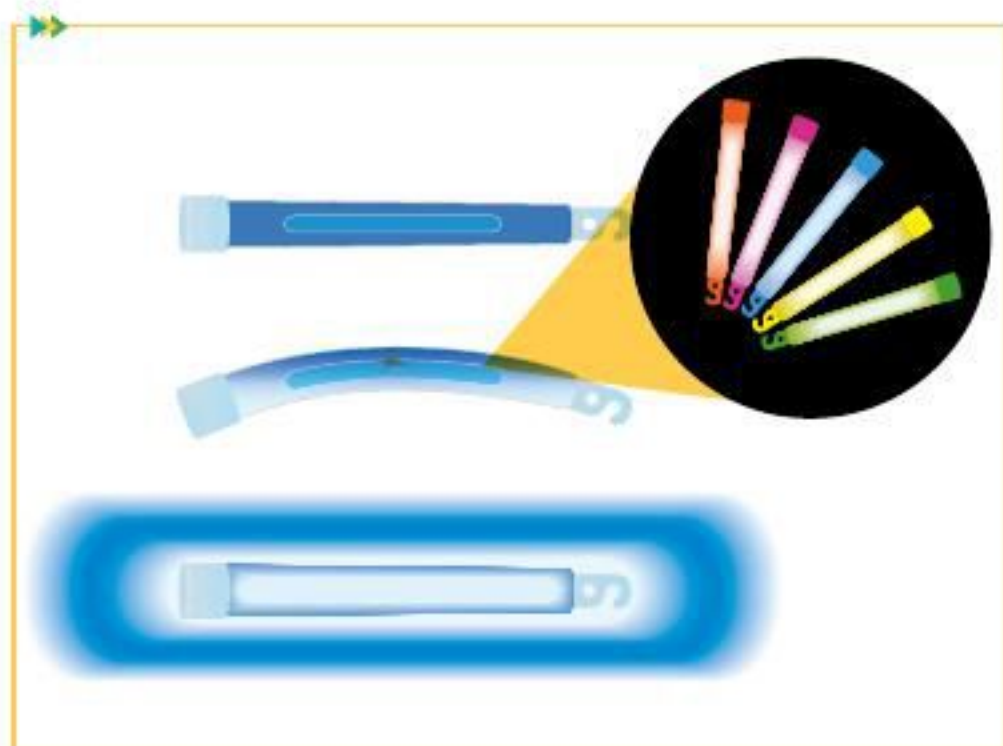
polímeros: sustancias que constituyen los materiales plásticos artificiales y sintéticos, como el nailon, el polietileno, el PVC, los poliésteres, etcétera. Están formadas por macromoléculas (moléculas muy grandes), en cuya estructura se repiten muchas veces ciertas agrupaciones de átomos.

La ciencia, la tecnología y los campamentos

Para garantizar que se pueda calentar la comida en el campo de batalla o en un campamento, se ha diseñado un dispositivo generador de calor que no requiere electricidad ni combustible. Se trata de una laminilla que contiene una especie de espuma plástica, en cuyos poros se encuentra una sustancia (generalmente magnesio en polvo) que, al mezclarse con agua reacciona químicamente y produce calor. Los soldados o los acampantes, simplemente deben apoyar este dispositivo sobre el paquetito de comida, luego colocarlos dentro de una bolsa de plástico y, finalmente, agregar unos 30 ml de agua. Luego de 12 a 15 minutos, la comida alcanza una temperatura cercana a los 60 °C. Esta tecnología también se encuentra disponible con la laminilla ya colocada en contacto con el envoltorio de la comida. Este sistema es conocido como MRE, sigla que proviene de su nombre en inglés, Meal Ready-to-Eat (comida lista para comer).



Envase de MRE y forma de uso.



Tubos de luminol y su forma de uso.

Otra idea interesante es la que se aplica usualmente en una salida de campamento o de pesca nocturna. Se suelen llevar unos tubos largos de plástico que, al doblarlos y agitarlos, se iluminan produciendo luz instantáneamente. ¿Cómo es esto posible? ¿Qué mecanismo se usa para su funcionamiento?

Estos dispositivos contienen luminol, un compuesto que emite luz azul cuando es oxidado por alguna sustancia oxidante, por ejemplo, peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). Esta reacción es muy lenta, pero la presencia de catalizadores (sustancias que aumentan la velocidad de una reacción química) provoca la emisión instantánea de luz. Este fenómeno se conoce con el nombre de quimioluminiscencia.

Conductividad y superconductividad

La sociedad en la que vivimos es muy dependiente de la electricidad; por ejemplo, un breve corte de energía eléctrica basta para tomar conciencia sobre esta dependencia.

La energía eléctrica se genera casi siempre lejos de los lugares donde se la utiliza. Por ejemplo, al conectar un televisor, la energía puede provenir de la central hidroeléctrica del Chocón, ubicada en Neuquén; de Yacyretá, situada en Corrientes, o de la central nuclear de Embalse de Río Tercero que está en la provincia de Córdoba. La energía eléctrica se transporta a través de cables metálicos, es decir, conductores eléctricos. Lo mismo ocurre en una casa, en una fábrica o dentro de un artefacto eléctrico: la energía se distribuye por medio de circuitos que utilizan conductores.

Conductores metálicos

La mayoría de los circuitos eléctricos están formados en buena medida por conductores metálicos. Los cables por los que se conduce la corriente eléctrica –tanto los que se extienden desde una central a una ciudad lejana, como los que encontramos dentro de un artefacto doméstico– están fabricados con metales.

La conducción de la electricidad a través de un metal, llamada corriente eléctrica, depende entre otras cosas del tipo de conductor. Por ejemplo, no conduce igual un cable de cobre que uno de hierro, o uno largo que uno corto. La forma, el tamaño, la composición química y la temperatura de un conductor determinan cómo este puede transportar la electricidad, lo cual se sintetiza en el valor de su **resistencia eléctrica**.

Cada cable tiene un valor de resistencia eléctrica que indica si es mejor o peor conductor. Esta característica hace que, cuando pasa corriente eléctrica por un cable, este se caliente, es decir, que se disipe energía en forma de calor.

Si el cable es por ejemplo parte del circuito de una estufa, eso está bien. Pero si se lo utiliza para otro fin, la disipación de calor es energía perdida.

Superconductividad

En 1908, el físico holandés Heike Onnes (1853-1926) desarrolló el primer método para obtener helio líquido, lo que se puede lograr a 4,2 K, es decir, a unos $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, comenzó a estudiar el comportamiento eléctrico de metales a esas temperaturas y descubrió que algunos de ellos, como el mercurio, tienen resistencia nula (es decir, cero) en esas condiciones. Denominó a esa propiedad **superconductividad**, ya que en esos elementos es posible el pasaje de corriente eléctrica sin alimentación de energía y además no la disipan en forma de calor. Por este descubrimiento, el científico fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1913.

Más adelante se descubrió que otros metales, aunque no todos, se convierten en superconductores cuando se los enfría por debajo de cierta temperatura. Por ejemplo, el aluminio es superconductor por debajo de 1,2 K ($-271,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), y el plomo lo es por debajo de 7,2 K ($-265,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Actualmente han sido desarrollados cerámicos que se denominan superconductores de alta temperatura, porque adquieren esa propiedad a unos 135 K ($-138\text{ }^{\circ}\text{C}$).



Las grandes ciudades dependen, para su normal funcionamiento, de la energía eléctrica.



La energía eléctrica se transporta desde las centrales hasta los sitios de consumo por medio de cables conductores de alta tensión.



Heike Onnes descubrió, en 1911, el fenómeno de la superconductividad.



Electroimán elemental construido con un tornillo y un cable enrollado.

Glosario

ferromagnético: material que es atraído en forma evidente por un imán. Son materiales ferromagnéticos: el hierro, el cobalto, el níquel, algunas de sus aleaciones y algunos cristales.



Tren de levitación magnética Maglev de Shanghai.



Aparato para obtener resonancias magnéticas nucleares que utiliza electroimanes superconductores.

Superconductividad y magnetismo

Todos los imanes tienen dos polos, el norte y el sur. Cuando se enfrentan dos polos del mismo nombre, se produce entre ellos un rechazo, es decir, se repelen. Por otra parte, los imanes generan a su alrededor un campo magnético, lo que significa que modifican el espacio que los rodea; esto se pone en evidencia si se acerca una brújula o un alfiler, sin tocarlos. Estos efectos se hacen mucho mayores a través de electroimanes.

Básicamente, un electroimán consiste en una pieza de hierro u otro material **ferromagnético*** que está rodeada por un conductor eléctrico enrollado, por el que se puede hacer pasar una corriente. Cuando se conecta el circuito, el sistema actúa como un imán y cuando se desconecta, deja de hacerlo.

Cuanto mayor sea la corriente eléctrica, mayor será el efecto magnético del electroimán. Pero el aumento de corriente eléctrica, debido a la resistencia de los cables, implica importantes pérdidas de energía; más aun, implica la necesidad de utilizar cables muy voluminosos para que estos no se quemen.

La utilización de superconductores en electroimanes ha permitido importantes avances en diversos campos de la tecnología, como en el desarrollo de trenes y en equipos de diagnóstico médico.

Transporte de levitación magnética

Una de las principales causas de pérdida de energía en los trenes es el frotamiento entre las ruedas y los rieles. Además, ese rozamiento produce ruido.

Se han desarrollado trenes de levitación magnética, llamados Maglev, que llevan electroimanes superconductores con la misma polaridad que las vías magnéticas. La repulsión sostiene al tren mientras avanza sin que toque las vías. De esta manera, estos trenes alcanzan altas velocidades en forma muy silenciosa, que han llegado a estar en el orden de los 580 km/h.

RMN

Las siglas RMN, que son equipos muy frecuentemente utilizados en estudios médicos, son las iniciales de **resonancia magnética nuclear**.

La RMN es un estudio que permite obtener imágenes de los órganos internos del cuerpo humano por medio de la aplicación combinada de un fuerte campo magnético, la emisión y recepción de ondas similares a las de radio y su posterior análisis, que es realizado por una computadora.

Ni el campo magnético ni el tipo de ondas utilizadas son perjudiciales, como pueden llegar a serlo los rayos X.

Para generar el gran campo magnético se utilizan imanes superconductores.

Otra propiedad magnética de los superconductores

Algunas sustancias, como el cobre o la plata, son repelidas por los imanes. Sin embargo, el efecto es tan débil que no es posible detectarlo, a menos que se haga una medición muy cuidadosa. Los materiales que se comportan de esa manera se denominan **diamagnéticos**.

En 1933, los científicos descubrieron que un material superconductor es también un material diamagnético perfecto, es decir, que rechaza el campo magnético.

Nanotecnología

En el año 1966 se presentó por primera vez una serie televisiva de ciencia ficción llamada *Un viaje fantástico*. La trama se basaba en la reducción a tamaño microscópico de un submarino con su tripulación especializada, para luego introducirlo en el torrente sanguíneo de un científico y así poder remover un coágulo que el hombre tenía en el cerebro.

Unos 50 años después, se avanzó mucho en el campo de la miniaturización tecnológica. Si bien a nadie se le ocurriría reducir el tamaño de un submarino, es razonable esperar en un futuro próximo la fabricación de pequeños cuerpos específicos que inyectados en el organismo permitan detectar células enfermas y las destruyan.

La **nanotecnología** es la disciplina que se dedica al desarrollo de estos pequeños sistemas que ya tienen importantes aplicaciones y se vislumbran como una nueva revolución tecnológica, al igual que la ocurrida en la década de 1960 con la aparición del transistor.

Lo micro y lo nano

Entre los muchos avances tecnológicos de los últimos años, se puede destacar la reducción del tamaño de muchos artefactos.

Por ejemplo, los motores de los autos de hoy son mucho más chicos y eficientes que los que se fabricaban hace 20 años.

En el campo de la electrónica, el cambio fue más espectacular aun. Una pequeña computadora portátil tiene una rapidez y memoria inmensamente superior a las que existían hace 30 años, que ocupaban el espacio de un mueble mediano.

La tecnología en electrónica desarrollada a partir de la década de 1960 derivó en la llamada **microtecnología**. Actualmente, muchas investigaciones y proyectos tanto en electrónica como en otros rubros, tienden a la nanotecnología.

Los prefijos *micro* y *nano* definen submúltiplos de cualquier unidad. **Micro** significa *millonésima parte* y se indica con la letra griega *mu* (μ), mientras que **nano** significa *mil millonésima parte* y se indica con la letra *ene* (*n*). En lo que se refiere a tamaños, o mejor dicho, a longitudes, un micrómetro es la millonésima parte del metro.

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

Y un nanómetro es la mil millonésima parte del metro.

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

Los primeros teléfonos celulares eran de gran tamaño y solo funcionaban como teléfonos. En la actualidad son mucho más chicos y tienen además múltiples usos: funcionan como relojes, radios, cámaras fotográficas y filmadoras, MP4 (reproductores de música e imagen), GPS y también permiten navegar por Internet.



En *Un viaje fantástico*, un submarino, reducido con su tripulación, navega por el torrente sanguíneo.

Importante logro del INTA: se expande la nanotecnología

Un grupo de investigadores del INTA logró el registro de la patente internacional de la primera molécula sintética para optimizar la acción profiláctica de las vacunas. Este trabajo, que se realizó a partir de la nanotecnología, es una técnica innovadora que puede impulsar a la competitiva industria que produce y exporta insumos veterinarios en el país, e incluso ya se aplica en la industria de los agroquímicos.

Esta molécula permite formular "nanovehículos", que se direccionan hacia determinadas células del sistema inmunológico para mejorar la eficiencia de las vacunas en los animales.

Clarín (Rural) 13/5/2015.

Fresco maya

Muchas de las pinturas mayas han llamado la atención por el uso de un matiz de azul, llamado azul maya, diferente del utilizado por otras civilizaciones y, además, por el hecho de que se ha mantenido durante muchos siglos. Los estudios realizados han demostrado que la explicación de ese hecho se basa en procesos nanométricos.



Los *mouses* inalámbricos utilizan nanotecnología.

El desarrollo de la nanotecnología

El profesor Daniel Ugarte, de la Universidad de Campinas, en Brasil, da una muy buena descripción de lo que se pretende con la nanotecnología: *"La nanotecnología tiene como objetivo proyectar y construir materiales y procesos de fabricación, a escala atómica o nanométrica. La intención es utilizar las propiedades de nanosistemas en forma racional y planificada, a fin de atender una necesidad tecnológica específica, o sea, se pretende construir 'de abajo hacia arriba', donde primero son fabricados los ladrillos básicos (las nanopartículas) y luego son incorporados y organizados para obtener un producto material predefinido"*.

En realidad, en la Antigüedad y sin saberlo, se obtuvieron productos que hoy llamaríamos de nanotecnología. Por ejemplo, las tinturas que se utilizaron en vitrales de catedrales medievales o en pinturas precolombinas.

También ocurren muchos procesos con partículas nanométricas en los seres vivos.

La nanotecnología actual se basa en la posibilidad de visualizar los materiales a esa escala, contando con la ayuda de microscopios electrónicos, y de la posibilidad de disponer de distintos sistemas capaces de modificar algunos átomos de las nanopartículas.

Algunas aplicaciones de la nanotecnología

Otro de los campos en los que se aplican los adelantos es la informática. Los sensores del disco rígido y los *mouses* ópticos inalámbricos se basan en la nanotecnología.

Las posibilidades de utilización de esta tecnología en las ciencias de la salud son tantas que, de hecho, se habla de nanomedicina.

También ha cobrado mucha importancia la aplicación de la nanotecnología en la industria de alimentos. Por ejemplo, algunos nanocompuestos se utilizan como material de envasado, lo que permite prolongar el tiempo de conservación de diversos productos. También se desarrollaron nanoingredientes para mejorar algunas de las propiedades de los alimentos y hacerlos funcionales para tratar diferentes enfermedades.

Un aspecto particular del estudio y desarrollo de estos sistemas minúsculos es que resulta muy difícil encuadrarlos dentro de las disciplinas tradicionales. En ellos participan la Física, la Química, la Ingeniería, la tecnología y, muchas veces, la Medicina y la Biología.

Para conocer más

Asimov, Isaac; *Breve historia de la Química*. Alianza Editorial, Madrid, 2008.

Clarke, P.; Howell, L. y Khan, S.; *Maravillas y misterios de la ciencia*, Usborne Publishing Ltd, Londres, 2006.

De la Selva, Teresa; *De la Alquimia a la Química*. La ciencia

para todos N° 118. Fondo de Cultura Económica, México, 1998.

Sánchez Ron, José Manuel; *¡Viva la ciencia!*, Editorial Crítica, Barcelona, 2008.

Ideas básicas

- ▶ En la Argentina se llevan adelante varios proyectos científicos en el campo de la Física y de la Química.
- ▶ Los institutos de investigación trabajan de manera interdisciplinaria, y aplican los conocimientos científicos en las áreas del diagnóstico médico, la electrónica e incluso en los transportes.
- ▶ Tres investigadores argentinos fueron galardonados con el Premio Nobel en Fisiología y Medicina, y en Química. Otros dos recibieron el Premio Nobel de la Paz.
- ▶ Las ideas e inventos que hace más de cincuenta años pertenecían al mundo de la ciencia ficción, en muchos casos, ya son realidad.

Actividades de integración

1. Lean el siguiente texto.

Ciencia ficción pasada y realidad actual

James Bond, más conocido como el agente secreto 007, es un personaje ficticio de varias novelas escritas por el inglés Ian Fleming, inspiradas en sus aventuras como oficial de Marina y colaborador del servicio de inteligencia de su país. La saga se inicia con *Casino Royale* de 1953 y culmina con *Su nombre es peligro* o *Alta tensión*, publicada en 1962. El actor que lo interpretó por primera vez fue Sean Connery.

La película *Agente 007 contra el doctor No*, estrenada en 1962, basada en la novela *Satánico doctor No* (1958), daría comienzo a una colección cinematográfica de una continuidad que trascendió largamente al autor.

En estas películas aparecen curiosos artefactos e instrumentos, como relojes con emisiones láser y teléfono, cámaras espías, y hasta un reloj multifunción sumergible con contador Geiger y cámara de fotos, que funciona bajo el agua. Dichos artilugios que utilizaba el espía eran producto de la imaginación de Ian Fleming y la interpretación del director de cada película. Actualmente, algunos de estos impensables dispositivos existen y otros continúan siendo un disparate.

A 12 años de la publicación de la novela *Casino Royale* y 3 años después del inicio cinematográfico de las películas de James Bond, llegaba a la pantalla chica el *Súperagente 86*, serie norteamericana creada por Mel Brooks, que parodiaba películas y miniseries de espías. Se transmitió entre los años 1965 y 1970, y en cada capítulo se destacaba



Ian Fleming.



Sean Connery.

la aparición de diferentes inventos para la defensa. Una característica del personaje principal era su "zapatófono", precursor del teléfono móvil actual.

Es interesante analizar la inexistencia de ciertos equipos en la época de realización de una película o serie de TV, y su posterior desarrollo. Esto no significa que fueran películas visionarias, sino que esto permite comprobar el avance científico-tecnológico en el tiempo.

En *La guerra de las galaxias*, los caballeros Jedi pelean con espadas láser, que al chocar producen el mismo efecto que si fueran cuerpos sólidos. ¿Es físicamente posible? No; dos haces de luz al chocar no colisionan, sino que cada uno continúa su camino.

Podemos encontrar muchos ejemplos de este tipo y hay especialistas y aficionados que se dedican a estudiar, desde el punto de vista científico, la factibilidad de los efectos especiales que se muestran en las películas.



Maxwell Smart, el agente 86 con el "zapatófono".



Imagen que muestra el efecto entre dos espadas láser en la película *La guerra de las galaxias* (1977).



Imagen de la película *Gattaca* (1997).

Gattaca (1997) es un film futurista que muestra un mundo donde muchos de los niños son manipulados genéticamente, antes de nacer, para eliminar cualquier tipo de "imperfección", por lo que los otros quedan en inferioridad de condiciones. ¿Realidad o ficción? ¿Llegaremos a tener una sociedad como la que describe la película *Matrix*? ¿Las máquinas dominarán el mundo? ¿Podremos viajar a Marte como en la película *El vengador del futuro*? ¿Nos podrán implantar un chip del recuerdo?

Al comienzo del siglo xx, viajar por el espacio o hacia la Luna era impensable. Sin embargo, a mediados del mismo siglo, estos hechos ya eran realidad.

En la década de 1950, los inventos de Fleming en sus novelas eran disparatados o inviables, y hoy se utilizan varios de ellos. ¿Por qué no pensar que lo imposible hoy será posible mañana?

Mucho queda por investigar y ese es el rol de la ciencia.

2. Armen grupos de trabajo y seleccionen:

- una película de la saga de James Bond;
- dos capítulos en la serie del *Súperagente 86*;
- una película de los súperagentes argentinos: Tiburón, Delfín y Mojarrita (filmada en la década de 1970);
- una película futurista actual, puede ser *Matrix* o *El vengador del futuro*.

a. Miren las películas detenidamente y presten atención a los aparatos que aparecen.

b. Realicen una breve reseña de cada película.

3. La figura 1 muestra un teléfono de fines del siglo xix, la 2 uno de mediados del siglo xx y la 3 uno actual.

Indaguen acerca de las diferencias de funcionamiento entre los dos primeros y, luego, de estos con el actual. Además, averigüen qué adelantos científicos permitieron modernizar esta tecnología.



Figura 1



Figura 2



Figura 3

4. Los avances científicos y sus aplicaciones se vuelcan cada vez más rápido en nuestras actividades habituales. Pregunten a sus padres o a personas de la generación de sus padres (25 o 30 años más que ustedes) y a sus abuelos o a personas de la generación de sus abuelos (50 o 60 años más que ustedes) acerca de las modificaciones que se han dado en:

a. Las comunicaciones (telefonía, TV, correo, etc.).

b. El transporte (autos, aviones, etc.).

c. La Medicina (vacunas, medicamentos, estudios por imágenes, etc.).

Elaboren un registro comparativo e indiquen cuáles fueron los principales cambios producidos.

Intercambios de energía

2

Contenidos

- > Energía interna y temperatura
- > Calor y variaciones de temperatura
- > Cambios de estado
- > Transmisión del calor por conducción
- > Conservación y degradación de la energía

El concepto de energía en la historia de la ciencia es relativamente nuevo; recién a mediados del siglo XIX fue introducido por primera vez entre las teorías físicas del conocimiento.

Los seres humanos han mejorado y perfeccionado las formas de usar y “dominar” la energía, con el objetivo de hacer sus trabajos más fáciles y sus vidas más confortables.

En el siglo XVII, alrededor de 1650, aparecieron los primeros esbozos de la máquina de vapor. Esta época marcó el comienzo de la Revolución Industrial, mientras que en el ámbito científico empezaron a desarrollarse todos los conocimientos relacionados con el aprovechamiento de la energía y su transmisión en forma de calor y trabajo mecánico. En el siglo XIX, las máquinas térmicas eran utilizadas para la industria y el transporte, y cada año se patentaban nuevas máquinas cada vez más eficientes, cuyos usos se iban ampliando día a día.

En la actualidad, otros son los problemas para resolver: si la energía “no se gasta”, ¿por qué hay crisis energética? ¿Por qué se debate y se toman medidas para reducir el consumo de energía?

EN ESTE CAPÍTULO...

Aprenderán la diferencia entre energía interna, calor y temperatura; podrán analizar el intercambio de energía en forma de calor, y luego aplicar los conceptos estudiados al análisis de situaciones de producción, transmisión y uso de energía hogareña o industrial.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C2/>





El viento tiene energía porque puede golpear las aspas de un generador eólico y hacerlas girar.



La energía que transporta el sonido es suministrada por el músico al pulsar las cuerdas.



La energía de la estufa calefacta la habitación.

Los cuerpos o sistemas poseen energía

Las cosas y los seres vivos están en continuo cambio. Nuestro cuerpo se modifica a medida que crecemos; la atmósfera cambia sus características modificando así las condiciones del clima; los alimentos cambian de temperatura, forma, sabor y consistencia cuando los cocinamos; los autos y los medios de transporte se trasladan de un lugar a otro; las plantas transforman sus flores en frutos en cada ciclo; al hacer vibrar las cuerdas de una guitarra oímos el sonido que se produce. Todo a nuestro alrededor se modifica y cambia.

Pero, ¿qué hace que se produzcan estos cambios? ¿Qué necesitan los seres vivos para crecer, moverse y mantener su temperatura? ¿Qué modifica la temperatura de la atmósfera? ¿Qué es lo que nos permite transformar los alimentos cuando los cocinamos? ¿Qué posibilita el movimiento de los autos o aviones?

Las respuestas a todas las preguntas anteriores pueden ser muy variadas según el punto de vista considerado. Por ejemplo, los seres vivos necesitan respirar y alimentarse, y la transformación de alimentos durante la cocción proviene de reacciones químicas. Sin embargo, hay un factor común en todos estos cambios: la energía. Todos estos sistemas pueden transformarse, o transformar a otros, porque poseen energía.

La **energía** es la propiedad de los sistemas que les permite producir transformaciones o cambios en sí mismos, o al interactuar con otros.

Así, la energía que nos brindan los alimentos nos permite movernos, jugar o pensar. Con la energía del microondas o del fuego podemos cocinar. La energía que llega del Sol modifica la atmósfera y determina así las condiciones climáticas de cada día, o les permite a las plantas fabricar su alimento. La energía del guitarrista pone en movimiento las cuerdas y produce música.

Cada vez que se producen cambios o hay posibilidades de que se produzcan, es porque hay energía en los sistemas.



Sistema

Por lo general, para resolver un problema en ciencia, se necesita considerar un cuerpo o un conjunto de cuerpos en forma aislada y estudiar su evolución. A esta porción del universo, que se separa del resto de las cosas en forma real o imaginaria, se le da el nombre genérico de sistema. Por ejemplo, si se quiere estudiar cómo varía la temperatura del agua al calentarla en la hornalla, el agua sola es el sistema, pero si se quiere determinar la cantidad de energía necesaria para que hierva, el sistema está formado por el agua y la pava que la contiene.

El conjunto formado por la pava, el agua y la hornalla también puede ser considerado un sistema y es posible estudiar sus intercambios de energía.

¿En qué se mide la energía?

Para calentar una taza de café no hace falta la misma cantidad de energía que para cocinar una porción de fideos. Se necesita menos energía para calentar el agua de una olla que para hacerla hervir. Las cantidades de energía necesarias para modificar cada sistema son propias de cada caso.

Se puede determinar las cantidades de energía que intercambian los sistemas, estableciendo una unidad de medida que sirva como referencia.

En el Sistema Métrico Legal Argentino (SIMELA), la unidad de medida de la energía es el **joule** (J), en honor al físico inglés James Prescott Joule (1818-1889).

Un joule es una cantidad de energía bastante pequeña. Por ejemplo, para calentar el agua de una taza para hacer un té se necesitan aproximadamente 67.000 J; para levantar una pesa de 10 kg desde el piso hasta una altura promedio de los hombros se necesitan alrededor de 200 J.

En algunos campos específicos de la ciencia, se suelen utilizar otras unidades de energía.

Cuando se estudian los fenómenos térmicos y los intercambios de energía en forma de calor, se suele usar la **caloría** (cal). Una caloría es la cantidad de energía necesaria para variar en 1 °C la temperatura de 1 gramo de agua; así, para calentar la misma taza de agua para el té del ejemplo anterior, se necesitan 16.000 cal aproximadamente.

1 cal equivale a 4,18 J

Potencia

Entre las especificaciones de la mayoría de los artefactos eléctricos, se indica su **potencia**. Este dato nos dice la rapidez con la que se intercambia la energía, es decir, la cantidad de energía que se transforma por segundo.

La unidad de medición de la potencia es el **watt** (W), en honor al ingeniero escocés James Watt (1736-1819). Un watt es la potencia de un cuerpo que intercambia 1 J de energía en 1 segundo. Por ejemplo, una lámpara de bajo consumo de 18 W transforma 18 joule en energía luminosa por cada segundo que está encendida.

La potencia de un artefacto es un dato muy importante a tener en cuenta, ya que permite calcular el intercambio de energía que se produce mientras este está funcionando.

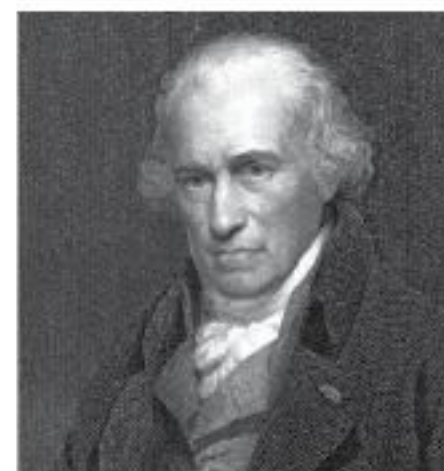
Las compañías de suministro de energía eléctrica utilizan el kilowatt por hora para hacer sus mediciones. Esta unidad tiene la ventaja de que es una cantidad de energía mucho más grande que el joule; un kilowatt por hora equivale a 3.600.000 J.

Los artefactos domésticos eléctricos llevan etiquetas que indican, entre otros datos, su potencia.



Los alimentos envasados llevan una inscripción donde se indica la cantidad máxima de energía que pueden proveer.

James Watt fue un ingeniero y mecánico escocés que perfeccionó la máquina de vapor inventada años atrás. Este hecho resultó fundamental en el desarrollo de la Revolución Industrial.



Retrato de James Watt, por el pintor inglés Henry Howard.



Esta persona ejerce fuerza sobre la pared, pero no provoca modificaciones en ella. Esto implica que no le transfiere energía, por lo tanto, no hay trabajo.



En cambio, este niño modifica la velocidad y posición del objeto que arrastra; por lo tanto, le transfiere energía en forma de trabajo.

Los sistemas pueden ser abiertos, cerrados o aislados.

Un **sistema abierto** es aquel que puede intercambiar materia y energía con el exterior.

Un **sistema cerrado** puede intercambiar energía con el exterior, pero no así materia.

Un **sistema aislado** no intercambia materia ni energía con el exterior.

La energía se intercambia y se conserva

En los ejemplos dados hasta ahora, se evidencia que la energía puede pasar o transferirse de un sistema a otro.

Muchas veces, la energía permanece sin cambios en el mismo cuerpo y, por lo tanto, es más difícil determinar su presencia. Sin embargo, podemos observar sus efectos cuando algo sucede. La energía almacenada en un sistema se evidencia al transferirse de un cuerpo a otro. Los cambios y las modificaciones se producen cuando la energía se transmite o se transforma.

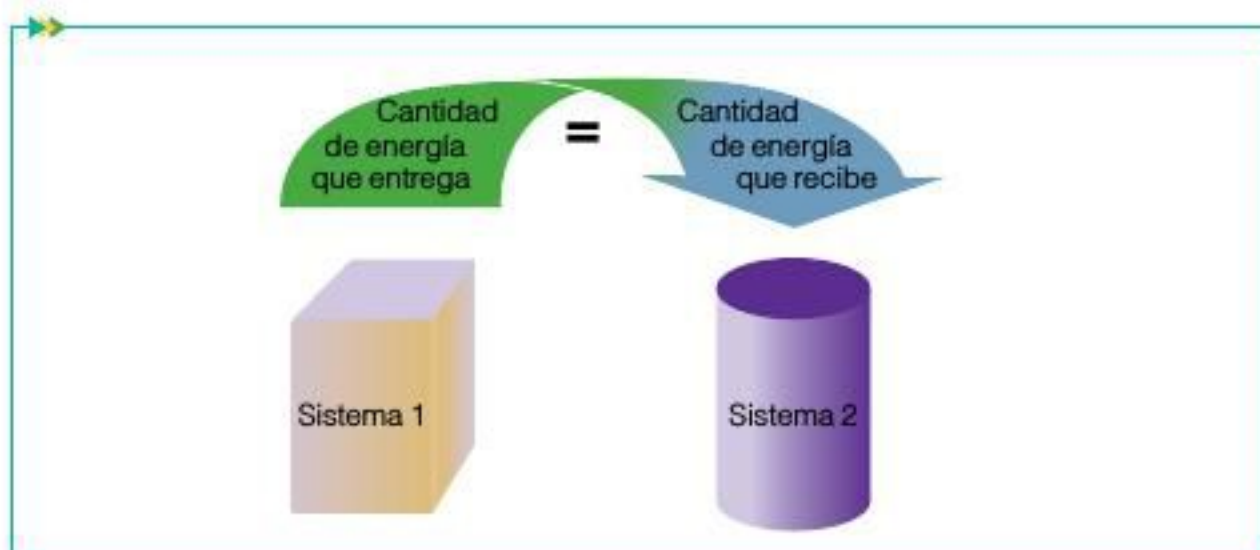
Los sistemas pueden intercambiar energía únicamente de tres maneras distintas: trabajo, calor y radiación.

► El **trabajo** es la forma de intercambiar energía entre un sistema y otro mediante la acción de fuerzas. Por ejemplo, el viento le entrega parte de su energía al molino al golpear sus aspas, o el guitarrista le entrega energía a la guitarra al pulsar las cuerdas. Pero, no siempre al aplicar fuerzas entre sistemas se logra intercambiar energía. Para que exista trabajo, las fuerzas deben producir modificaciones en los cuerpos.

► El **calor** es la forma de transferir energía entre dos sistemas que se encuentran a diferentes temperaturas. Se produce espontáneamente desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Por ejemplo, al cocinar, el horno o la hornalla están a mayor temperatura y le entregan energía a los alimentos, que están más fríos. En este caso, el intercambio de energía se produce por calor.

► La **radiación** es la manera en que un sistema le entrega energía a otro por medio de ondas. Por ejemplo, el horno de microondas calienta por radiación.

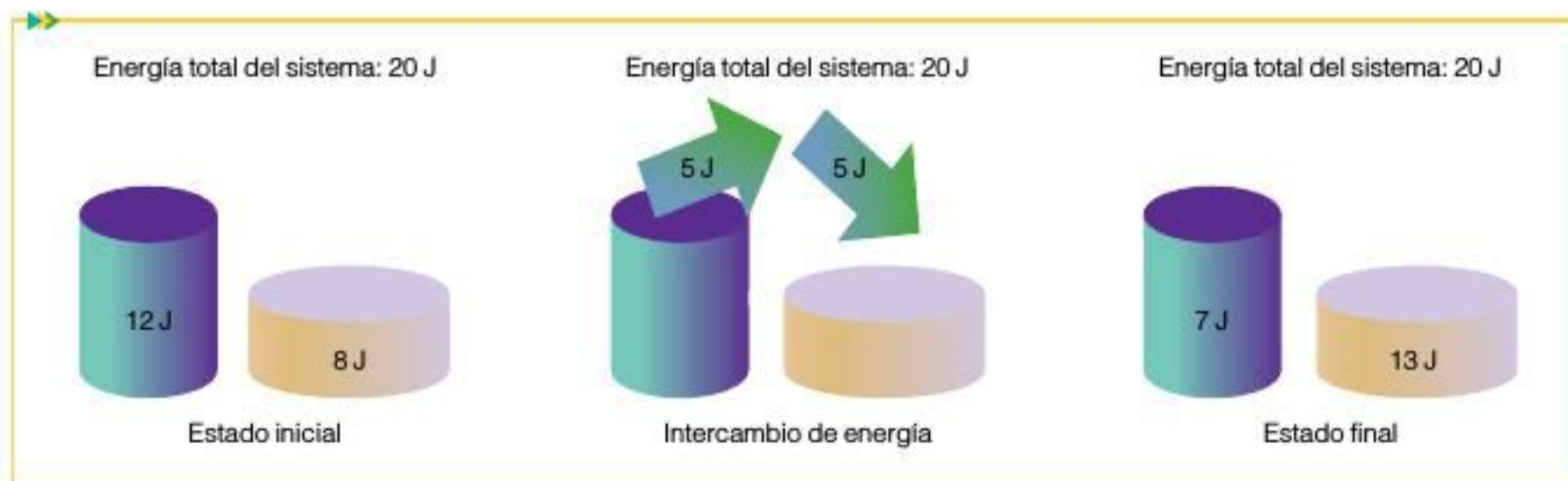
Se puede comprobar que en todas las transferencias o transformaciones energéticas de un sistema aislado, no hay pérdida ni ganancia de energía. Es decir, la energía del niño disminuye en la misma medida en que aumenta la energía del objeto que empuja o arrastra. La cantidad de energía cedida por la hornalla es igual a la ganada por la comida y los recipientes que la contienen.



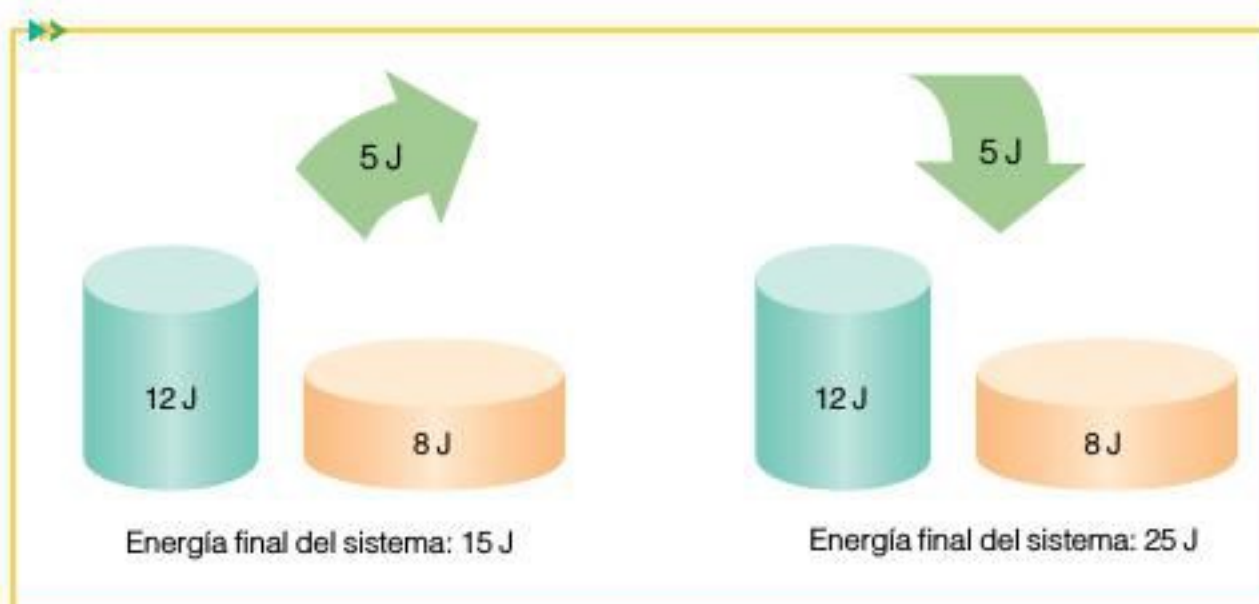
Siempre que se produzca un intercambio energético en un sistema aislado, la cantidad total de energía al comienzo del proceso es igual a la cantidad total al final. No importa por qué mecanismo se transfiera, la cantidad total de energía es constante, no cambia. Puede transmitirse de un sistema o cuerpo a otro, pero la suma de las energías totales es siempre la misma.

Como dijimos, si el intercambio se produce entre cuerpos de un mismo sistema, la energía total del sistema no varía, es decir, permanece constante.

Imaginemos, por ejemplo, un sistema formado por varios cuerpos que posee una energía total de 20 J. Dentro de ese sistema, los cuerpos pueden intercambiar energía entre ellos, pero la cantidad total de energía del sistema seguirá siendo 20 J. Esto significa que puede variar la cantidad de energía que tenga cada uno de los cuerpos del sistema, pero no la energía total.



Pero si el intercambio de energía se produce entre un sistema y cuerpos exteriores a él, la cantidad total de energía del sistema se modifica en la misma cantidad que varió la del cuerpo exterior. Si el mismo sistema anterior intercambia 5 J de energía con el exterior, su cantidad total de energía cambia en 5 J.



Si el sistema entrega 5 J de energía, su energía final será de 15 J. En cambio, si recibió 5 J de energía, su energía final será de 25 J. En cada caso, el cuerpo exterior también aumentó o disminuyó su energía en 5 J.

Esta propiedad de la energía es válida para todas las transformaciones energéticas que se produzcan en el universo y, por lo tanto, se cumple siempre. De hecho, esta regla constituye una de las leyes más importantes de las ciencias, y se la conoce como **Principio de Conservación de la Energía** o **Primera Ley de la Termodinámica**.

La palabra termodinámica surge de dos palabras griegas, *termo*, que significa calor, y *dinámica*, que se refiere a todo aquello que es relativo a las fuerzas.

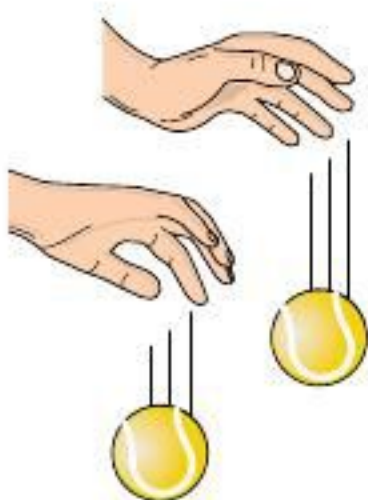


Si se deja conectada la batería durante un tiempo, por ejemplo dos minutos, el calentador de inmersión elevará la temperatura del agua colocada en el termo.

La cantidad de energía química que pierde la batería en ese tiempo es igual al aumento de energía interna del agua. En ese corto tiempo, la variación de energía en el sistema formado por la batería, el calentador y el agua del termo fue prácticamente cero.



Si bien ambos se mueven a la misma velocidad, el perro tiene menos energía cinética que el auto. ¿Por qué?



Si se aumenta la altura, la energía potencial gravitatoria aumenta.



El resorte posee energía potencial elástica.



La energía se transforma

Además de pasar de un cuerpo a otro, la energía también puede cambiar la forma en que se manifiesta. Cuando un cuerpo sufre una modificación, su energía puede cambiar de una forma a otra. Por ejemplo, la energía latente en nuestro cuerpo puede convertirse en el movimiento de una pelota al patearla; la energía suministrada por el servicio eléctrico se transforma en luz en una lamparita. Según las causas que la originan, se distinguen diferentes tipos de energías.

Energía cinética

La energía cinética es la que posee un cuerpo debido a su movimiento. Por ejemplo, un auto mientras se mueve, un perro que corre, un planeta que se traslada alrededor del Sol o el agua de un río que fluye tienen energía cinética.

Esta energía depende proporcionalmente de la velocidad del cuerpo y de su masa. Si el perro aumenta su velocidad, su energía cinética también aumenta. De la misma manera, si el perro y el auto se mueven a la misma velocidad, el auto posee mayor energía cinética que el perro, ya que su masa es mayor.

Energía potencial

Esta energía está vinculada con la posibilidad que tiene un sistema de modificarse o modificar a otros en algún momento posterior. Es una energía que está "latente", y que se pone en evidencia al convertirse en otra forma de energía.

Un cuerpo almacena energía potencial según su posición. Si se suelta un cuerpo desde cierta altura, este caerá hacia el suelo. Al estar elevado, habrá almacenado energía que se transformará, por ejemplo, en energía cinética durante la caída. La energía que adquieren los cuerpos por estar a cierta altura o posición respecto del suelo se llama **energía potencial gravitatoria**.

Un resorte estirado o comprimido posee **energía potencial elástica** debido a su deformación. Al soltarlo, esta energía se transforma en energía cinética. Un elástico o un resorte estirados poseen energía potencial elástica debida a la deformación que pueden admitir ambos cuerpos. Al soltarlos, esta energía se transforma en energía cinética.

Otras formas de energía

La nafta o el gas tienen energía almacenada que entregan a otro cuerpo mediante la combustión. Esta es una energía de posición a escala microscópica, y se llama **energía química**.

La **energía eléctrica** se transmite a través de la corriente eléctrica y se transforma en cada artefacto en luz, sonido, movimiento, etcétera.

Los alimentos poseen energía potencial química.

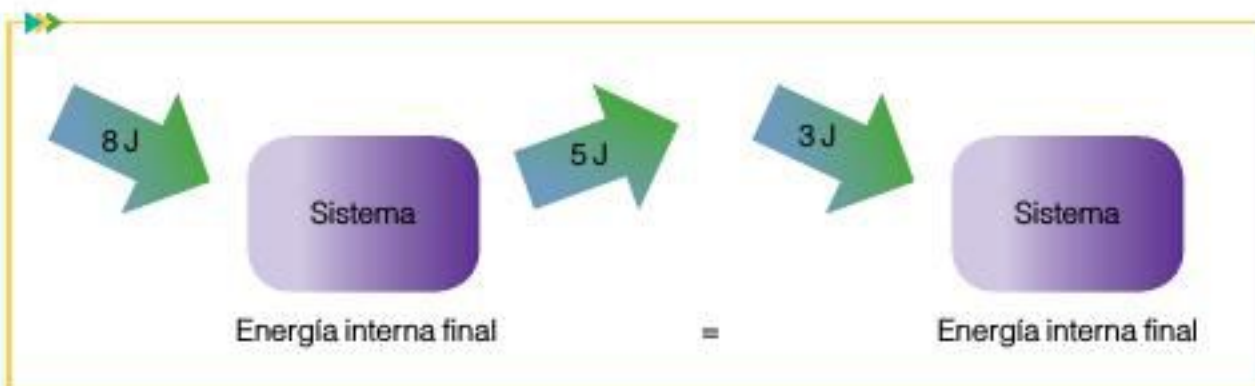
Energía interna

La energía total de un sistema, es decir la suma de las energías de todas las partes que lo forman, se llama **energía interna**.

Los cuerpos están constituidos por átomos o moléculas. Un sistema puede estar formado por un gran número de partículas que se encuentran en continuo movimiento, se trasladan, rotan y vibran. Además, ejercen fuerzas entre sí, según la posición relativa de cada una. Las fuerzas de cohesión o atracción mantienen las partículas unidas, y crecen a medida que se acercan. Las fuerzas de repulsión aparecen cuando las partículas aumentan su movimiento o agitación, y tienden a mantenerlas separadas. De esta manera, cada partícula posee energía cinética y potencial. La suma de las energías de todas las partículas de un cuerpo constituye la energía interna de ese cuerpo. Las partículas pueden intercambiar energía entre sí sin variar la cantidad total de energía interna. Si bien es una energía a nivel microscópico (porque pertenece a las partículas), es una característica del sistema, ya que comprende a todas las partículas que lo constituyen.

Cuando el sistema intercambia energía, se modifica cualquiera de estas formas de energía de las partículas. Por ejemplo, si el cuerpo absorbe 10 J de energía, sus partículas se pueden mover más rápido o agitarse más; en este caso, la energía interna del sistema aumenta en 10 J. No importa el proceso mediante el cual el sistema intercambia energía; el estado final de las partículas depende de la variación de su energía interna.

Si un sistema recibe 8 J de energía y al mismo tiempo entrega 5 J, su energía interna se habrá incrementado en 3 J. Si el mismo sistema solo hubiera recibido 3 J de energía, el estado final de sus partículas sería el mismo.



Una analogía útil puede ser una alcancía que contiene dinero, pero no sabemos cuánto. Si a esta se le agregan \$100, sabemos que la cantidad total aumentará en ese valor. Pero, si primero se le agregaran \$30 y luego \$70, el incremento total sería también de \$100. Entonces: no importa cómo se fraccione el aporte; mientras sume \$100, el contenido de la alcancía aumentará este valor.

Otra particularidad de la energía interna es que no se puede calcular o medir su valor. No sería posible, por ejemplo, medir la energía cinética de los miles de millones de moléculas que hay en un litro de gas y sumarlas para calcular la energía interna.

Pero en cambio sí es posible determinar su variación. De acuerdo con la energía que un sistema reciba o entregue se puede calcular en cuánto varió su energía interna. Por ejemplo, en el caso de la figura, se observa que en ambos casos la variación fue de 3 J.

¿Qué es la masa de un cuerpo?

El esfuerzo que se debe realizar para alzar a un bebé no es igual al necesario para levantar a un adulto. Lo que cambia es la masa de los cuerpos, una propiedad que los caracteriza. Si bien depende de la cantidad de materia que tiene un cuerpo, el valor de la masa indica la resistencia que este ofrece a que se produzcan modificaciones en su movimiento. A mayor masa, mayor es la oposición al cambio y, por lo tanto, mayor es el esfuerzo requerido. Por ese motivo, un bebé cuya masa es menor a la de un adulto, puede moverse más fácilmente. La unidad con la que se mide la masa en el SIMELA es el kilogramo: kg.



Un bebé recién nacido tiene una masa de alrededor de 3,5 kg; un adulto promedio tiene una masa de 70 kg.



A una temperatura dada, las partículas de la botella y el bidón se mueven a igual velocidad media; sin embargo, el bidón tiene mayor energía interna que la botella.



Las partículas de agua del hielo tienen menor energía cinética media que las del agua que está en estado líquido.

Energía interna y temperatura

Como vimos, al variar la energía interna de un sistema se modifica, entre otras cosas, la energía cinética de las partículas que lo forman, lo que se denomina su **agitación térmica**. Microscópicamente, las partículas modifican su energía cinética, moviéndose más rápido o vibrando con mayor frecuencia. Macroscópicamente el cuerpo varía su estado térmico, es decir, se calienta o se enfría.

La cantidad característica de cada estado térmico que indica lo caliente o frío que está un cuerpo es su **temperatura**. La temperatura está relacionada con la energía cinética de las partículas que forman el sistema. Como no todas las partículas tienen la misma energía cinética, se puede suponer una energía cinética media, es decir, un promedio de las energías cinéticas de todas las partículas. Por ejemplo, en los gases la temperatura es una manifestación de la energía cinética media de las partículas que forman un sistema; cuando se calienta una taza de café, aumenta la energía cinética media de las partículas, con lo que aumenta la energía interna de todo el sistema.

Aunque la energía interna y la temperatura están relacionadas, no deben confundirse. La temperatura es una manifestación del estado de movimiento de las partículas, mientras que la energía interna caracteriza las posiciones y el movimiento de todas las partículas del sistema.

De todo lo visto se desprende que la temperatura no depende de la masa de un cuerpo, ya que hace referencia a la energía cinética media de las partículas, sin importar cuántas haya en ese sistema.

El estado térmico de un cuerpo se puede percibir con el sentido del tacto. Así el helado está muy frío, la llama de una vela está tan caliente que quema, o el agua de la canilla está tibia. Pero estas percepciones pueden no ser muy confiables.



Actividades

1. Estimen, busquen o midan las temperaturas de los siguientes ítems:

- un ambiente agradable al cuerpo humano;
- el cuerpo humano;
- el interior de una heladera;
- el interior de un *freezer*;
- la llama de una vela;
- el asfalto al sol;
- agua hirviendo;
- aceite hirviendo.

Estos tres chicos están en el mismo lugar (la temperatura es la misma). Sin embargo, sus percepciones son diferentes. ¿A qué se debe esta diferencia?

La sensación de frío o de calor es subjetiva, esto quiere decir que depende de cada persona y de sus vivencias anteriores. Por eso, es necesario establecer una medida objetiva y más exacta de la temperatura, es decir, un número que signifique lo mismo para todos, independientemente de quién lo mida.

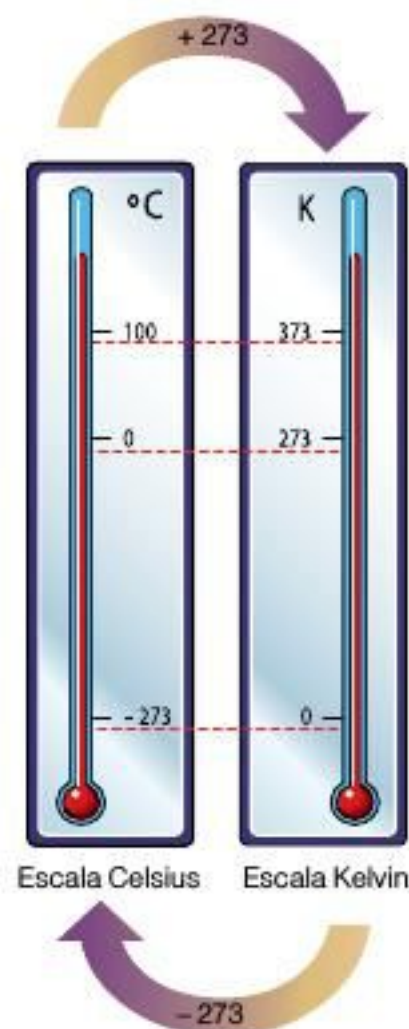
Medición de las temperaturas

El instrumento que se utiliza para medir la temperatura es el **termómetro**. Cuando se quiere medir la temperatura de un cuerpo, se coloca el termómetro en contacto con este. Entonces, ambos comienzan a intercambiar energía, hasta que al cabo de un rato, ambos están a la misma temperatura: habrán alcanzado un estado de equilibrio térmico. Así, la temperatura que indica el termómetro es la temperatura del cuerpo.

Existen varias escalas para medir la temperatura. En nuestro país se utiliza la escala Celsius, a veces llamada centígrada en forma incorrecta, y su unidad es el grado Celsius: $^{\circ}\text{C}$. En el ámbito científico se usa la escala Kelvin o absoluta, cuya unidad es el grado Kelvin: K.

Los grados Celsius y los grados Kelvin son iguales, es decir que un aumento de la temperatura en 1°C implica un aumento también de 1 K . Sin embargo, ambas escalas están desplazadas, es decir, no coinciden en su numeración ni en el origen de su escala. Esto se debe a que la escala Kelvin parte del llamado cero absoluto (menor temperatura que puede alcanzar la materia), que coincide con el valor -273°C .

Para conocer el valor de una temperatura en la escala Kelvin, sabiendo su valor en la escala Celsius, se debe sumar 273 al valor conocido. Por ejemplo, 100°C es igual a 373 K .



Calibración de un termómetro

Cuando un cuerpo varía su temperatura, pueden suceder diferentes tipos de cambios, según sea el material o el tipo de objeto del que se trate. Por ejemplo, la mayoría cambia su volumen, es decir que se dilata; otros pueden sufrir cambios de color, como un clavo que se pone rojo al calentarse, o pueden modificar su presión, como los gases. Los alambres metálicos varían su resistencia eléctrica.

Algunas de estas propiedades que cambian junto con la temperatura se pueden medir y usar como indicadores para construir y calibrar un termómetro. Estas magnitudes se llaman **variables termométricas**.

Por ejemplo, un termómetro de laboratorio usa como variable la dilatación de algún líquido (generalmente mercurio o alcohol). Al aumentar la temperatura del líquido contenido en el bulbo, se dilata y asciende por el **tubo capilar** hasta alguna marca. Cualquier cambio en su temperatura hace que el líquido suba o baje por el capilar y alcance otras marcas.

Para calibrarlo, se usan valores de referencia que sean fácilmente reproducibles, llamados puntos fijos. Los más usados son la fusión y la ebullición del agua a presión normal.

Entonces, se coloca el bulbo en contacto con hielo y se marca el nivel alcanzado. A ese nivel se le asigna el valor 0°C ; luego se coloca en vapor de agua en ebullición y al nuevo nivel logrado se le asigna el valor 100°C . Se divide la distancia entre ambas marcas en 100 partes iguales, y cada una de ellas corresponde a 1°C .



Glosario

tubo capilar: tubo generalmente de vidrio cuyo diámetro interior es muy pequeño.



Actualmente los termómetros digitales o electrónicos tienen una amplia difusión en la industria, la medicina clínica e incluso para distintos usos hogareños.



El hielo en contacto con la bebida recibe energía del líquido y se derrite.

Intercambio de energía por calor

Cuando una estufa calienta una habitación, se encuentra a mayor temperatura que el aire y las cosas que hay dentro del cuarto. Entonces, la energía se transmite desde la estufa hacia el aire, y aumenta su temperatura y su energía interna.

Al colocar hielo en un vaso de gaseosa, ambos cuerpos están a diferentes temperaturas: el hielo está mucho más frío. Al entregarle energía al hielo, la gaseosa se enfría, y el hielo, a medida que recibe energía, se calienta y se derrite.

En ambos ejemplos hay cuerpos a diferentes temperaturas que, al ponerse en contacto, intercambian espontáneamente energía entre ellos. El cuerpo más caliente le cede energía al más frío; de esta manera, uno disminuye su temperatura mientras que el otro la aumenta, y la energía interna de ambos cuerpos también se modifica. Esta forma de intercambiar energía se llama **calor**.

El calor, entonces, es una manera de intercambiar energía: es energía en tránsito. Los cuerpos tienen energía interna que se modifica por intercambio de energía en forma de calor.

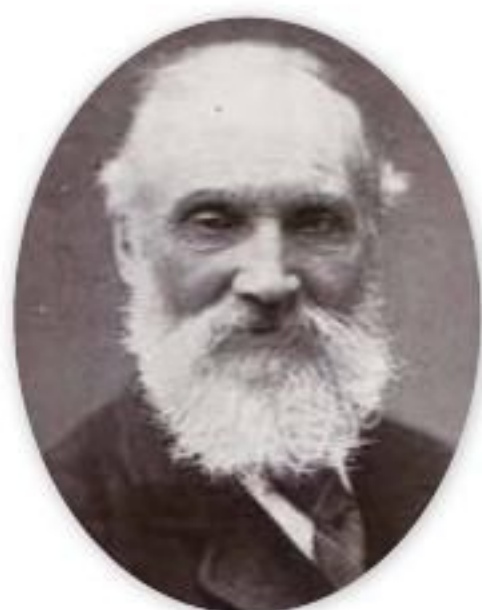
Desde un punto de vista macroscópico, al transferir energía por calor se pueden modificar la energía interna de los cuerpos y su temperatura. En algunos casos, el cuerpo cambia de estado como efecto del intercambio de energía sin cambiar la temperatura.

Microscópicamente, las partículas del cuerpo a mayor temperatura se mueven más rápido y con mayor energía cinética que las del cuerpo a menor temperatura. A medida que intercambian energía, las del cuerpo más caliente van disminuyendo su energía cinética mientras que las otras la aumentan. Así, si no hay un cambio de estado, el cuerpo más caliente va disminuyendo su temperatura y su energía interna, en tanto que aumentan la temperatura y la energía interna del cuerpo más frío.

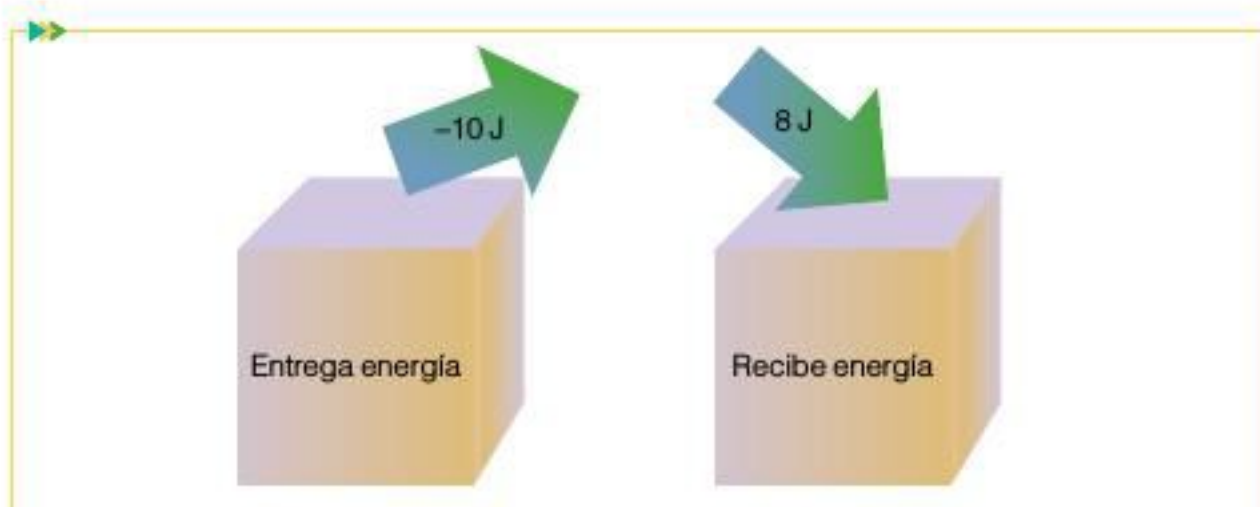
La cantidad de energía intercambiada por calor se simboliza con la letra Q , y su unidad de medida es también el joule (J).

El intercambio de energía por calor se produce siempre desde el cuerpo que tiene mayor temperatura al que tiene menor. Entonces, el cuerpo más caliente entrega energía y disminuye su temperatura y el cuerpo más frío recibe energía y aumenta su temperatura o cambia de estado.

Para informar o realizar operaciones matemáticas en las que interviene el calor se adopta como convención asignarle un valor positivo cuando el sistema recibe calor y un valor negativo cuando lo cede.



William Thomson, más conocido como Lord Kelvin (1824-1907) fue uno de los grandes maestros de la termodinámica del siglo XIX. Nació en Belfast y se hizo famoso por sus teorías, y rico con sus inventos. Como físico, esbozó los fundamentos de la teoría de las oscilaciones eléctricas, impulsó el uso de la escala absoluta de temperaturas y repuso la doctrina de la disipación de la energía.



El calor y la historia

Es muy común pensar en el calor como una forma de energía o como un fluido que poseen los cuerpos, y que puede pasar de uno a otro. Esta confusión se debe a una vieja concepción del calor, llamada "teoría del calórico".

Si bien el término energía es relativamente nuevo para la ciencia, no sucede lo mismo con el "calor". Los científicos del siglo XVIII consideraban al calor como una sustancia gaseosa que poseían los cuerpos, un fluido indestructible, inagotable y sin masa, que el químico Antoine Lavoisier llamó calórico. Por ser una materia muy sutil, elástica y penetrante, contenida en los poros de los objetos calientes, esta podía pasar de uno a otro, y penetrar con facilidad en los cuerpos más densos. El intercambio calórico se producía de los objetos más calientes hacia los más fríos (como se concibe hoy en día al intercambio de energía). De esta manera, un cuerpo se enfriaba porque perdía calórico, o aumentaba su temperatura porque lo ganaba. Según esta teoría, la temperatura representaba la concentración o densidad de calórico en un cuerpo. Entonces, si en una habitación todos los cuerpos se encontraban a la misma temperatura (equilibrio térmico), era porque el calórico estaba distribuido uniformemente entre ellos.

Hasta mediados del siglo XIX, esta teoría se mantuvo vigente, y originó expresiones como "la estufa da calor" o "cierren las ventanas que se pierde calor".

Hacia fines del siglo XVIII, empezaron a aparecer las primeras contradicciones en la teoría del calórico. Por un lado, no estaba claro por qué no se agotaba en algún momento, ni qué le sucedía a un cuerpo que entregara todo su calórico. Por el otro, el físico Benjamin Thompson, conde de Rumford, notó que el calor producido por la fricción llegaba a hacer hervir una masa considerable de agua. Expresó su conclusión de esta manera: *"...no puede ser una sustancia material nada que pueda ser suministrado sin límite por cuerpos aislados; y me parece extremadamente dificultoso, si no imposible, concebir alguna idea de una cosa capaz de ser excitada o comunicada (...) excepto si es movimiento"*.

Esta fue la primera objeción fuerte a la teoría. Aun así, los "caloristas" encontraban explicaciones a estas contradicciones.

Ya a mediados del siglo XIX, la incompatibilidad de la teoría del calórico era más notoria. También se podía producir calor a partir de reacciones químicas, o por el paso de corriente eléctrica.

Hacia 1850, los científicos James Joule y Julius Meyer propusieron la existencia y naturaleza de la relación entre el calor y la energía. Este fue el fin de la teoría del calórico y el comienzo de una nueva concepción del calor como una forma de transferencia de energía.

Joule y Meyer establecieron que el trabajo podía convertirse en calor, o en un incremento de la energía térmica, que era otra forma de energía.



Antoine Lavoisier (1743-1794), químico francés.



El conde de Rumford, Benjamin Thompson (1753-1814), físico norteamericano.



James Prescott Joule (1818-1889), científico inglés.



Julius Lothar von Meyer (1830-1895), químico y médico alemán.

Calor y conservación de la energía

Como ya vimos, el Principio de Conservación de la Energía se cumple siempre que se produzcan intercambios o transformaciones energéticas. Por eso, hay que tener en cuenta que al calcular la cantidad de calor intercambiada en un sistema aislado, también se debe cumplir este principio.

Si se toma un sistema formado por dos cuerpos llamados A y B que intercambian energía en forma de calor, la cantidad de calor que entrega el cuerpo A (Q_A) debe ser igual a la cantidad de calor que recibe B (Q_B). Recordando que cuando un cuerpo entrega calor, esa cantidad se expresa con un valor negativo y que al recibir calor, con un valor positivo, entonces se puede escribir:

$$Q_A = -Q_B$$

o así:

$$Q_A + Q_B = 0$$

Dado que el calor representa la energía intercambiada, que la suma de Q_A y Q_B sea cero significa que no hubo ni pérdidas ni ganancias de energía; al principio y al final del proceso la cantidad de energía es la misma. Cada cuerpo cambió su propia energía en una cantidad igual a Q , pero la cantidad total de energía del sistema se mantuvo constante. Matemáticamente, esto se expresa:

$$\Delta E = 0$$

En la fórmula ΔE representa la variación de energía del sistema, es decir cuánto cambió la energía entre el inicio y el final de un proceso.

Cuando intervienen más cuerpos en un sistema aislado se suman todas las cantidades de calor intercambiadas, cada una con el signo correspondiente. Pero en este caso también la suma debe ser cero siempre. Esto se expresa:

$$\Sigma Q = 0$$

ΣQ es la suma de todas las cantidades de calor intervinientes en el proceso, cada una con su signo apropiado. Esto ocurre porque en el sistema cerrado la suma de cantidades de calor cedidas por algunos de los cuerpos debe ser igual a la suma de las cantidades de calor absorbido por los otros.

Pero cuando un sistema es abierto, es decir, intercambia energía solo en forma de calor con el exterior, entonces su energía interna cambia. Esta diferencia es en cantidad igual al calor intercambiado. Entonces se expresa:

$$\Delta E = \Delta Q$$

Esto significa que la variación de energía interna del sistema es igual a la suma del calor intercambiado.

Aunque la energía interna del sistema no se conserve, también se cumple el principio de conservación, ya que el cambio en la energía provino de otro cuerpo que entregó o recibió calor en la misma cantidad.

Cuando el sistema no está aislado, este puede intercambiar parte de su energía con el medio que lo rodea.

La cantidad de calor absorbida o cedida por todo el sistema, esto es la variación de su energía interna, resulta igual y de signo contrario según la convención adoptada, a la energía intercambiada por el medio que lo rodea. Esto no significa que haya pérdida en la cantidad de energía, sino que parte de la energía intercambiada es absorbida o cedida por el ambiente.

Variación o cambio: la letra griega Δ (delta mayúscula) se utiliza para representar el cambio o variación de una magnitud. Así, ΔE es la variación de energía, y ΔT , la variación de temperatura. Ese cambio se calcula haciendo la diferencia entre los valores finales e iniciales del proceso. Entonces:

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}}$$

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$$

Sumatoria: la letra griega Σ (sigma mayúscula) representa una operación matemática llamada sumatoria.

Esta consiste en sumar, con el signo correspondiente, todas las magnitudes que están a su derecha. Así, si intervienen 4 cuerpos, al calcular ΣQ se deben sumar las 4 cantidades de calor involucradas:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

donde cada término debe tener su signo correspondiente.

Calor y cambios de temperatura

Al poner en contacto térmico dos cuerpos, el más caliente comienza a enfriarse, mientras que el otro aumenta su temperatura. ¿Se interrumpe en algún momento el intercambio de energía por calor? ¿Cuándo? ¿Qué temperatura puede llegar a tener cada cuerpo finalmente?



Necesitarán:

- ▶ 1 termómetro (que pueda medir hasta 100 °C);
- ▶ 1 jarra con agua caliente;
- ▶ 1 jarra con agua fría de la canilla;
- ▶ 1 vaso medidor;
- ▶ 1 recipiente.

IMPORTANTE: deben considerar que la densidad del agua es prácticamente 1 g/mL, para las equivalencias, esto significa que 1 mL de agua equivale a una masa de 1 g de agua.

Paso 1. Coloquen en ambos recipientes dos masas de agua a temperaturas muy distintas, una muy caliente (a 80 °C) y la otra a la temperatura que sale de una canilla de agua fría (alrededor de 17 °C).

Paso 2. Mezclen 100 mL de agua a 80 °C con 300 mL de agua a 17 °C en el vaso mezclador.

Anticipen qué temperatura alcanzará el agua al estabilizarse el termómetro. Luego, realicen la experiencia y coloquen el termómetro en el vaso para medir la temperatura alcanzada y compárenla con la prevista. Registren toda la información.

Paso 3. Repitan el experimento para distintos volúmenes de agua caliente y fría, anotando siempre las cantidades mezcladas, la temperatura estimada por ustedes y la temperatura alcanzada. Luego, respondan:

- a. ¿Coinciden las mediciones de las temperaturas alcanzadas con las que estimaron?
- b. Si hay diferencias muy grandes, ¿a qué creen que pueden deberse?
- c. ¿Qué pueden decir sobre las temperaturas alcanzadas?
- d. Escriban las conclusiones a las que llegaron.

Equilibrio térmico

En el sistema de la experiencia anterior, las partículas del agua caliente tienen mayor energía cinética que las otras. Al ponerlas en contacto, las partículas interactúan intercambiando energía cinética, que disminuye en las más rápidas y aumenta en las más lentas, hasta que todas se mueven con una energía cinética media similar, es decir, todo el sistema está a la misma temperatura. En ese momento se interrumpe el intercambio de energía entre ambos cuerpos: se alcanza un estado de **equilibrio térmico**.

El equilibrio térmico entre un conjunto de cuerpos significa que estos están a igual temperatura, que se denomina temperatura de equilibrio.

El equilibrio térmico es dinámico. Esto quiere decir que entre las partículas del sistema se siguen produciendo intercambios de energía, pero la energía cinética media no cambia.

La temperatura de equilibrio siempre es intermedia entre las temperaturas iniciales de los cuerpos. Por ejemplo, si dos cuerpos estaban inicialmente a 100 °C y 20 °C, la temperatura de equilibrio tendrá un valor entre 20 °C y 100 °C. Además, estará más próxima a la temperatura del cuerpo que está en mayor proporción (del cual hay más masa en la mezcla).

Calculando cantidades de calor

Para ser más precisos, 1 caloría es la cantidad de energía que se necesita exactamente para que 1 gramo de agua a 14,5 °C aumente su temperatura hasta 15,5 °C.

Al comienzo del capítulo se mencionó a la caloría como una unidad para medir la energía, especialmente cuando se calculan cantidades de calor intercambiadas. La caloría se define como la cantidad de energía necesaria para aumentar en 1 °C la temperatura de 1 gramo de agua.

Supongamos que en lugar de 1 gramo se tiene una taza con 200 g de agua. Entonces, se necesitarán 200 cal para aumentar su temperatura en 1 °C, esto es, 1 caloría para que cada gramo de agua eleve su temperatura en 1 °C. Si además se quiere elevar la temperatura del agua en 20 °C, entonces se necesitarán 20 veces más calorías por cada gramo de agua, ya que cada caloría se utiliza para elevar en 1 °C la temperatura del agua.

Teniendo en cuenta esto, es sencillo calcular las cantidades de calor necesarias para aumentar la temperatura de distintas cantidades de agua.

Por ejemplo, para calentar 500 g de agua que están a la temperatura de la canilla (aproximadamente 20 °C) hasta 50 °C, se necesita 1 cal por cada gramo y por cada 1 °C. Entonces, haciendo el cálculo, para 500 g, serán necesarias 500 cal para modificar en 1 °C su temperatura:

$$Q = 1 \text{ cal} \cdot 500 = 500 \text{ cal}$$

Dado que se quiere llevar el líquido desde 20 °C hasta 50 °C, la variación de temperatura que se quiere lograr es de 30 °C:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}} = 50 \text{ °C} - 20 \text{ °C} \\ \Delta T = 30 \text{ °C}$$

Como se precisan 500 cal por cada °C, para modificar su temperatura en 30 °C se necesitan:

$$Q = 500 \text{ cal} \cdot 30 = 15.000 \text{ cal}$$

Así, para calentar 500 g de agua desde 20 °C hasta 50 °C, es necesario entregarle 15.000 cal de energía en forma de calor. Si se quiere enfriar cierta cantidad de agua, la energía que debe entregar o ceder se puede calcular de la misma manera. Por ejemplo, para enfriar una taza de 200 g de agua desde 80 °C hasta 40 °C, el sistema deberá ceder 1 cal por cada gramo y por cada °C. En este caso, la variación de temperatura es de -40 °C y el calor entregado tiene un valor de -8.000 cal.

$$\Delta T = T_f - T_i = 40 \text{ °C} - 80 \text{ °C} \\ \Delta T = -40 \text{ °C}$$

$$Q = 1 \text{ cal} \cdot 200 \cdot (-40) = -8.000 \text{ cal}$$



Actividades

1. Estimando las cantidades de agua y las temperaturas inicial y final de cada caso, calculen la cantidad de energía necesaria si se quiere:

- tomar mate;
- preparar 2 tazas de té;
- enfriar el agua casi hirviendo para un baño de inmersión.

Calor específico

En todos los cálculos que se hicieron hasta ahora, el sistema estaba formado por agua. Pero si se quiere calentar una taza con leche, ¿se necesitará la misma energía que para una con agua? ¿Y si se calienta la misma cantidad de aceite?

Cuando se calienta comida, el tiempo necesario para que esta llegue a la temperatura adecuada no solo depende del tamaño de la porción, sino también de cada alimento en particular.

Cada sustancia necesita una cantidad específica de energía en forma de calor para variar su temperatura. Por ejemplo, el aceite necesita solo 0,4 calorías por gramo para elevar su temperatura en 1 °C. Estas diferencias se deben a que cada sustancia utiliza la energía que absorbe de manera distinta.

Al recibir la energía, cada sustancia utiliza una parte para aumentar la energía cinética de traslación de las partículas, otra parte para modificar la rotación y la vibración de estas, y una última porción se almacena como energía potencial; la única que se manifiesta en incremento de la temperatura es la energía cinética de traslación. Así, gran parte de la energía que absorbe el agua, la usa para aumentar la rotación y vibración de sus partículas y, las fuerzas entre ellas, y solo una pequeña porción modifica la energía cinética de las partículas. En cambio, el aceite utiliza una mayor proporción en el incremento de la energía cinética de traslación. Así, 1 gramo de agua necesita un poco más del doble de energía que 1 gramo de aceite para lograr la misma variación de temperatura.

La cantidad de calor necesaria para modificar en 1 °C la temperatura de 1 g de cada sustancia, es un valor propio característico para cada material, y se llama **calor específico**. Se representa con la letra *c* (minúscula).

La unidad en la que se indica es la cal/g · °C, ya que expresa la cantidad de calor medida en calorías por cada gramo de material y por cada variación de 1 °C en la temperatura. Así, el calor específico del agua es de 1 cal/g · °C, y el del aceite es de 0,4 cal/g · °C.

Cuando un cuerpo está formado por distintos materiales, ya no se puede determinar su calor específico. En ese caso se utiliza la **capacidad calorífica** del cuerpo, que es la cantidad de calor que ese cuerpo necesita para variar su temperatura en 1 °C. No es un valor característico del material o la sustancia, sino del cuerpo, y se indica en cal/ °C. La capacidad calorífica de un cuerpo se representa con la letra *C* (mayúscula).

Por ejemplo, en el caso de un cuerpo que tiene una capacidad calorífica de 200 cal/ °C, este deberá absorber 400 calorías para aumentar su temperatura en 2 °C, o ceder 600 calorías para bajarla en 3 °C.

Actividades

1. En los días de verano, a pesar de recibir la misma cantidad de energía del Sol, la arena seca está mucho más caliente que la arena mojada. Traten de explicar esta diferencia, comparando los calores específicos de la arena y del agua.
2. ¿Por qué piensan que el vidrio y la arena tienen casi el mismo calor específico?

Calor específico de algunos materiales:

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO (cal/g · °C)
Aceite	0,4
Agua	1
Aire	0,237
Alcohol	0,59
Aluminio	0,217
Amoníaco	1,12
Cobre	0,092
Hielo	0,55
Hierro	0,108
Mármol	0,19
Oro	0,031
Plata	0,056
Vidrio	0,19



Glosario

calorimetría: es la medición y cálculo de cantidades de energía intercambiadas en forma de calor.

Actividades

1. Recordando que la potencia es la rapidez con que un sistema intercambia energía (ver página 27), y estimando que el aceite tarda 3 minutos en calentarse hasta la temperatura deseada, calculen la potencia de la llama de la hornalla al entregar energía al aceite.

2. Una plancha para cocinar tiene una capacidad calorífica de 120 cal/°C.

Al ponerla sobre la llama de la hornalla de la actividad anterior, se encuentra a temperatura ambiente, y está lista para colocar la carne cuando alcanza una temperatura de 250 °C.

a. ¿Qué cantidad de energía en forma de calor le debe entregar la llama de la hornalla?

b. Suponiendo que la potencia de la hornalla es siempre la misma, ¿cuánto tiempo tarda la plancha en lograr la temperatura adecuada?



Más cálculos: calorimetría

Con todo lo explicado previamente, es posible calcular la cantidad de calor intercambiada para cualquier cuerpo o sistema, teniendo en cuenta su masa, la variación de temperaturas y la sustancia de la que está compuesto.

Sabiendo que el calor específico es la cantidad de energía que necesita 1 gramo de una sustancia para variar su temperatura en 1 °C, basta multiplicar ese valor por la masa de sustancia que se tiene y por la variación de temperatura que se quiere lograr, para conocer la cantidad total de energía en forma de calor necesaria. Esto se expresa matemáticamente con la ecuación

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

donde **c** es el calor específico de la sustancia, **m** es la masa del cuerpo y **ΔT** es cuánto se modifica la temperatura. Esta expresión matemática se llama ecuación fundamental de la **calorimetría**.*

Por ejemplo, ¿qué cantidad de calor es necesario entregarle al aceite de una sartén para freír milanesas?



Los datos necesarios para responder la pregunta son el calor específico del aceite, la masa que se va a calentar y las temperaturas al comienzo y al final del proceso:

Según la tabla de la página 39, el calor específico del aceite es 0,4 cal/g · °C. La cantidad de aceite que se coloca en la sartén es aproximadamente media taza, es decir 100 g. Cuando se coloca el aceite en la sartén, este se encuentra a temperatura ambiente, esto es, alrededor de 20 °C. El aceite comienza a hervir a 200 °C. Entonces, la variación de temperatura será:

madamente media taza, es decir 100 g. Cuando se coloca el aceite en la sartén, este se encuentra a temperatura ambiente, esto es, alrededor de 20 °C. El aceite comienza a hervir a 200 °C. Entonces, la variación de temperatura será:

$$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}} = 200^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} \\ \Delta T = 180^{\circ}\text{C}$$

Luego, reemplazando en la ecuación calorimétrica:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 0,4 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot 100 \text{ g} \cdot 180^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 7.200 \text{ cal}$$

Si el sistema considerado es un cuerpo heterogéneo, entonces la ecuación calorimétrica se expresa:

$$Q = C \cdot \Delta T$$

donde en este caso **C** es la capacidad calorífica del cuerpo y **ΔT** la variación de la temperatura.

Determinación de la capacidad calorífica

La capacidad calorífica de un cuerpo se determina experimentalmente. Si se le entrega una cantidad conocida de energía en forma de calor y se miden las variaciones de temperatura, se puede calcular despejando en la ecuación calorimétrica:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1)$$

Si se coloca un cuerpo a temperatura ambiente dentro de un termo con agua caliente, se produce un intercambio de energía entre el agua y el objeto. El agua se enfriará y el cuerpo aumentará su temperatura hasta que alcancen el equilibrio térmico. La energía que cede el agua es absorbida por el cuerpo:

$$Q_{\text{cuerpo}} = -Q_{\text{agua}}$$

Midiendo las variaciones de temperatura del agua, se puede calcular la energía que entregó el agua, y de esta manera se conoce la energía absorbida por el cuerpo.

Les proponemos que determinen la capacidad calorífica de un objeto (debe poder sumergirse en agua sin flotar). Puede ser una pelotita maciza, una tuerca grande, un manojo de llaves, una piedra, etcétera. Si la masa del cuerpo es mayor que 100 g, las mediciones serán más precisas.

Necesitarán:

- ▶ 1 termo o recipiente descartable de helado con tapa;
- ▶ agua caliente;
- ▶ 1 termómetro;
- ▶ el objeto del que quieran determinar su capacidad calorífica;
- ▶ 1 vaso medidor.

Para calcular el valor de C de un cuerpo a partir de la expresión (1), deberán calcular la cantidad de calor que absorbe y la variación de temperatura que experimenta.

Paso 1. Coloquen en el termo o recipiente una cantidad conocida de agua caliente a una temperatura también conocida, por ejemplo 200 g (pueden medirse con vaso medidor) a 80 °C.

Paso 2. Sumerjan el cuerpo y esperen hasta que la temperatura del sistema no descienda más (cuando se alcanza el equilibrio térmico). Esa temperatura será la temperatura final del agua y del cuerpo.

Paso 3. Para poder calcular la cantidad de calor absorbida por el cuerpo, que es igual a la cedida por el agua, se opera como se indica en la página 40 ΔT es la variación de temperatura del agua.



Al inicio de la experiencia, el cuerpo está en equilibrio térmico con el ambiente. Entonces, su temperatura inicial es la misma que la del ambiente.

Paso 4. Con los datos registrados, y aplicando la expresión (1), se puede calcular su capacidad calorífica.

Con una sola medición que hagan, no bastará para asegurar que el valor obtenido sea el más preciso. Por eso es necesario repetir el proceso varias veces, usando distintas cantidades y temperaturas iniciales de agua. De esta manera podrán tener varios valores de C , muy cercanos entre sí. La capacidad calorífica del cuerpo será el promedio de los valores obtenidos.

Para pensar: ¿por qué es necesario utilizar un termo o un vaso aislante?

Calor y cambios de estado



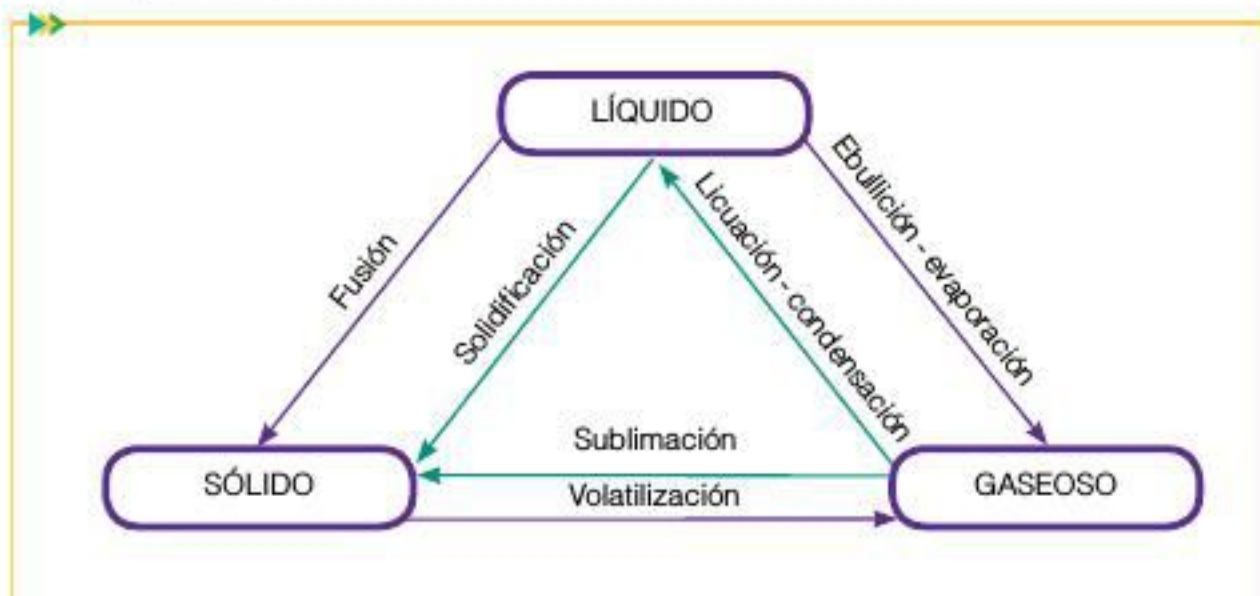
Un anillo de plata funde a los 960 °C.



El oxígeno se licua a los -183 °C.

Cuando se pone una olla con agua al fuego, el líquido va aumentando su temperatura. Al cabo de un rato, aparecen unas burbujas en el agua; luego comienza a observarse un movimiento lento, hasta que el agua burbujea mucho y se mueve notoriamente. En ese momento se dice que el agua hierve o está en ebullición. Si se coloca un termómetro dentro del agua hirviendo, se puede observar que la temperatura no cambia. Por más que la llama le sigue entregando energía, su temperatura no aumenta, se mantiene constante (que en el caso del agua a presión atmosférica normal es de 100 °C). Al llegar a los 100 °C, la energía que recibe el agua la utiliza para cambiar de estado y no para aumentar su temperatura.

En la naturaleza, las sustancias pueden encontrarse en tres estados: sólido, líquido o gaseoso. El aire es un sistema gaseoso, el agua de la canilla es líquida y el hierro de la olla está en estado sólido. Todas las sustancias puras pueden presentarse en los tres estados y pasar de uno a otro; los cambios de estado son cada uno de los procesos en los que se produce ese pasaje y tienen nombres específicos.



Temperaturas de fusión y de ebullición de algunas sustancias:

Sustancia	T. de fusión (°C)	T. de ebullición (°C)
Agua	0	100
Aluminio	660	1.800
Hidrógeno	-259	-264
Hierro	1.535	3.200
Mercurio	-39	360
Oxígeno	-218	-183
Plata	960	1.950
Plomo	327	1.620
Tungsteno	3.415	5.900

Una sustancia necesita intercambiar energía para pasar de un estado a otro. Para que se produzca la fusión, la ebullición o la volatilización de una sustancia, esta debe recibir energía; en cambio para solidificarse, licuarse o sublimarse, el sistema debe entregar energía.

Los cambios de estado de las sustancias son otro efecto del intercambio de energía por calor. Durante todo el proceso, la temperatura no se modifica; la energía es usada para cambiar de estado. Una vez que toda la sustancia se encuentra en el nuevo estado, comienza a variar nuevamente su temperatura.

Por ejemplo, si se pone agua líquida en una cubetera para hacer hielo, la temperatura desciende hasta 0 °C, y se mantiene en este valor durante la solidificación. Una vez formado todo el hielo, la temperatura comienza a disminuir nuevamente.

Cada sustancia tiene una temperatura característica para cada cambio de estado. Estas se conocen como temperatura de fusión, temperatura de ebullición y temperatura de solidificación, según el cambio de estado que produzcan. Por ejemplo, a presión atmosférica normal, el agua solidifica a 0 °C y hierve a 100 °C.

Tanto desde el punto de vista macroscópico como microscópico, cada uno de los estados tiene características propias y diferentes entre sí.

Los cuerpos sólidos tienen forma y volumen determinados. Esto es así porque las partículas que lo forman se mantienen fuertemente unidas por fuerzas de atracción y su único movimiento es de vibración. En algunos casos, estas partículas ocupan posiciones ordenadas formando lo que se denomina una estructura cristalina.

La variación de la temperatura en un cuerpo sólido es una manifestación de la variación de la frecuencia de vibración de las partículas que lo forman. Cuanto más rápido vibran, mayor es la temperatura.

Una masa de sustancia en estado líquido se caracteriza por poseer volumen propio, pero no forma propia, ya que adopta la forma del recipiente que lo contiene. Las fuerzas de atracción en el estado líquido no son tan intensas como en el sólido y las partículas que lo forman se pueden desplazar.

Imaginemos el interior de un líquido a partir de un modelo muy simple, como sería el de suponer a las partículas como pequeñas bolitas que se mueven y chocan entre sí. En este estado, la gran cantidad de bolitas por centímetro cúbico hace que se puedan imaginar choques entre ellas y contra las paredes del recipiente.

El aumento de la temperatura se manifiesta microscópicamente como un aumento en la energía cinética de las partículas.

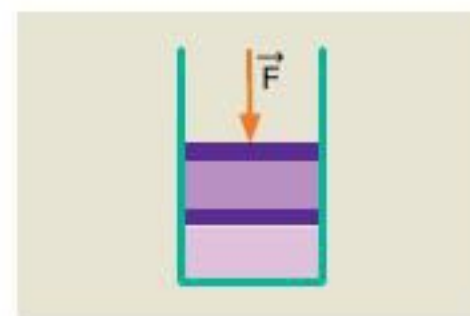
El estado gaseoso se caracteriza, como el líquido, por carecer de forma propia. Sin embargo, los gases no solo no tienen forma, sino que tampoco tienen volumen propio. Una masa de gas ocupa todo el volumen del recipiente que lo contiene, y si el volumen de este varía, el gas se puede comprimir o expandir.

Las partículas, que siguiendo con el modelo anterior serían como pequeñas bolitas, están muy separadas entre sí por lo que las fuerzas entre ellas son muy débiles (es casi como si se desplazaran libremente). Por esa razón, cuando se coloca una masa de gas en un recipiente, las partículas que lo forman lo ocupan totalmente. También en el estado gaseoso el incremento de la temperatura es una manifestación del aumento de la energía cinética de las partículas.

Las partículas no se encuentran en estado sólido o líquido, sino que lo que caracteriza a cada uno de los estados es el movimiento que realizan las partículas y el tipo de fuerzas que se ejercen entre ellas. Las moléculas que forman el hielo, el agua líquida y el vapor de agua son las mismas: H_2O .

Cuando una sustancia en estado sólido recibe energía, las partículas comienzan a vibrar cada vez más rápido y, cuando esa vibración es suficientemente intensa, se empiezan a romper algunos enlaces: el sólido comenzó a fundirse. A partir de ese momento, toda la energía que recibe el sistema la utiliza para romper enlaces hasta que las partículas adoptan el movimiento característico del estado líquido. Cuando toda la sustancia se fundió, nuevamente comienza a aumentar la temperatura del sistema, ya que la energía que recibe la utilizará para modificar la energía cinética de las partículas.

Cada nuevo aumento de la temperatura del líquido implica un aumento en la energía cinética de las partículas que se trasladan en forma desordenada. A partir de cierto momento, las partículas tienen la energía suficiente para superar las fuerzas de atracción y romper todos los enlaces entre ellas, por lo que se trasladan libremente: es el comienzo de la ebullición. La temperatura ya no aumenta porque la energía recibida es usada para que cada partícula se "escape" de la masa líquida.



Dado que el gas no tiene volumen propio, se lo puede comprimir como en el caso de la figura. Si la fuerza se aplicara en sentido contrario, el volumen aumentaría.



Al hervir el agua que está dentro de la pava, el vapor sale por el pico y encuentra la atmósfera exterior más fría, por lo que cambia nuevamente al estado líquido. Lo que se observan son gotas líquidas, como en el caso de una nube.



El secador aumenta la rapidez de evaporación por incremento de la temperatura y acción del viento.

Evaporación

Para que un cuerpo pase del estado líquido al gaseoso hay que entregarle energía cuando se encuentra a una presión y temperatura adecuadas. Por ejemplo, a presión atmosférica normal, para que el agua hierva debe llegar primero a 100°C , en cambio si se quiere hervir mercurio líquido, hay que llevarlo primero a una temperatura de 360°C (vuelvan a ver la tabla en la página 42).

Pero hay un cambio del estado líquido al de vapor que no requiere estas condiciones: la evaporación. La evaporación es un pasaje de partículas superficiales de un líquido a la atmósfera que lo rodea. Ocurre que algunas partículas del líquido cercanas a la superficie en sus desplazamientos, si tienen energía suficiente, pueden "escapar". Por esa razón la evaporación es un fenómeno limitado a la superficie de separación entre el estado líquido y el gaseoso. Este cambio es fundamental, tanto que continuamente se evaporan miles de toneladas de agua de la superficie del mar por acción de la energía solar con lo que se motoriza el ciclo que sigue el agua.

Como la cantidad de partículas que puedan salir de la superficie depende de su energía, el aumento de temperatura facilita la evaporación. La energía del Sol provoca la evaporación de las partículas de la superficie del mar. El viento también favorece la evaporación al "barrer" las partículas que van saliendo del líquido. Por ejemplo, al soplar alcohol líquido se evapora con rapidez. La otra variable evidente en la evaporación es el área de la superficie donde se produce: cuanto mayor sea el área, mayor cantidad de partículas podrán escapar. Por eso, cuando se quiere secar ropa, se la extiende para aumentar la superficie de contacto con el aire.



En una olla a presión se obtienen temperaturas del agua líquida superiores a los 100°C .

Los cambios de estado y la presión

A presión atmosférica normal, el agua líquida hierve a 100°C y el hielo funde a 0°C . Pero si cambia la presión estos valores varían: por ejemplo, si la presión aumenta, el agua líquida hierve a más de 100°C y el hielo funde a temperaturas inferiores a los 0°C .

La posibilidad de tener agua líquida a altas temperaturas aumentando la presión es aprovechada en las ollas a presión de uso doméstico. Estas ollas están herméticamente cerradas, por lo que la presión del aire y el vapor hacen que el agua se mantenga en estado líquido hasta unos 130°C , lo que permite una cocción más rápida. La tapa de estas ollas tiene una válvula que permite regular la presión en su interior.

Se puede observar la influencia de la presión en el punto de fusión del hielo atravesando una barra sin cortarla. Veamos lo que ocurre en la Figura 1, en la que un alambre pasa por encima de una barra de hielo tensado por dos pesas. La presión que ejerce el alambre hace que el hielo, que se encuentra a una temperatura inferior a 0°C , se funda y permita que el alambre penetre. Cuando el alambre desciende algo incrustándose en el hielo, el agua líquida que queda sobre este se va congelando nuevamente. De esta forma, cuando el alambre llega a la parte inferior y las pesas caen, la barra de hielo no se corta. Este ejemplo explica el desplazamiento de los glaciares: pese a su baja temperatura la presión ejercida por la masa de hielo hace que, en la parte inferior este se funda y el agua líquida actúe como un lubricante, al permitir el desplazamiento del glaciar.



Figura 1. El alambre atraviesa el hielo y la barra queda entera.

Calor latente

Cuando se quiere calcular la cantidad de energía que necesita intercambiar un cuerpo para cambiar de estado, es útil conocer cuánta energía debe intercambiar por cada gramo de sustancia. La cantidad de calor que necesita un gramo de una sustancia para cambiar de estado se llama **calor latente**.

Al igual que para variar la temperatura, cada sustancia necesita determinada cantidad de energía en forma de calor para cambiar de estado. Por ejemplo, 1 gramo de hielo a 0 °C necesita absorber 80 cal para convertirse en agua líquida a 0 °C, 1 gramo de plomo debe recibir 5,5 cal para fundirse y el oxígeno necesita entregar 51 cal para licuarse sin cambiar su temperatura.

El calor latente de una sustancia depende del cambio de estado; de esta manera, se determina el calor latente de fusión o el calor latente de vaporización. Se representa con la letra *l* (minúscula) y las unidades en las que se expresa son cal/g, ya que indica la energía necesaria por cada gramo de sustancia.

El calor latente de una sustancia es el mismo para los cambios de estado recíprocos, es decir que así como un gramo de hielo a 0 °C necesita absorber 80 cal para fundirse, 1 g de agua líquida a 0 °C necesita ceder 80 cal para solidificarse; solo se debe respetar la convención de signos establecida según el calor sea cedido o recibido.

Conociendo el calor latente, se puede calcular la cantidad de calor que necesita un sistema para cambiar de estado multiplicándolo por la masa del sistema:

$$Q = l \cdot m$$

Por ejemplo, si se quiere fundir totalmente un tornillo de hierro que pesa aproximadamente 2 g, primero hay que calentarlo hasta que alcance la temperatura de fusión, y luego la energía que se le entregue la usa para fundirse. La cantidad de energía que se necesita para calentarlo desde la temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C) hasta la temperatura de fusión del hierro (1.535 °C) se calcula usando la ecuación fundamental de calorimetría:

$$Q_{\Delta T} = c_{\text{hierro}} \cdot m_{\text{tornillo}} \cdot \Delta T = 0,108 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 2 \text{ g} \cdot (1.535 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C}) = 327,24 \text{ cal}$$

Una vez alcanzada la temperatura de fusión, la cantidad de energía que debe recibir para fundirse se calcula:

$$Q_{\text{fundirse}} = l_{\text{fusión hierro}} \cdot m_{\text{tornillo}} = 64 \text{ cal/g} \cdot 2 \text{ g} = 128 \text{ cal}$$

$$Q = Q_{\Delta T} + Q_{\text{fundirse}} = 327,24 \text{ cal} + 128 \text{ cal} = 455,24 \text{ cal}$$

Es decir que el tornillo de hierro de 2 gramos a 20 °C debe absorber 455,24 calorías para convertirse en 2 gramos de hierro líquido a 1.535 °C.

Calor latente de algunas sustancias

Sustancia	Calor latente de fusión (cal/g)	Calor latente de vaporización (cal/g)
Agua	80	540
Aluminio	94	—
Cobre	49	1.145
Hidrógeno	14	107
Hierro	64	1.110
Oxígeno	3,3	51
Plata	26	552
Plomo	5,5	—
Tungsteno	46	460

Actividades

1. Al sacar un cubito de hielo del *freezer*, se encuentra aproximadamente a -20 °C. ¿Qué cantidad de energía en forma de calor es necesario entregarle para lograr fundirlo totalmente? (La masa de un cubito de hielo puede ser de entre 30 g y 50 g).
2. Cuando una persona necesita cocinar algo en agua hirviendo, apenas rompe el hervor pone el fuego del mechero al mínimo. Encuentren una explicación científica a esta costumbre y digan cuál es su ventaja.

Formas de transmisión del calor

Para cocinar un pollo, independientemente de la receta y de los ingredientes que esta requiera, se puede elegir entre diferentes opciones. Por ejemplo, hervirlo, colocarlo en una plancha o asarlo en la parrilla. En todos los casos, se produce un intercambio de energía por calor (el pollo está en contacto térmico con algún objeto a mayor temperatura), pero el resultado no es el mismo. ¿Qué diferencia una forma de cocción de las otras que hace que varíen tanto el gusto, el color y la textura del pollo cocido?



Una pechuga de pollo sobre la plancha, recibe el calor por conducción.



Al hervir una pechuga de pollo, el agua se calienta por convección.



Las brasas transmiten la energía por radiación infrarroja.



La **convección** es la forma de transmitir el calor en cualquier fluido: el agua de una olla, o el aire de una habitación o de la atmósfera. En este proceso, las partículas de la sustancia más caliente se desplazan, lo que produce un movimiento ascendente del fluido, llamado corriente de convección. El calentamiento se produce por la circulación de toda la masa del fluido.

Por ejemplo, el aire que está en contacto con una estufa aumenta su temperatura, se expande, se hace menos denso y entonces asciende; el aire más frío de la habitación baja, reemplaza al anterior, y se repite el proceso al ponerse en contacto con la estufa. De esta manera, las corrientes de convección van aumentando la temperatura de todo el fluido, y transmitiendo así la energía.

Cuando se coloca la comida directamente sobre las brasas, la energía se transmite por ondas electromagnéticas, las cuales no necesitan ningún medio material para propagarse.

Otro ejemplo es la **radiación** del sol que llega hasta la atmósfera terrestre simplemente atravesando el espacio vacío.

Para que la energía se transmita y provoque cambios en la temperatura en un cuerpo, este debe estar enfrentado a la fuente que emite la radiación.

Conducción del calor

Antiguamente, algunas ollas o sartenes que se usaban en la cocina tenían mangos y manijas del mismo metal con que estaban hechos los recipientes. Hoy en día se fabrican con madera, baquelita u otros materiales, diferentes al metal de la cacerola. ¿Cuál creen que es la ventaja de usar este tipo de materiales?

Al poner una sartén sobre el fuego de la hornalla, el calor es rápidamente transmitido a toda la sartén, incluso hasta el extremo del mango. La forma de transmitir la energía desde la zona de mayor temperatura del cuerpo hasta la de menor temperatura se llama **conducción**. Las partículas de la sartén no se han desplazado de una región a otra; solamente se produce una transmisión de energía.

La llama de la hornalla aumenta la temperatura de la zona de la sartén que se encuentra en contacto con ella; esto significa que aumenta la energía cinética de las partículas de esa parte. Este aumento de energía se transmite a las partículas vecinas y estas, a su vez, a las siguientes. Así, la energía se distribuye por toda la sartén.

Al mismo tiempo las partículas de cada material son diferentes y se encuentran distribuidas y organizadas entre sí de manera particular. Esto hace que cada sustancia transmita la energía con diferente rapidez desde una zona a otra. Algunos materiales logran conducir el calor muy rápidamente desde un extremo al otro, mientras que otros lo hacen con tal lentitud que puede parecer que no lo conducen.

Los metales son muy buenos conductores del calor. En cambio, la madera, algunos plásticos y las telas son malos conductores, ya que tardan más tiempo en transmitir la energía. En algunos casos, por ejemplo el material de los envases de helado o el corcho, la transferencia de energía es tan lenta que se los considera aislantes térmicos, aunque en realidad ningún material es un aislante perfecto.

Para que esta clasificación sea más precisa, se determina un valor característico de cada sustancia, que permite ordenarlas según sean mejores o peores conductores térmicos. La conductividad térmica (k) es una medida de la facilidad con que cada material conduce el calor.

Los materiales de baja conductividad térmica son los elegidos para hacer los mangos y las asas de las ollas y sartenes.

¿Cuerpos fríos y calientes?

Supongamos que en una habitación hay una bufanda de lana y una fuente de metal. Aunque están a la misma temperatura, al tocar la bufanda parece más caliente que la fuente. ¿Será que la lana es "caliente" y el metal es "frío"?

Cuando tocamos algo con nuestras manos que están a unos 35°C , lo percibimos frío si la zona de contacto está a menor temperatura, caliente si se encuentra a una temperatura mayor, y la sensación es neutra si el objeto está a 35°C .

El metal conduce el calor mucho mejor que la lana. Cuando tocamos un objeto metálico (como la fuente) con los dedos que están a mayor temperatura le transmitimos el calor, que el metal conduce rápidamente por todas sus partículas, por lo que el objeto prácticamente no se calienta. Pero cuando tocamos la lana, el calor transmitido por la mano en la zona de contacto no se transmite; entonces la temperatura aumenta de forma local en esa zona hasta aproximadamente los 35°C , por lo que no se siente frío.

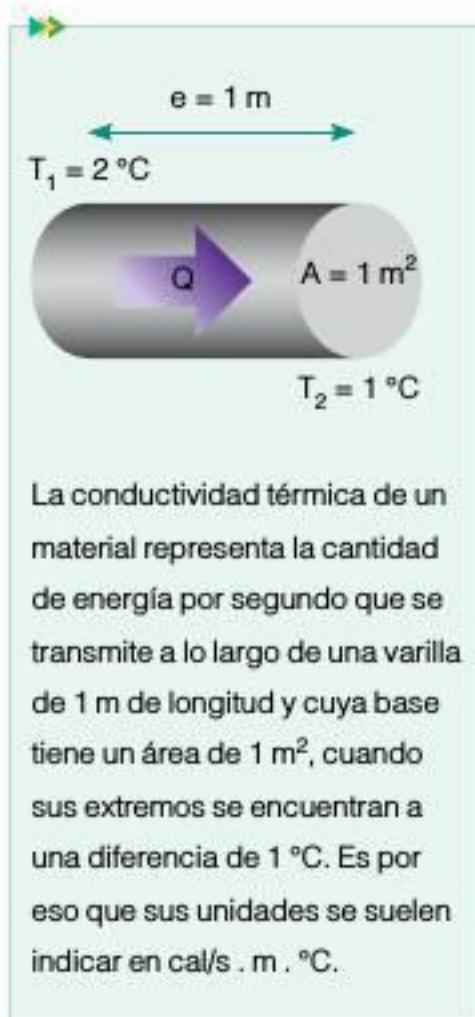
Conductividad térmica de algunos materiales

Material	Conductividad térmica (Cal/s. m. $^{\circ}\text{C}$)
Acero	11,4
Agua	0,15
Aire	0,006
Alcohol	0,038
Aluminio	49
Cobre	92
Fibra de vidrio	0,012
Goma	0,041
Hielo	0,22
Hierro	14
Ladrillo	0,2
Madera	0,06
Plata	98
Poliestireno expandido	0,008
Vidrio	0,25



La diferencia en el coeficiente de conductividad térmica entre la madera y el metal hace que al tocar las patas parezcan más frías que la superficie: el metal transmite más rápidamente el calor que la madera.

Algunos cálculos sobre conducción del calor



Validez de una ley

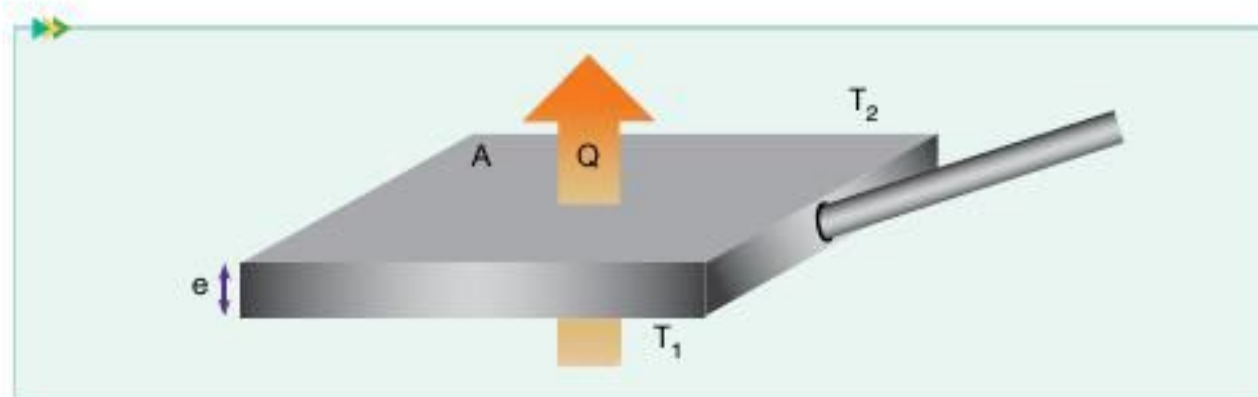
No siempre una ley científica es válida en forma general y para todos los casos. Esta ecuación, que se determinó empíricamente y se conoce como **Ley de Fourier**, constituye un ejemplo de esta situación, ya que solo es válida en el caso de que el cuerpo sea una pared o una varilla aislada del medio exterior, es decir que no intercambie energía con otro cuerpo, y que se encuentre en régimen estacionario.

Al igual que la Ley de Fourier, existen otras leyes que solo se cumplen dentro de ciertas condiciones de validez, pero se establecen y estudian porque son útiles para esos casos.

Si se coloca una plancha de hierro sobre la hornalla, la temperatura de cada punto de la placa va aumentando paulatinamente. A partir de cierto momento, la temperatura se estabiliza y es la misma en cada punto de la superficie de la plancha, aunque es diferente en la cara superior, en la inferior y en medio de ambas. Esta situación se llama **régimen estacionario**. En estas condiciones se puede conocer la cantidad de energía que se transfiere a través de la placa de hierro desde la cara que está en contacto con la llama hasta la superficie en la que se coloca la comida. Para esto es necesario tener en cuenta el material, el tamaño de la plancha (superficie y espesor) y la diferencia de temperatura entre ambas caras.

Este tipo de cálculos son muy complejos, pero se pueden simplificar si se hacen ciertas consideraciones:

- la transferencia de energía se produce únicamente en la dirección perpendicular a la plancha;
- la temperatura varía solo en esa dirección.



En estas condiciones, la rapidez con que se transfiere la cantidad de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{-k \cdot A \cdot \Delta T}{e}$$

donde k es la conductividad térmica del material, A es el área o superficie de la plancha, e es su espesor y ΔT es la diferencia de temperaturas entre ambas caras. $Q/\Delta t$ es la **rapidez de transferencia de calor**, es decir, la cantidad de calor medida en calorías por cada segundo.

Por ejemplo, podemos considerar una plancha de hierro que tiene una superficie de 0,10 m², y un espesor de 0,5 cm, cuya cara en contacto con la llama se encuentra a 500 °C y la otra a unos 200 °C. La conductividad térmica del hierro es k = 0,14 cal/s . m . °C. Entonces, reemplazando en la ecuación:

$$\begin{aligned} \frac{Q}{\Delta t} &= \frac{-0,14 \text{ cal} \cdot 0,10 \text{ m}^2 \cdot (200 \text{ °C} - 500 \text{ °C})}{\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{°C} \cdot 0,005 \text{ m}} \\ \frac{Q}{\Delta t} &= \frac{-0,014 \text{ cal} \cdot (-300 \text{ °C})}{\text{s} \cdot \text{°C} \cdot 0,005} = 840 \text{ cal/s} \end{aligned}$$

Esto significa que, una vez que la plancha está en régimen estacionario, transmite 840 cal por segundo.

Conservación, degradación y crisis energética

Una de las ideas que más se destaca a lo largo de todo el capítulo es la de la conservación de la energía. La noción de que hay algo que no cambia y se mantiene constante después de un proceso de transformación es esencial en el estudio de los sistemas; ese algo es la cantidad de energía. Como vimos, cuando la energía se transforma de un tipo a otro, la cantidad antes y después del proceso no varía. Si se transmite en forma de calor, la cantidad de energía que entrega uno de los cuerpos es igual a la cantidad de energía que recibe el otro; si se conduce a lo largo de una pared o varilla, esa cantidad también se mantiene constante.

Incluso en la vida real, donde un sistema no siempre se encuentra aislado, la cantidad de energía intercambiada también se mantiene constante. Cuando se enciende una estufa en una habitación, no toda la energía que esta entrega se aprovecha para aumentar la temperatura del aire o de las cosas que se encuentran en ese ambiente. Una parte de esa energía se "pierde" al intercambiarse con el exterior de la habitación a través de las ventanas o aberturas; se produce disipación de la energía. La cantidad total de energía, incluida la disipada, no cambia.

La pérdida de energía por disipación puede evitarse o disminuirse, por ejemplo, mejorando los mecanismos de intercambio o transmisión.

Nadie duda de que la transferencia de energía en forma de calor se produce desde un cuerpo de mayor temperatura hacia otro de menor temperatura. Por ejemplo, si se coloca un cubo de hielo en un vaso con agua líquida, esta se enfría y el hielo primero se calienta y luego se funde. Si el agua líquida entregó 1.000 calorías al enfriarse, el hielo las absorbió, primero elevando su temperatura hasta 0°C y luego fundiéndose. Pero, ¿pueden ocurrir las cosas al revés?

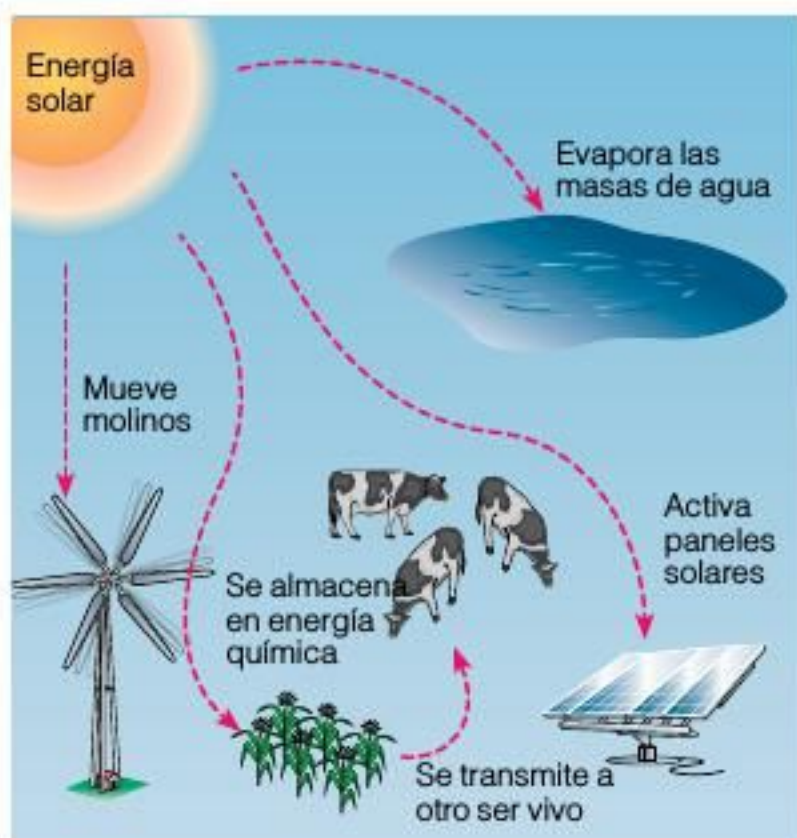
Supongamos el estado final de la situación anterior. Ahora el agua que formaba el hielo se congela nuevamente y luego el cubito se enfría, para lo que entrega 1.000 calorías. El agua líquida las absorbe y se calienta. Si se siguiera conservando la energía, una parte del sistema entregaría 1.000 calorías y otra parte las absorbería. Sin embargo esto no ocurre. La naturaleza muestra que la energía en forma de calor siempre se transmite en una única dirección, del sistema más caliente hacia el sistema de menor temperatura.

Cuando se requiere que la energía en forma de calor pase de menor a mayor temperatura hay que entregar energía extra. Para que en una heladera el calor pase desde su interior para enfriar los alimentos hacia el exterior de una cocina a mayor temperatura, tiene que funcionar su motor, que suministra energía extra.

Esta propiedad de la energía y el hecho de que en toda transformación la energía se degrada (esto es, se convierte en una forma de energía menos aprovechable), se conoce como **Segundo Principio de la Termodinámica**.



Las ventanas y aberturas de una casa disipan mucha energía, al dispersarla en el aire exterior.



Flujo de la energía solar.

Cuando la energía se convierte en una forma menos útil, disminuye la posibilidad de volver a utilizarla. Por ejemplo, la energía que proviene del Sol puede ser aprovechada para varios procesos, entre ellos el de la fotosíntesis. Pero, una vez que esta se transforma en energía química en una planta, esa nueva forma de energía ya solo la puede utilizar otro ser vivo para alimentarse, o como combustible, pero no se la podrá aprovechar para producir evaporación y realimentar el ciclo del agua, ni para producir energía eléctrica mediante un generador eólico. En otras palabras, disminuyó su utilidad.

Otra consecuencia del comportamiento de las transferencias y de la utilización de la energía es que resulta imposible obtener un rendimiento del 100%.

Una máquina térmica es aquella que puede transformar la energía interna de un sistema en energía mecánica, electricidad u otra forma de energía, por ejemplo el motor de un auto, una central eléctrica o las viejas máquinas de vapor. No toda la energía en forma de calor que suministra el sistema se puede transformar en trabajo útil; siempre hay una parte que se "pierde" al ser entregada al ambiente o a otro sistema más frío.

El motor de un auto utiliza la energía proveniente de la combustión de la mezcla de nafta o gasoil con aire para convertirla en energía cinética, es decir, para que el auto se mueva. Pero es inevitable que parte de esa energía del combustible se disipe en forma de calor en diversos lugares, especialmente en el radiador, y que además se pierda en los gases eliminados por el caño de escape.

A medida que los automóviles evolucionaron el rendimiento fue cada vez mayor. Pero ni aun pensando el automóvil energéticamente perfecto se podría imaginar un rendimiento del 100%, es decir, es científicamente imposible que toda la energía que se entrega al motor se transforme en trabajo útil.

En lo que a la energía se refiere, la naturaleza funciona así y los llamados principios de la termodinámica lo describen: la energía se conserva, se degrada y no es posible convertirla íntegramente en trabajo útil.



La crisis energética

La llamada crisis energética proviene de las dificultades de encontrar fuentes de energía y desarrollar conocimientos científicos y tecnológicos para su mejor aprovechamiento. Los requerimientos energéticos por parte de los seres humanos han aumentado y lo siguen haciendo no solo por el uso de artefactos eléctricos o de automotores, sino también, por ejemplo, por la enorme tecnificación en la producción y procesamiento de alimentos.

Desde el punto de vista de la Física, este complejo problema que involucra aspectos científicos, tecnológicos, sociales, económicos y políticos, se entiende de la siguiente manera: si la energía se conserva, ¿por qué habrá crisis energética? Porque esta también se degrada. ¿Creen que es importante buscar soluciones?

Ideas básicas

- ▶ La energía es una propiedad de los sistemas que les permite producir transformaciones o cambios en sí mismos o al interactuar con otros sistemas.
- ▶ La energía se presenta de muchas maneras, puede convertirse de una forma a otra y transmitirse de un cuerpo a otro.
- ▶ Siempre que se produzca una transformación o intercambio de energía, la cantidad total permanece constante, es decir, se conserva.
- ▶ La energía cinética y potencial de todas las partículas de un sistema conforman su energía interna.
- ▶ La temperatura es una manifestación de la energía cinética media de las partículas que forman un sistema.
- ▶ El calor es un proceso espontáneo de intercambio de energía entre dos cuerpos que están a distintas temperaturas.
- ▶ Al intercambiar energía por calor o por otros mecanismos, los cuerpos pueden variar su temperatura o cambiar de estado.
- ▶ Una de las formas de intercambio de energía por calor es la conducción.
- ▶ Los cuerpos conducen la energía con distintas velocidades, según su forma y la conductividad térmica de los materiales.
- ▶ En todo proceso, al menos una parte de la energía intercambiada se degrada, es decir que es menos aprovechable.

Actividades de integración

1. Realicen un esquema donde se representen los intercambios de energía de cada sistema, y determinen la variación de energía interna de cada uno.

a. Recibe 50 J por radiación, realiza un trabajo de 30 J y cede al medio 25 J en forma de calor.

b. Pierde 10 J de energía por radiación, recibe 45 J en forma de calor, realiza un trabajo de 15 J y al mismo tiempo recibe 20 J de radiación solar.

c. Recibe 35 J en forma de trabajo, en forma de calor entrega 20 J a un cuerpo más frío, recibe 25 J de un cuerpo a mayor temperatura, y emite 40 J en forma de radiación.

2. Comparando un iceberg, un cubito de hielo a la misma temperatura, y agua líquida a 4 °C, analicen la veracidad de cada afirmación. Justifiquen sus respuestas.

a. El iceberg tiene la misma energía interna que la misma masa de agua líquida.

b. Las partículas del hielo se mueven con menor energía cinética media que las partículas de agua.

c. El iceberg tiene la misma energía interna que el cubito de hielo.

d. Las partículas del iceberg se mueven con la misma energía cinética que las partículas del cubito.

e. Todas las partículas del iceberg se mueven con la misma energía cinética.

3.a. Calculen la cantidad de energía en forma de calor necesaria para fundir un anillo de plata de 5 g que está a la temperatura de fusión.

b. Sin hacer cálculos determinen: ¿qué es más fácil fundir, una alhaja de plata o una de oro? ¿Por qué?

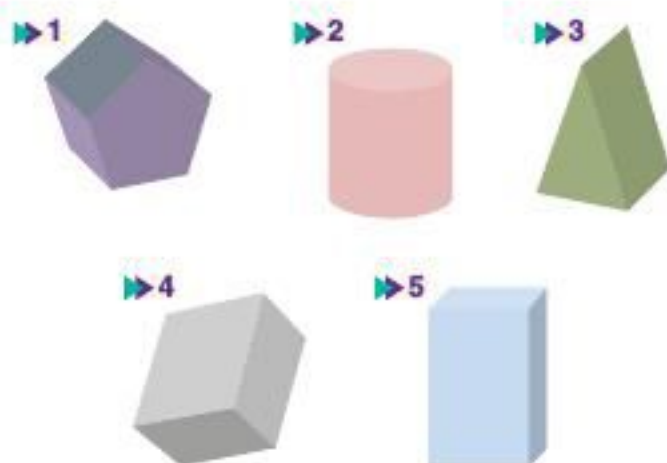
4. Imaginen una habitación que ha permanecido cerrada el tiempo suficiente para que haya alcanzado en su interior una temperatura de 18 °C.

a. En la habitación hay una alfombra de lana y un adorno metálico. Al tocarlos, la alfombra parece más cálida que el adorno. ¿Están a la misma temperatura? ¿A qué se debe esa sensación térmica diferente al tocarlos?

b. Dentro de la habitación también hay una pecera con un pez nadando dentro de ella y un gato que lo observa. ¿Las temperaturas del pez y del gato también serán de 18°C ? Justifiquen la respuesta.

5. Los cinco cuerpos que forman este sistema aislado intercambiaron energía en forma de calor.

El cuerpo **1** cedió 6 J, el **2** recibió 5 J, el **3** recibió 10 J y el **5** cedió 12 J. Calculen la cantidad de calor que intercambió el cuerpo **4**, e indiquen si cedió o recibió calor.



6. Si dos recipientes de igual masa que están a 18°C , uno de cobre y el otro de hierro, se colocan en un horno, ¿cuál de los dos alcanzará primero la temperatura de 250°C ? ¿Por qué?

7. Se quiere calcular la potencia de un calentador de inmersión. Para eso se lo coloca dentro de un termo que contiene 250 gramos de agua a 15°C y se lo conecta durante un minuto. La temperatura del agua se eleva a 45°C . ¿Cuánto vale la potencia del calentador?

8. Se sumerge un tornillo de 100 gramos de masa a 15°C dentro de un termo que contiene 300 gramos de agua a 80°C . La temperatura del sistema se estabiliza a 70°C . ¿Cuánto vale la capacidad calorífica del tornillo?

9. Supongan que se pone a cocinar un alimento en una cacerola que contiene agua, que a su vez se coloca sobre una hornalla encendida. Cuando el agua comienza a hervir, ¿se producirá alguna modificación en su temperatura si:

- se le agrega más agua hirviendo?
- se le suministra más calor aumentando el tamaño de la llama?
- se tapa la cacerola en forma hermética?

10. La pared que da al exterior de una casa es de ladrillo.
a. Estimando sus dimensiones, calculen la rapidez con que se transmite el calor a través de la pared, cuando la temperatura exterior es de 5°C y la del interior es de 20°C .

b. Si esa pared fuera un ventanal totalmente de vidrio, ¿cuál es la rapidez con que se transmitirá el calor en ese caso, dadas las mismas condiciones?

11. Una manera de disminuir la disipación de energía a través de las ventanas es colocar un sistema de doble vidriado. Este consiste en que cada ventana tiene dos vidrios paralelos, separados por una distancia de 4 o 5 cm. Comparando la conductividad del vidrio y la del aire, expliquen la ventaja de este sistema.

12. Se dice que una frazada "da calor". En el sistema constituido por una persona tapada con una frazada:

- ¿Cuál de los cuerpos suministra energía en forma de calor?
- ¿Hasta qué temperatura máxima se podrá llegar en el interior de ese sistema?
- ¿Cuál es la función de la frazada en ese sistema?

13. Expliquen por qué la ropa lavada se seca más rápido en las siguientes situaciones:

- Cuando se la cuelga extendiéndola lo más posible.
- Cuando hay viento.
- Cuando se la seca en un lavadero industrial elevando la temperatura.

14. En las zonas cercanas al Polo Norte se construyen casas de hielo llamadas iglúes. Una de las razones para su construcción es la facilidad para conseguir hielo. Pero desde el punto de vista físico:

- ¿Creen que se utiliza el hielo porque tiene bajo calor específico o porque conduce mal el calor?
- ¿Por qué se ha elegido la forma semiesférica en lugar de otra, posiblemente más sencilla de construir?



Intercambio de energía por radiación

3

Contenidos

- > Las ondas transmiten energía
- > Parámetros de las ondas
- > Fenómenos característicos de las ondas
- > Radiación térmica
- > Radiación solar y terrestre
- > Espectro electromagnético
- > De la onda al cuanto

El Sol es nuestra gran fuente de energía. Pero, ¿cómo llega a nosotros esa energía? ¿Cómo es posible saber si las diferentes estrellas están constituidas por los mismos elementos?

La respuesta a estas preguntas, como ocurre habitualmente en ciencias, lleva a otras. Por ejemplo: la forma en que se transmite la energía desde el Sol, ¿está relacionada con la emisión del control remoto del televisor o la emisión en el horno de microondas?

Para poder responder todas estas nuevas preguntas e indagar con más profundidad en el tema, debemos adentrarnos en el interesante y enorme mundo de las ondas.

Las ondas están relacionadas con todo lo que se ve y se escucha, y con infinidad de sistemas tecnológicos como la radio, la televisión, la telefonía celular, la ecografía y los radiotelescopios.

A lo largo de este capítulo podremos entender cómo ocurre el intercambio de energía por radiación. Luego, a partir de estas ideas podremos responder las preguntas anteriores y muchas otras más.

EN ESTE CAPÍTULO...

Se describirán los procesos de emisión, transferencia y absorción de energía radiante. En particular, se analizarán las características de las ondas, la relación entre los cuerpos emisores y receptores, y la radiación.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C3/>



Intercambio de energía

Diferentes fenómenos, tales como la radiación que emite el Sol, un terremoto que se propaga por el interior de la corteza terrestre o el ruido que produce una explosión, pueden explicarse utilizando el concepto de onda.

Las ondas también están presentes en la tecnología actual: son la base del funcionamiento del control remoto, el teléfono celular, la radio, la televisión satelital y el **ecógrafo***, entre otros dispositivos.

Cuando una persona empuja un mueble que está apoyado en el piso, este puede comenzar a moverse. La persona realiza un trabajo y el cuerpo gana energía de movimiento debido al trabajo realizado por la persona.

Si se coloca una olla con agua a temperatura ambiente sobre una hornalla encendida, el agua adquiere energía debido a la transmisión de calor. Los gases en combustión, es decir el fuego, entregan energía al agua.

De la misma manera, si ponemos una taza con café en un microondas, la infusión aumenta su temperatura, pero en este caso, ¿cuál es el mecanismo de intercambio de energía entre el café y el microondas? ¿Y en el caso de un televisor y su control remoto? En estos dos ejemplos, el intercambio de energía no se debe al trabajo de una fuerza ni a la diferencia de temperaturas entre los cuerpos, sino a una forma llamada radiación.

En la radiación, el mecanismo de intercambio de energía se realiza por medio de ondas. En este proceso hay un emisor y un receptor, por ejemplo una persona hablando que emite ondas que se propagan en el aire. Al llegar al receptor (el oído de otra persona), estas ondas entregan energía. Esto provoca la vibración del tímpano del receptor (quien así puede escuchar), y además transmiten la información de lo que dijo el emisor.

Fenómenos ondulatorios

Si se deja caer una piedra en el agua de un lago, se forma un círculo en la superficie, cuyo centro se encuentra donde cayó la piedra. Pero si se siguen arrojando piedras, siempre en el mismo lugar y a intervalos regulares de tiempo, se forman varias líneas circulares que avanzan hacia afuera y alcanzan un diámetro cada vez mayor. En este caso, se dice que se está propagando una onda en el agua.

Las líneas pueden verse porque la superficie del agua se mueve hacia arriba y hacia abajo, formando líneas más brillantes donde el agua está un poco por encima de la que se encuentra a sus costados. Las más oscuras corresponden al agua situada un poco por debajo de la superficie en reposo.

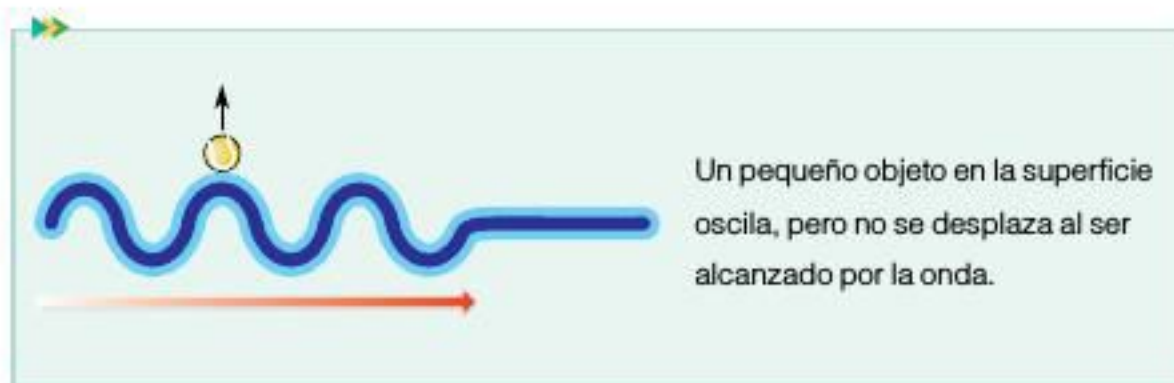
Si se coloca un pequeño corcho o una ramita sobre la superficie del agua, a poca distancia del centro del círculo de las ondas, es posible observar que el objeto se mueve hacia arriba y hacia abajo, pero que no se desplaza en dirección de la onda. Este movimiento de vaivén que realiza el corcho se denomina **movimiento oscilatorio**. La onda se produce cuando este movimiento oscilatorio avanza.

Glosario

ecógrafo: instrumento que emite ondas sonoras inaudibles para el oído humano (ultrasonido), y que a partir del eco construye imágenes de los órganos o cuerpos que se investigan.



Al caer una piedra, se forman ondas en la superficie del agua.

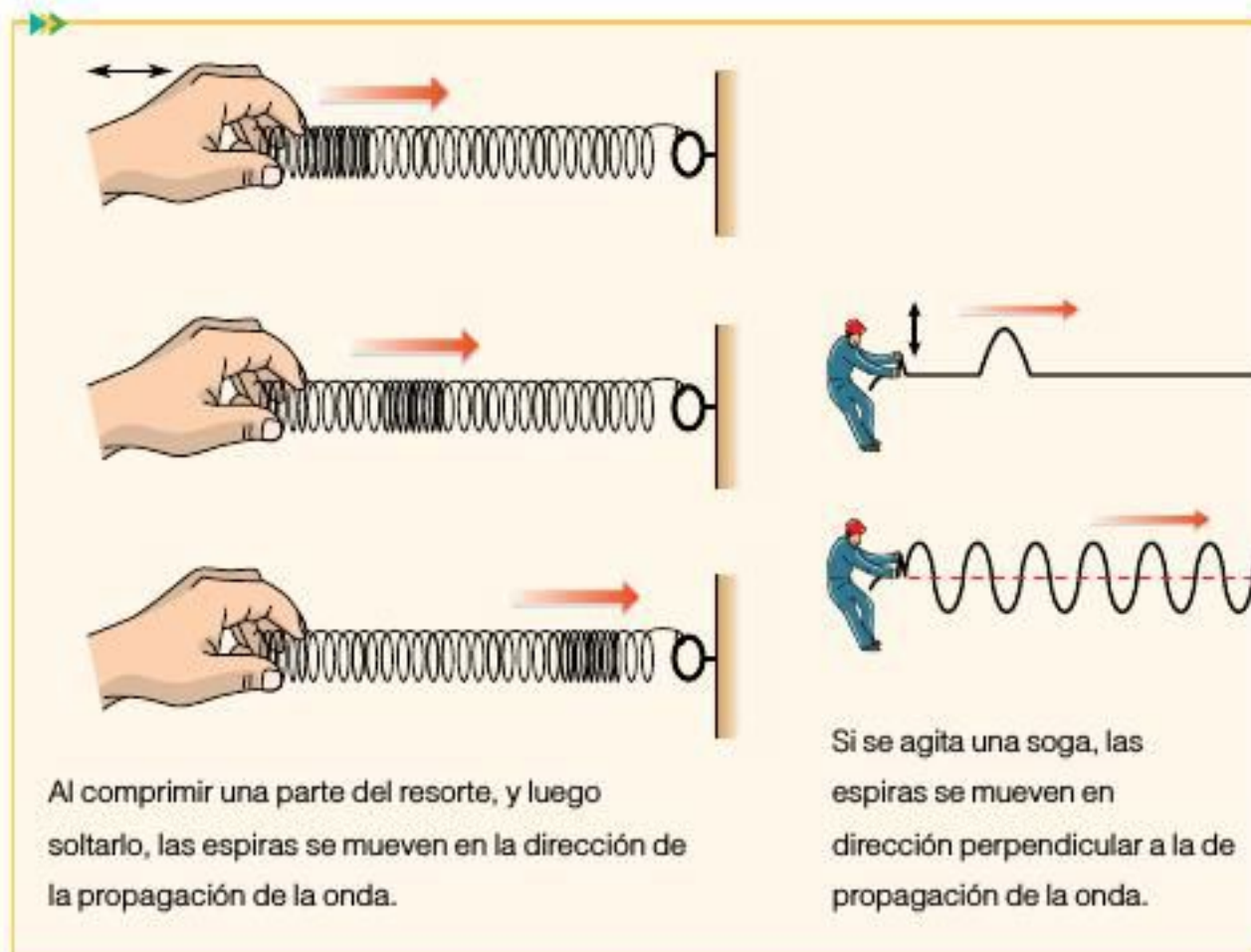


Tipos de ondas

Con un resorte se pueden producir ondas de dos tipos diferentes.

Si el resorte se sostiene por un extremo y se acercan las espiras de manera tal que se comprima una parte, al soltarlo, la perturbación se propagará a lo largo del resorte. Lo que se observa es una compresión y expansión que se mueve a través de las espiras. Cuando se reitera el movimiento de compresión y estiramiento en forma rítmica, se forman **ondas longitudinales** que se propagan por el resorte. Las ondas sonoras son ejemplos de ondas longitudinales.

Una situación diferente se produce si se mueven las espiras en sentido perpendicular al resorte. La perturbación se propaga a través del resorte, pero las espiras lo hacen en otra dirección. En este caso se habla de **ondas transversales**. Las ondas de luz y de radio son ejemplos de ondas transversales.



Cuando la ola llega a determinado lugar, la energía provoca que el agua se eleve y luego baje.

Glosario

terremoto: movimiento del suelo debido al desplazamiento y choque de las placas que se encuentran en el interior de la Tierra, llamadas placas tectónicas.

tsunami: ondas sísmicas producidas por movimientos de la corteza terrestre en el fondo del mar.

La energía que se propaga desde el centro de un terremoto* suele producir desastres en las viviendas. En un tsunami* la energía se propaga por el agua generando olas muy altas que pueden causar grandes catástrofes al llegar a la costa.

Energía y ondas

Cuando se forman ondas en el agua, ¿qué es lo que se propaga? Durante un **terremoto**, ¿qué se desplaza a partir del centro sísmico hasta otras zonas de la superficie terrestre? Al golpear una campana, ¿qué se transmite a partir del objeto que nos permite escuchar el sonido desde lugares lejanos?

Los ejemplos anteriores corresponden a fenómenos diferentes, y aunque en cada uno de los tres casos la perturbación tiene distintos orígenes, esta siempre se propaga por la energía emitida desde el emisor de la onda.



En diciembre de 2004, un terremoto frente a las costas de Sumatra provocó un tsunami que afectó a 10 países del Sudeste Asiático.

Actividades

1. Para los siguientes fenómenos, indiquen cómo se produce la perturbación ondulatoria y por qué medio se propaga.

- Sonido de una flauta.
- Sonido de una cuerda de guitarra.
- Terremoto.

Glosario

parámetro: valor que sirve para caracterizar alguna variable.

Cada emisora de radio transmite en determinada frecuencia. Para escuchar un programa hay que sintonizar el artefacto en la frecuencia que corresponda. Los receptores de radio pueden sintonizar emisoras de AM y FM. Cada una de estas alternativas se ubica en un conjunto de frecuencias llamada "banda". Las emisiones de AM se realizan a frecuencias del orden de los kilohertz y las emisiones de FM lo hacen en la banda de los megahertz.



Parámetros característicos de las ondas

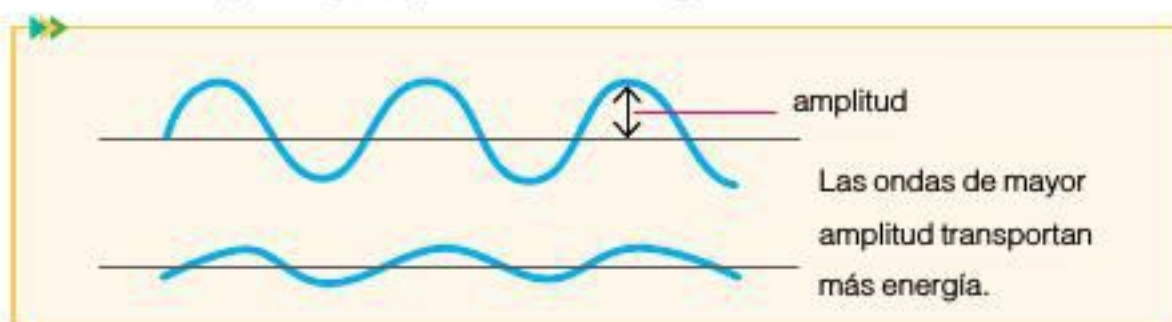
Si bien hay muchos tipos de ondas, todas tienen **parámetros*** que permiten caracterizarlas. Estos son la amplitud, el período, la frecuencia, la longitud de onda y la velocidad. Sin embargo, estos valores no son todos independientes, sino que algunos de ellos están relacionados entre sí.

Amplitud

Una forma sencilla de visualizar ondas es colocando una cuerda extendida sobre el piso: cuando se mueve rítmicamente un extremo hacia uno y otro costado, se propaga la perturbación por la cuerda, y puede observarse que todos los puntos se mueven de manera similar al extremo.

Si se marca un punto de la cuerda atándole una cinta, es posible ver cómo se mueve. Para analizar mejor el movimiento, se podría filmar un video que enfocara el punto marcado; la película mostraría cómo oscila el punto a medida que transcurre el tiempo.

Para que un punto de la cuerda alcance mayor distancia respecto de la posición que tenía cuando no pasaba la onda, el extremo se debe agitar con más energía. La máxima distancia a la posición inicial de equilibrio se denomina **amplitud** y depende de la energía de excitación de la cuerda.



Período y frecuencia

El tiempo que tarda un punto de la cuerda en ir desde la posición de equilibrio hasta la máxima amplitud, pasar al otro lado y regresar adonde estaba inicialmente, se llama **período**. En otras palabras, es el tiempo que tarda un punto de la cuerda en realizar un recorrido completo. El período se simboliza con la letra T y se mide en segundos (s).

Por su parte, la **frecuencia** es la cantidad de recorridos u oscilaciones completas que realiza un punto en un segundo.

Se puede comparar qué ocurre en la cuerda si se mueve la mano lentamente o más rápido. En el segundo caso, tomando como referencia un punto determinado en la cuerda, se ve que durante un cierto tiempo alcanza más veces las diferentes posiciones por las que pasa. Esto se debe a un aumento en la frecuencia. La frecuencia se mide en una unidad llamada **hertz**. Un hertz equivale a una oscilación por segundo y su símbolo es Hz. Muy frecuentemente se utilizan múltiplos del hertz:

1 MHz = 10^6 Hz (se lee megahertz)

1 kHz = 10^3 Hz (se lee kilohertz)

Relación entre frecuencia y período

El período y la frecuencia son magnitudes que están relacionadas entre sí. Un ejemplo puede servir para comprender la relación entre ellas.

Si se propagan ondas en una cuerda con un período de 0,2 segundos, esto significa que un punto de la cuerda realiza un recorrido u oscilación completa en 0,2 segundos. Podemos preguntarnos entonces, ¿qué cantidad de oscilaciones completas realiza en 1 segundo?

La respuesta es 5, por lo que la frecuencia es 5 Hz.

La relación entre el período y la frecuencia se puede escribir con una expresión matemática:

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

La relación entre el segundo y el Hz puede establecerse a partir de la relación entre frecuencia y período:

$$1 \text{ Hz} = \frac{1}{\text{s}} = \text{s}^{-1}$$

Longitud de onda

Cuando las ondas se propagan en el agua, se puede observar que la distancia que existe entre las líneas circulares es aproximadamente igual entre cualquiera de ellas. Las líneas están constituidas por los puntos de la superficie del agua que, en cierto instante, oscilan de igual manera.

La distancia entre las líneas circulares corresponde a la mínima separación entre dos puntos que, en el mismo instante, tienen igual altura y velocidad; esta magnitud se denomina **longitud de onda**.

Debido a que se trata de una distancia, la unidad de medida es el metro, o alguno de sus múltiplos o submúltiplos, como kilómetro, centímetro o milímetro.

Otras unidades derivadas del metro que se utilizan para medir la longitud de onda son el nm (nanómetro) y el μm (micrómetro):

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

La longitud de onda se representa habitualmente con la letra griega λ (que se lee lambda).



La audición en el mundo animal

El oído humano es capaz de detectar sonidos comprendidos entre 20 Hz y 20 kHz. En cambio, los perros pueden escuchar frecuencias superiores a los 20 kHz, denominados ultrasonidos. Por eso es posible usar silbatos para llamarlos que emiten sonidos que no son percibidos por las personas.



El murciélago emite sonidos de hasta 65 kHz, que usa para detectar los obstáculos e insectos (su alimento).

Relación entre longitud de onda y período

Debido a que el período (T) y la frecuencia (f) están relacionados como muestra la siguiente expresión:

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

la velocidad de propagación de la onda puede expresarse como:

$$v = \lambda \cdot f$$

Las anteriores relaciones permiten observar que para cualquier tipo de onda que se propaga en un medio o en el vacío, mientras el medio permanezca constante, al aumentar la frecuencia disminuye la longitud de onda y viceversa.

Cuando se observan ondas en la superficie del agua, es posible medir el período T y la longitud de onda λ .

El período no solo indica cuánto tarda en realizar una oscilación completa cada punto por donde se propaga la onda, sino que también marca en cuánto avanza la perturbación, es decir, cuánto demora en recorrer una distancia igual a una longitud de onda.

Si recordamos que la velocidad media de un objeto se calcula por el cociente entre el desplazamiento y el tiempo empleado, es posible relacionar la longitud de onda con el período, ya que en un tiempo T la onda avanza una distancia λ . El cociente entre ambas magnitudes da el valor de la velocidad de propagación de la onda. En símbolos:

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

Velocidad de propagación

¿Por qué, en una noche de tormenta, se ven primero los relámpagos y luego se oye el trueno? Los relámpagos y los truenos se producen, prácticamente, en el mismo instante. Sin embargo ambos fenómenos no se perciben simultáneamente, ya que el sonido y la luz viajan a distintas velocidades.

Todas las perturbaciones que se propagan en forma ondulatoria tardan cierto tiempo entre la emisión y la recepción, esto quiere decir que tienen determinada velocidad de propagación.

La velocidad indica cuánto tarda en llegar la onda a un punto alejado de su lugar de origen. Por ejemplo, si su velocidad es de 200 m/s, significa que un punto a una distancia de 200 m será alcanzado por la onda un segundo después del inicio de su propagación.

La velocidad depende del tipo de perturbación y del medio de transmisión. Así, por ejemplo, la velocidad del sonido en el aire a 20 °C es aproximadamente 340 m/s, mientras que la velocidad de la luz en las mismas condiciones es 300.000 km/s.



La demora entre la percepción del relámpago y del trueno está relacionada con la distancia a la que se produce la tormenta y las diferencias que existen entre las velocidades de la luz y del sonido.

Frecuencia de ondas sonoras y luminosas

Las personas y muchos animales se comunican con el mundo que los rodea utilizando la visión y la audición. Los órganos de los sentidos permiten distinguir sonidos y visualizar objetos luminosos e iluminados.

Pero, ¿se han preguntado qué diferencia física hay entre las notas *do* y *la* que permite reconocerlas? ¿O qué permite distinguir el color rojo del verde?

Como ya vimos, tanto los sonidos como los fenómenos luminosos se propagan en forma ondulatoria.

Los sonidos de diferentes notas musicales tienen distinta frecuencia. Al soplar por la boquilla de una flauta, se produce un sonido debido a la vibración de la columna de aire contenido en su interior. Si se tapan o destapan algunos orificios, la columna de aire modifica su longitud y el sonido se percibe como más grave o más agudo. Se dice que cambió la altura del sonido. Si se graba y se analiza su onda asociada, es posible ver que la cantidad de oscilaciones por segundo varía cuando se modifica la altura del sonido. Si es más grave, la frecuencia es menor. Si es más agudo, la cantidad de oscilaciones por segundo aumenta, y la frecuencia es mayor.

En el caso de las ondas luminosas, las diversas frecuencias corresponden a distintos colores.

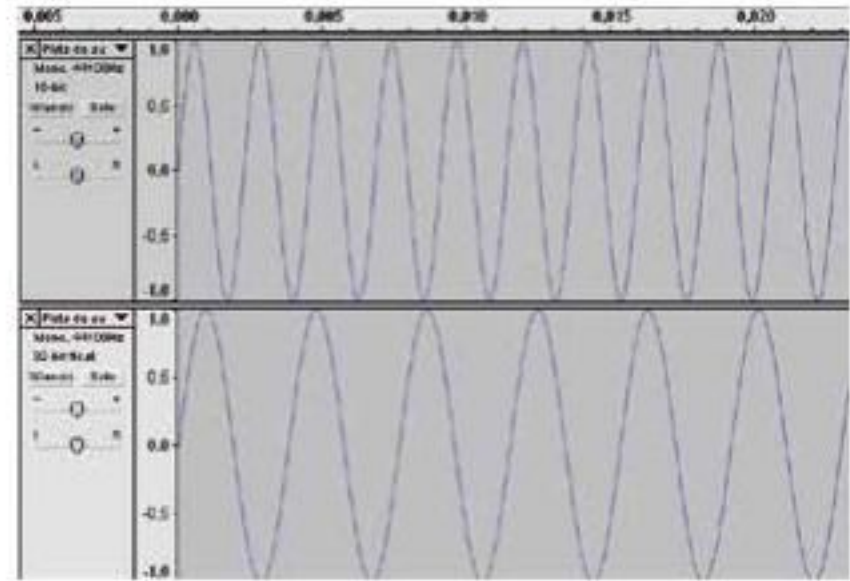
Como la frecuencia está relacionada con la longitud de onda, los distintos colores están asociados a longitudes de onda diferentes. Por ejemplo, la luz que emite el sodio cuando está incandescente es amarilla y la longitud de onda correspondiente es, aproximadamente, 500 nm.

La relación entre la velocidad de propagación, la frecuencia y la longitud de onda permite comparar las frecuencias correspondientes a los diferentes colores. Así, por ejemplo, la luz amarilla de $\lambda = 500$ nm, propagándose en el aire, tiene una frecuencia dada por:

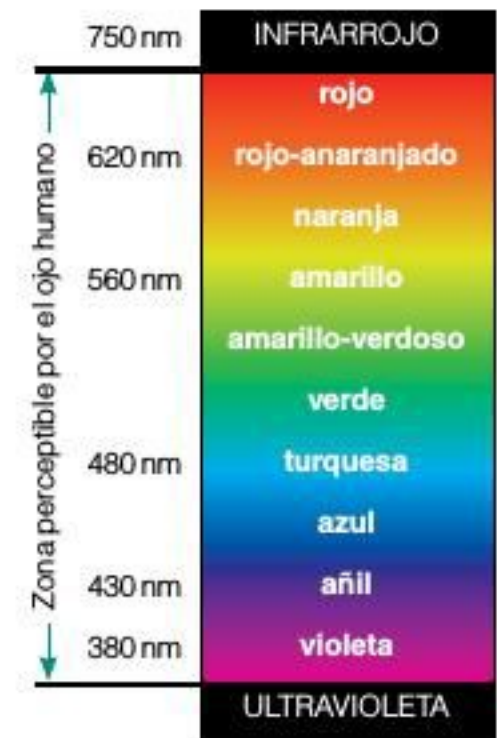
$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{300.000 \text{ km/s}}{500 \text{ nm}}$$

Utilizando las equivalencias entre las unidades de longitud:

$$f = \frac{300.000 \cdot 10^3 \text{ m/s}}{500} \cdot 10^{-9} \text{ m} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$



Las diferentes notas musicales corresponden a sonidos de distintas frecuencias. En el gráfico se representan los correspondientes a las notas *la* en la parte superior y *do* en la inferior.



Los diferentes colores del espectro visible corresponden a distintas longitudes de onda.

Actividades

1. ¿Qué longitud de onda tiene la nota musical *la* ($f = 440$ Hz) emitida por una flauta durante un concierto?
2. ¿Cuál es la frecuencia de una onda electromagnética de 0,01 m de longitud de onda?
3. ¿Cuál es la longitud de onda en la que se transmite tu programa de radio favorito?

Fenómenos característicos de las ondas

Las ondas están en todos lados

Una persona está leyendo un libro mientras trata de escuchar la radio pese a los ruidos que vienen desde la calle. Para poder leer, necesita cierta iluminación. Están llegando a sus ojos ondas luminosas, y a sus oídos ondas sonoras provenientes de la música y de los ruidos. Además, cada vez que cambia de estación de radio, capta ondas que llegan a ella. En general, por cualquier lugar pasan, simultáneamente, ondas luminosas, sonoras, de radio y de televisión.

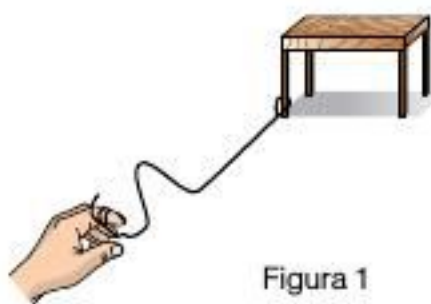
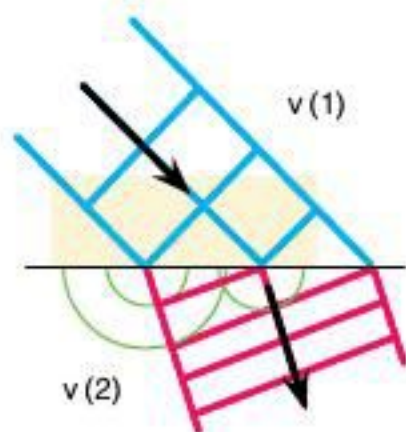


Figura 1



Al atravesar el obstáculo, las ondas cambian la velocidad.

Los fenómenos ondulatorios pueden estudiarse a partir de las propiedades que los caracterizan, independientemente de cómo se produce la perturbación que se propaga y en qué medio lo hace.

Las ondas presentan propiedades comunes entre sí, que a su vez son diferentes que las de la materia. Por ejemplo, la materia ocupa un lugar en el espacio, pero las ondas, aunque se transmiten a través de sólidos, líquidos o gases, no ocupan ningún sitio. En un mismo lugar no es posible que existan simultáneamente dos objetos; sin embargo en un instante pueden pasar por el mismo punto muchas ondas provenientes de diversas fuentes.

Cuando las ondas interactúan entre sí o con algún medio ajeno al de propagación, experimentan cambios en los parámetros que las caracterizan. Aunque sean de distintos tipos, todas experimentan el mismo cambio en circunstancias similares. Estas variaciones corresponden a la **reflexión, refracción, interferencia y difracción**.

Reflexión

Cuando una onda se encuentra con un obstáculo, no lo atraviesa y en cambio vuelve al medio por el que se propagaba; se produce la reflexión de la onda.

En la reflexión no cambia la longitud de onda de la onda incidente aunque se produzca una modificación de la dirección de propagación o exista un cambio brusco en la oscilación del punto de contacto con el obstáculo.

Por ejemplo, si se ata una cuerda a un punto fijo y se produce en ella una onda, al llegar al obstáculo, la onda reflejada regresa sobre la cuerda y se superpone con la onda incidente (Figura 1).

La reflexión de ondas sonoras en obstáculos lejanos es la causa del eco; la reflexión de las ondas luminosas explica la formación de la imagen en un espejo.



El obstáculo produce la reflexión de las ondas lo que genera el eco.

Refracción

La refracción ocurre cuando cambia el medio en que se propaga la onda. Por ejemplo, una onda sonora que viaja en el aire puede continuar propagándose en el agua. En este caso, al cambiar el medio de propagación, la onda sonora se refracta. Como la velocidad de propagación de la onda depende del medio, si se modifica el medio, la onda cambia su velocidad.

Si se unen dos cuerdas diferentes y se generan ondas en una de ellas, al atravesar el punto de unión, las ondas se refractan y se reflejan. Una parte de la onda incidente vuelve sobre sí misma, es decir, se refleja, mientras que la que pasa a la otra cuerda cambia su velocidad y su longitud de onda, es decir, se refracta.

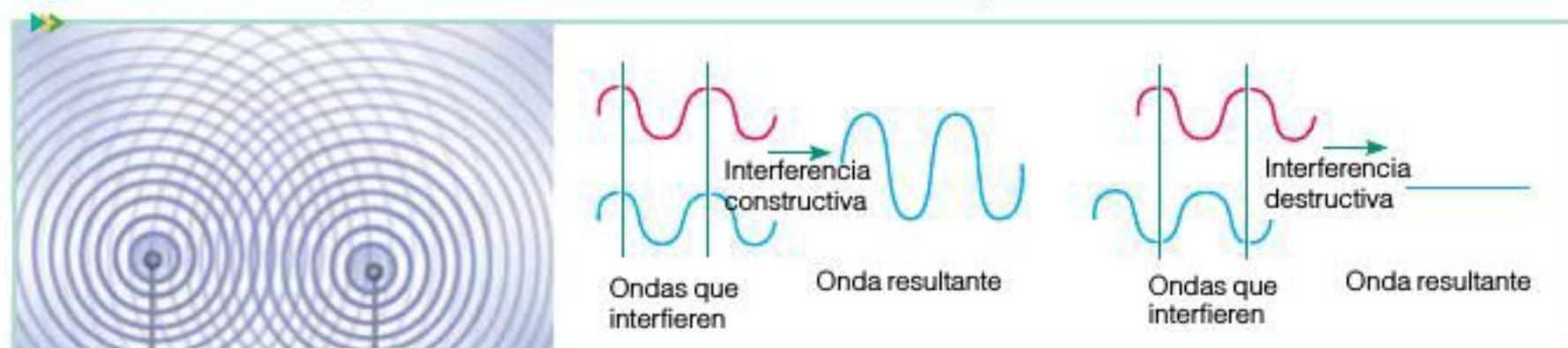
Muchas veces, al pasar de un medio a otro, la onda refractada cambia su dirección, es decir, se desvía. Por ejemplo, cuando la luz llega desde el aire al agua, excepto que lo haga perpendicularmente a la superficie, cambia su dirección.

Interferencia

Si dos gotas caen sobre la superficie del agua en lugares cercanos, cada una produce un pulso que se visualiza por medio de líneas circulares **concéntricas***. Ambos pulsos se propagan de manera independiente. Es decir, siguen su camino sin alterarse.

Lo mismo sucede con las ondas. Cuando llegan a un mismo lugar ondas diferentes, cada una sigue su trayectoria como si la/s otra/s no estuviese/n.

Sin embargo, en determinadas circunstancias, pueden ocurrir ciertas modificaciones en las ondas que llegan simultáneamente a un sitio, y se produce el fenómeno de **interferencia**. En este caso, las ondas pueden encontrarse y reforzarse, o anularse en esos puntos de encuentro. Entonces puede haber interferencia constructiva o destructiva. En la **interferencia constructiva**, la intensidad de la onda resultante es mayor que cada una de las intensidades de las ondas que interfieren. En la **interferencia destructiva**, la intensidad puede llegar a ser nula. Aun luego de interferir, las ondas continúan con su trayectoria inicial.



Las ondas se propagan sin perturbarse excepto en aquellos puntos a los que llegan simultáneamente.

En algunos casos, la amplitud de la onda resultante es diferente de las amplitudes de las ondas que interfieren.

Difracción

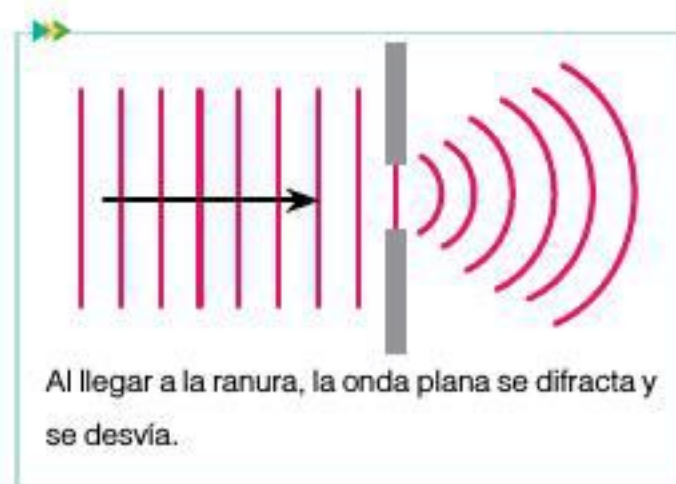
La difracción se produce cuando las ondas que se propagan por un medio encuentran un obstáculo de tamaño similar al de la longitud de onda. En este caso, siguen propagándose por el medio original rodeando al objeto, lo que significa que varía la dirección de la onda sin modificarse la velocidad de propagación.

Por ejemplo, si una persona se esconde atrás de un árbol y otra persona le grita, la primera podrá escuchar la voz de la segunda porque el sonido, que no atraviesa el árbol, al tener una longitud de onda similar al diámetro del tronco, se difracta, es decir que lo rodea y la persona que está escondida puede escuchar.

Otra situación en la que las ondas se difractan es cuando llegan a una ranura cuyo ancho es similar a la longitud de onda. Entonces, al atravesarla, las ondas se desvían de su dirección original.

Debido a que el cambio de dirección de la onda en la difracción depende del ancho de la ranura y de la longitud de onda, ocurre que si llegan a una ranura varias ondas diferentes, estas salen en distintas direcciones después de atravesarla.

Un ejemplo de este fenómeno se puede observar en las palomas. Estas aves poseen un color grisáceo, pero cuando son vistas al sol, las plumas aparecen con tonos verdes y violáceos. Esto se debe a la difracción de las ondas luminosas en las ranuras que se forman en sus plumas.



Al llegar a la ranura, la onda plana se difracta y se desvía.

Glosario

concéntrico: que tienen el mismo centro.

Radiación térmica

La Tierra recibe energía del Sol en forma de luz y calor. Una parte es transformada por las plantas durante el proceso de fotosíntesis, mientras que otra evapora el agua de ríos y mares, y permite su circulación en todo el planeta. También calienta la superficie y causa el movimiento del aire que provoca los vientos.

Pero, ¿cómo llega la energía solar a la Tierra?

En el capítulo anterior se estudiaron dos mecanismos diferentes de transmisión de calor: la **conducción** y la **convección**.

La energía solar atraviesa el espacio y la atmósfera. No llega a la superficie de la Tierra por conducción, porque el aire es mal conductor del calor. Tampoco llega por convección, porque justamente las corrientes de convección se originan luego del calentamiento de la Tierra. Además, logra traspasar el espacio exterior, donde hay vacío. Como tanto la conducción como la convección se producen en sistemas físicos que tienen materia, estos mecanismos de propagación del calor no resultan útiles para explicar de qué manera llega la energía del Sol a la Tierra.

La energía que proviene del Sol llega a la Tierra por un mecanismo de transmisión de calor diferente, denominado **radiación**, que consiste en ondas emitidas por este astro. Durante el día, la radiación solar calienta el suelo, el agua de los mares y de los ríos, las plantas, los techos de las viviendas y todo lo que se encuentra en la superficie terrestre. También provoca el enrojecimiento de la piel durante un día de invierno en la cima de una montaña nevada, y permite que los animales ectotermos adquieran una temperatura corporal óptima.

La radiación térmica, como mecanismo de transmisión de calor, se produce entre dos sistemas que están a distintas temperaturas y puede haber materia entre ellos o no.

Un ejemplo puede observarse al acercarse a una estufa de cuarzo o a un radiador constituido por un panel cerámico. En estos casos, se puede sentir que estos artefactos emiten algo que calienta el entorno. La radiación también está presente al cocinar un asado en una parrilla. La brasa encendida irradia el calor que calienta la parrilla y la carne. ¿Cómo es posible darse cuenta de que el asado en la parrilla no se cocinó por conducción? Si se coloca la carne a un costado evitando que permanezca sobre la fuente de calor, se demora su cocción.

Animales ectotermos

Algunos animales, como las víboras, los lagartos y las tortugas, mantienen su temperatura corporal bastante estable (dentro de ciertos límites), absorbiendo o cediendo energía en forma de calor al ambiente. Durante el día, se ubican en sitios apropiados para modificar la cantidad de radiación solar que absorben. Si no hay sol, o durante la noche, buscan protección en refugios, a fin de preservar la temperatura corporal. Estos animales se denominan **ectotermos**.



Los reptiles buscan recibir la mayor cantidad de radiación solar posible.



La nieve del techo se derrite durante el día, principalmente, debido a la radiación que llega del Sol.

Factores que influyen en la radiación que recibe un cuerpo

Algunos factores que influyen en la cantidad de energía que llega a un cuerpo por radiación son: la distancia entre los cuerpos que interactúan, el color del cuerpo y la inclinación de la superficie sobre la que incide.

Intuitivamente, se puede pensar que la energía por unidad de tiempo que llega a un objeto por radiación es tanto mayor cuanto más cerca están los sistemas que interactúan. Por ejemplo, al acercarse a una estufa encendida, se percibe mayor radiación cuanto menor sea la distancia respecto del artefacto. En cuanto a un trozo de asado colocado sobre una parrilla, la carne se cocina más rápido cuanto más cerca esté de las brasas, porque la energía transmitida por radiación es mayor.

La radiación y el color

Otra característica que influye en la radiación recibida por un cuerpo es el color. Los cuerpos negros u oscuros absorben más energía por unidad de tiempo que los blancos o claros en iguales condiciones.

Esto se aprovecha en el diseño de la ropa para verano e invierno: suelen usarse colores claros para los días más calurosos, y oscuros para los fríos.

Esta propiedad se utiliza también en la pintura de los calefactores ubicados a la intemperie o en bares con mesas en la vereda, que suelen estar pintados de negro para absorber más energía solar que si fuesen blancos.

Sin embargo, algunos beduinos que atraviesan grandes extensiones desérticas visten con ropas negras. ¿Cómo se explica esta elección? La causa puede residir en razones culturales y también en el frío que deben soportar en el desierto durante la noche. Además, el color de la túnica no es el único factor que determina la temperatura de la piel de las personas. Si la ropa es holgada y hay viento, probablemente el aire pase por el cuerpo y sirva para refrescarlo.

Hay que tener en cuenta que los mecanismos de transmisión de energía debida a la diferencia de temperatura entre dos cuerpos, por lo general no dependen de una sola variable. Por eso, aunque muchas veces es posible distinguir un mecanismo principal de transmisión, sea conducción, convección o radiación, al analizar un fenómeno de la vida cotidiana, por lo general se presentan las tres formas de transmisión de calor simultáneamente.



Al estar muy cerca, se puede sentir la radiación que emite una lámpara incandescente.

Potencia

La potencia es la energía intercambiada por unidad de tiempo. Al comparar la energía que irradia o recibe un cuerpo, hay que considerar el tiempo en que se produce la transmisión, porque la energía recibida podría ser la misma, pero un cuerpo lo hace en cierto lapso y, el otro, en uno diferente. Por este motivo es necesario comparar la energía recibida o emitida por unidad de tiempo, es decir, la potencia.

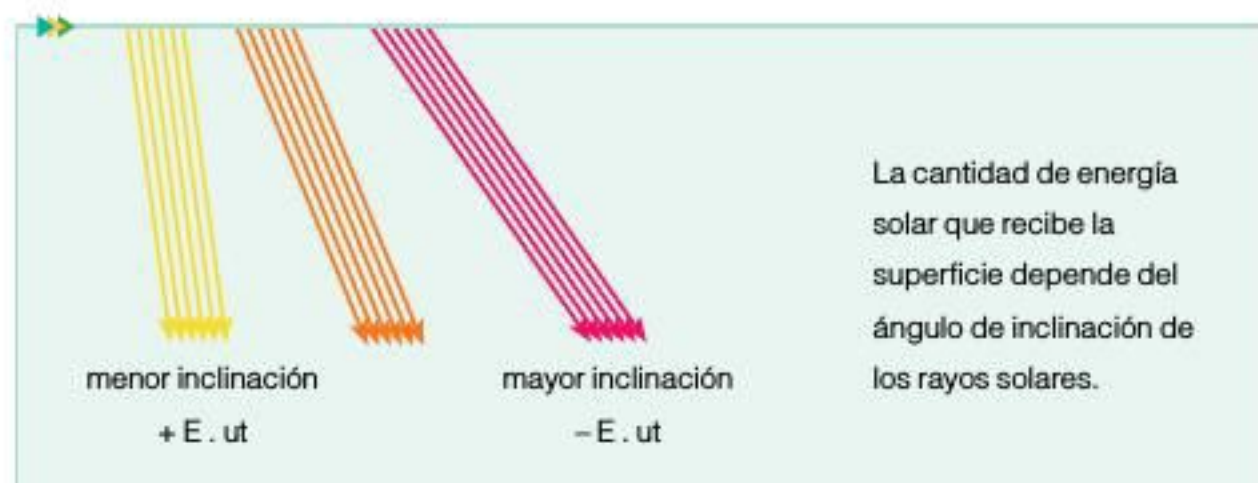
Pese a las altas temperaturas, algunos beduinos visten ropas oscuras.

La radiación y la inclinación de la superficie

¿Por qué los días son más cálidos en las zonas ecuatoriales? Esto se explica porque debido a la inclinación del eje terrestre, la energía que llega desde el Sol no es la misma en las diferentes áreas de la Tierra.

Los rayos solares inciden en las regiones polares con ángulos distintos que en el ecuador y, por esa razón, allí la radiación solar es más intensa y los días son más cálidos.

En términos físicos, cuando la radiación llega a la superficie con menor inclinación, la energía por unidad de tiempo ($E \cdot ut$) que incide sobre la Tierra es mayor.



Actividades experimentales

Energía absorbida por radiación

Les proponemos realizar una experiencia sencilla para demostrar la relación del color y de la inclinación de una superficie con la energía absorbida en un cierto tiempo.

Necesitarán:

- ▶ 4 botellas descartables de plástico de 500 mL;
- ▶ un termómetro de alcohol o digital con escala de 0 °C a 100 °C;
- ▶ pintura negra y pintura blanca;
- ▶ agua.



Paso 1. Pinten dos botellas de negro y las otras dos de blanco. Luego, llénenlas con agua de la canilla y ciérrrenlas.

Paso 2. Coloquen una de las botellas blancas y una de las negras paradas y al sol. Las otras dos, también llenas de agua, acomódenlas con cierta inclinación cerca de las anteriores.

Paso 3. Midan y registren la temperatura de cada una de las botellas.

Estos datos se podrán usar para determinar cómo

han absorbido la radiación solar. Conviene dejar las botellas por lo menos unos 20 minutos al sol para notar cambios notorios.

Respondan:

¿Por qué es importante colocar la misma cantidad de agua en todas las botellas?

¿Por qué deben estar cerca unas de las otras?

¿Cómo influyó la inclinación de las botellas?

¿Cómo influyó el color?

Redacten un párrafo en el que expliquen los resultados obtenidos, utilizando conceptos de radiación térmica.

Emisión de radiación

Todos los cuerpos, a cualquier temperatura, irradian energía. Esto significa que además del Sol, las brasas o el horno encendido, también lo hacen el suelo, las personas, la heladera y cualquier objeto del universo. Por esa razón, existe un permanente intercambio de radiación entre un cuerpo y su entorno. Por ejemplo, si una persona está de pie en una habitación, recibe radiación de las paredes, el piso, los muebles o de los rayos solares que entran por una ventana. A su vez, la persona también la emite.

La radiación que llega a un cuerpo puede ser absorbida, reflejada o transmitida. En la mayoría de los casos, los objetos que absorben más radiación de la que emiten aumentan su temperatura y los que emiten más de la que absorben, la disminuyen. Este proceso tiene lugar hasta que en los cuerpos no se producen más variaciones de temperatura: continúan con el proceso de emisión y absorción, pero se encuentran en **equilibrio térmico**. Esto se explica, considerando que se llega a un equilibrio entre la radiación emitida y la absorbida y, en estas condiciones, la temperatura del cuerpo se mantiene constante.



Actividades

1. Considerando la relación entre la radiación y el color de los objetos, respondan y expliquen.

a. Si los pingüinos fuesen totalmente blancos, ¿absorberían más o menos radiación solar?

b. ¿Sería conveniente que el interior de un termo fuese negro?

Emisión de radiación y temperatura

Un panel cerámico que se utiliza para calefaccionar irradia más energía por unidad de tiempo cuanto más caliente se encuentre. Algo similar ocurre con una plancha. Si se acerca la mano a la superficie que apoya al planchar, se siente la energía que genera. Si, mediante la llave selectora, se aumenta la temperatura de la plancha, se siente más calor. Los ejemplos permiten inferir que la energía por unidad de tiempo que emite un cuerpo depende de la temperatura a la que se encuentre.

Este descubrimiento fue realizado empíricamente por el físico esloveno Josef Stefan (1835-1893) a fines del siglo XIX, y luego deducido teóricamente por el austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), pocos años más tarde. Los resultados encontrados experimentalmente permitieron determinar que todos los cuerpos irradian energía de acuerdo con su temperatura. Es decir, los cuerpos no solo emiten radiación al interactuar con otros de menor temperatura, sino que todos, constantemente, irradian energía.



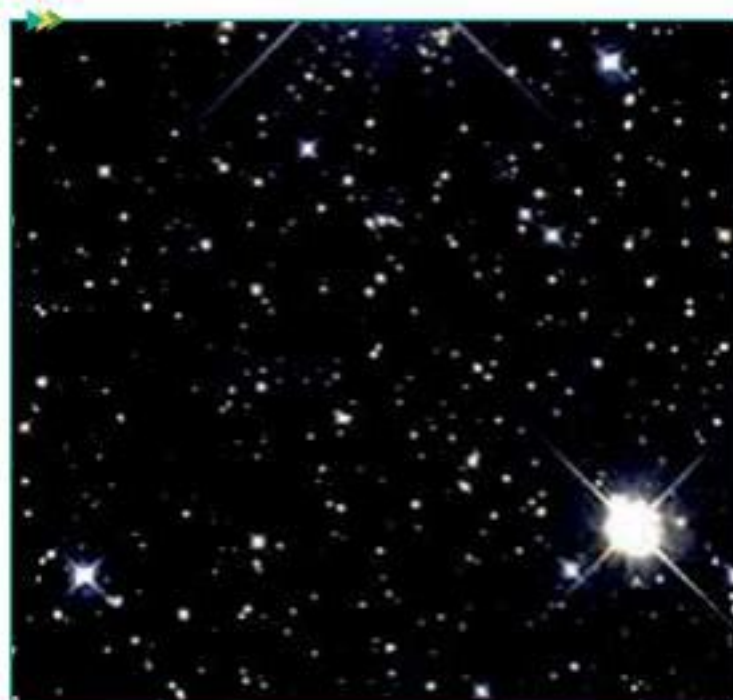
La fotografía termográfica muestra la emisión de radiación de los cuerpos. Los diferentes colores corresponden a zonas de distinta temperatura.

La Tierra emite radiación

Sabiendo que el Sol emite radiación que llega a la Tierra, ¿cómo es posible que la temperatura del aire sea menor cuanto mayor sea la altura respecto del nivel del mar? ¿Cómo se calienta el aire? ¿Por qué en los alrededores de una ciudad la temperatura es menor que en las zonas densamente edificadas? Para responder a todas estas preguntas debemos tener presente que la Tierra emite radiación.

Tomando a la Tierra en su totalidad, hay que tener en cuenta que su interior se encuentra a temperaturas mayores que las de la superficie, desde la que se emite radiación en función de la temperatura media a la que se halla el planeta. Sin embargo, esa temperatura es menor que la del Sol, lo que explica que la radiación terrestre sea diferente de la solar.

Cuando los cuerpos generan más energía que la que absorben, se enfrían. Esto sucede con la superficie terrestre durante la noche, y se puede observar, por ejemplo, en la arena de la playa. Durante el día el suelo recibe y absorbe más energía que la que emite, y por eso se calienta; pero durante la noche, la temperatura disminuye porque irradia energía y no absorbe radiación solar.



Las nubes reflejan parte de la radiación terrestre por lo que, probablemente, en invierno, una noche estrellada sea más fría que una noche con el cielo cubierto de nubes.

Capas de la atmósfera

Para el estudio de la atmósfera se considera que esta está dividida en diferentes capas, cada una con propiedades que la caracterizan.

De acuerdo con su cercanía con la superficie terrestre, se distinguen la troposfera, la mesosfera, la estratosfera, la termosfera y la exosfera (la más lejana). La temperatura del aire disminuye desde el suelo en las distintas capas de la atmósfera hasta llegar a la termosfera. Allí la temperatura es muy alta, ya que se calienta por radiación solar y su emisión de energía es escasa.

La temperatura del aire disminuye con la altura respecto del nivel del mar. Por ejemplo, a 10.000 m, donde vuelan los aviones, puede ser de unos -35°C . La causa principal del aumento de la temperatura del aire cerca del suelo es la absorción de la radiación terrestre, por contacto o por la condensación de la humedad. A su vez, el aire de la atmósfera puede perder calor debido a la radiación al espacio, la evaporación de la lluvia que cae o el contacto con superficies de menor temperatura.

A medida que una masa de aire aumenta su temperatura al absorber calor, disminuye su densidad y sube. Al elevarse, disminuye la presión y se enfría. En promedio, puede considerarse que la temperatura del aire disminuye $6,5^{\circ}\text{C}$ cada 1.000 m de altura.

La temperatura en el centro de las ciudades muy pobladas suele ser unos grados mayor que en los alrededores, porque los edificios y el cemento irradian más cantidad de energía que las plantas y la tierra.

Propagación de energía radiante

Todos los cuerpos emiten energía radiante de acuerdo con su temperatura. Pero podemos preguntarnos: ¿en qué se diferencia la radiación que emite la Tierra de la que es emitida por el Sol? ¿Por qué no sentimos la radiación que emite la pared de la habitación, pero sí la de un hierro incandescente?

Los diversos tipos de energía radiante son ondas electromagnéticas y se clasifican según su longitud de onda y su fuente emisora.

Espectro electromagnético

La energía irradiada por los diversos cuerpos constituye el espectro electromagnético. Al propagarse produce vibraciones de campos eléctricos y magnéticos y, como todas las ondas, se desplaza con cierta velocidad, que depende del medio donde se propague.

Las ondas electromagnéticas pueden transportarse a través de un material sólido, líquido o gaseoso, y también lo pueden hacer en el vacío. Cuando viajan en el vacío, la velocidad de propagación es 300.000 km/s, que es la mayor velocidad posible.

En el espectro electromagnético pueden distinguirse ondas de radio y televisión, microondas, infrarrojas, luz visible, ultravioletas, rayos X y rayos gamma.

Las zonas del espectro se destacan por tener distinta frecuencia y longitud de onda. Además, estas se generan y detectan de diferentes maneras. Por ejemplo, las ondas de radio se pueden generar y detectar por medio de circuitos electrónicos. En el caso de los rayos gamma, que se generan a partir de la radiactividad o en las centrales nucleares, se detectan con instrumentos especiales, como los contadores Geiger.

La posibilidad de generar artificialmente distintos componentes del espectro electromagnético ha permitido que las personas construyan artefactos con el fin de otorgar variados usos a las radiaciones.

Es importante considerar que los sentidos de los distintos organismos del mundo animal no detectan todas y cada una de las radiaciones. Los seres humanos solo podemos ver una parte del espectro, conocida como luz visible. Pero otros animales pueden ver otras radiaciones. Por ejemplo, las abejas detectan el ultravioleta y las gallinas, el infrarrojo.

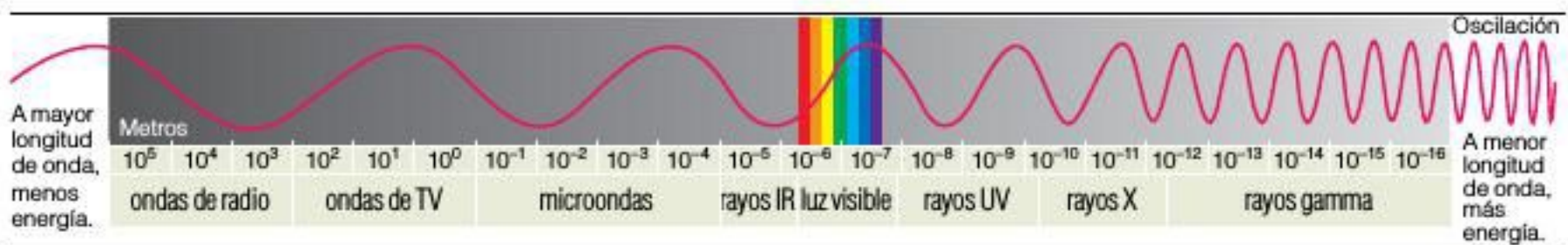
Por otra parte, si una persona ingresa a una habitación totalmente oscura, donde un objeto se ilumina con radiación infrarroja, no puede notar diferencia entre el objeto iluminado y el resto.

El espectro electromagnético en la historia

El espectro electromagnético suele dividirse en regiones más o menos diferenciadas. Cada una de estas zonas fue descubierta en un determinado momento. El infrarrojo, en 1880; las ondas de radio, en 1888; los rayos X, en 1895 y los rayos gamma, en 1903.



Ernest Rutherford (1871-1937) descubrió, en 1903, una radiación con más energía que los rayos X, que denominó radiación gamma.



La radiación electromagnética transporta energía de un lugar a otro.



Las emisoras de radio transmiten señales en diferentes frecuencias.

Guglielmo Marconi (1874-1937)

A fines del siglo XIX, Marconi utilizó los conocimientos científicos acerca de las ondas electromagnéticas y los aplicó tecnológicamente al diseñar un aparato que pudiese transmitir señales eléctricas a distancia. Su invento fue el primer antecedente del aparato de radio moderno.

La radio en nuestro país

En la Argentina, la primera transmisión radial se realizó el 27 de agosto de 1920. Se emitió, desde el Teatro Coliseo de Buenos Aires, la ópera *Parsifal*. La radio fue el medio de comunicación más importante hasta la aparición de la televisión, en 1951, y su generalización, una década después.

Ondas de radio

Al igual que las demás partes del espectro electromagnético, las ondas de radio y televisión se producen por vibraciones de campos eléctricos y magnéticos en antenas emisoras. En forma natural, este tipo de radiación se genera en las estrellas y se detecta con radiotelescopios.

Las ondas de radio y televisión llevan la información de los distintos programas de manera codificada en un proceso denominado modulación. Las ondas de radio cósmicas, como las provenientes de algunas estrellas que brillan y de otras que estallaron violentamente, pueden detectarse con los radiotelescopios enfocados hacia el espacio.

Microondas

Las microondas se generan de manera artificial mediante circuitos electrónicos especiales. Estos penetran fácilmente en la atmósfera y se las utiliza en comunicaciones por satélites.

Por ejemplo, la cocina de microondas es una aplicación tecnológica para estas ondas que tienen longitudes de ondas entre 0,3 m y 1 mm. Su uso para cocinar se basa en que las moléculas de agua contenidas en los alimentos vibran con gran energía cuando inciden microondas sobre ellas. Esto produce un aumento en la temperatura de los alimentos.

Rayos X y radiaciones gamma

Los rayos X y las radiaciones gamma son las emisiones de menor longitud de onda y serán tratadas con más detalle en las páginas 206 y 208 respectivamente.

Los rayos X en forma natural, son emitidos por las estrellas y se producen artificialmente mediante generadores de alta tensión. Se utilizan para obtener imágenes de la estructura interna de la materia sin destruirla ya que atraviesan muchos materiales. Su aplicación en medicina permite analizar huesos y órganos del interior del cuerpo humano. En la industria sirven para detectar fisuras y defectos de fundiciones y soldaduras.

La radiación gamma se produce por la desintegración radiactiva de algunos elementos, como el uranio. Está formada por radiación electromagnética de longitud de onda muy corta. Los rayos gamma son muy penetrantes, lo que significa que atraviesan la materia con facilidad, y solo pueden detenerse con blindajes de varios centímetros de plomo o varios metros de hormigón.

Actividades

1. Ubiquen un programa radial en AM y otro en FM. ¿Cuál es la frecuencia de las ondas emitidas en cada uno de los programas?

Radiación visible

La luz visible es la parte del espectro electromagnético que comprende las longitudes de onda de entre 390 nm y 780 nm.

A pesar de que representa solo una pequeña parte del total del espectro, el ojo humano puede detectar e identificar pequeñas variaciones de longitudes de ondas, que corresponden a distintos colores. La llamada luz blanca resulta de la composición de todas las longitudes de onda visibles simultáneamente.

Para que se produzca la luz deben excitarse electrones externos de un átomo. Al desexcitarse, estos emiten radiación electromagnética. Los mecanismos de excitación de los electrones pueden ser diversos, por ejemplo, el aumento de temperatura al calentar un hierro al rojo, o el choque de electrones sobre una pantalla fosforescente.

En la Tierra, gran parte de la actividad biológica depende de la luz visible. Así, el proceso de fotosíntesis, la inclinación de algunas plantas hacia la luz solar, la apertura y cierre de flores, y los hábitos de vida de los animales están influenciados por la cantidad de horas de luz solar en cada lugar de la Tierra.

La radiación visible también se aprovecha en dispositivos tecnológicos como las fotocélulas o paneles solares, que transforman la energía lumínica en energía eléctrica.

Radiación ultravioleta

La parte del espectro electromagnético contigua al espectro visible con menor longitud de onda se denomina **radiación ultravioleta** (también conocida como UV), y se emite por cambios de energía de los electrones. El Sol es su principal fuente natural.

Cierta parte de la radiación UV con menor longitud de onda que emite el Sol no llega a la superficie de la Tierra porque es absorbida por la región superior de la atmósfera y contribuye a la formación de **ozono*** en la estratosfera. Otra parte, con mayor longitud de onda, penetra en la atmósfera y produce cambios químicos en la piel, que son los responsables del bronceado característico.

En la Tierra, esta radiación se puede generar artificialmente, haciendo pasar una corriente eléctrica por vapor de mercurio. Este fenómeno se utiliza en la fabricación de lámparas fluorescentes, porque esta luz genera la **fluorescencia*** de ciertas sustancias, como el fósforo.

La radiación UV es invisible para el ojo humano, pero se puede detectar por otros medios, como una película fotográfica, pantallas fluorescentes y algunos tipos de células fotoeléctricas.

Entre los usos cotidianos, se encuentran la autenticación de billetes y la identificación de minerales. Debido a que puede destruir algunos tejidos vivos, también se utiliza para la esterilización de instrumentos odontológicos y de peluquería.

Glosario

fluorescencia: luz visible que emite una sustancia al ser irradiada con luz ultravioleta.

ozono: sustancia cuyas moléculas están formadas por tres átomos de oxígeno (O_3). A presión y temperatura ambiente, es un gas, cuyo olor se siente en el aire luego de tormentas eléctricas.



Las "pantallas solares" protegen del daño que la radiación ultravioleta puede ocasionar a la piel.



Las abejas y otros insectos detectan parte de la radiación ultravioleta.

Radiación infrarroja

Se denomina infrarroja a la parte del espectro electromagnético contigua a la radiación visible de mayor longitud de onda.

La radiación infrarroja se produce por el cambio de energía de los electrones externos del átomo, y por la energía vibratoria y de rotación de las moléculas. Toda materia la emite constantemente, y se percibe como la energía irradiada por los diferentes cuerpos.

La energía por unidad de tiempo y la longitud de onda de la radiación que emite un cuerpo dependen de su temperatura. Los objetos que producen radiación, a mayor temperatura, tienen una longitud de onda menor. Si se aumenta la temperatura del emisor, disminuye su longitud de onda y puede emitir en la banda del espectro visible. Así, si se coloca una pieza de hierro al fuego y luego se aleja puede detectarse, acercando una mano, que está generando radiación no visible, es decir, infrarroja. Pero, si se deja más tiempo se pone roja, o sea que está emitiendo, también, radiación visible de menor longitud de onda.



Las serpientes cascabel tienen termorreceptores que detectan la radiación infrarroja, lo que les permite ubicar a sus presas.

La radiación infrarroja es fácilmente absorbida por muchas sustancias. A su vez, los cuerpos también la emiten por lo que, a veces, se establece un balance en el intercambio de energía radiante, y el cuerpo mantiene su temperatura constante.

Este tipo de radiación puede detectarse con termómetros y también con las terminaciones nerviosas de la piel, que permiten apreciar la irradiación de energía, al acercar la mano a un objeto que se encuentra a alta temperatura.

En medicina, la termografía permite obtener imágenes que muestran la temperatura de diferentes partes del organismo. En la vida cotidiana, los controles remotos de televisores o equipos de audio emiten radiación infrarroja.

Algunos materiales son transparentes a ciertas longitudes de onda del infrarrojo. Por ejemplo, la atmósfera y los vidrios de un invernadero, que permiten el paso de la radiación infrarroja que emite el Sol. El suelo y las plantas que están en el interior del invernadero, como se encuentran a menor temperatura, emiten energía radiante de mayor longitud de onda que la absorbida. El vidrio no deja pasar estas longitudes de onda y, de esta manera, se logra mantener la temperatura constante dentro del recinto.



El vidrio del invernadero es opaco a una parte de la radiación infrarroja que emite la Tierra.

La radiación y los materiales

Los cuerpos emiten permanentemente energía por radiación. Cuando la radiación electromagnética incide sobre los diferentes materiales, una parte se absorbe y otra se refleja. En algunos materiales, también puede transmitirse.

Cuando un material transmite parte de la radiación incidente, se dice que es transparente a esa longitud de onda. Cuando la refleja, es opaco a esa radiación. De esta forma, el concepto de **opacidad** o **transparencia** está relacionado con la longitud de onda de la radiación incidente. Por ejemplo, un cuerpo de cerámica es opaco para la luz visible. Por lo tanto, parte de la luz se refleja en el objeto. Sin embargo, la cerámica es transparente para las microondas. Este fenómeno se aprovecha en la fabricación de recipientes para cocinar en un horno de microondas.

Con respecto a la luz visible o luz blanca, ocurre algo similar. Los diversos materiales absorben una porción y reflejan otra. Este proceso de absorción y reflexión sucede simultáneamente al de emisión de radiación, de acuerdo con la temperatura en que se encuentre el objeto.

Sin embargo, por lo general, las longitudes de onda de la radiación emitida, absorbida y reflejada son diferentes. Estas variaciones originan los distintos colores de los objetos. Por ejemplo, la luz solar incide sobre un rosál florecido. Las hojas absorben parte de la luz, que se transforma en energía química en el proceso de fotosíntesis y reflejan otra parte de la radiación, que comprende diferentes longitudes de onda. Debido a que en la radiación reflejada prevalece la longitud de onda del color verde, las hojas se ven ¡verdes! Las flores no transforman la energía solar mediante la fotosíntesis y si se perciben de color rojo, es porque absorben algunas radiaciones y reflejan gran parte de radiación correspondiente al rojo.

Además el rosál emite su propia radiación, debido a la temperatura a la que se encuentra, pero lo hace con radiaciones que no están en el espectro visible por su alta longitud de onda.

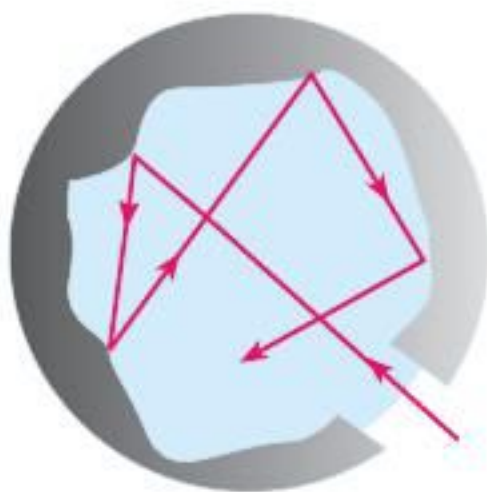
Cuando un material refleja toda la luz visible incidente, se lo ve blanco. En contraposición, si absorbe toda la radiación visible, se lo ve negro.



Los tejidos blandos de los músculos y la piel son transparentes a los rayos X.



La nieve se ve blanca porque refleja toda la luz que incide sobre ella.



Los cuerpos negros son buenos absorbentes y emisores de radiación.

Cuerpo negro

La mayoría de los cuerpos absorben solo una parte de la radiación que les llega y reflejan el resto. Un cuerpo que absorbe toda la radiación que incide sobre él se denomina **cuerpo negro**. Estos, además, son buenos emisores de radiación.

Este concepto es importante porque es posible hacer predicciones teóricas de las características de la radiación que un cuerpo de este tipo emite. El Sol y la Tierra pueden considerarse cuerpos negros.

Radiación del cuerpo negro

Todos los cuerpos emiten energía radiante a cualquier temperatura. Tanto la potencia como las longitudes de onda de esas emisiones tienen relación con la temperatura del cuerpo que las origina.

La potencia de la radiación emitida es proporcional a la potencia elevada a la 4 de la temperatura expresada en grados Kelvin (K). En símbolos, esto se expresa:

$$\text{Potencia emitida} \sim T^4$$

La expresión anterior implica que si, por ejemplo, la temperatura de un cuerpo aumenta al doble, la potencia, es decir, la energía que irradia por unidad de tiempo, aumenta 16 veces.

Distribución espectral

Un cuerpo irradia dentro de un conjunto o espectro de longitudes de onda. De esta forma, el Sol emite radiación en un conjunto de longitudes de onda que abarca todo el espectro electromagnético. La energía emitida por unidad de tiempo no está distribuida de manera uniforme, sino que aproximadamente un 47% del total corresponde al espectro visible, algo menos del 45% al infrarrojo, 8% al ultravioleta, y el resto a radiación gamma, rayos X, microondas y ondas de radio.

A temperaturas menores a 600 K, que es la correspondiente a los objetos no luminosos que nos rodean, los cuerpos emiten radiación en longitudes de onda del nivel del infrarrojo. Por este motivo, la radiación que emiten no es visible, aunque puede detectarse con películas fotográficas termográficas.

Los cuerpos no solamente irradian distintas cantidades de energía en diferentes frecuencias, sino que al aumentar la temperatura, la mayor cantidad de energía generada corresponde a una frecuencia diferente.

Actividades

1. Un cuerpo negro tiene una temperatura media de unos 3.000 K. Si su temperatura disminuye hasta los 1.500 K, suponiendo que conserva constante las dimensiones, ¿cómo varía la potencia emitida?

Constante solar (intercambio de energía entre el Sol y la Tierra)

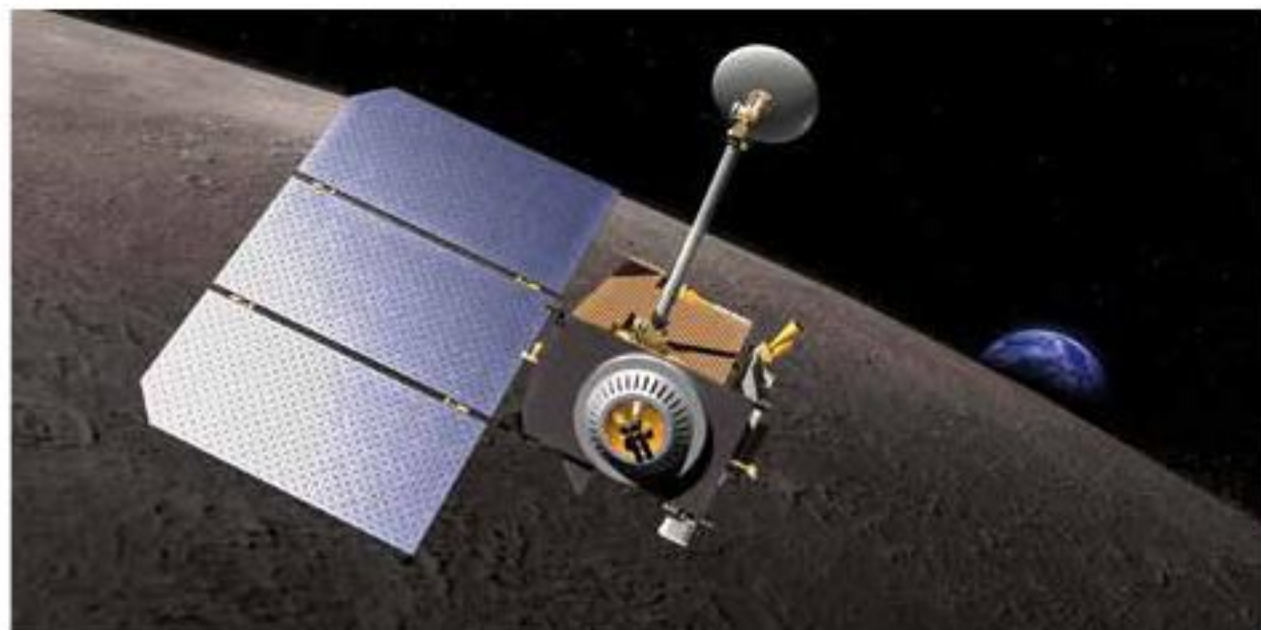
Se suele decir que el Sol es nuestra principal fuente de energía. En efecto, más del 99% de toda la energía que utilizamos en la Tierra proviene directa o indirectamente de este astro.

Por ejemplo, la energía solar que hoy ingresa a las cadenas alimentarias por medio de la fotosíntesis, también fue aprovechada en su momento por los dinosaurios que, junto con otros organismos vegetales y animales, formaron el petróleo que hoy utilizamos. La energía solar también provoca la evaporación del agua en los océanos y sostiene el ciclo del agua. El agua de lluvia convenientemente embalsada provee energía hidroeléctrica.

El Sol, como todas las estrellas, emite radiación electromagnética que proviene de las reacciones nucleares que ocurren en su interior. Se puede considerar que la radiación solar corresponde, aproximadamente, a la de un cuerpo negro a 6.000 K. Es emitida en todas direcciones y sentidos; a la Tierra, situada a 150 millones de kilómetros, solo llega una proporción muy pequeña.

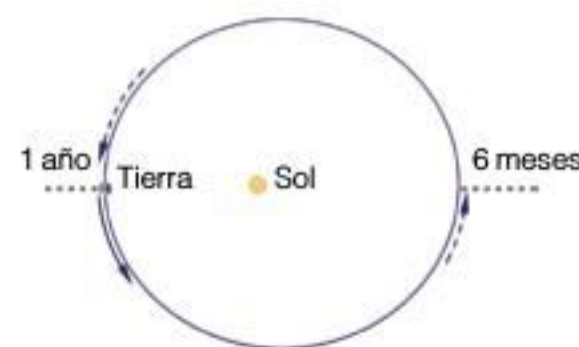
A partir de cálculos se puede determinar cuánta energía proveniente del Sol llega a la Tierra por unidad de tiempo y superficie. Para realizarlos se supone una superficie de un metro cuadrado, ubicada en el límite de la atmósfera, de tal manera que la radiación solar incida en forma perpendicular. Ese valor se denomina **constante solar** y ha sido verificado mediante mediciones realizadas por satélites artificiales.

El valor de la constante solar es 1.360 W/m^2 , es decir que llegan desde el Sol a la atmósfera terrestre 1.360 joules de energía por segundo, en cada metro cuadrado perpendicular a los rayos solares.



Si bien la órbita terrestre es elíptica, su forma casi circular hace que la distancia entre el Sol y la Tierra cambie muy poco en el transcurso del año. Por esa razón, la energía que llega a la alta atmósfera varía muy poco.

Cuando se mide la radiación que llega a la superficie terrestre, se observa una disminución que se debe a muchos factores, como la absorción por parte de la atmósfera y de las nubes, y la inclinación de los rayos solares, que tiene relación con la época del año y la hora del día.



La energía emitida en un instante por el Sol se distribuye, aproximadamente, 9 minutos después, en una esfera que tiene el radio de la órbita de la Tierra.

Este orbitador lunar de la NASA es un satélite artificial.

Los satélites artificiales obtienen energía del Sol, orientando sus paneles para recibir la mayor radiación posible.

Desde tiempos remotos, las diferentes civilizaciones reconocieron la importancia del Sol, otorgándole carácter divino. Así para los egipcios fue Ra, Helios para los griegos y, en América, Inti para los incas. Cuando se descubrió un nuevo elemento químico a partir del estudio de la radiación solar, se le dio el nombre helio, en alusión al dios griego.

Luz, color y espectro visible

En muchos comercios se venden detectores de billetes falsos. ¿Cómo funcionan? Estos dispositivos tienen una lámpara que emite radiación ultravioleta. Al colocar un billete bajo esa lámpara, se observan líneas de colores que no serían visibles de otro modo. Esto ocurre porque, por razones de seguridad, en los billetes se colocan ciertas sustancias que emiten luz y se pueden ver, solamente, cuando son iluminadas con radiación ultravioleta.

De la misma manera en que se ven las plumas de los pájaros de colores verde, azul o rojo, todos los objetos se ven debido a la luz visible que emiten, reflejan o transmiten.

Espectroscopia

Los espectrómetros son aparatos que se utilizan para conocer el espectro de la luz emitida por una sustancia. Los más sencillos tienen en su interior un prisma que es atravesado por la luz que se quiere analizar. Esta se descompone en líneas que pueden observarse directamente y recogerse en una pantalla o en una placa fotográfica.

Análisis espectral

La posibilidad de descubrir elementos químicos en el Sol produjo dudas en un comienzo. El científico alemán Gustav Kirchhoff le escribió en 1859 a su hermano:

"Mi tentativa, el análisis químico del Sol, parece a muchos muy atrevida. No estoy enojado con un filósofo de la universidad por haberme contado, mientras paseábamos, que un loco pretende haber descubierto sodio en el Sol. No pude resistir la tentación de revelarle que ese loco era yo".

Espectros

Si la luz que emite el Sol o un cuerpo incandescente, como el filamento de una bombilla eléctrica, se hace pasar por un conjunto de ranuras muy angostas o por cuerpos transparentes llamados prismas, se puede ver una distribución continua de colores. Algo similar ocurre con el arcoiris; la luz solar llega a las gotas de lluvia suspendidas en la atmósfera, que actúan como pequeños prismas que la descomponen en los colores del espectro y dan lugar a este fenómeno, que puede percibirse en los días lluviosos.

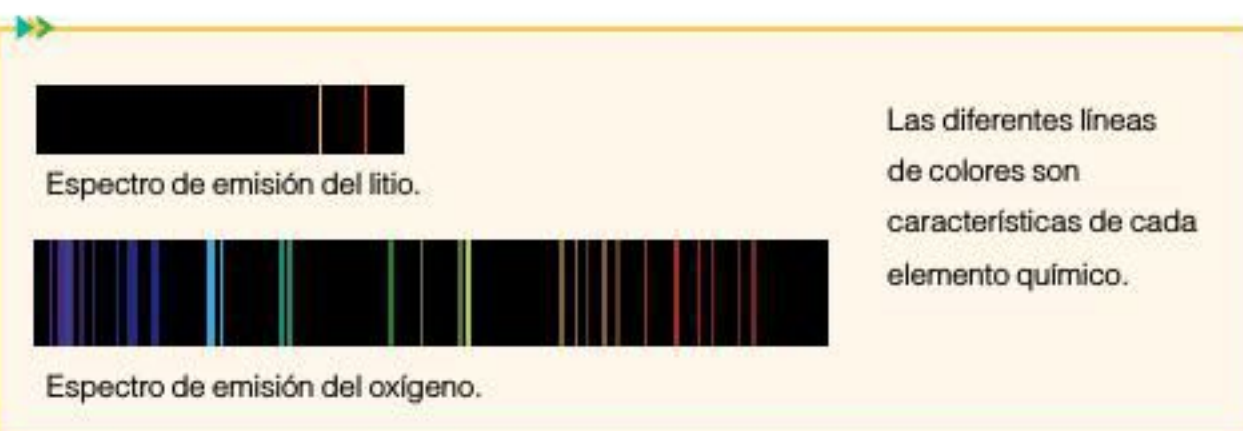
Cuando la luz que emite un gas excitado mediante una corriente eléctrica atraviesa alguno de estos sistemas, se produce una situación diferente; lo mismo les sucede a las lámparas de colores que se ven en los comercios, u otras especiales, utilizadas con fines científicos, donde es posible observar líneas de colores separadas unas de otras, llamadas líneas espectrales.

Las fuentes gaseosas de luz pueden tener distintos colores y emiten luz con un espectro que las caracteriza en función de los elementos que las constituyen. El análisis de estos espectros sirve para determinar la composición de distintos objetos y se denomina **espectroscopia**.

Cuando la luz corresponde a una única longitud de onda, se la denomina **monocromática**. Un ejemplo de luz monocromática es la generada por los punteros láser; en estos, al analizar el espectro, se observa una sola línea roja.

Por medio del análisis de la luz emitida por las estrellas, los científicos han sido capaces de determinar que los objetos del espacio están constituidos por los mismos elementos que se encuentran en la Tierra.

Los espectros pueden ser de luz visible, de radiación ultravioleta o infrarroja. Estos últimos, no visibles al ojo humano, pueden detectarse con instrumentos adecuados.



Color

La variedad de colores de los objetos puede explicarse si se considera que la luz visible es parte del espectro electromagnético y que los diferentes colores corresponden a la emisión o transmisión de distintas longitudes de onda.

Si se trata de cuerpos opacos, una parte de la luz incidente se absorbe y otra se refleja. Por lo tanto, el color de los objetos depende tanto de la radiación o luz con la que se lo ilumine, como de las características de reflexión de la superficie. En otras palabras, si un objeto iluminado con luz blanca se percibe amarillo es porque refleja la longitud de onda correspondiente a ese color. Pero si este cuerpo, como las plumas de algunos canarios, se ilumina con luz azul, se verá negro debido a que las longitudes de onda correspondientes al azul serán absorbidas y no se refleja el amarillo porque no inciden esas longitudes de onda.



El color de los objetos depende de la luz que los ilumine.

¿Qué ocurre con los vidrios de colores? Cuando se trata de un objeto transparente, gran parte de la radiación incidente atraviesa el objeto y solo una fracción es absorbida. Los vidrios de colores dejan pasar la radiación correspondiente a la longitud de onda del color que se ve. Por ejemplo: un vidrio rojo deja pasar la radiación correspondiente a la longitud de onda roja.

Si un vidrio rojo se ilumina con luz blanca y debajo de este se colocan hojas de lechuga, las hojas se verán negras. Esto se explica porque a través del vidrio solo pasa la radiación roja; las hojas reflejan, principalmente, el verde y absorben el resto de la radiación correspondiente a las otras longitudes de onda.



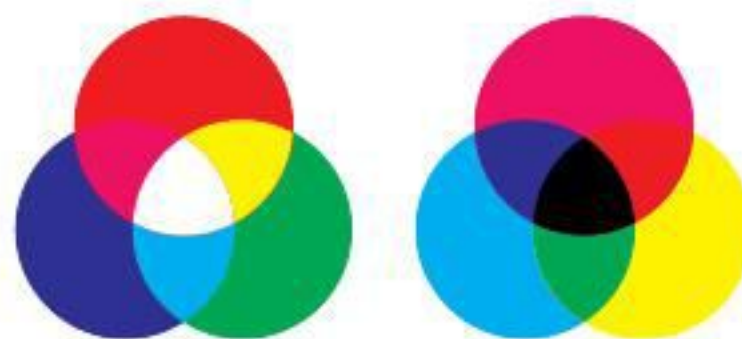
Los vidrios de colores dejan pasar longitudes de onda del mismo color que vemos cuando se iluminan con luz blanca.

Mezclas de colores

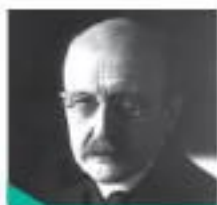
Las mezclas de colores producen resultados diferentes según sean de luces o de pigmentos, es decir, si se trata de una fuente luminosa, como ocurre en un televisor, o de superposición de objetos que reflejan la luz, como sucede al mezclar témperas de colores distintos.

En el caso de las luces, se mezclan el color rojo, azul y verde, y con ellos se obtienen los otros colores y sus tonalidades. La superposición de los tres da como resultado el blanco.

Si se trata de pigmentos, el amarillo, el cian (azul verdoso) y el magenta (rojo azulado) son los que permiten lograr los demás colores y sus diversos tonos. Al superponer todos simultáneamente, se obtiene el negro.



La luz amarilla se obtiene por la superposición del rojo y el verde. El pigmento verde se obtiene por superposición de cian y amarillo.



Max Planck (1858-1947)

Físico alemán que propuso la idea del cuanto. Los descubrimientos de Planck fueron comprobados posteriormente por otros científicos y dieron origen al campo de la Física conocido como Mecánica cuántica. Su labor fue reconocida con el Premio Nobel de Física, que le fue otorgado en 1918.

La emisión de luz se puede explicar considerando que los electrones de los átomos excitados emiten fotones cuando pasan a niveles de energía inferiores. La frecuencia de la radiación emitida, y por lo tanto, la del fotón emitido, están relacionadas con la diferencia de energía entre los niveles del electrón.

Cuantización de la energía

¿Por qué es más peligroso exponerse al sol al mediodía que a la tarde? ¿Por qué las mujeres embarazadas no deben hacerse radiografías? Las respuestas están relacionadas con la energía asociada a cada tipo de radiación.

Las diferentes partes del espectro corresponden a ondas electromagnéticas que se propagan con igual velocidad en un mismo medio, y se distinguen entre sí por la longitud de onda y la frecuencia. Esta diferencia está relacionada con la energía asociada a cada tipo de radiación.

Los físicos intentan encontrar generalizaciones entre fenómenos y sucesos que parecen muy distintos. Además proponen teorías y experimentan tratando de explicar los resultados que obtienen en correspondencia con la teoría propuesta o no.

A fines del siglo XIX, los científicos detectaron un problema: las explicaciones teóricas no coincidían con los resultados de los experimentos realizados para estudiar la radiación de un cuerpo negro.

En el año 1900, el físico alemán Max Planck postuló una nueva teoría, que hoy se conoce como **Física cuántica**, en la que proponía que la energía se emitía en forma corpuscular, y se llamó cuanto o fotón a la unidad mínima de energía. De esta manera, la radiación emitida por un cuerpo se podía entender como la emisión de fotones, cada uno de los cuales tendría cierta cantidad de energía asociada. Los diferentes fotones tendrían distinta energía según su frecuencia: serían más energéticos los de mayor frecuencia. La energía de cada fotón se podía calcular por la expresión: $E = h \cdot f$

Donde h es la constante de proporcionalidad, llamada constante de Planck, simbolizada con la letra h , y que tiene un valor dado por $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$.

Esto significa que la energía irradiada o absorbida por un cuerpo no es una cantidad continua, sino que es una magnitud discreta que puede tomar valores proporcionales a la frecuencia.

La energía del fotón asociado a los distintos tipos de radiaciones tiene como consecuencia la diferencia de efectos cuando un cuerpo absorbe distintas radiaciones. Por ejemplo, la energía transportada por un cuanto de luz naranja, cuya longitud de onda es 600 nm y por lo tanto su frecuencia $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ es:

$$E_N = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \cdot 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 3,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

En cambio, la energía de un cuanto de rayos X de longitud de onda 0,6 nm cuya frecuencia es $5 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$ es:

$$E_X = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \cdot 5 \cdot 10^{17} \text{ Hz} = 3,3 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

Esto muestra que un cuanto de rayos X puede tener 1.000 veces más energía que uno de luz visible.

Para conocer más

Rojo, A.; *Física en la vida cotidiana*, Siglo XXI editores, Buenos Aires, 2007.

Perelman, Y.; *Física recreativa*, Mir Ruvínos, Madrid, 1994.

Díaz, B.; *El agujero de ozono y la radiación solar*, Lumen, Buenos Aires, 1998.

Tricárico, H.; *Experimentando con la luz*, Lumen, Buenos Aires, 1997.

Ideas básicas

- ▶ Las ondas transmiten energía que proviene de un cuerpo emisor.
- ▶ La frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación caracterizan a la onda.
- ▶ Las ondas tienen características propias, diferentes de la materia. Se reflejan, refractan, interfieren y difractan.
- ▶ Todos los cuerpos emiten radiación, en función de la temperatura a la que se encuentran.
- ▶ Los cuerpos emiten, absorben y reflejan radiación.
- ▶ Considerando solamente la radiación, la temperatura de un cuerpo se mantiene constante, aumenta o disminuye, según el balance entre la radiación emitida, absorbida y reflejada por un cuerpo.
- ▶ En el espectro electromagnético se distinguen diferentes regiones que se caracterizan por la frecuencia de las radiaciones o por su origen.
- ▶ El color de un objeto opaco o transparente depende de la luz incidente y de la que refleja o transmite el cuerpo.
- ▶ El análisis espectral de la luz emitida por las estrellas permite determinar su composición química.
- ▶ La luz se propaga en forma ondulatoria, pero se comporta como un flujo de partículas llamadas fotones cuando se irradia y se absorbe.

Actividades de integración

1. En la zona ecuatorial los rayos solares llegan aproximadamente con la misma inclinación durante los meses de enero y de julio. La temperatura media en enero, ¿será mayor, menor o similar a la de julio? Justifiquen su respuesta.
2. Cuando llegan los días de invierno, las viviendas no se enfrían inmediatamente. Algo equivalente ocurre cuando comienza el verano y el interior se mantiene fresco durante los primeros días de calor. Utilicen los conceptos de radiación para describir este fenómeno.
3. La longitud de onda correspondiente al color azul es 470 nm. Sabiendo que la velocidad de la luz es de 300.000 km/s, ¿cuál es la frecuencia de la luz azul?
4. Con un sonar se intenta encontrar un barco hundido en el fondo del mar. El sonido que se emite tarda 0,62 s en regresar. Considerando que la velocidad promedio del sonido en el mar es 1.450 m/s, ¿a qué distancia se encuentra el barco?
5. Se coloca un trozo de papel celofán de color verde sobre una hoja de carpeta blanca. ¿De qué color se ve la parte de la hoja cubierta con el celofán? Justifiquen su respuesta usando los conceptos de reflexión y refracción de la luz.
6. Algunos libros tienen palabras escritas en colores y filtros "mágicos" para leer. Al iluminar las letras con luz blanca, unas se ven de color azul y otras, de color rojo. Si se tapan las letras con un filtro azul ¿qué letras se ven? Para comprobar la respuesta pueden utilizar un papel celofán de color azul y escribir sobre un papel blanco con marcadores de color rojo y azul.
7. Averigüen:
 - a. ¿Cómo está formada la luz "negra"?
 - b. ¿Cómo pueden explicar utilizando los conceptos de radiación incidente, absorbida y reflejada, que la ropa blanca resalte al ser iluminada con luz "negra"?
8. En las zonas de climas fríos se coloca una protección plástica sobre las plantas para mantener una temperatura que permita su supervivencia. Si la protección fuese un plástico azul que actuase como filtro perfecto, ¿podrían vivir las plantas? ¿Y si fuese un plástico verde?

9. Un cuerpo negro a una temperatura de 1.000 K irradia una potencia de 2.000 W. ¿A qué temperatura irradiaría una potencia 81 veces mayor? Para responder, consideren que mantiene constantes sus dimensiones.

10. El *mouse* óptico de una computadora no funciona si está apoyado en una mesa de vidrio transparente. Utilicen los conceptos de radiación emitida, reflejada y transmitida para explicar la causa de este suceso.

11. Busquen información acerca de algunos usos domésticos de la energía solar. En particular, qué características de diseño, relacionadas con el mantenimiento de la temperatura, tienen presentes los arquitectos al construir viviendas ecológicas.

12. ¿Por qué las calculadoras solares no funcionan en la oscuridad, pero sí lo hacen los relojes solares que están en las calles?

13. Para determinar las frecuencias extremas de la voz humana se pueden tomar como referencia las notas más agudas y más graves que puede cantar un artista. La nota más aguda a la que llega una soprano tiene una frecuencia de 1.000 Hz, mientras que la nota más grave que puede cantar un bajo es de 80 Hz. Considerando la velocidad del sonido en el aire como 330 m/s, ¿cuáles son los valores de las longitudes de onda máxima y mínima de la voz humana?

14. Un locutor habla frente al micrófono de una radio y sus palabras llegan a los oídos de una persona que se encuentra a varios kilómetros de distancia.

a. ¿Qué etapas de todo el proceso, desde que la voz fue emitida hasta que llega al oyente, se produjeron mediante fenómenos ondulatorios?

b. ¿Qué tipo de ondas fueron utilizadas en cada caso?

15. Si la luz blanca pasa a través de un filtro rojo, ¿de qué color se ve?

16. Si luz verde pasa a través de un filtro rojo, ¿de qué color se ve?

17. Si luz azul pasa a través de un filtro azul, ¿de qué color se ve?

18. En los antiguos televisores color, la imagen se formaba combinando sobre la pantalla luces roja, azul y verde.

a. ¿Qué color se observa cuando el televisor emite solo rojo y verde?

b. ¿Cómo se forma el violeta en estos televisores?



19. En las siguientes actividades utilizarán un simulador para visualizar los fenómenos correspondientes a las preguntas 15 a 17.

El simulador es un programa de computadora (denominado genéricamente *software*) que permite cambiar los valores de algunos parámetros y observar cómo se modifican otros frente a los cambios. No se trata de una situación real, sino que es una representación visual de algún fenómeno físico.

Para trabajar con el simulador deberán seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Busquen en Internet la página de la Universidad de Colorado (Estados Unidos):

<http://phet.colorado.edu/simulations>

Dentro de ella hay muchas simulaciones. Al hacer clic sobre los diferentes recuadros, o sobre algunas palabras, se pueden ejecutar los programas.

Paso 2. Hagan clic sobre la palabra *PHYSICS* que se encuentra en la columna de la izquierda. Al hacerlo, se despliegan diferentes palabras que hacen referencia a distintos conceptos físicos.

Paso 3. Elijan de la lista *LIGHT & RADIATION* y luego accedan a la pantalla representada con el título *COLOR VISION*. Esta simulación está disponible en diferentes idiomas. Busquen el español en la parte inferior.

Paso 4. Utilicen la simulación para representar las situaciones de las preguntas 15, 16, y 17. Comparen las respuestas elaboradas por ustedes y las que obtienen utilizando el simulador.

Estructura atómica y clasificación de los elementos

4

Contenidos

- > Los modelos atómicos
- > La clasificación de los elementos
- > La tabla periódica



Ana estaba en su casa haciendo la tarea de Química de la escuela, y se detuvo por un momento a observar las cosas que había a su alrededor. Vio que estaba rodeada de objetos de diferentes materiales. Entonces, recordó que las propiedades de los materiales estaban relacionadas con las sustancias que los forman y con su estructura interna, y que muchas de estas están constituidas por moléculas y átomos. Así, por ejemplo, se acordó que las moléculas de agua (H_2O) están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

En ese momento se le despertaron varias dudas: ¿cómo sabemos que existen los átomos si no los podemos ver? ¿Tenemos átomos en nuestro cuerpo? ¿Cómo están formados los átomos? ¿En qué se diferencia uno de otro? ¿Qué son los quarks? ¿Tienen relación con los átomos? Y la lista de preguntas continuaba...

Ana recordó entonces las palabras de su profesora de ciencias: "El estudio y la comprensión de la compleja naturaleza de los átomos es un asunto compartido por la Física y la Química".

EN ESTE CAPÍTULO...

Se hará un recorrido por el mundo de los átomos. Se presentarán diferentes modelos atómicos propuestos a lo largo de la historia. Se indagará en los métodos de los científicos para encontrar una manera sencilla de ordenar los elementos y comprender sus propiedades.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C4/>



Distintos materiales, distintas propiedades

En nuestra vida cotidiana, constantemente utilizamos en nuestra casa, en la escuela y en el trabajo, distintos objetos que han sido fabricados con diferentes materiales, según el uso para el que están destinados. Para estudiar algunas de sus propiedades les proponemos realizar la siguiente actividad.

Necesitarán:

- ▶ 2 objetos de materiales metálicos (por ejemplo, una cuchara, un jarro o un cuchillo);
- ▶ 2 objetos de materiales plásticos (por ejemplo, un envase de yogur o queso blanco, una cucharita o un tenedor descartable);
- ▶ 1 cuchara de madera;
- ▶ 1 recipiente de vidrio;
- ▶ trozos de papel.



Paso 1. Organícense en grupos de cuatro o cinco personas, y completen entre todos la siguiente tabla.

Objeto	Material	¿Tiene brillo?	¿Es fácil de rayar? (dureza)	¿Es impermeable al agua?	¿Es flexible?	¿Deja pasar la luz?

Luego, reflexionen en grupo.

- a. ¿Qué otros usos puede tener cada uno de los materiales mencionados?
- b. ¿Serviría el vidrio para hacer un clavo? ¿Por qué?
- c. ¿Qué ventajas tiene la cuchara de madera sobre la de metal? ¿En qué casos usarían una y no la otra? ¿En cuáles usarían cualquiera de las dos?
- d. ¿Por qué las cacerolas de acero tienen asas de plástico?
- e. ¿Sirven las maderas para hacer cacerolas? ¿Por qué?

Glosario

materia: es todo lo que tiene masa, ocupa un lugar en el espacio y puede ser percibido.

Los objetos tienen diferentes usos y están hechos de diferentes materiales, pero todos tienen algo en común: la **materia**.*

¿Cuáles son los "ladrillos" que constituyen la materia? Para poder responder esta pregunta, los invitamos a seguir trabajando en este capítulo.

La Química en la historia

A primera vista, parecería no haber nada en común entre el vidrio de una ventana y un clavo de hierro, entre un trozo de madera y una roca, o entre la hoja de una planta y el agua que necesita para crecer. Sin embargo, las sustancias que las forman tienen algunas propiedades en común y otras en las que se diferencian. Una de las preguntas que surge es: ¿por qué?

Desde tiempos muy remotos, los humanos se han formulado innumerables interrogantes al respecto: ¿cómo está formada la materia? ¿Cuál es su estructura? ¿Existe una partícula común a todo tipo de materia?

Las primeras ideas surgieron en la civilización de la Antigua Grecia. Fue Demócrito quien, en el siglo V a.C., propuso que **la materia era discontinua**, que estaba formada por corpúsculos o partículas y que la menor porción de materia era una partícula indivisible que llamó **átomo**. Para este filósofo había tantos átomos como sustancias diferentes. También consideraba que cada uno de ellos tenía un peso distinto. Por supuesto, estas eran solo especulaciones filosóficas.

La alquimia y la Química

Desde la Antigüedad, los seres humanos han transformado la materia: ya en el año 3.000 a.C. los sumerios, pobladores de la Mesopotamia (en lo que hoy es el sur de Irak), fabricaban cerveza y jabón. En 1.600 a.C., los egipcios elaboraban vidrio y tinturas y, en Oriente, los chinos usaban **salitre*** para preparar pólvora. Pero todas estas prácticas eran artesanales; se transmitían de maestros a aprendices, sin explicar ni conocer sus fundamentos.

Los griegos llamaron a esta actividad *chemia*, que significa cambiar las cosas. Luego, cuando los árabes conquistaron Egipto, le agregaron el prefijo *al* a la palabra *chemia*, con lo cual se transformó en *alchemia*, que más adelante se cambiaría por **alquimia** en castellano. Esta práctica tenía por objeto encontrar el elixir de la vida eterna y la piedra filosofal que permitiría convertir los metales en oro.

Sus practicantes no pudieron obtener oro a partir de otros metales, pero los experimentos que realizaron requirieron el desarrollo de aparatos y técnicas, como la destilación. También empezaron a elaborar algunos ácidos, como el ácido sulfúrico y el agua regia (mezcla de ácidos nítrico y clorhídrico), que eran utilizados para el trabajo con minerales. Hacia el final del siglo xv, los avances en la experimentación y en los estudios matemáticos sentaron los cimientos para el desarrollo de las Ciencias Naturales.



El filósofo Demócrito de Abdera vivió desde el año 460 a.C. hasta el 370 a.C. Junto con su maestro Leucipo, crearon la Escuela Atomista.

Demócrito consideraba que la realidad estaba compuesta por lo que no es, es decir, por el vacío, y por lo que es, o sea, los átomos. Los filósofos atomistas sostenían que los átomos eran indivisibles y que se distinguían por su forma y tamaño. Supusieron también que estos estaban siempre en movimiento y que eran eternos.

Glosario

salitre: mezcla natural de sales que, junto con el azufre y el carbón, se utilizaba para fabricar pólvora.

Recipiente de vidrio usado en medicina, para aceites perfumados o, tal vez, veneno. Egipto fue un importante centro de fabricación de vidrio durante el período romano (años 30 a.C. a 395 d.C.). Se sabe que la producción de vidrio comenzó muy antiguamente en Egipto y Mesopotamia, y se mantuvo hasta 1200 a.C.; luego cesó por varios siglos hasta que resurgió en el período romano. En esa época, Egipto proveyó de vidrio a todas las cortes reales de los primeros siglos de la era cristiana. En el Museo Vetrario o Museo del Vidrio, ubicado en la isla veneciana de Murano, se conservan piezas que datan de esa época.



Glosario

bocio: aumento de tamaño de la glándula tiroides provocado, en ocasiones, por falta de yodo en la dieta.

sífilis: enfermedad de transmisión sexual infecciosa y crónica provocada por una bacteria.

silicosis: dolencia provocada por la aspiración crónica de partículas diminutas de sílice, uno de los componentes de la arena. Era una enfermedad que afectaba sobre todo a los mineros.

tuberculosis: enfermedad infecciosa que ataca principalmente los pulmones. Es provocada por un conjunto de microbacterias del género *Mycobacterium*; la más conocida es el bacilo de Koch.



Robert Boyle (1627-1691).

Algunos alquimistas se dedicaron a preparar remedios y explicar los procesos que se producen en el organismo. Uno de los más conocidos, Paracelso, fue el primero en identificar enfermedades como la **tuberculosis*** y la **silicosis***.

En esos tiempos se creía que estas enfermedades se producían como una venganza de los espíritus de las montañas.

Paracelso también tuvo el mérito de reconocer la relación entre el **bocio*** y la presencia de ciertos minerales en el agua, y fue el primero en describir la **sífilis***.



Theophrastus Philipus Aureolus Bombastus von Hohenheim se autodenominaba Paracelso para indicar que su obra era mejor que la de Celso, un escritor romano del siglo I, que era conocido por recopilar textos y trabajos de Medicina. Paracelso se interesó por la minería y por el estudio de las enfermedades que padecían los mineros. Se hizo famoso cuando curó a un conocido editor de libros que estuvo a punto de perder una pierna. Consideraba que había que poner las técnicas de la alquimia al servicio de la cura de enfermedades, preparando medicamentos adecuados. En aquel entonces, Paracelso utilizaba sales de mercurio – sumamente venenosas – en sus preparados medicinales. Hoy se sabe que murió intoxicado por la ingestión de esas sales.



Paracelso
(1493-1541).

Si bien las prácticas utilizadas para la transformación de la materia (hacer vidrio, tinturas, etc.) son antiguas, se dice que la Química es una ciencia joven. Se estima que esta disciplina surgió a partir del siglo XVIII, después de que las ideas de Galileo Galilei (1564-1642) y de Isaac Newton (1642-1727) conmocionaran al mundo científico. Fueron estos dos científicos quienes lograron combinar la Matemática con la Física, lo cual dio lugar al nacimiento de la ciencia moderna, que proponía un nuevo modo de ver el mundo.

A partir de ese momento comenzaron a realizarse muchos y diversos experimentos; entre estos fueron particularmente importantes los estudios sobre gases. Esos trabajos permitieron, entre otras cosas, conocer la composición de diferentes sustancias.

Uno de los científicos más prestigiosos del siglo XVII fue Robert Boyle, un gran admirador de Galileo Galilei.

Actividades

1. Varios instrumentos que hoy son muy comunes fueron desarrollados entre los siglos XVI y XVIII. Uno de ellos es el termómetro de mercurio.
 - a. Busquen información acerca de quién lo diseñó y en qué año lo hizo. Luego elaboren un texto a modo de resumen. No olviden mencionar las referencias completas de las fuentes de información a las que recurrieron.
 - b. Mencionen, por lo menos, otros dos instrumentos o aparatos diseñados en esa misma época.

Robert Boyle: pionero de la Química moderna

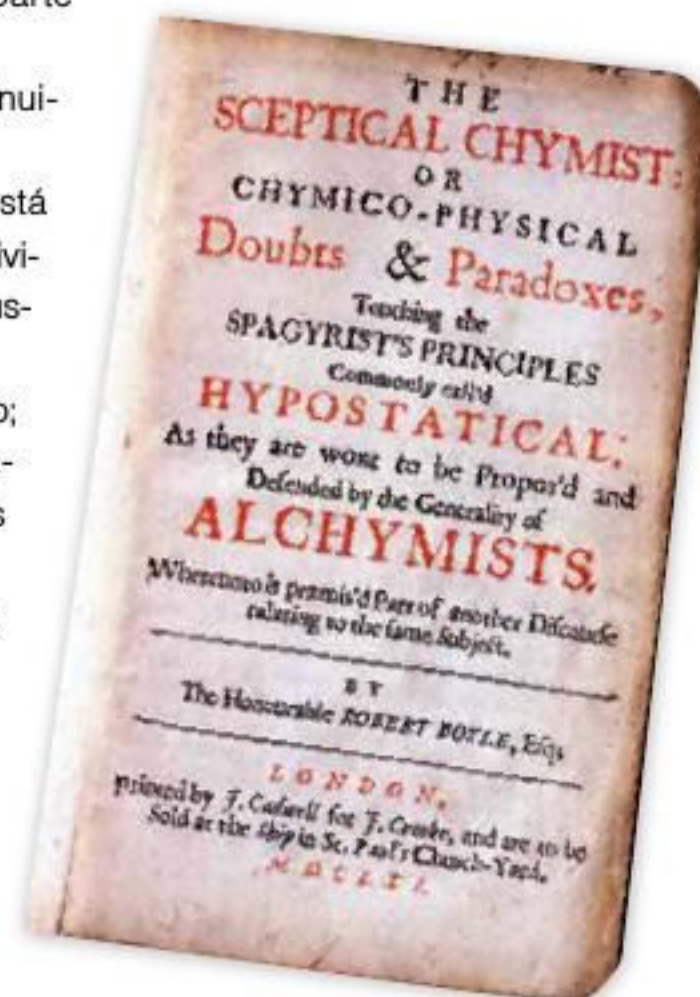
Robert Boyle nació en Irlanda, en 1627. Fue el decimocuarto hijo del conde de Cork, el hombre más rico de Gran Bretaña. Robert era un niño excepcional y a los 8 años ya hablaba latín y griego con fluidez. Fue enviado de muy pequeño a estudiar al Eton College, uno de los lugares más prestigiosos de Inglaterra. En aquel entonces era habitual en esos colegios golpear a los alumnos con una vara como medida correctiva, costumbre que Robert no pudo resistir. Como consecuencia, fue retirado de la institución y comenzó una gira por Europa con su maestro tutor y un hermano mayor.

De la mano de su maestro, se sumergió de lleno en la lectura de los trabajos de Galileo Galilei. Al igual que el estudioso italiano, Boyle comenzó a considerar que únicamente a través de la experimentación podrían develarse los misterios de la naturaleza.

De regreso en Inglaterra, Boyle vivió por un tiempo en Dorset, un pueblo rural donde se inició en sus primeros experimentos químicos. Finalmente, se estableció en Oxford, donde también residían muchos estudiosos interesados en la experimentación. Esos investigadores se denominaban "filósofos naturales" y estudiaban temas de Biología, Física o Química, sin estar demasiado especializados. A este grupo de científicos que se reunían sistemáticamente se lo llamó la "Facultad Invisible". Sus trabajos llegaron a ser tan importantes que, en 1662, el rey Carlos II les dio privilegios reales y así se constituyó la Royal Society, la sociedad científica más importante de la época.

Robert Boyle fue considerado el fundador de la Química porque:

- ▶ fue uno de los primeros en considerar la Química como una ciencia en sí misma y no como auxiliar de la Medicina o de la alquimia; introdujo una metodología experimental rigurosa como parte de la investigación científica;
- ▶ mantuvo la idea de la discontinuidad de la materia;
- ▶ sostuvo que toda la materia está formada por diminutas partículas indivisibles e indestructibles (modelo corpuscular);
- ▶ definió el concepto de elemento;
- ▶ fue un experimentador cuidadoso y perfeccionó muchos de los aparatos usados en su tiempo;
- ▶ sometió a revisión las ideas de la época; sus experimentos cruciales fueron los que permitieron iniciar el camino de la Química como una ciencia alejada de los componentes sobrenaturales de la alquimia.



Portada del libro *El químico escéptico*, la obra más reconocida de Robert Boyle.

Actividades

La Royal Society, enfrentada con las enseñanzas que se impartían en las universidades, tenía una bandera flameando en el mástil con el lema *Nullius in verba* que en latín significa: "En las palabras de nadie".

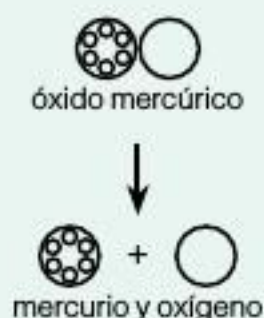
1. Respondan en grupos.

- a. ¿Por qué creen que esta afirmación describe una forma de hacer ciencia?
- b. ¿En qué se oponía a las formas vigentes hasta ese momento?

En su obra *Sceptical Chymist* –*El químico escéptico*– (1661) compara los alquimistas con "... los navegantes de la flota vagamunda de Salomón, que no solo trajeron al lugar de partida oro, plata y marfil, sino también monos y pavos reales", pues sus teorías, "al igual que las plumas del pavo real, son muy vistosas, pero no son sólidas ni útiles y, al igual que los monos, si tienen alguna apariencia de ser racionales, siempre están dotadas de algún absurdo u otro" que las hace aparecer como ridículas.

Otra vez los átomos...

En la época de Dalton se hablaba de **peso**, en lugar de referirse a **masa**.



ELEMENTOS SIMPLES

	HIDRÓGENO
	NITRÓGENO
	CARBONO
	OXÍGENO
	FÓSFORO
	AZUFRE
	HIERRO
	COBRE
	PLOMO
	PLATA
	ORO
	MERCURIO

Algunos símbolos utilizados por Dalton.

En el siglo XVIII, la Química comenzó a desarrollarse rápidamente. Notables científicos, como Antoine Lavoisier (1743-1794), dieron fundamental importancia a las mediciones y al conocimiento de la composición de los minerales y de las mezclas gaseosas, como el aire.

Las informaciones disponibles sobre las distintas sustancias y sus constituyentes eran cada vez más numerosas, y entonces fue necesario sistematizarlas.

Uno de los químicos más relevantes del siglo XIX fue John Dalton quien, a partir de la experimentación con gases, desarrolló numerosos trabajos para explicar la estructura de la materia, entre los que se destaca la **Teoría Atómica** que fue expuesta en 1803. En esta, Dalton estableció que:

- ▶ la materia estaba constituida por partículas indivisibles, llamadas átomos;
- ▶ los átomos de un mismo elemento eran iguales entre sí, en peso y otras propiedades;
- ▶ los átomos de distintos elementos tenían distintas propiedades y distintos pesos;
- ▶ los átomos no se creaban ni se destruían;
- ▶ al producirse una reacción química, los átomos se redistribuían;
- ▶ las sustancias compuestas estaban formadas por átomos compuestos, que resultaban de la unión de átomos de diferentes elementos.

Dalton utilizaba círculos de diferentes colores o con distintas marcas para representar los átomos de cada elemento. Con ellos explicaba que los cambios químicos se producían por la reorganización de los átomos, y que siempre se conservaba el número y tipo de átomos de cada elemento.

John Dalton: retrato de un científico

Las vidas y las vicisitudes por las que atravesaron los científicos en su camino para producir nuevos conocimientos muestran que la construcción del saber suele ser un proceso lento y esforzado, construido de marchas y contramarchas. Además, esos saberes están íntimamente ligados con las creencias religiosas, las realidades sociales, políticas y económicas de la época, y el lugar donde vivieron los científicos que hoy recordamos con respeto y admiración.

John Dalton nació en 1766, en una pequeña aldea de Eaglesfield, Inglaterra. Su padre era un tejedor, de creencias cuáqueras (comunidad religiosa cristiana creada en el siglo XVII), de modo que John estudió durante sus primeros años en una escuela de esa religión, y llegó a ser maestro. Sus trabajos iniciales fueron sobre Meteorología, y recién después de los 30 años comenzó a hacer investigación sistemática en Química, vinculada con la composición del aire. Dalton estaba de acuerdo con los postulados de Boyle y consideraba que los gases estaban formados por partículas diminutas.

Con su teoría, Dalton pudo explicar ciertos hechos que se conocían en su época y más aun, predecir otros. Su teoría atómica fue reconocida en el mundo científico, por lo que pronunció una serie de conferencias sobre ese tema. Como consideraba que pertenecer a instituciones académicas iba en contra de su religión, la Royal Society mantuvo en secreto su nombramiento.

En esa época, la ciencia seguía ganando adeptos, y de su mano llegó la Revolución Industrial.

Cuando Dalton tenía 26 años, se trasladó con su mujer a Manchester. Esa ciudad se convirtió en un importante centro de desarrollo industrial, que requería a gritos el crecimiento de las ciencias y la tecnología.

Allí murió en 1844, a los 77 años, reconocido como un científico famoso. A su funeral concurrieron 44 mil personas y 100 carruajes, muy a pesar de sus deseos de anonimato y austeridad.

Como curiosidad, John Dalton tenía un defecto visual que le impedía diferenciar los colores; esta afección genética se llama hoy en día daltonismo. Solo 150 años después de su muerte, las muestras de ADN comprobaron que este científico carecía de los genes para producir el pigmento sensible al verde.



John Dalton (1766 -1844).

Química: una ciencia en constante desarrollo

Las ciencias, y en particular la Química, entraron en el siglo XVIII con todo el esplendor. Se hacían publicaciones en diferentes países, se presentaban conferencias, y los científicos eran consultados y considerados personas muy respetables.

En todo el mundo, los científicos de la época repetían los experimentos con gases, para intentar determinar la relación entre los volúmenes que reaccionaban. El problema surgió cuando el químico francés J. L. Gay Lussac realizó experimentos cuyos resultados no coincidieron con algunas de las predicciones que se desprendían de la teoría de Dalton. Así, esta teoría debió ser modificada introduciéndole algunos cambios.

A comienzos de siglo XIX, en 1805, el químico francés Joseph Louis Gay Lussac comprobó experimentalmente que si se hacían reaccionar 1 dm³ de hidrógeno con 1 dm³ de cloro se obtenían 2 dm³ de cloruro de hidrógeno, cuyos volúmenes habían sido medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura.

Los resultados de experimentos semejantes, con esos y otros gases, llevaron a Gay Lussac a enunciar la llamada **Ley de las Combinaciones Gaseosas** que afirmaba: *"Cuando reaccionan entre sí sustancias gaseosas, lo hacen de tal modo que los volúmenes se combinan en relaciones de números enteros y pequeños"*.

Los resultados experimentales obtenidos por Gay Lussac no fueron los que se esperaban, de acuerdo con la teoría de Dalton. ¿Por qué? ¿Qué volumen de cloruro de hidrógeno era el esperado según esa teoría? ¿Se puede explicar la situación experimental, considerando que los átomos son indivisibles y que en volúmenes iguales debe haber igual número de átomos (sean simples o compuestos)?



J. L. Gay Lussac (1778 -1850).

El trabajo de un científico

J. L. Gay Lussac fue químico y físico. Sus trabajos fueron muy variados; inicialmente estuvieron relacionados con los gases, el aire y el campo magnético terrestre.

Descubrió, al mismo tiempo que otros químicos, algunos elementos como el boro y el potasio. Trabajó en paralelo con Humphry Davy. Ambos reconocieron la existencia del cloro y del yodo. También trabajó con bebidas alcohólicas para las que determinó y propuso una forma de expresar su graduación.

Participó en proyectos textiles y en la elaboración de polvos blanqueadores.

En 1809 fue nombrado profesor de Física en la Universidad de la Sorbonne, y de Química en la Escuela Politécnica, de la cual había sido alumno.

En 1831, fue miembro de la Cámara de Diputados, y en 1839, del Senado.



Lorenzo Romano Amedeo Carlo
Avogadro (1776-1856).

Según Dalton, si reaccionaba 1 dm^3 de hidrógeno con 1 dm^3 de cloro, se obtendría 1 dm^3 de cloruro de hidrógeno, todos gaseosos, y en las mismas condiciones de presión y temperatura. Pero los resultados experimentales le indicaban que se obtenían 2 dm^3 , y él no pudo explicarlo. Fue el científico italiano Lorenzo R. A. C. Avogadro quien finalmente pudo resolver el problema, cuando en 1811 propuso el concepto de **molécula** para designar a los conjuntos de átomos (iguales o distintos) que forman los gases. Esto dio lugar a la **Teoría Atómico-Molecular**.

En resumen, las principales ideas o hipótesis de Avogadro fueron:

- ▶ las sustancias en estado gaseoso están formadas por pequeñas partículas llamadas moléculas, que están constituidas por átomos; las moléculas de una sustancia son iguales entre sí, y diferentes de las de otras sustancias.
- ▶ las moléculas de las sustancias simples están formadas por átomos de un mismo elemento y las de las compuestas, por átomos de por lo menos dos elementos.
- ▶ durante una reacción química se producen cambios en los tipos de moléculas, pero no varían la cantidad ni el tipo de átomos.
- ▶ volúmenes iguales de gases diferentes, en las mismas condiciones de presión y temperatura, tienen el mismo número de moléculas.

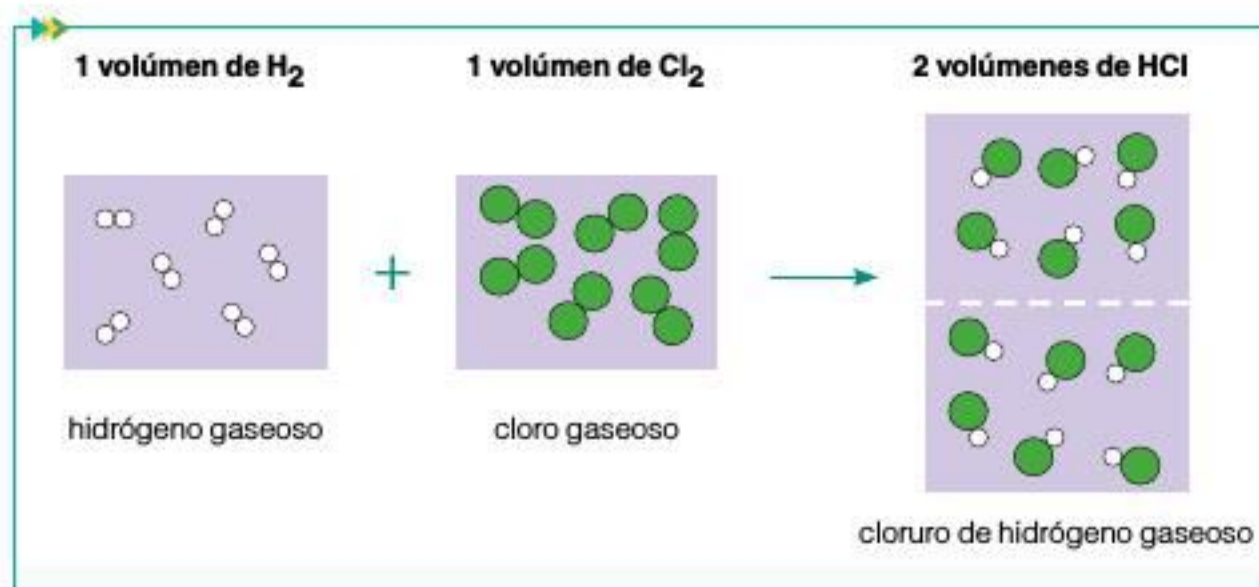
¿Cómo surgió esta última hipótesis? A principios del siglo XIX ya se sabía que determinado volumen de un gas reaccionaba de igual manera ante un cambio de presión y/o temperatura, independientemente de cuál fuera el gas. Por ejemplo, si se aumentaba al doble la presión de 4 dm^3 de hidrógeno, el volumen se reducía a la mitad, esto es, a 2 dm^3 . Lo mismo ocurría si en lugar de hidrógeno el gas fuera cloro, oxígeno o nitrógeno. Esta característica de los gases llevó a pensar que volúmenes iguales de gases distintos, a la misma presión y temperatura, debían tener algo en común. No podía ser su masa ya que estaba determinado que, por ejemplo, la masa de 1 litro de oxígeno era 16 veces mayor que la de 1 litro de hidrógeno. Se pensó entonces que lo que tenían en común era el número de partículas (moléculas) de gas contenidas en dicho volumen.

Esta idea permitió interpretar desde un marco teórico las observaciones que se realizaban experimentalmente, por ejemplo, es posible comprobar que cuando reacciona 1 dm^3 de hidrógeno con el mismo volumen de cloro se origina el doble de volumen, o sea 2 dm^3 de cloruro de hidrógeno, medidos todos los volúmenes en las mismas condiciones de presión y temperatura. Estos resultados se pueden explicar si se considera que tanto las moléculas de hidrógeno, como las de cloro son biatómicas, es decir, están formadas por dos átomos iguales entre sí.

Actividades

1. Busquen datos biográficos de Avogadro y elaboren un texto con los datos que consideren más importante. Registren las referencias de las fuentes de información a las que recurrieron. Luego, comparen la síntesis que realizaron con las de otros compañeros. ¿Son semejantes? ¿En qué difieren? Discutan sobre los criterios que utilizaron para seleccionar la información.

Para explicar los datos experimentales, se pueden hacer las siguientes representaciones:



Representación de la reacción según la teoría de Avogadro				
Representación simbólica	$\text{H}_2 (\text{g})$	$\text{Cl}_2 (\text{g})$		$2 \text{HCl} (\text{g})$

Primera tabla de pesos atómicos

En el siglo XIX, la actividad científica se extendía por doquier. Los químicos y físicos avanzaban a paso firme en su afán de conocer la estructura de la materia.

Dalton, quien estaba convencido de que las distintas sustancias estaban formadas por átomos diferentes, se dio a la tarea de determinar sus pesos.

¿Pero cómo determinar el peso de un átomo si es tan pequeño? Basándose en sus hipótesis, comenzó a experimentar para encontrar una relación de pesos entre las partículas que formaban los diferentes gases: hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Dalton usó el hidrógeno como patrón, asignándole el valor 1 para su peso atómico, porque sus átomos eran los más livianos de todos los elementos y ningún otro tendría un peso atómico menor que 1. Así armó una tabla de pesos atómicos relativos.

Pero su propuesta fue limitada; los valores obtenidos para algunos pesos atómicos resultaron ser incorrectos. Sus aportes, no obstante, fueron fundamentales para el avance de la Química, porque todas sus conclusiones se podían comprobar con experimentos. Desde ese momento, los átomos dejaron de ser solamente ideas para ser partículas que se podían estudiar y que presentaban propiedades que era posible medir.

Actividades

1. Construyan una línea de tiempo que incluya los aportes de Boyle, Dalton, Gay Lussac y Avogadro.

Pueden usar el programa Cronos (se descarga de <http://goo.gl/1sRQVm>), o elaborarla a mano.



Retrato de Leucipo.

De los átomos indivisibles a las partículas subatómicas

La idea de átomo surgió en la Antigua Grecia, en el siglo V a.C., con Leucipo y Demócrito. Sin embargo, las ideas contrarias propuestas por Aristóteles eran las que imperaban en esa época. Pasaron más de 2.000 años antes de que se retomara la concepción discontinua de la materia, es decir, la idea de que esta estaba formada por pequeños corpúsculos. La concepción de átomo como esfera maciza, compacta e indivisible, formulada por Dalton en 1803, perduró durante el siglo XIX, hasta que ciertos hallazgos experimentales provocaron un cambio en esta concepción. Así surgieron distintos modelos atómicos, cuya evolución se relaciona con tres etapas del desarrollo científico: el conocimiento de la naturaleza eléctrica de la materia, la identificación del núcleo atómico y el desarrollo de la mecánica cuántica.

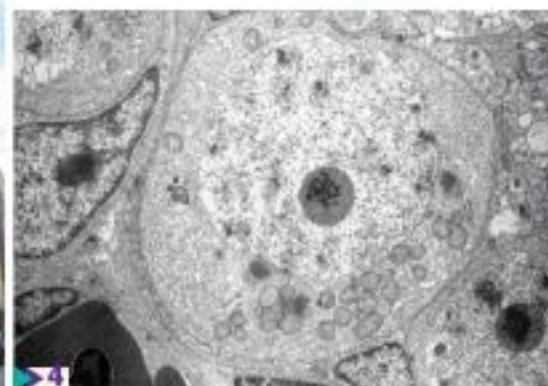
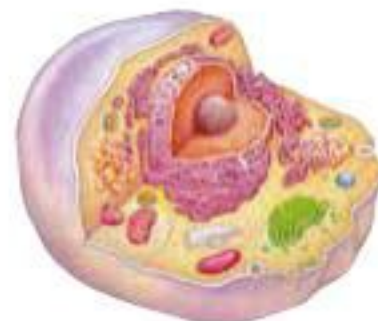
Modelizar lo invisible: modelos atómicos

¿Cómo son los átomos por dentro? ¿Cómo sabemos que existen, si no podemos verlos?

Seguramente, alguna vez hicieron una maqueta o vieron alguna, por ejemplo, la de un auto o la de un edificio. Esos modelos a escala intentan representar los objetos de la manera más fiel posible, conservando al máximo sus características y las proporciones entre sus medidas, pero en un tamaño diferente del real, que puede ser mayor o menor según la conveniencia.

Para representar a los átomos, partículas tan pequeñas que no se pueden observar en forma directa, los científicos inventan modelos que usan para entender y explicar el comportamiento de la materia y sus propiedades.

Una representación mental o material sobre un hecho o un proceso constituye lo que en ciencias se denomina un **modelo científico**. Así, el modelo corpuscular se utiliza para explicar las características de los estados de agregación de la materia y de los cambios de estado. Por su parte, el modelo atómico se usa para explicar la estructura de los átomos, y también de las moléculas y de los iones que forman las sustancias.



- 1 Maqueta del centro comercial.
- 2 Centro comercial.
- 3 Maqueta de una célula.
- 4 Microfotografía de una célula.

¿Ver para creer?

Una historia curiosa... El caso de la desaparición de la basura

Un joven le comenta a su nuevo vecino que el basurero pasa todos los jueves durante la madrugada para recoger los residuos. El inquilino decide averiguar si esto es cierto. Al cabo de unas semanas ha reunido una buena cantidad de observaciones:

- ▶ la basura desaparece de la puerta los jueves por la mañana;
- ▶ recibe en su domicilio una factura por la recolección de residuos;
- ▶ frecuentemente, lo despierta a las cinco de la mañana de los jueves un fuerte ruido de camión;
- ▶ a veces ese ruido viene acompañado por un alegre silbido y ladridos de perro.

Ya tiene muchas razones para creer en la existencia del basurero, aunque nunca lo ha visto, pero no le parece suficiente. Decide levantarse el jueves a la madrugada y esperar a que pase el basurero. Mira por la ventana, pero está muy oscuro, y solo distingue una sombra con forma humana que parece cargar un bulto. Ahora está seguro de que existe un basurero.

¿Cuál de todos estos hechos supone realmente "ver" al basurero?

¿Cuál de estos hechos es un indicio suficiente para creer en la existencia del basurero?

En realidad, todos los hechos en conjunto parecen indicar que la teoría de la existencia del basurero es correcta, aunque en ningún momento se lo puede ver.

Adaptado de "Por qué creemos en los átomos" en Pimentel, G. (dir); *Química. Una ciencia experimental*; Ed. Reverté, Zaragoza, 1966.

Actividades

1. Discutan en grupos el alcance de cada prueba para determinar la existencia del basurero y comparen sus ideas con las de los otros grupos.
2. ¿Qué relación encuentran entre esta historia y la formulación de un modelo atómico?

Actividades experimentales

Modelo para armar: lo esencial es invisible a los ojos

Muchas veces, los científicos se encuentran con limitaciones en sus observaciones. Entonces, en su intento por aproximarse a la realidad, elaboran modelos. Les proponemos realizar la siguiente actividad para comprobar que ustedes pueden sugerir ideas acerca de algo que no pueden observar en forma directa.

Paso 1. En sus casas.

- ▶ Reunidos en grupos, coloquen diferentes objetos en una pequeña caja de cartón: una campanita o cascabel, un trozo de madera, una o dos bolitas de vidrio, un imán, monedas, tuercas, etc. Eviten utilizar objetos que se rompan o sean peligrosos. Dejen rienda suelta a su creatividad respecto de lo que ponen en la caja.
- ▶ Hagan dos agujeros, uno en una cara y el otro en la cara de enfrente. Cierren y coloquen una varilla que atraviese la caja.
- ▶ Forren la caja con un papel opaco para que no se pueda abrir ni ver lo que hay dentro.

Paso 2. En la escuela.

- ▶ Entreguen la caja al/a profesor/a, que se encargará de distribuir una caja a cada grupo.
- ▶ Determinen diversas formas de averiguar qué hay dentro de la caja sin abrirla.
- ▶ Anoten sus acciones y observaciones.
- ▶ ¿Qué objetos creen que hay dentro de la caja? Descríbanlos.
- ▶ Compartan sus registros con el resto de la clase.
- ▶ Abran las cajas y comparen las predicciones con los objetos de las cajas.
- ▶ Elaboren un informe sobre lo que realizaron y las conclusiones a las que llegaron.



Las analogías y los nuevos conceptos

Las analogías son representaciones que se usan para comprender la nueva información que incorporamos. Son imágenes conocidas o familiares, que se pueden relacionar fácilmente y están almacenadas en nuestra memoria.



Representación del modelo atómico de Thomson.

En el siguiente video pueden ver un tubo de rayos catódicos en funcionamiento.

<https://www.youtube.com/watch?v=1dPv5WKBz9k> (fecha de última consulta: 29 de octubre de 2015)

Actividades

1. De forma individual, busquen datos biográficos de J. J. Thomson y elaboren un resumen con la información que consideren más relevante. No olviden registrar las referencias completas todas las fuentes de información a las que recurrieron. Luego, discutan con el resto de sus compañeros la confiabilidad de los sitios a los que acudieron para reunir los datos que utilizaron.

El modelo "budín inglés"

Hasta fines del siglo XIX, los científicos solo habían propuesto modelos de átomos como esferas compactas e indivisibles. Sin embargo, había indicios de que existían dentro del átomo, partículas más pequeñas y con carga eléctrica. Para comprobarlo se hacían experimentos de conducción de la electricidad a través de soluciones líquidas (como sal disuelta en agua), y de gases.

En 1897, Joseph John Thomson (1856-1940) trabajaba en la Universidad de Cambridge con tubos de vidrio que contenían diferentes gases a muy baja presión. Al conectar uno de estos tubos a una fuente de alta tensión, uniéndolo a un borne o electrodo del tubo al polo positivo de la fuente (ánodo), y el otro al negativo (cátodo), Thomson observó una luz sobre el vidrio en el lado opuesto al cátodo.

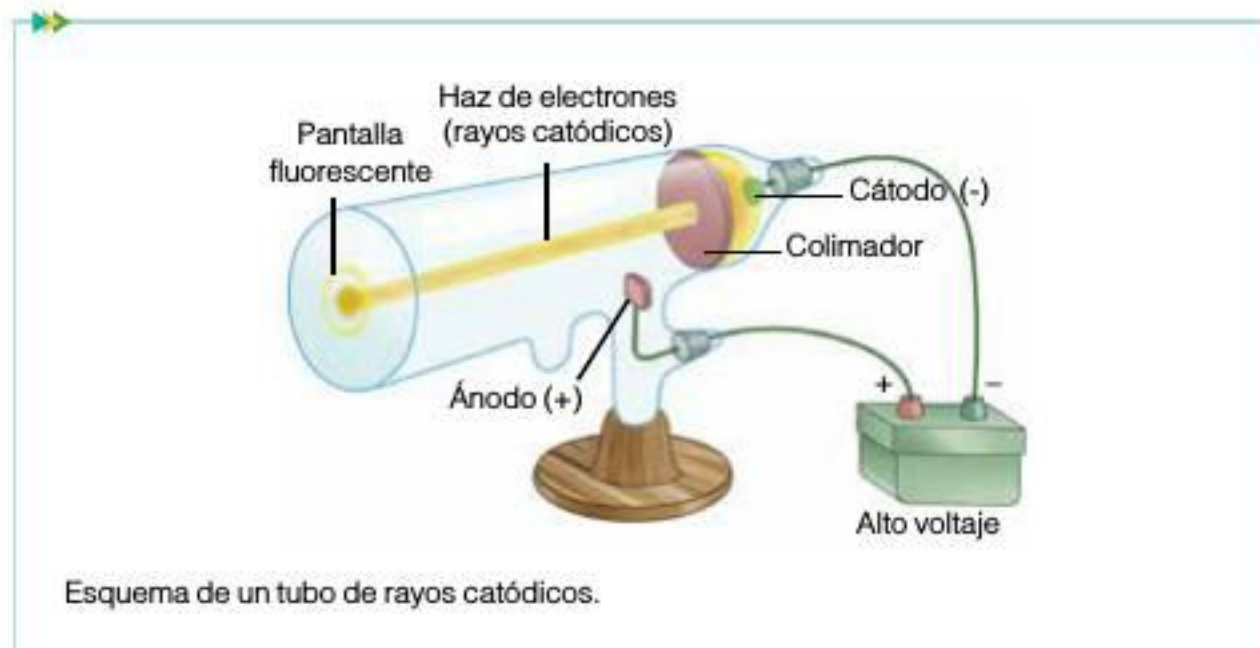
Thomson supuso que la luz se debía al bombardeo de partículas que salían del cátodo (polo negativo) al chocar sobre el vidrio y los llamó **rayos catódicos**. Después de arduos trabajos llegó a la conclusión de que estos rayos estaban constituidos por pequeñísimas partículas, casi sin masa y de carga eléctrica negativa, a los que llamó **electrones**. Consideró que los electrones eran parte de todos los átomos y, por lo tanto, constituyentes universales de la materia.

A partir de ese momento, el átomo dejó de ser considerado indivisible. Hasta esa época la materia había sido considerada como neutra, en consecuencia también se suponía que los átomos eran neutros. Ante la aparición experimental de partículas negativas, Thomson sugirió que si el átomo era neutro y poseía partículas negativas, debían existir otras partículas positivas.

En un artículo publicado en marzo de 1904, en la *Philosophical Magazine*, una de las revistas científicas más reconocidas en la época, Thomson escribió: "Los átomos de los elementos consisten en un número de corpúsculos cargados negativamente encerrados en una esfera de carga positiva uniforme".

Se podría considerar al átomo como una masa con carga positiva que poseía electrones dispuestos "como las pasas de uvas en un budín inglés". Esta analogía nunca fue pronunciada por el científico, no obstante a su modelo se lo conoce como el **modelo del budín inglés**.

J. J. Thomson obtuvo el Premio Nobel de Física en 1906 por su trabajo sobre la conducción de la electricidad a través de gases.



Esquema de un tubo de rayos catódicos.

Un experimento crucial

Luego del hallazgo de Thomson del electrón como partícula universal presente en todos los átomos, en 1909, el físico estadounidense Robert Millikan (1868-1953), calculó la masa del electrón, valor que resultó ser extraordinariamente pequeña: $9,1 \cdot 10^{-28}$ g.

Alrededor de esa época, a fines del siglo XIX, los científicos Henri Becquerel, Marie Sklodowska Curie y Pierre Curie comenzaron a trabajar con materiales que contenían elementos que emitían radiaciones y partículas que ellos desconocían (estas se estudiarán con más detalle en el capítulo 9).

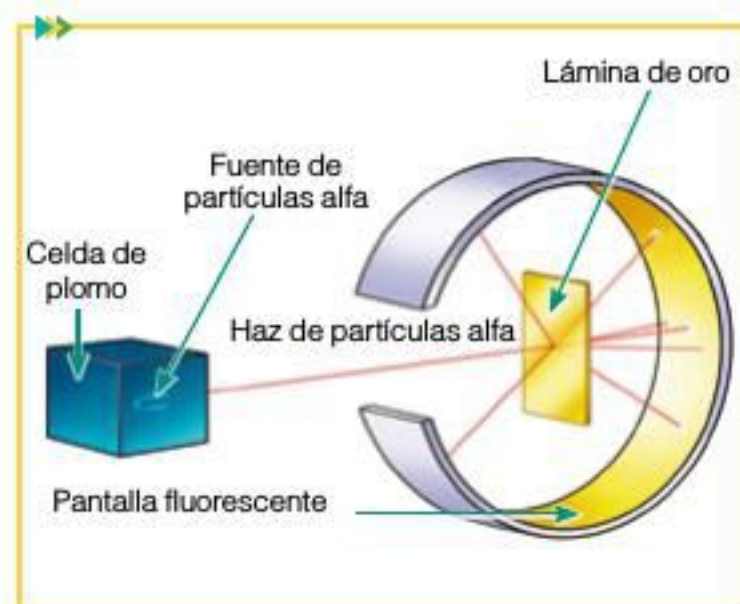
Todos estos trabajos y datos daban fuertes indicios de que en el átomo había otras partículas hasta el momento ignoradas y que faltaba mucho por conocer con respecto a la estructura atómica.

El científico neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937) trabajó arduamente en la búsqueda de esta estructura, ayudado por otros dos colaboradores, Hans Geiger y Ernest Marsden. Entre ambos jóvenes diseñaron un experimento tan sencillo como ingenioso. Prepararon una lámina de oro muy fina, formada solo por unas pocas capas de átomos. Luego, con un dispositivo como el de la figura y con material radiactivo que emitía partículas positivas (llamadas partículas alfa), se dispusieron a bombardear la lámina de oro. El objetivo era ver si esta podía ser atravesada por los "proyectiles" positivos.

Fueron Marsden y Geiger quienes observaron y registraron los centelleos. Ellos esperaban que la delgada lámina de oro fuera traspasada por los proyectiles; después de meses de trabajo lograron contar más de un millón de centelleos.

El resultado experimental fue sorprendente: la mayoría de las partículas alfa atravesaba la delgada lámina, pero una pequeña proporción se había desviado en un pequeño ángulo y 1 de cada 8.000 proyectiles disparados sobre la lámina "rebotaba" sobre ella, en lugar de atravesarla. El resultado de este experimento puso de manifiesto que el modelo de Thomson no era adecuado, ya que este no permitía explicar los hechos observados. De esta forma se evidenció que la materia no se distribuía uniformemente en el interior de los átomos, sino que la mayor parte de la masa y toda la carga positiva se concentraban en una zona central, a la que llamaron **núcleo**.

Respecto de este experimento, el mismo Rutherford diría años más tarde: "Era casi tan increíble como si dispararas un proyectil de 40 cm contra una hoja de papel y rebotara de vuelta hacia ti".



Equipo utilizado para el experimento de Rutherford y sus colaboradores.

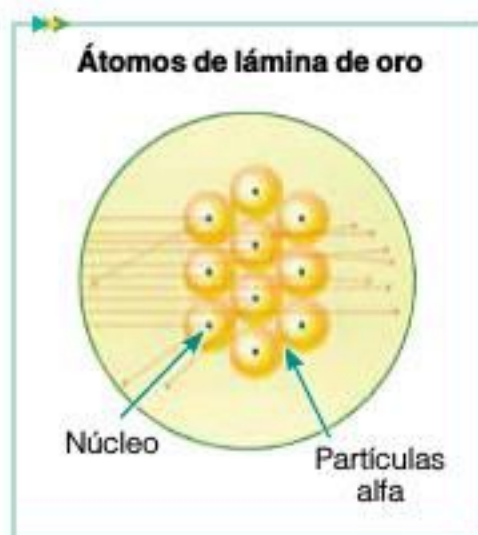
Actividades

1. En el siguiente sitio web pueden encontrar información y animaciones sobre el experimento de Rutherford y sus colaboradores.

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14700584/helvia/aula/archivos/_22/html/2242/experimento_de_rutherford.html

(fecha de última consulta: 29 de octubre de 2015)

Veánlo reunidos en grupo, y discutan por qué motivos el modelo de Thomson no podía explicar los resultados obtenidos y qué cambios se le introdujeron.



Modelo propuesto para explicar las observaciones realizadas por Marsden y Geiger.



Representación del átomo según el modelo de E. Rutherford.

Preguntas y respuestas: surgimiento del modelo atómico molecular

En 1911 se comenzaron a esbozar las primeras posibles explicaciones a los resultados del experimento de Rutherford y sus colaboradores, y fue propuesto el primer **modelo atómico nuclear**.

Rutherford hizo el siguiente razonamiento: si la mayoría de las partículas alfa atravesaban la lámina de oro y solo algunas rebotaban, como si chocaran contra una masa compacta y densa, entonces tal vez los átomos no eran como los había pensado Thomson.

Rutherford supuso que los átomos podrían ser como sistemas solares, con una zona central muy pequeña (núcleo) en la que se concentraría el 99,98% de la masa y que tendría carga eléctrica positiva. Las cargas negativas o electrones se encontrarían, como los planetas, girando alrededor del núcleo a una distancia equivalente a 10.000 diámetros de este.

Debido a que el átomo era en gran parte vacío, la mayoría de los proyectiles habían podido atravesar la lámina de oro sin inconvenientes. Esto, además, permitió explicar por qué unos pocos rebotaban.

En resumen, según el modelo propuesto por Rutherford, el átomo:

- ▶ estaba formado por un núcleo formado por protones, que concentraba la carga positiva y el 99,98% de la masa;
- ▶ estaba en su mayor parte vacío;
- ▶ los electrones (partículas con carga negativa y masa despreciable) se ubicaban y movían en órbitas alrededor del núcleo.

Aunque no pudo probarlo, supuso que en el núcleo existían otras partículas semejantes a los protones, pero sin carga eléctrica.

Pero este modelo planteaba un inconveniente: si el núcleo y el electrón poseían cargas eléctricas de distintos signos, estas debían atraerse. Luego, esta atracción, sumada a la pérdida de energía del electrón en movimiento, llevaría a que el electrón chocara contra el núcleo. Sin embargo, esto no se comprobaba experimentalmente. Faltaba más por conocer.

Historias de vida

Ernest Rutherford nació en 1871 en el seno de una familia escocesa que había emigrado a Nueva Zelanda. Tenía once hermanos y su madre era maestra. Rutherford se graduó como matemático y se licenció en Ciencias. Luego se trasladó a Cambridge donde trabajó como investigador en el laboratorio de J. J. Thomson.

En 1897 se hizo cargo del departamento de Física de la Universidad McGill, en Montreal, Canadá. Entonces trasladó a su prometida Mary Newton desde Nueva Zelanda, se casaron en 1900 y tuvieron una hija.

En 1907 regresó a Inglaterra, a la Universidad de Manchester. Allí tuvo importantes reconocimientos

Ernest Rutherford (1871-1937).



académicos. Fue presidente de la Royal Society (uno de los más reconocidos comités científicos del mundo) desde 1925 hasta 1930. En 1908 recibió el Premio Nobel de Química. Entre sus entretenimientos preferidos estaban el golf y el automovilismo.

Los espectros y los átomos

A mediados del siglo XIX, algunos químicos observaron que cuando una sal se calentaba, en la llama se producía una emisión de luz cuyo color era característico de los elementos que la componían. El registro de la luz emitida por los diferentes materiales daba origen a los llamados **espectros**.

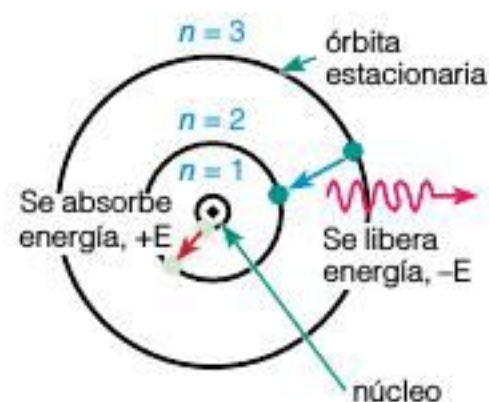
Inevitablemente comenzaron a surgir preguntas: ¿cómo podían explicarse los espectros con el modelo atómico? ¿Qué es lo que caracterizaba a los átomos de un elemento? ¿Qué los diferenciaba de los átomos de otros elementos?

Niels Bohr da una respuesta

En 1913, a partir de los espectros atómicos observados, el físico danés Niels Bohr (1885-1962) planteó una teoría revolucionaria en la que proponía un nuevo modelo atómico que resolvía algunos de los problemas del modelo de Rutherford. Bohr propuso que los electrones giraban alrededor del núcleo, describiendo solo determinadas órbitas circulares que llamó **órbitas estacionarias**. El científico danés sugirió que las leyes del mundo macroscópico no tenían que ser las mismas que regían el mundo subatómico. Según la nueva teoría de Bohr:

- ▶ la energía de un electrón en un átomo estaba **cuantificada**, es decir, restringida a determinados valores;
- ▶ al describir una órbita estacionaria, un electrón no absorbía ni emitía energía;
- ▶ el radio de la órbita (su distancia al núcleo) estaba relacionado con la energía que poseía el electrón; a mayor radio, mayor energía.
- ▶ los valores de energía que podía tener un electrón en un átomo se denominaron **niveles de energía**.

Así, según Bohr, los electrones solo podían ganar o perder energía al pasar de un nivel a otro. Al pasar de una órbita cercana al núcleo a otra más alejada, el electrón absorbía energía (utilizada para contrarrestar la atracción nuclear); en el camino inverso, cedía energía en forma de radiación (fotones). Cuando la radiación correspondía al espectro visible, el color de la luz absorbida o emitida tenía relación directa con la energía absorbida o liberada por el electrón.



Representación de un átomo según el modelo de Bohr.

Para navegar en la web:

En el siguiente sitio web interactivo pueden encontrar espectros de diferentes elementos:

<http://herramientas.educamadrid.org/tabla/espectros/spespectro.html>

(Fecha de la última visita 29/10/15).

¡Qué maestros!

Rutherford fue alumno de Thomson y Bohr fue alumno de Rutherford.

Actividades

Cuando los electrones pierden energía (pasan a un nivel de menor energía), se acercan al núcleo y emiten luz de diferentes colores, que se pueden registrar en los espectros de emisión.



Espectro de emisión del oxígeno.

Cuando los electrones ganan energía, se alejan del núcleo y absorben luz de diferentes colores (espectros de absorción).



Espectro de absorción del oxígeno.

1. Comparen ambos espectros y extraigan conclusiones. Discutan sus ideas en clase.

Nivel de energía	Cantidad máxima de electrones
1	2
2	8
3	18
4	32

Del modelo de Bohr al modelo atómico actual (simplificado)

El modelo atómico propuesto por Bohr fue muy útil para explicar las características del electrón en el átomo de hidrógeno. Sin embargo, no resultaba adecuado para aquellos casos de átomos con una cantidad mayor de electrones.

En 1927, el físico alemán Werner Heisenberg (1901-1976) propuso el llamado **Principio de incertidumbre** que afirma que no es posible conocer la posición y la velocidad exacta de los electrones en un átomo de forma simultánea. Esto significa que no se pueden establecer sus trayectorias; solo es posible determinar las zonas en las que es más probable encontrar en constante movimiento a un electrón de un átomo. Esas áreas, llamadas **orbitales**, tienen diferentes formas alrededor del núcleo.

Del modelo atómico de Bohr solo permanece vigente la teoría que indica que los electrones se mueven con niveles energéticos determinados, sin emitir ni absorber energía, y que a cada nivel de energía le corresponden uno o más subniveles de energía, y con ellos se pueden identificar los orbitales.

También, sobre la base de datos experimentales, sigue aceptándose que, en un átomo, existe un número máximo de electrones que pueden tener un contenido energético correspondiente a un determinado nivel de energía. Para los primeros cuatro niveles energéticos, esos valores son: 2 electrones o $2e^-$, $8e^-$, $18e^-$ y $32e^-$.

Los electrones de un átomo en estado fundamental tienen el menor contenido energético posible. Por ejemplo: en un átomo de litio, que tiene 3 electrones, 2 de ellos corresponden al menor nivel de energía ($n = 1$) y el tercero, al segundo nivel de energía ($n = 2$).

Una partícula difícil de encontrar

La existencia del neutrón fue puesta en evidencia recién en 1932, por el físico inglés James Chadwick, quien recibió el Premio Nobel de Física en 1935.



James Chadwick (1891-1974).

Algo más sobre el núcleo atómico

Como ya sabemos, los protones y los neutrones conforman el núcleo del átomo. Si se tienen en cuenta que los protones tienen carga eléctrica positiva, deberían generarse fuerzas de repulsión entre estos. Entonces, ¿cómo puede ser que el núcleo no se desintegre?

Para resolver este dilema, el físico japonés Hidekei Yukawa (1907-1981) propuso en 1934 la existencia de una fuerza de atracción muy intensa en el núcleo de los átomos y la dio a conocer en un artículo. Este hallazgo le valió el Premio Nobel en 1949. Yukawa demostró que si dos protones intercambiaban partículas, el resultado era una intensa fuerza de atracción entre ellos que superaba a la de repulsión. Esta fuerza se denomina **fuerza de interacción nuclear fuerte**.

Actividades

1. Consideren un átomo que tiene 11 electrones. Utilizando el modelo propuesto por Bohr, indiquen cómo sería su distribución en los niveles de energía.
2. Busquen información con respecto a:
 - a. Cuándo se instituyeron los Premios Nobel.
 - b. Cuál fue su objetivo y a quiénes se les otorgan.
 - c. Datos biográficos de James Chadwick.
 - d. Datos biográficos de W. Heisenberg y su relación con N. Bohr.
 - e. La visita de H. Yukawa a nuestro país.

Principales partículas que constituyen los átomos

El protón

Es una partícula con carga eléctrica positiva, que forma parte del núcleo atómico. Su nombre deriva de la voz griega **protos** (π) que significa principal o primero. El valor de su carga eléctrica es igual al valor de la carga del electrón, pero de signo contrario. La masa del protón fue determinada por primera vez, a comienzos del siglo xx, por Wilhelm Wein (1864-1928), y su valor es de $1,67 \cdot 10^{-24}$ g.

El electrón

Esta partícula fue la primera en ser identificada como uno de los componentes de los átomos. Tiene carga eléctrica negativa y su masa es muy pequeña, unas 1.835 veces menor que la del protón. Los electrones se mueven alrededor del núcleo atómico (zona extranuclear), y originan lo que denominamos **nube electrónica**.

El neutrón

Es una partícula que no tiene carga eléctrica, de ahí su nombre. Forma parte del núcleo atómico y tiene una masa similar a la del protón.

Partícula	Símbolo	Masa relativa	Carga eléctrica relativa
Electrón	e^-	1/1.835	-1
Protón	p^+	1	+1
Neutrón	n	1 (aprox.)	0

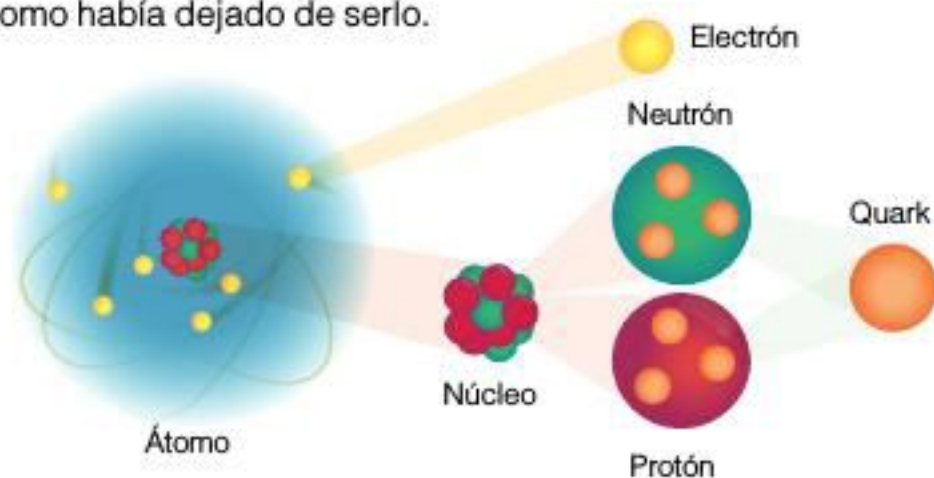
Los significados cambian con el tiempo

Muchas de las palabras que hoy forman parte del lenguaje de la Química tienen su origen en épocas remotas, por ejemplo, la palabra **átomo**.

Desde el punto de vista etimológico, átomo indica "sin partes", "indivisible". A lo largo de los siglos ha ido adquiriendo distintos significados y, en la actualidad, se emplea para designar a una entidad que ya no es considerada indivisible, sino que está constituida por protones, neutrones, electrones y otras partículas subatómicas.

Y también los quarks

En 1968 se descubrieron otras partículas subatómicas, constituyentes de los protones y neutrones: los **quarks**. Según el modelo atómico actual, cada neutrón y cada protón estaría formado por tres quarks, que se mantienen unidos por la interacción con otras entidades llamadas **gluones**. Los protones y neutrones dejaron de ser considerados partículas indivisibles, así como en una época anterior, el átomo había dejado de serlo.













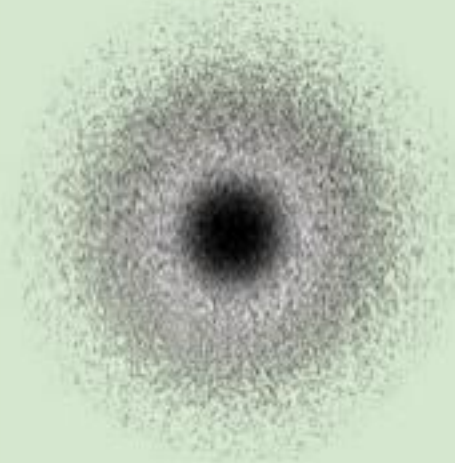
En la actualidad, las partículas subatómicas se clasifican según formen la materia (**fermiones**) o transmitan fuerzas (**bosones**).

Actividades

- Indiquen si cada una de las siguientes afirmaciones es correcta o no. Corrijan y enuncien adecuadamente las que no lo sean.
 - La masa de un átomo está dada, casi exclusivamente, por su núcleo.
 - El neutrón tiene carga eléctrica negativa.
 - La masa de un neutrón es igual a la masa de un electrón.
- ¿Cuál sería la masa de 30 mil millones de protones? Compáren esta masa con la de un alfiler, que es de 0,09 g.

Para resumir

Luego de este recorrido a través de los diferentes modelos atómicos a lo largo del tiempo, les presentamos este cuadro que facilita su comparación y análisis, y avanza un poco más.

Científico	Presentación de la teoría o modelo	Reseña	Modelo
 John Dalton Inglés (1766-1844)	1803	Átomo como esfera indivisible, partícula que caracteriza a cada elemento. Los átomos de los diferentes elementos se distinguen particularmente en su masa.	
 Joseph J. Thomson Inglés (1856-1940)	1897	Átomo como esfera de materia con carga eléctrica positiva, en cuyo interior estarían incrustadas partículas de carga eléctrica negativa (electrones).	
 Ernest Rutherford Neozelandés (1871-1937)	1911	Modelo atómico nuclear. Diminuto núcleo central, con partículas de carga positiva (protones) y electrones que giran alrededor de él.	
 Niels Bohr Danés (1885-1962)	1913	Modelo atómico nuclear. Los electrones se mueven alrededor del núcleo positivo y describen órbitas determinadas.	
 Werner Karl Heisenberg Alemán (1901-1976)  Edwin Schrödinger Austriaco (1887-1961)	1926-27	<p>Es imposible conocer la trayectoria de un electrón en un átomo.</p> <p>Existen zonas donde es más probable encontrar un electrón dentro de un átomo (orbitales).</p>	

Átomos y números

El número atómico

Luego de lo que se ha explicado, quedan aún dos preguntas pendientes: si la estructura de todos los átomos es similar, ¿qué es lo que caracteriza a los átomos de un elemento? ¿Qué los diferencia de los átomos de otro elemento?

A principios del siglo xx se establecieron relaciones muy importantes entre la cantidad de protones y las características de los átomos. Henry Moseley (1887-1915) pudo establecer que lo que caracteriza a los átomos de un elemento es el número de protones que cada uno tiene en su núcleo. Por ejemplo, todos los átomos de carbono tienen 6 protones en su núcleo; todos los átomos de hidrógeno, tanto los que se encuentran en las estrellas como los que forman el agua, tienen solo un protón en su núcleo.

Los átomos que tienen la misma cantidad de protones pertenecen al mismo elemento. Para indicar este valor, los químicos utilizan el **número atómico**, que se representa con la letra Z.

El número atómico (Z) es entonces lo que caracteriza a cada elemento. Así, por ejemplo, cuando se indica el elemento de $Z = 10$ se hace referencia a un determinado elemento, en este caso al neón, cuyos átomos tienen 10 protones en sus núcleos.

Dado que el átomo es eléctricamente neutro, el número atómico indica también la cantidad de electrones. Entonces, un átomo de neón que tiene 10 protones en su núcleo, tiene 10 electrones en la zona extranuclear.



Existe una convención para indicar el número atómico (Z) y el número de masa (A) de un átomo, que se muestra en este esquema

El número másico

El **número másico** o **número de masa** se define como la suma del número de protones y de neutrones que constituyen el núcleo de un átomo; es decir, el total de partículas que se hallan dentro del núcleo, que los científicos han denominado **nucleones**. Para simbolizar el número másico se utiliza la letra A.

Siguiendo con el ejemplo anterior, un átomo de neón cuyo número de masa fuera 20, tendría en su núcleo 20 partículas (neutrones más protones).

¿Cómo es posible calcular a partir de su número atómico el número de neutrones de un átomo?

Tomemos el siguiente caso, $^{17}_8\text{O}$

$Z = 8$ (8 protones) y $A = 17$ (17 protones más neutrones)

$17 = \text{N}^\circ \text{ protones} + \text{N}^\circ \text{ neutrones} = 8 + \text{N}^\circ \text{ neutrones}$

$\text{neutrones} = A - Z = 17 - 8 = 9$.

Así se concluye entonces que este átomo de oxígeno tiene $8 e^-$, $8 p^+$ y $9 n$.

Actividades

1. Busquen información sobre la vida de H. Moseley y redacten una biografía breve. No olviden anotar las referencias completas de las fuentes de información a las que recurrieron. Compárenla con las elaboradas

por otros compañeros. ¿Todos destacaron los mismos datos? ¿Qué semejanzas y qué diferencias encontraron? Si lo consideran necesario, completen y/o mejoren sus propuestas originales.



Los isótopos

Los átomos de un elemento se caracterizan porque todos tienen la misma cantidad de protones (y, por lo tanto, de electrones). Sin embargo, la cantidad de neutrones en átomos de un mismo elemento puede ser diferente. Veamos una analogía.

Si van al supermercado pueden observar algunas bandejas con fruta de muy buena calidad, por ejemplo manzanas, que a simple vista parecen ser todas iguales: tienen sabor a manzana, olor a manzana, son todas manzanas. Pero si se pesaran una a una, la balanza no marcaría exactamente lo mismo en todos los casos. Este ejemplo sirve para explicar lo que ocurre con los átomos. No todos los átomos de un mismo elemento pesan lo mismo. Cuando esto ocurre se dice que son **isótopos**.

¿Cómo se explica esta diferencia? Hemos visto que la cantidad de protones define a un elemento, que es la misma para todos sus átomos y que coincide con la de electrones, ya que los átomos son eléctricamente neutros.

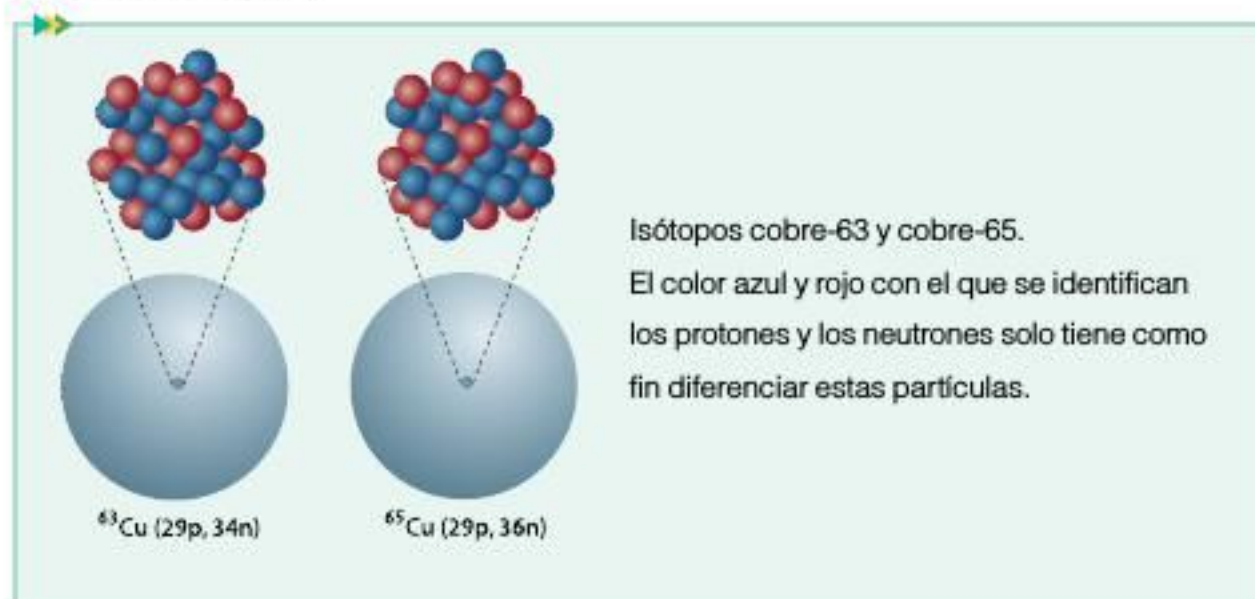
Por lo tanto, la diferencia está dada por la cantidad de neutrones que hay en los núcleos de los distintos átomos de un mismo elemento.

Así, los isótopos son átomos de un mismo elemento que poseen diferentes cantidades de neutrones, entonces tienen igual número atómico (Z) y diferentes números másicos (A).

La mayoría de los elementos existen en la naturaleza como una mezcla de todos sus isótopos.

Frederick Soddy y los isótopos

Frederick Soddy (1877-1956) fue el químico que propuso el término "isótopo" para nombrar aquellos átomos del mismo elemento que tienen distinta cantidad de neutrones. Alumno y discípulo de Rutherford, Soddy recibió el Premio Nobel de Química en 1921 por sus aportes acerca de la existencia y naturaleza de los isótopos, así como también de las sustancias radiactivas (que se estudiarán en el capítulo 9).



Actividades

1. Para cada uno de los átomos que se simbolizan, completen el siguiente cuadro.

$\begin{smallmatrix} A \\ Z \end{smallmatrix} X$	Nombre del elemento	Cantidad de protones en el núcleo	Cantidad de neutrones en el núcleo	Número atómico	Número másico
$^{52}_{24}\text{Cr}$	Cromo				
$^{14}_6\text{C}$	Carbono				
$^{12}_6\text{C}$	Carbono				
$^{32}_{16}\text{S}$	Azufre				

Por ejemplo, en la naturaleza existen tres isótopos diferentes del hidrógeno: el hidrógeno-1 o protio, el hidrógeno-2 o deuterio y el hidrógeno-3 o tritio (el número que sigue al guión indica el número másico de cada isótopo).

		
${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$
Hidrógeno o protio. Es el isótopo más abundante (99,98%). En su núcleo hay solo un protón . Es el único átomo que no posee ningún neutrón.	Deuterio. En su núcleo hay un protón y un neutrón. En la naturaleza existe un átomo de deuterio (D) cada 5.000 átomos de H.	Tritio. Es inestable. En su núcleo hay un protón y dos neutrones. Existen muy pequeñas cantidades en la naturaleza. Se puede producir artificialmente por medio de reacciones nucleares.

 protón  neutrón

Observen que lo que define a estos modelos como representaciones de átomos de hidrógeno es que poseen **un protón**.

Elemento

Los químicos pueden utilizar el término **elemento** en dos sentidos diferentes. El primero se refiere al nivel atómico y está vinculado con la cantidad de protones en el núcleo, es decir, es el conjunto de todos los átomos que tienen la misma cantidad de protones y de electrones en su estructura. Por ejemplo, todos los átomos de cobre tienen 29 protones en su núcleo, 29 electrones fuera de este y las mismas propiedades químicas. Se considera que pertenecen al mismo elemento.

Por otra parte, cada elemento tiene un nombre y se representa con un símbolo que es igual en todos los países del mundo. Los elementos se representan con una letra mayúscula, y en aquellos casos que dos de estos tienen la misma letra inicial, se agrega una segunda en minúscula. Por ejemplo, el elemento carbono se representa con la letra C. Al elemento cromo, cuyo nombre también empieza con la letra C, se le agrega una r para distinguirlo del carbono, de tal manera que se representa Cr.

La IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada), acepta la palabra elemento como la sustancia simple o elemental. Por ejemplo, el hidrógeno se refiere a la sustancia hidrógeno, un gas a temperatura ambiente, incoloro, inodoro y muy combustible. Pero en el nivel macroscópico el término elemento se refiere a las sustancias simples y sus propiedades. Por ejemplo, el elemento hierro o la sustancia elemental hierro es un metal maleable, gris plateado, que es atraído por un imán.

Los globos y el hidrógeno

El dirigible Hindenburg contenía hidrógeno en su interior. Poco antes de aterrizar en Nueva Jersey el 6 de mayo de 1937, una chispa provocó el incendio que lo hizo arder en cuestión de segundos.

En el siguiente sitio podrán acceder a un video que muestra lo sucedido.

http://www.dailymotion.com/video/x1wqp2_incendio-dirigible-hindenburg-1937_events o en <http://www.youtube.com/watch?v=ywLwFXcoSQw> (Fecha de la última visita: 29 de octubre de 2015).



Los *kobolds*, según la mitología germana, eran espíritus menores que habitaban en cuevas y casas. Se dedicaban a las labores del hogar a cambio de comida y leche. Si no se les daba de comer, se vengaban de los dueños de casa.



Recipiente pintado con *kohl*.

Actividades

1. Busquen y anoten los símbolos de todos los elementos que fueron mencionados en esta página.

Los nombres de los elementos: de aquí y de allá, historias para contar

Los *kobolds*, unos duendes muy hacendosos

Se cree que Paracelso fue el primero en describir las propiedades del zinc y en aislar el arsénico metálico. También detalló las propiedades del bismuto –aunque él no sabía que se trataba de una sustancia elemental o simple– y las del *kobold* (cobalto), aunque los compuestos de este metal se conocían desde tiempos remotos y eran usados por egipcios y griegos para teñir cristales de un delicado color azul. La palabra cobalto deriva del vocablo griego *kobalós*, nombre que los mineros les daban a los duendes subterráneos, que se creía eran los responsables de derrumbes y explosiones. Los mineros pensaban que todos los compuestos del cobalto eran muy venenosos y eran colocados en las minas por los *kobalós* o *kobolds*.

De la cosmética a la farmacopea

Los compuestos de antimonio, como el sulfuro, eran conocidos en Oriente Medio desde épocas remotas, y las mujeres los usaban para delinear sus ojos y resaltar las cejas. Incluso hay referencias a estas prácticas en *La Biblia*. El nombre en árabe de esta sustancia con la que se maquillaban era *kohl*. Luego de varias derivaciones esta palabra se aplicó a los líquidos volátiles, destilados, y finalmente, al líquido destilado *al-kohl*, que hoy conocemos como alcohol.

Los orígenes de la palabra antimonio son bastantes originales. Luego de concluir su tarea, el abate y alquimista del siglo xv, Basil Valentinus (hoy se sabe que su verdadero nombre era John Thölde), arrojó los recipientes con los que estaba trabajando a través de la ventana. Los cerdos que criaba se intoxicaron con los restos que contenían los recipientes, y se enfermaron. Cuando se recuperaron, comieron en exceso y engordaron. Valentinus creyó que esta era la forma correcta de engordar a los cerdos del monasterio en vísperas de Navidad, pero luego pensó que sería aún mejor que los monjes a su cargo engordaran un poco e incorporó antimonio en sus dietas de manera secreta. Pero algunos de los monjes, debilitados por los ayunos, murieron. La sustancia recibió el nombre de *anti-monakhos*, anti monjes. Otros autores señalan que el nombre de antimonio ya era mencionando por Constantino de África, en su traducción de la farmacopea de Avicena.

Portador de luz

En 1669, un alquimista alemán llamado Henning Brand, en su búsqueda de la piedra filosofal para fabricar oro, tuvo la extraña idea de que podría encontrarla en la orina humana.

Brand dejó reposar una muestra de orina durante dos semanas. Luego la calentó hasta su ebullición y de esta manera eliminó el agua, con lo que quedó un residuo sólido que mezcló con arena. Lo calentó y observó la aparición de vapores, que al ser recogidos y enfriados, generaron un sólido blanco. Al anochecer, ese sólido blanco brillaba en la oscuridad. El elemento que había obtenido Brand era el fósforo (llamado así por la voz griega *phosphóros*, que significa "portador de luz").

Poniendo un poco de orden

Los científicos estuvieron ocupados y preocupados durante siglos por encontrar un criterio aceptable para clasificar los elementos. Pero este no podía ser aleatorio, sino que debía agruparlos de manera tal que no fuera necesario conocer las propiedades de cada uno.

A comienzos del siglo XIX el químico alemán Johann Döbereiner encontró grupos de tres elementos, a los que llamó tríadas, con propiedades semejantes y en los cuales el peso atómico de uno de ellos era el promedio de los pesos atómicos de los otros dos. Una de estas tríadas fue la integrada por los elementos azufre, selenio y telurio. Como solo encontró tres tríadas, los científicos de la época supusieron que sus hallazgos fueron pura coincidencia.

Pasada la mitad del siglo XIX, el científico inglés John Newlands observó que ordenando los elementos de menor a mayor peso atómico, las propiedades se repetían cada ocho elementos. Es decir, el octavo elemento de su lista tenía propiedades semejantes al primero, el noveno al segundo y así sucesivamente. También comparó esta regularidad de comportamiento con las notas de la escala musical y entonces enunció la llamada Ley de las octavas. Como algunos elementos no encajaban en los lugares que él previó, fue necesario seguir la búsqueda.

La tabla de Mendeleiev

En el año 1869, el ruso Dimitri Mendeleiev ordenó los elementos conocidos en su época según su peso atómico creciente. Así, los que presentaban propiedades químicas similares quedaban en una misma columna de la tabla.

Ubicó en esa tabla todos los elementos conocidos hasta ese momento y logró organizarlos en columnas de familias definidas, con propiedades comunes. Para llevar a cabo esta tarea, Mendeleiev trabajó contando con los antecedentes de las propuestas de Johann Döbereiner (en 1817) y de John Newlands (en 1864).



Johann W. Döbereiner
(1780-1849).



John Alexander Reina Newlands
(1838-1898).

H hidrógeno 1						
Li litio 7	Be berilio 9	B boro 11	C carbono 12	N nitrógeno 14	O oxígeno 16	F flúor 19
Na sodio 23	Mg magnesio 24	Al aluminio 27	Si silicio 28	P fósforo 31	S azufre 32	Cl cloro 35,5

Propuesta de
Mendeleiev.

Actividades

1. ¿Qué información brinda el 23 para el peso atómico del sodio? Una pequeña ayuda: recuerden cuál fue la unidad propuesta por Dalton para la escala de pesos atómicos relativos.

1					
2				C	
3			Al	Si	
4		Ti	Ea	Es	
5			In	Sn	
6			Pb		

En verde, los símbolos de algunos de los elementos propuestos por Mendeleiev para ocupar los "huecos" en la tabla, el eka-aluminio debajo del aluminio (Ea), y el eka-silicio (Es) debajo del silicio.

Actividades

1. Busquen los nombres y símbolos actuales de los dos elementos cuya existencia predijo Mendeleiev.

Elementos propuestos por Mendeleiev

Mendeleiev observó que, en algunos casos, no coincidían las propiedades de un elemento con las de los otros que formaban la misma columna, de acuerdo con el orden de los pesos atómicos. Entonces, muy confiado en que su propuesta era correcta, dejó lugares vacíos ("huecos") de manera que los elementos conocidos quedaran bien ubicados según sus propiedades. Además, predijo las propiedades de esos elementos faltantes que, según él, aún no se conocían. Años más tarde, cuando fueron descubiertos esos elementos y se confirmaron las predicciones de Mendeleiev, su tabla fue aceptada de buen grado por sus colegas.

La tabla de Mendeleiev incluyó 66 elementos, los conocidos en su época. Así, los científicos pudieron empezar a predecir algunas de las propiedades de los elementos con solo observar su posición en la tabla. A comienzos del siglo xx ya se habían incorporado unos 30 elementos más a la lista original.

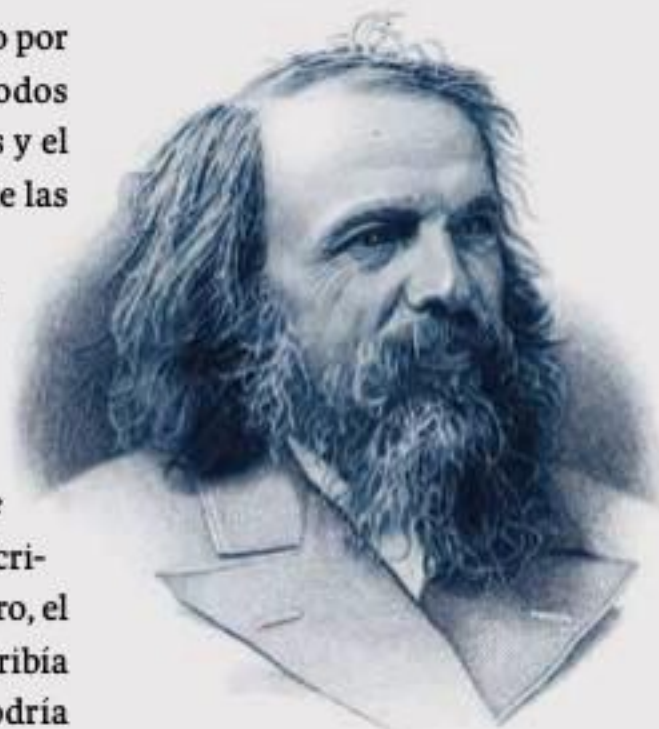
A pesar de su gran éxito, las primeras versiones de esta tabla mostraron algunas deficiencias. En algunos casos, para mantener en una misma columna elementos con características semejantes, había que invertir el orden establecido por el peso atómico, por ejemplo, el telurio que tuvo que ser colocado antes que el yodo aunque su peso atómico era mayor. Estas discrepancias evidenciaban que debía haber otra propiedad, diferente del peso atómico, que fuera la base de la periodicidad que se observaba en las propiedades de los elementos.

Dimitri I. Mendeleiev: retrato de un científico

Dimitri Ivanovich Mendeleiev nació en Tobolks, Siberia, el 8 de febrero de 1834. Fue el menor de 14 o 17 hermanos —no hay datos fehacientes—. Su padre murió cuando era pequeño y fue su madre quien se hizo cargo de sus estudios. Fue rechazado en la Universidad de Moscú y, con mucho esfuerzo, logró entrar en la de San Petersburgo. Luego de recibirse, viajó a Francia y a Alemania, donde trabajó con los químicos más prestigiosos de la época. Más adelante regresó a Rusia y fue uno de los mejores conferenciantes de Eu-

ropa. También se hizo famoso por la aplicación de nuevos métodos para la fabricación de quesos y el aumento en el rendimiento de las cosechas.

En su época, Rusia se encontraba científicamente muy atrasada, por lo que Mendeleiev se abocó a escribir el libro *Los principios de Química*. Inició su trabajo describiendo las propiedades del cloro, el bromo y el yodo. Mientras escribía su obra, se planteaba cómo podría organizar los elementos para facilitar su estudio.



Dimitri Ivanovich Mendeleiev
(1834-1907)

En la actualidad, la tabla periódica es una herramienta de mucha utilidad ya que informa de manera clara y ordenada muchas de las propiedades de los elementos, como veremos en las siguientes páginas.

La tabla periódica actual

La tabla de Mendeleiev fue y es reconocida como un trabajo excepcional. Si bien tuvo un gran éxito, esta ha sufrido varias modificaciones hasta llegar a la tabla utilizada en la actualidad, en la que los elementos están ordenados según su número atómico creciente. Este número es el que caracteriza a cada elemento y coincide con el número de orden en la tabla periódica.

La tabla periódica actual tiene casilleros. Cada uno de estos corresponde a un elemento, que está representado por su **símbolo**. Además, dentro de cada uno de los casilleros suelen encontrarse otras informaciones como la masa atómica relativa y la distribución electrónica por niveles (ver figura al lateral).

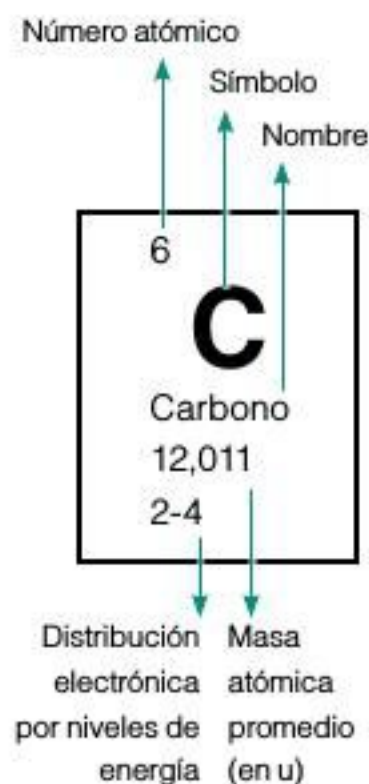
La tabla periódica está dividida en filas (**períodos**) y en columnas (**grupos**). Hay 18 grupos que actualmente están numerados consecutivamente del 1 al 18. En algunas tablas todavía se mantiene la denominación anterior, en la que se utilizaban números romanos seguidos de la letra A o la B. Por ejemplo, el grupo 1 era el IA y el grupo 5, el VB.

Los elementos que pertenecen a los grupos 1 y 2, y los del grupo 13 al 18, se denominan **elementos representativos** (son los grupos que antes se diferenciaban con la letra A). Los del grupo 3 al 12 se denominan **elementos de transición** (ex grupos B) y los lantánidos y actínidos, **elementos de transición interna**.

Los elementos de un mismo grupo poseen propiedades similares, por lo que se dice que forman **familias**. Con este criterio, los elementos que forman el grupo 1 se llaman **metales alcalinos**; los del grupo 2, **metales alcalinotérreos**, y los del grupo 17 se denominan **halógenos**. A los que pertenecen al grupo 18 se los conoce como **gases raros**, **gases inertes** o también **gases nobles** (aunque se prefiere esta última denominación). El resto de los grupos se designan como la familia del primer elemento del grupo, por ejemplo, el grupo 14 es la familia del carbono.

Hay siete períodos que tienen distinto número de elementos. Se numeran del 1 al 7. En los períodos 6 y 7, luego del lantano y el actinio, los 14 elementos siguientes se encuentran separados en dos filas que constituyen dos familias: los **lantánidos** y los **actínidos**.

El séptimo período se encuentra aún incompleto y en este se van incorporando los nuevos elementos.



	1 H (1 A)																	18 (VIII A)	
1		2 (II A)																	1
2	Li (1 A)	Be (II A)																Ne (18 A)	2
3	Na (1 A)	Mg (II A)																Ar (18 A)	3
4	K (1 A)	Ca (II A)	3 (III B)	4 (IV B)	5 (V B)	6 (VI B)	7 (VII B)	8 (VIII B)	9 (VIII B)	10 (VIII B)	11 (I B)	12 (II B)						Kr (18 A)	4
5	Rb (1 A)	Sr (II A)	Y (III B)	Zr (IV B)	Nb (V B)	Mo (VI B)	Tc (VII B)	Ru (VIII B)	Rh (VIII B)	Pd (VIII B)	Ag (I B)	Cd (II B)	In (III A)	Sn (IV A)	Sb (V A)	Te (VI A)	I (VII A)	Xe (18 A)	5
6	Cs (1 A)	Ba (II A)	La (f)	Hf (IV B)	Ta (V B)	W (VI B)	Re (VII B)	Os (VIII B)	Ir (VIII B)	Pt (VIII B)	Au (I B)	Hg (II B)	Tl (III A)	Pb (IV A)	Bi (V A)	Po (VI A)	At (VII A)	Rn (18 A)	6
7	Fr (1 A)	Ra (II A)	Ac (f)	Rf (IV B)	Db (V B)	Sg (VI B)	Bh (VII B)	Hs (VIII B)	Mt (VIII B)	Ds (VIII B)	Rg (I B)	Cn (II B)	Uut (III A)	Fl (IV A)	Uup (V A)	Lv (VI A)		Uuo (18 A)	7

Ce (f)	Pr (f)	Nd (f)	Pm (f)	Sm (f)	Eu (f)	Gd (f)	Tb (f)	Dy (f)	Ho (f)	Er (f)	Tm (f)	Yb (f)	Lu (f)
Th (f)	Pa (f)	U (f)	Np (f)	Pu (f)	Am (f)	Cm (f)	Bk (f)	Cf (f)	Es (f)	Fm (f)	Md (f)	No (f)	Lr (f)

En este libro pueden encontrar una tabla periódica para que la usen cuando la necesiten.

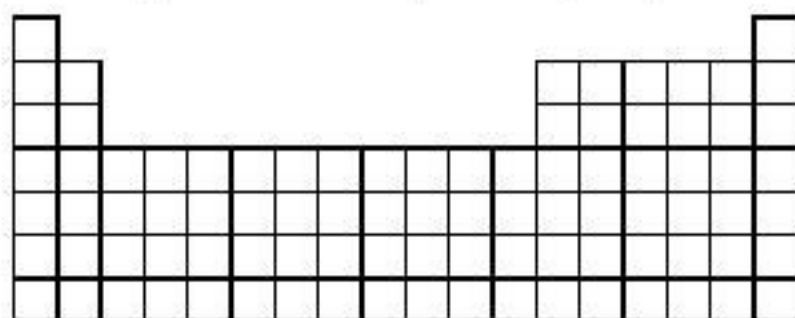
Distribución electrónica y ubicación en la tabla periódica

Si se observa la tabla periódica, se puede ver que el número de período al que pertenece un elemento coincide con el número del nivel de energía de los electrones más externos de sus átomos. Por ejemplo, para el Si ($Z = 14$), que pertenece al tercer período, la distribución electrónica es 2-8-4. El mayor nivel de energía, correspondiente a sus electrones, es el 3. Son tres los niveles de energía en los que están distribuidos sus electrones.

Para los elementos representativos, el grupo al que pertenecen puede determinarse a partir de la cantidad de electrones que tienen los átomos en el mayor nivel de energía. Para los elementos de los grupos 1 y 2, el número coincide; en el caso de los elementos de los grupos 13 a 18 se debe sumar 10 a la cantidad de electrones que poseen en el mayor nivel de energía, para así obtener el número de grupo. Por ejemplo, en un átomo de Na ($Z = 11$) la distribución electrónica es 2-8-1 y pertenece al grupo 1 (ex IA). En un átomo de Cl ($Z = 17$), es 2-8-7 y corresponde al grupo 17 (ex VIIA).

Actividades

1. En el esquema de la tabla periódica, ubiquen:



- a. el tercer metal alcalino;
- b. el segundo halógeno;

c. el casillero del grupo 5 y período 3.

2. Para cada uno de los casos del punto 1, indiquen el nombre, el símbolo y el número atómico del elemento.

3. ¿Cuál suponen que es el motivo por el cual los isótopos se denominan así? Una ayudita: el prefijo "iso" significa igual y "topos" significa lugar.

4. Elijan cuatro elementos representativos (incluyan en su elección un gas noble y un halógeno), dos de transición y dos de transición interna, y busquen información sobre su descubrimiento y utilidad.

Símbolo del elemento	Nombre del elemento	Z	Grupo	Período	Cantidad de electrones más externos	Mayor nivel energético
			1			2
				2	7	
			13			3
				4	1	
			2	6		
				3	2	

b. Ubiquen los elementos en un esquema de tabla periódica como el de la actividad 1.

Para conocer más

De Florian, D.; *Una expedición al mundo subatómico*. Colección Ciencia joven N° 1, Eudeba, Buenos Aires, 2006.

Strathern, P.; *El sueño de Mendeleiev, de la Alquimia a la Química*. Siglo XXI de España Editores, Madrid, 2000.

Ideas básicas

- ▶ Los modelos atómicos son representaciones que utilizan los científicos para entender la estructura de la materia y explicar sus propiedades.
- ▶ Los átomos están formados por partículas más pequeñas, entre estas, los protones, los neutrones y los electrones. Los neutrones y los protones están formados por quarks.
- ▶ El número atómico (Z), indica la cantidad de protones en un átomo. Todos los átomos de un elemento tienen el mismo número atómico. El número másico (A) indica el total de protones más neutrones que hay en el núcleo de un átomo.
- ▶ Los isótopos son átomos de un mismo elemento que difieren en la cantidad de neutrones y, por lo tanto, en su peso (masa).
- ▶ Todos los elementos conocidos hasta el momento se encuentran organizados en la tabla periódica en períodos y grupos.

Actividades de integración

1. En una mesa de un bar, se escucha la siguiente conversación entre dos personas:

—“Como te iba diciendo, ayer mientras jugaba a las bochas, se me ocurrió, al observar las bolas de madera, que la materia no puede ser infinitamente divisible: debe de haber un punto más allá del cual no podemos dividirla más. Pensé en la existencia de partículas indivisibles de materia; o sea, pensé en átomos. Disfrutaba del juego, pero mi cabeza no podía dejar de pensar en estas ideas.

—Pero mi buen amigo, si fueran indivisibles, es decir, si no estuvieran formadas por partículas más pequeñas, ¿cómo podría ser que el hecho de considerar ciertas órbitas estables o estados estacionarios explique que los electrones puedan no emitir energía aunque estén en movimiento? Es más, podría justificar los espectros de líneas en base a que la emisión de luz observada depende de la diferencia de energía entre los distintos estados estacionarios, de los saltos cuánticos...”

¿A qué científicos podrían pertenecer los comentarios del diálogo? ¿Pudo haber sido real? ¿Por qué?

2. Elaboren una línea de tiempo en la que estén indicados los diferentes modelos atómicos, y también algunos acontecimientos relevantes (científicos o no) de los últimos 300 años.

3. Completen la siguiente tabla:

Modelos atómicos de principio del siglo XX	
Modelo atómico de Rutherford	Modelo atómico de Bohr
¿En qué se parecen?	
¿En qué difieren?	

Estructura de las sustancias

5

Contenidos

- > Uniones químicas
- > Electronegatividad
- > Uniones iónicas y covalentes
- > Geometría molecular
- > Fuerzas intermoleculares
- > Unión metálica
- > Alotropía del carbono: diamante, grafito, fullerenos y otros

Por donde quiera que caminemos, a nuestro alrededor podemos ver muchos materiales con propiedades diferentes.

Los materiales son sistemas constituidos por sustancias, pero... ¿Por qué existen sustancias con diferentes propiedades? ¿Por qué no se comportan todas igual?

¿Por qué, a una misma temperatura, el alcohol es líquido, el oxígeno es gaseoso y el azúcar es sólido?

¿Por qué con el grafito se puede escribir y con el diamante no, a pesar de que ambos están formados por átomos de carbono? ¿Es lo mismo grafito que grafeno?

¿Por qué algunas sustancias se disuelven en agua y otras no? ¿Por qué las manchas de grasa no salen con agua?

¿Todas las sustancias están formadas por moléculas? ¿Qué son los iones? ¿Cómo están unidos los átomos entre sí? ¿Qué forma tienen las moléculas?

¡Cuántas preguntas! ¿Tenemos las respuestas?

EN ESTE CAPÍTULO...

Se estudiarán cómo se unen los átomos para formar las diferentes sustancias, tanto las que están compuestas por iones como las moleculares. También se analizarán la geometría molecular y las interacciones intermoleculares. Además, se explicarán algunas propiedades de las sustancias sobre la base de su estructura.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C5/>



Las uniones químicas

Las diversas sustancias tienen propiedades distintas. Esto depende tanto de los elementos que las constituyen como de la forma en que estos se unen. En el caso de las sustancias moleculares, sus propiedades también tienen relación con las interacciones que existen entre las moléculas.

Cuando un átomo de oxígeno se une a dos átomos de hidrógeno, se forma una molécula de agua. Los átomos de oxígeno y de hidrógeno se unen a través de una fuerza llamada **enlace** o **unión química**. Como se irá estudiando a lo largo de este capítulo, no todas las sustancias están formadas por moléculas.

Sin embargo, una buena forma de comenzar a adentrarnos en el tema es entender cuál es la razón por la que se unen los átomos.

Un octeto para explicar las uniones químicas

A principios del siglo xx, los químicos Gilbert Lewis y Walter Kossel intentaban explicar las uniones químicas. Ellos observaron que los gases nobles como el helio, el neón o el kriptón, estaban formados por átomos que, en condiciones ambientales, prácticamente no se combinaban ni se unían con otros. Se preguntaron qué tenían en particular esos átomos.



Mientras mira el mar, Bianca se pregunta si la estructura de la mina del lápiz es distinta a la del agua y, a su vez, a la de los cristallitos de sal.



Gilbert Newton Lewis (1875-1946) fue un fisicoquímico estadounidense que propuso los llamados diagramas de puntos (también conocidos como estructuras de Lewis) para representar las uniones químicas.



Walter Kossel (1888-1956) fue un físico alemán que realizó trabajos sobre los rayos X y radiación gamma. Además, estudió la estabilidad de los enlaces químicos y elaboró la teoría de la electrovalencia.

Actividades

1. Con la ayuda de la tabla periódica, registren en sus carpetas cuál es el grupo, el período y la configuración de electrones por niveles de energía, de los átomos de los elementos argón y kriptón. ¿Qué tienen en común?

Todos los átomos pertenecientes a los elementos del grupo 18 poseen 8 electrones en el nivel de energía más alto, a excepción de los átomos de helio, que tienen 2 electrones en un único nivel de energía. Los científicos suponían que esta característica estaba asociada a la estabilidad y que la unión entre átomos se realizaba de manera tal que estos adquirieran la distribución electrónica de los átomos del gas noble de número atómico más cercano. Esta idea fue introducida por Gilbert Lewis y Walter Kossel en 1916 y se conoce con el nombre de **regla del octeto**. Como toda regla, posee limitaciones, es decir, no se cumple para todos los casos. Sin embargo sí es válida en la mayoría de las situaciones, en particular, en el caso de los átomos de los elementos representativos.

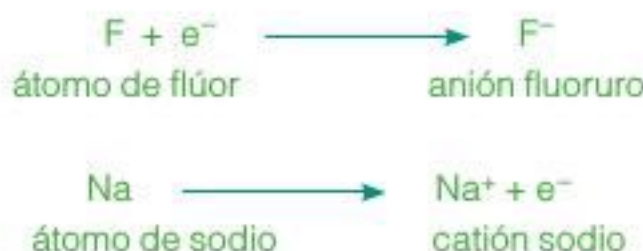
La formación de iones

Teniendo en cuenta la regla del octeto se puede pensar en la posibilidad de que un átomo adquiera o pierda uno o más electrones, y logre así una estructura electrónica más estable.

Es posible analizar algunos ejemplos haciendo uso de la tabla periódica.

Distribución de los electrones por niveles de energía		Según la teoría del octeto los átomos tienden a...	Adquieren carga, se transforman en iones...	Representación de los iones
Átomos del elemento	Átomos del gas noble de Z más cercano			
Cloro, 2. 8. 7	Argón, 2. 8. 8	"ganar" un electrón	con una carga negativa, aniones cloruro	$\left[\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ :\text{Cl}: \\ \cdot\cdot \end{array} \right]^{-}$
Sodio, 2. 8. 1	Neón, 2. 8	"perder" un electrón	con una carga positiva, cationes sodio	Na^{+}
Calcio, 2. 8. 8. 2	Argón, 2. 8. 8	"perder" dos electrones	con dos cargas positivas, cationes calcio.	Ca^{2+}

Una forma de representar el proceso de ganancia o pérdida de electrones es la siguiente:



Los cationes* y aniones* se atraen por tener cargas eléctricas opuestas y generan los llamados **compuestos iónicos**, por ejemplo el cloruro de sodio (NaCl), que es el principal componente de la sal de mesa.

La electronegatividad

En el capítulo anterior se han estudiado algunas de las propiedades de los elementos y su relación con su ubicación en la tabla periódica, por ejemplo, el número atómico, por citar una de ellas.

Una de las propiedades más útiles para predecir el tipo de uniones que pueden formar los átomos de un elemento es la **electronegatividad**. Esta es una medida de la intensidad con la que los átomos atraen electrones en la unión química de la que participan. Esta propiedad se mide con una escala relativa que toma valores entre 0 y 4, que fue propuesta por Linus Pauling (1901-1994).

El elemento más electronegativo es el flúor (valor 4), y sus átomos atraen con gran intensidad a los electrones en un enlace químico.

A los elementos de baja electronegatividad se los denomina **elementos metálicos** o **metales**, mientras que a los de alta electronegatividad se los llama **elementos no metálicos** o **no metales**. La electronegatividad de los gases nobles o gases inertes se considera cero.

Glosario

anión: especie química que se forma cuando un átomo o conjunto de átomos adquiere carga eléctrica al ganar electrones. Tiene carga eléctrica negativa.

catión: especie química que se forma cuando un átomo o conjunto de átomos adquiere carga eléctrica al ceder electrones. Tiene carga eléctrica positiva.

Actividades

1. ¿En qué zona de la tabla periódica están ubicados los elementos más electronegativos?
2. ¿Cuál de los elementos representativos metálicos es el de menor electronegatividad? Indiquen su nombre, su símbolo y en qué período y grupo se encuentra.

Los iones y la conductividad eléctrica



Cristales de hialita, mineral formado por cloruro de sodio.

El indicador de conductividad consta de 2 pilas chicas comunes de 1,5 V, un portapilas, 2 cables y 1 led (se consigue en comercios de electrónica). Constituye un circuito abierto, que se cierra con los materiales cuya conductividad eléctrica se ensaya. Se puede usar también una batería de 9 V y una lamparita de linterna adecuada.



Indicador de conductividad.

Necesitarán:

- ▶ indicador de conductividad eléctrica (ver la figura al lateral en esta página);
- ▶ 3 vasos de precipitados o vasos de plástico descartables;
- ▶ espátula o cucharita;
- ▶ papel de cocina o servilletas de papel;
- ▶ varillas de vidrio o revolvedores de plástico descartables;
- ▶ 3 vidrios de reloj o platitos;
- ▶ agua destilada (agua pura);
- ▶ sustancias: ioduro de potasio, cloruro de sodio, y óxido mercúrico o ioduro de plomo.



Paso 1. Describan las características de cada sustancia a temperatura ambiente, respecto de su estado de agregación.

Paso 2. Para comprobar la solubilidad en agua en cada caso, tomen una pequeña porción de sustancia (una cucharadita o punta de espátula) y colóquenla en un vaso de precipitados con 100 ml de agua destilada aproximadamente. Agiten y observen. ¿Se disuelve? ¿En qué caso/s se formó una solución? ¿Cómo lo saben?

Paso 3. Para probar la conductividad eléctrica de cada sustancia a temperatura ambiente, se puede utilizar un simple dispositivo. Coloquen los electrodos (terminales) en contacto con la sustancia (como indica la figura). Tengan la precaución de que los electrodos no se toquen entre sí y de limpiarlos con un trozo de papel de cocina al cambiar de sustancia, porque si no, los resultados no serían confiables. La sustancia ensayada es conductora de la corriente eléctrica si al tocarla con los electrodos se prende la lamparita del indicador de conductividad.

Paso 4. Para comprobar la conductividad de las soluciones acuosas que pudieron ser armadas en el paso 2, usen un procedimiento semejante al que usaron en el paso 3, pero con las sustancias disueltas en agua. Prueben primero la conductividad del agua destilada. Con los datos obtenidos, completen la siguiente tabla.

Sustancia	Estado de agregación	Soluble en agua Sí/No	Conduce la corriente eléctrica Sí/No	La solución acuosa conduce la corriente eléctrica Sí/No

Escriban las conclusiones en sus cuadernos o carpetas y discutan lo observado en pequeños grupos.

Un modelo para utilizar: algunas conclusiones del trabajo experimental

Las sustancias con las que trabajaron muestran, macroscópicamente, algunas propiedades semejantes: todas son sólidas a temperatura ambiente, y ninguna de ellas conduce la corriente eléctrica en ese estado, pero sí lo hacen cuando están disueltas en agua. Se puede entonces suponer que poseen algo en común: su estructura submicroscópica.

Los compuestos utilizados en la actividad experimental están formados por un elemento de alta y otro de baja electronegatividad. Son compuestos iónicos, constituidos por cationes y aniones de cargas opuestas, que se atraen entre sí por fuerzas de atracción muy intensas. Por eso, en el estado sólido, las partículas solo pueden moverse alrededor de determinadas posiciones; es decir, vibran, pero no se desplazan unas respecto de las otras. En ese estado no conducen la corriente eléctrica.

Por el contrario, cuando las sustancias están disueltas, los iones se separan y se mezclan con las moléculas de agua y se mueven libremente, lo que hace posible la conducción de la electricidad.

Sal, salinas. Apuntes interesantes...

Desde siglos atrás, el ser humano consideró a la sal de mesa (cloruro de sodio) como un bien preciado. Cuando no había heladeras ni conservantes se usaba para evitar la descomposición de la carne de vaca o de pescado. También se conservaban así aceitunas, cebollas y otros vegetales que se guardaban en **salmuera***.

Ya en el Imperio Romano, se les pagaba a los legionarios (soldados) con sacos de sal, y de allí viene la palabra "salario".

Hoy en día se utiliza la sal en diferentes industrias, como la de obtención de cloro, sodio, soda cáustica y ácido clorhídrico, conocido industrialmente como ácido muriático.

En nuestro país existen grandes extensiones de salinas* que tienen como principal componente el cloruro de sodio.

Salinas Grandes

Se encuentran en el límite entre las provincias argentinas de Jujuy y Salta, en la llamada Puna Jujeña. Se hallan a 3.450 m de altura.

Originariamente, allí había lagunas con gran concentración de sales que provenían de la actividad volcánica. La evaporación paulatina de las aguas, hace 10 millones de años, dio origen al salar que alcanza 30 cm de espesor.

Actividades

1. Busquen información sobre la existencia de otras salinas en nuestro país. Averigüen si actualmente se explotan. Con la información obtenida armen un cuadro-resumen. No olviden mencionar las referencias completas de las fuentes de información utilizadas.

Glosario

oligoelemento: elemento químico que, en muy pequeñas cantidades, es indispensable para las funciones fisiológicas (por ejemplo, el selenio, el zinc o el aluminio).

salina: mina de sal.

salmuera: líquido que se prepara con agua y toda la sal que pueda ser disuelta en ella.

La sal de mesa y el yodo

El Código Alimentario Nacional y la Ley 17.259 determinan que la sal para consumo humano debe contener pequeñas cantidades de compuestos de yodo para evitar una enfermedad de la glándula tiroidea llamada bocio. La sal marina, que se obtiene por evaporación del agua de mar, contiene solo el 34% de cloruro de sodio, es muy rica en oligoelementos* y no requiere el agregado de yodo.



Salinas Grandes, Jujuy, Argentina.



El óxido de calcio, también conocido como cal viva, se usa en la construcción.

Actividades

1. Registren en sus carpetas los elementos que componen las sustancias del cuadro. Agrúpenlos de acuerdo con sus valores de electronegatividad: menor que 2,5 y mayor que 2,5. ¿Son sustancias simples o compuestas? ¿Por qué?

Los compuestos iónicos y la unión iónica

En la naturaleza se encuentran rocas y minerales que están formados por distintos elementos. ¿En qué se parecen la sal de mesa, los cristales de cloruro de potasio y la cal? Todos ellos son compuestos iónicos.

Observen las fórmulas y las fotografías de las sustancias que se indican a continuación y analicen: ¿qué tienen en común?

		
Cloruro de sodio. Sal de mesa.	Cloruro de magnesio. Se extrae de la sal marina.	Cloruro de potasio. Es un fertilizante de origen mineral.
NaCl	MgCl ₂	KCl

Todas las sustancias de las imágenes son sólidas a temperatura ambiente, y sus soluciones acuosas son conductoras de la electricidad. Estas sustancias están constituidas por un elemento de bajo valor y un elemento de alto valor de electronegatividad.

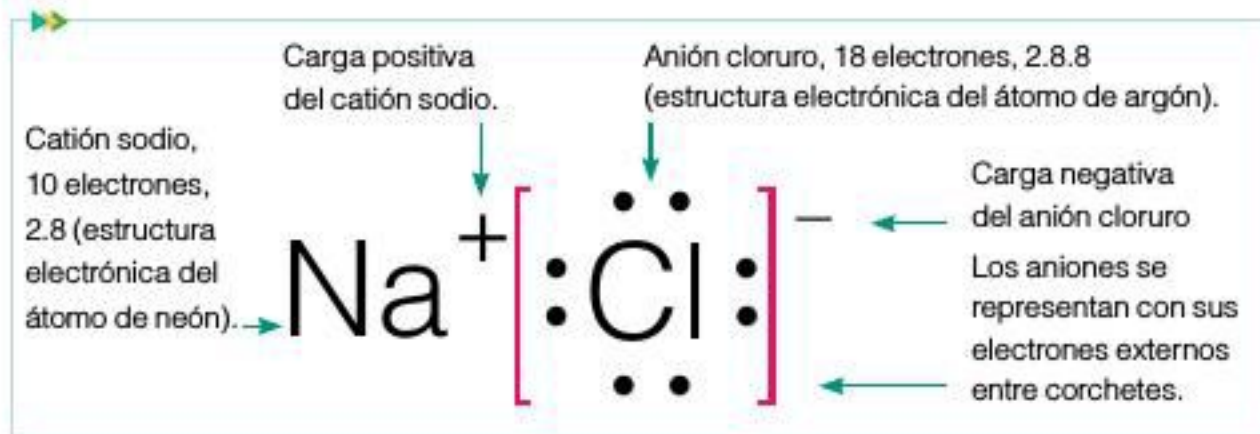
Cuando la diferencia de electronegatividad es igual o mayor que 2, se considera que los elementos están unidos por una unión iónica. Por ejemplo: la electronegatividad del sodio es 0,9 y la del cloro es 3,0. La diferencia de electronegatividad es 2,1, por lo tanto, la unión es iónica.



El lenguaje de los químicos: las fórmulas de Lewis

Para representar las uniones químicas se utiliza un modelo ideado por Lewis y Kossel, que consiste en escribir el símbolo del elemento al cual pertenece el átomo, rodeado con puntos que representan los electrones de mayor energía, o sea, los más externos.

El átomo de sodio posee un electrón en el nivel más externo mientras que el de cloro tiene 7. Si se compara su distribución electrónica con la de los átomos de los gases nobles de números atómicos más cercanos, el neón (Z = 10), el sodio (Z = 11), el argón (Z = 18) y el cloro (Z = 17), se puede decir que si el átomo de sodio pierde su electrón del nivel más alto y el de cloro capta un electrón, adquieren configuraciones electrónicas más estables. Se forman el catión sodio (por pérdida de un electrón) y el anión cloruro (por ganancia de un electrón).



Por lo tanto, si el átomo de sodio pierde un electrón y el átomo de cloro gana uno, se produce una **unión iónica**, que se puede representar con la **fórmula de Lewis** o **fórmula punteada**.

Los cationes corresponden a elementos de bajos valores de electronegatividad, es decir, elementos cuyos átomos tienen tendencia a ceder electrones.

Los aniones corresponden a elementos de altos valores de electronegatividad y sus átomos tienen tendencia a ganar electrones.

Los iones con cargas eléctricas opuestas se atraen con intensas fuerzas electrostáticas. Forman una “estructura espacial” en la que cada catión está rodeado por aniones y cada anión está rodeado por cationes. En el caso del cloruro de sodio, por cada catión sodio hay un ion cloruro.

Un concepto importante en Química es el de **número de oxidación**, que tiene que ver con la cantidad de electrones que cada átomo de un elemento involucra en las uniones químicas que establece al formar un compuesto. Por ejemplo, en las sustancias binarias iónicas, los números de oxidación de los dos elementos que las constituyen coinciden con la carga del ion.

Otra manera de representar la unión es por medio de la **fórmula mínima** o **fórmula empírica**. Esta fórmula muestra la proporción en la que se encuentran los iones en el compuesto. Cabe destacar que en la fórmula mínima de un compuesto iónico binario, los subíndices son los menores números enteros que guardan la relación mencionada. Si el número es 1 (uno), este no se escribe.

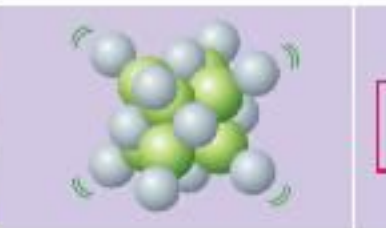
Algunos autores consideran que para que un compuesto binario (que está formado por átomos de dos elementos distintos) sea iónico, la diferencia entre los valores de electronegatividad de los elementos que lo forman debe ser mayor que 2,1. Otros autores toman como límite un valor de 1,8.

En el cloruro de sodio, el sodio tiene número de oxidación +1 y el cloro -1.

		$\text{Na}^+ \left[:\ddot{\text{Cl}}: \right]^-$	NaCl
Cristales de cloruro de sodio.	Modelo que representa los iones sodio y cloruro.	Fórmula de Lewis.	Fórmula mínima.

Diferentes niveles de representación: lo que vemos (los cristales), el modelo que representa las partículas que lo constituyen, y las fórmulas que utilizan los químicos.

La relación entre los iones no siempre es 1:1. Por ejemplo, la fluorita es un mineral cuyos cristales se usan con fines ornamentales (anillos, pulseras) y está constituido por fluoruro de calcio (CaF_2). En este compuesto, la relación es de 1 catión Ca^{2+} por cada 2 aniones F^- .

		$\left[:\ddot{\text{F}}: \right]^- \text{Ca}^{2+} \left[:\ddot{\text{F}}: \right]^-$	CaF_2
Fluoruro de calcio.	Modelo representativo de los iones calcio y fluoruro.	Fórmula de Lewis.	Fórmula mínima.

Las sustancias, en su conjunto, son eléctricamente neutras. En el CaF_2 el catión calcio tiene dos cargas positivas, y el ion fluoruro, una carga negativa; se necesitan dos iones fluoruro por cada ion calcio para formar este compuesto iónico.

En el fluoruro de calcio, el número de oxidación del calcio es +2 (el átomo de calcio pierde dos electrones para originar el catión) y el del fluoruro, -1 (el átomo de flúor gana un electrón para generar el anión). La suma total de los números de oxidación de los elementos que forman un compuesto neutro siempre es 0.

Algunas reglas para nombrar compuestos binarios

Los compuestos binarios oxigenados se nombran como **óxidos**, por ejemplo, el óxido de calcio (CaO), más conocido como **cal viva**.

Los compuestos iónicos binarios que no contienen oxígeno ni hidrógeno se denominan **sales** y se nombran asignando la terminación **-uro** al anión, por ejemplo, el cloruro de sodio (NaCl) o el sulfuro de potasio (K_2S).

Algunas sales están formadas por cationes provenientes de elementos que pueden tener más de un número de oxidación. Por ejemplo, el hierro puede dar origen a dos cationes: Fe^{2+} y Fe^{3+} . En estos casos, se indica el número de oxidación del elemento metálico con números romanos, o bien, el nombre del catión con el sufijo **-ico** para el mayor número de oxidación, y **-oso** para el menor.

Actividades

1. Escriban la fórmula de Lewis de los siguientes compuestos e indiquen los números de oxidación de los elementos que los forman:

a. sulfuro de sodio, Na_2S ;

b. cloruro de magnesio, MgCl_2 ;

c. sulfuro de calcio, CaS .

Nombre del compuesto	Fórmula de Lewis	Fórmula mínima	Número de oxidación del catión	Número de oxidación del anión
Óxido de calcio	$\text{Ca}^{2+} \left[:\ddot{\text{O}}: \right]^{2-}$	CaO	+2	-2
Cloruro ferroso o cloruro de hierro (II)	$\left[:\ddot{\text{Cl}}: \right]^{-} \text{Fe}^{2+} \left[:\ddot{\text{Cl}}: \right]^{-}$	FeCl_2	+2	-1
Cloruro férrico o cloruro de hierro (III)	$\left[:\ddot{\text{Cl}}: \right]^{-} \text{Fe}^{3+} \left[:\ddot{\text{Cl}}: \right]^{-} \left[:\ddot{\text{Cl}}: \right]^{-}$	FeCl_3	+3	-1

ASÍ SE CONSTRUYÓ LA QUÍMICA

Linus Pauling: una vida al servicio de los otros

Linus Pauling nació en 1901 en el estado de Oregon, Estados Unidos.

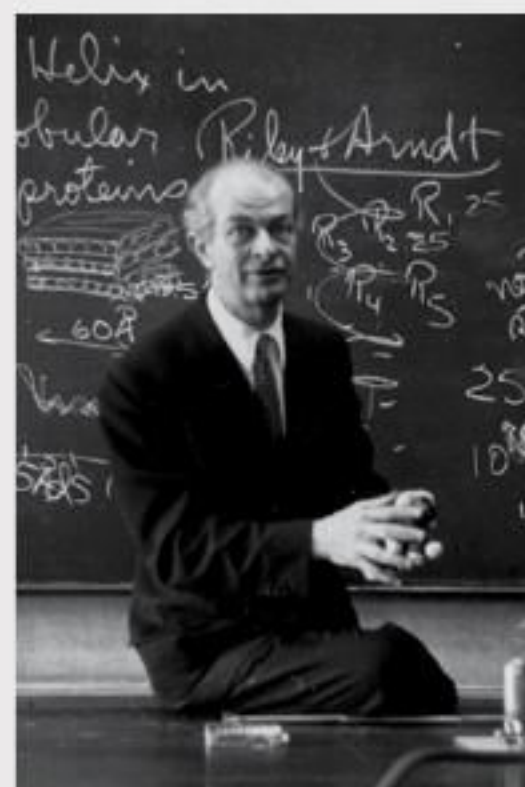
Luego de terminar sus estudios secundarios, ingresó a la universidad y se graduó en Ingeniería Química, en 1922. En los últimos años de carrera, estudió con interés los trabajos de Lewis y Langmuir sobre la configuración electrónica de los átomos y las uniones químicas. Luego se interesó en el estudio de las moléculas biológicas como la hemoglobina y también trabajó en la determinación de la estructura cristalina de compuestos iónicos. Por estos trabajos recibió por

primera vez el Premio Nobel de Química, en 1954.

Más tarde, en 1962, fue galardonado con el Premio Nobel de la Paz, en reconocimiento por su búsqueda de un tratado que prohibiera las pruebas nucleares.

Falleció en Portland en 1994, a la edad de 93 años.

Pueden ver el video de la ceremonia en la que recibió el Premio Nobel de la Paz en <http://nobelprize.org/mediaplayer/index.php?id=1107> (última visita: 29 de octubre de 2015).



Linus Pauling.

Relación entre las estructuras de las sustancias iónicas y sus propiedades

El conocimiento de las estructuras submicroscópicas de las sustancias iónicas ha permitido explicar sus propiedades macroscópicas, como el estado de agregación, la conductividad eléctrica, la dureza* y la fragilidad*.

Estado de agregación

Las sustancias iónicas son sólidas a temperatura ambiente, y tienen elevado punto de fusión. Por ejemplo, el punto de fusión del cloruro de sodio es 801 °C.

La unión iónica se caracteriza por la presencia de iones de signos opuestos que se atraen por fuerzas electromagnéticas. Para que un sólido iónico funda es necesario que los iones puedan moverse libremente, venciendo las fuerzas de atracción entre ellos. Estas fuerzas son muy intensas, por lo que es necesario entregar mucha energía para producir un cambio de estado.

En los cristales, cada ion está rodeado de otros con cargas opuestas, originando una estructura definida, característica de cada sustancia, que se repite en las tres dimensiones, en la que no se pueden distinguir unidades aisladas, como las moléculas. Los compuestos iónicos no son compuestos moleculares.

Conductividad eléctrica

Para que un material permita el pasaje de la corriente eléctrica, debe poseer partículas con carga eléctrica que tengan libertad de movimiento. Esto no ocurre en los compuestos iónicos en estado sólido ya que, como vimos, los iones no poseen libertad de desplazamiento. Por esta razón, los compuestos iónicos no conducen la corriente eléctrica cuando se encuentran en estado sólido.

Sin embargo, si se disuelven en agua o se funden (pasan al estado líquido), sus iones adquieren mayor libertad de movimiento y permiten el pasaje de la corriente eléctrica. Por este motivo, los compuestos iónicos fundidos y las soluciones acuosas que forman son conductores.

Dureza y fragilidad

Los compuestos iónicos se caracterizan por ser duros y frágiles. La dureza de los sólidos iónicos se explica por las intensas fuerzas de atracción entre los iones de cargas opuestas. Por otra parte, cuando se golpea un cristal de sal, los iones se desplazan ante el impacto; al aproximarse a otros del mismo signo, se repelen y el cristal se rompe en pequeños trozos.

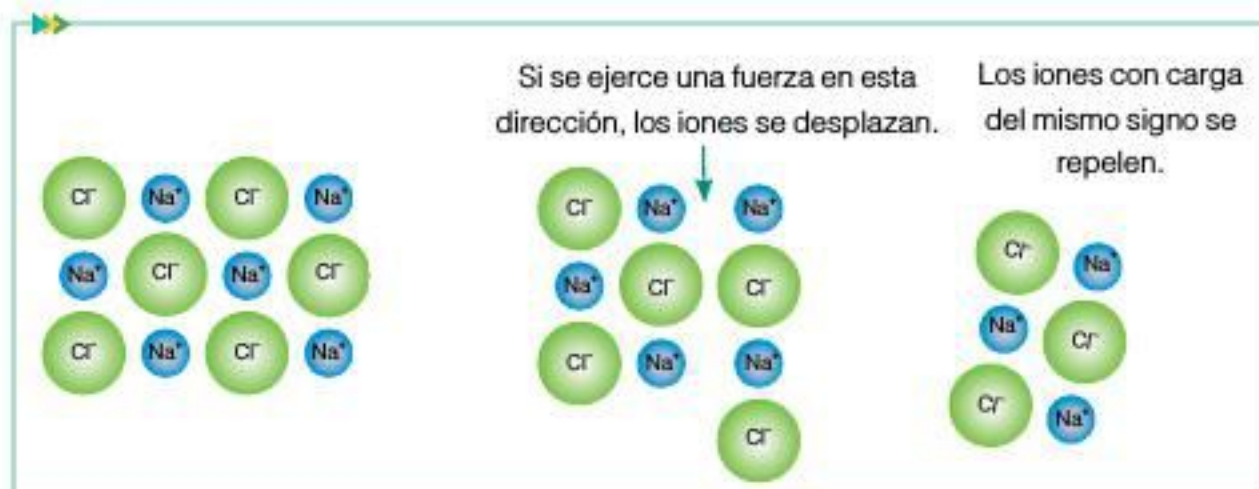


Imagen macroscópica y submicroscópica de un sólido iónico.

Glosario

dureza: propiedad de los materiales sólidos, que consiste en la resistencia a ser rayados en su superficie.

fragilidad: cualidad de los materiales que provoca que se rompan o fracturen cuando una fuerza impacta sobre ellos.

Sales y cristales

En la página 111 se hizo referencia a las Salinas Grandes. También existen importantes salinas (o salares) en otras partes del mundo. El más extenso es el salar de Uyuni, de 12.000 km², localizado en el departamento de Potosí, Bolivia.

¿Por qué reciben el nombre de salares estos sitios? Porque son extensiones donde hubo lagos, y al evaporarse el agua dejaron sobre el lecho original, depósitos de las sales que estaban disueltas. Entre estas sales no solo hay cloruro de sodio, sino también otros compuestos, como el cloruro de potasio y el yoduro de potasio, entre otros.

Habitualmente cuando hablamos de "sal" nos referimos al cloruro de sodio. Sin embargo, en Química no se usa esta palabra solamente para la sal de cocina, sino para un gran conjunto de sustancias que tienen características en común.

Las **sales binarias** son compuestos iónicos, formados por dos elementos distintos entre sí, en los que el elemento de mayor electronegatividad, que forma el anión, no es oxígeno ni hidrógeno. Por ejemplo, el cloruro de plata o el fluoruro de potasio.

También existen otras sales que son **ternarias**, es decir, que están compuestas por tres elementos distintos entre sí. Estas sales contienen el elemento oxígeno (formando parte del anión). Por ejemplo, el sulfato de cobre, una sal azul que se usa en solución como **antifúngico*** en árboles frutales, y que está constituida por cobre, azufre y oxígeno (su fórmula es CuSO₄). El carbonato de calcio, principal constituyente del mármol y de la piedra caliza (cuya fórmula es CaCO₃), también es un ejemplo de una sal ternaria.

En el mercado existen distintos tipos de sales para uso alimentario. Por ejemplo, las llamadas sales *light* o modificadas, que son aquellas que poseen bajo contenido en sodio y mayor proporción de otros cationes, como el potasio del cloruro de potasio.

Otras sales dietéticas indican en sus etiquetas que solo contienen el 0,03% de sodio. Tienen en su composición cloruro de potasio, cloruro de calcio, sulfato de magnesio y almidón de maíz. Se recomiendan para personas hipertensas (es decir, que tienen alta presión arterial).

Glosario

antifúngico o antimicótico:

compuesto que es capaz de evitar el crecimiento de hongos.

Actividades

1. Averigüen cuál es el motivo por el que se agregan compuestos de yodo a las sales de mesa.



Enfermos por el color: los pigmentos

Algunos de los pintores más reconocidos que vivieron en los siglos XIX y XX sufrieron problemas de salud muy severos, que hoy se cree que tuvieron estrecha relación con su trabajo.

Por ejemplo, es el caso del talentoso Pierre Auguste Renoir (1841-1919), uno de los más importantes artistas **impresionistas***. Este pintor sufría un reumatismo debilitante que lo confinó a una silla de ruedas. Sus manos se tornaron tan rígidas, que la única forma en que podía pintar era fijando un pincel a su brazo. Paul Klee (1879-1940) padecía una esclerosis progresiva. Anteriormente, Peter Rubens (1577-1640), un pintor flamenco, tuvo artritis reumatoidea.

¿Qué tenían en común todos estos artistas? Sus hábitos. En general, vivían en sus estudios donde comían y dormían. Además, muchos de ellos afinaban el pincel con la lengua, tomando contacto con los diferentes pigmentos. Usaban colores fuertes, vibrantes, especialmente el rojo y el amarillo. ¿Qué relación se pudo establecer entre estos colores y sus dolencias?

Para estudiarlo, los investigadores compararon a estos tres pintores con otros contemporáneos que no sufrieron estas enfermedades. Encontraron que los otros artistas no usaban tantos pigmentos amarillos y rojos. En el pasado, los pigmentos más brillantes provenían de sales o de óxidos de metales "pesados" (en general, del quinto o sexto períodos de la tabla periódica). Los efectos de daños potenciales de estos cationes en personas expuestas a ellos por largos períodos se encuentran muy bien documentados.

La exposición crónica al plomo se relaciona con el daño cerebral y otros tipos de desórdenes neurológicos. Algunos síntomas de envenenamiento con plomo se manifiestan como reumatismo y parálisis.

Otro punto a considerar es que los pintores habrían estado expuestos a la inhalación del polvillo de estos pigmentos, ya que vivían en sus talleres.

Glosario

impresionismo: movimiento plástico que se desarrolló a partir de la segunda mitad del siglo XIX en Europa. Se caracterizó por el intento de "atrapar" la luz. Fue bautizado por los críticos de arte de la época, a partir del cuadro de Monet *Impresión, sol naciente*.



Dos hermanas.
P. Renoir.
Art Institute
of Chicago,
Estados Unidos.

Los pigmentos rojos, en general, contienen cationes de mercurio, mientras que los amarillos tienen cationes de plomo o de cadmio.



Amarillo: oropimente, As_2S_3

Blanco: óxido de calcio, óxido de zinc, CaO , ZnO

Blanco: dióxido de titanio, no es tóxico, TiO_2

Rojo de cadmio: mezcla variable de sulfuro de cadmio, seleniuro de cadmio, CdS , $CdSe$

Bermellón, rojo de china: sulfuro de mercurio, HgS

Amarillo: sulfuro de cadmio, ioduro de plomo, CdS , PbI_2

Amarillo: Óxido de hierro (limonita), $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$

Rojizo ladrillo: óxido férrico, Fe_2O_3

Verde: óxido de cromo, Cr_2O_3





Modelo representativo de una molécula de amoníaco, NH_3 .



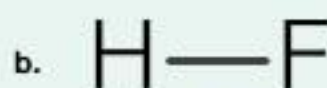
Modelo representativo de una molécula de cloro, Cl_2 .



Modelo representativo de una molécula de oxígeno, O_2 .



Modelo representativo de una molécula de metano, CH_4 .



a. Estructura de Lewis.

b. Fórmula desarrollada.

Se representa cada par de electrones compartidos por medio de una raya (un guion), se eliminan los electrones que no participan de las uniones.

c. Representación de la molécula de fluoruro de hidrógeno mediante el modelo de esferas.



El ácido fluorhídrico es extremadamente corrosivo y un veneno de contacto.

Las sustancias moleculares y la unión covalente

Algunas sustancias, como el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el hidrógeno (H_2), el fluoruro de hidrógeno (HF) y el amoníaco (NH_3), entre otras, presentan algunas propiedades similares entre sí. Por ejemplo, todas estas son gases a temperatura y presión ambientes. Las manifestaciones de las sustancias a nivel macroscópico tienen explicaciones a nivel submicroscópico.

Todas las sustancias mencionadas están formadas por elementos de altos valores de electronegatividad (para leer este apartado puede ser muy útil tener la tabla periódica a mano). Entre ellos no es posible la unión iónica (¿por qué?). En estos casos existe otro tipo de enlace entre los átomos, denominado **unión covalente**. Los átomos unidos de esta manera generan en muchos casos partículas discretas, formadas por una cantidad determinada de ellos, que son las **moléculas**. Estas moléculas pueden estar constituidas por átomos iguales o diferentes, dando lugar a sustancias simples o compuestas, respectivamente.

En general, los átomos de elementos de altos valores de electronegatividad ceden fácilmente los electrones más alejados del núcleo, llamados electrones externos, y los de bajos valores de electronegatividad los captan. ¿Cómo será la unión si ambos elementos tienen altos valores de electronegatividad? Tomemos el caso del fluoruro de hidrógeno: tanto los átomos de flúor como los de hidrógeno adquieren una estructura más estable cuando captan un electrón; entre ellos, entonces, no hay posibilidad de una transferencia electrónica.

Así como la unión iónica se basa en la transferencia de uno o más electrones de un átomo a otro, el enlace covalente se explica suponiendo que los átomos comparten uno o más pares de electrones. La idea es que el par, integrado por un electrón proveniente de cada átomo, se mueve alrededor de ambos núcleos participantes de la unión.

Cuando se escribe la estructura de Lewis, el par electrónico compartido se representa entre ambos símbolos.

En la llamada **fórmula desarrollada**, se simboliza el enlace covalente por medio de un segmento o una línea.

Química, tecnología y arte

El fluoruro de hidrógeno es un gas a temperatura ambiente. Disuelto en agua, forma una solución acuosa llamada ácido fluorhídrico. Este compuesto es muy corrosivo y disuelve el vidrio, por lo que se usa para grabar las divisiones de los termómetros o dibujar en objetos de este material. Por este motivo, debe almacenarse en pequeños frascos de polietileno o teflón, que son inertes, es decir, no reaccionan.

Para grabar vidrio con ácido fluorhídrico se procede de la siguiente forma: se coloca una plantilla sobre la superficie del vidrio. Luego, con un pincel y mu-

cho cuidado, se pinta la plantilla con el ácido, se deja reposar unos minutos para que actúe, se retira la plantilla y se lava el recipiente con agua y jabón.






Plantilla, lámina plástica muy delgada y calada, se usa para grabar vidrio y también para pintar con acrílico.

Los enlaces covalentes no siempre son simples

El cloro (elemento de $Z = 17$) tiene 7 electrones externos. Su configuración electrónica es 2.8.7, por lo que requiere un electrón para alcanzar la del átomo de argón, el gas noble con Z más próximo ($Z = 18$). En el caso del hidrógeno, la estructura más estable se alcanza con 2 electrones (configuración electrónica de los átomos de helio).



En el cloruro de hidrógeno, el átomo de cloro y el de hidrógeno comparten un par de electrones, pero en otros casos, los átomos comparten 1, 2 o 3 pares de electrones, de tal manera que todos alcancen 8 electrones en su capa más externa (o 2, si corresponden al primer nivel de energía). En la siguiente tabla se muestran algunos ejemplos.

Sustancia	Fórmula molecular	Estructura de Lewis	Fórmula desarrollada	Modelo de bolas y varillas
Hidrógeno	H_2	$\text{H}:\text{H}$	$\text{H}-\text{H}$	
Dióxido de carbono	CO_2	$\ddot{\text{O}}::\text{C}::\ddot{\text{O}}$	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	
Etino o acetileno	C_2H_2	$\text{H}:\text{C}::\text{C}:\text{H}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	

En la tabla se puede observar cómo varía, según la sustancia, la cantidad de pares de electrones compartidos por dos átomos en cada molécula. En el caso del compuesto de hidrógeno, los átomos comparten un solo par, es decir, se establece un **enlace simple**.

En el dióxido de carbono, cada átomo de oxígeno comparte dos pares de electrones con el de carbono, entonces se habla de **enlaces dobles**. El átomo de carbono tiene comprometidos cuatro electrones en la unión, mientras que los átomos de oxígeno aportan dos electrones cada uno. Un ejemplo de **enlace triple** es el que existe entre los átomos de carbono en una molécula de etino.

Actividades

1. Investiguen sobre usos no bélicos del cloro (Cl_2).
2. ¿Qué diferencia hay entre una fórmula mínima y una molecular? ¿Qué indican los subíndices en cada caso?

Elemento	Valor de electronegatividad
Cloro	3,0
Hidrógeno	2,1

El cloro en la historia

El gas cloro fue aislado por primera vez en 1774 por el químico sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), a partir de la sal común, cloruro de sodio (NaCl). Sin embargo, inicialmente el científico creyó que era un compuesto que contenía oxígeno.

En 1810, otro químico inglés muy reconocido, Sir Humphry Davy (1778-1829), demostró que se trataba de un nuevo elemento, sin oxígeno, y le dio el nombre de cloro, que significa amarillo verdoso, por su color.

El cloro fue utilizado durante la Primera Guerra Mundial como una de las primeras armas químicas. La usó Alemania el 22 de abril de 1915, descargándolo sobre las trincheras enemigas, por un sistema diseñado por el químico alemán Fritz Haber (1868-1934). Algunos historiadores consideran que la participación de Haber en el uso del cloro como un arma de guerra condujo a su esposa, Clara Immerwahr, al suicidio.

Propiedades macroscópicas de sustancias moleculares y su relación con el nivel submicroscópico

Las sustancias moleculares son las que están formadas por moléculas.

Las moléculas son grupos de átomos unidos por uniones covalentes, que actúan en conjunto como partículas diferenciadas.

El agua, el cloro y el azúcar difieren en el estado de agregación a temperatura ambiente: el cloro es gaseoso, el agua es líquida y el azúcar es sólido. Todas estas sustancias están formadas por elementos muy electronegativos, y presentan uniones covalentes entre sus átomos.

El estado de agregación a temperatura ambiente no es una característica distintiva de las sustancias que presentan este tipo de unión. Esto ocurre porque las fuerzas entre moléculas tienen diferentes intensidades, según diversos factores. En algunos casos, las interacciones entre las moléculas son muy poco intensas y, por este motivo, poseen puntos de ebullición y fusión muy bajos, por ejemplo, el cloro.



Cloro (gaseoso).



Agua (líquida).



Azúcar (sólido).

Actividades experimentales

Algunas propiedades de las sustancias moleculares

Les proponemos trabajar en forma semejante a como lo han hecho en la actividad experimental de la página 110, pero esta vez con sustancias moleculares, para determinar la solubilidad en agua y conductividad eléctrica de algunas sustancias moleculares.

Para proceder, releen los pasos a seguir indicados en la página 110.

Necesitarán:

- indicador de conductividad eléctrica;
- 3 vasos;
- espátula o cucharita;
- papel de cocina o servilletas de papel;
- varillas de vidrio o revolvedores de plástico descartables;
- 3 vidrios de reloj o palitos;
- agua destilada;

- azúcar de mesa (sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$);
- alcohol de farmacia (etanol, C_2H_5O , con 4% de agua);
- aspirina (ácido acetilsalicílico, $C_9H_8O_4$);
- aceite comestible (mezcla de triglicéridos, que son sustancias moleculares);
- vinagre (solución de ácido acético, $C_2H_4O_2$ en agua).

Respondan:

¿Todas las soluciones acuosas condujeron la corriente eléctrica?

a. Con los datos obtenidos, confeccionen una tabla semejante a la de la página 110.

b. Discutan lo observado y escriban en sus carpetas sus conclusiones respecto de la solubilidad en agua y la conductividad eléctrica de las sustancias iónicas y moleculares con las que trabajaron.

Interacciones entre moléculas

Para explicar los resultados experimentales obtenidos, profundizaremos algo más en el estudio de las sustancias moleculares. Para ello, utilizaremos una analogía*.

Los antiguos habitantes de nuestro continente realizaban construcciones de adobe, con ladrillos de barro dispuestos con cierto ordenamiento, como se puede observar en las ruinas incaicas o las que se encuentran a lo largo de los Valles Calchaquies, en el norte de la Argentina. En estos casos, la resistencia de una pared, por ejemplo, estaba brindada por el material con el que estaba construida y el ordenamiento de los ladrillos que la constituían.

Se puede hacer una analogía con algunas propiedades de las sustancias, como el punto de ebullición, que no solo se deben al tipo de unión que poseen los átomos que componen las moléculas, sino también a las fuerzas con las cuales las moléculas se atraen entre sí. En nuestra analogía, las moléculas serían los ladrillos y, según la geometría de ellas, se establecerían distintos tipos de interacciones en la estructura de la sustancia, que vendría a ser la pared.

Las atracciones intermoleculares reciben el nombre de **fuerzas de Van der Waals** y dependen, entre otros factores, de la geometría molecular y de las características de los enlaces covalentes. Pero entonces, ¿los enlaces covalentes no son todos iguales? ¿Es posible predecir la forma de una molécula?

Polaridad de enlaces y de moléculas

Analicemos el enlace covalente entre dos átomos de hidrógeno para formar la sustancia simple H_2 y el enlace entre un átomo de hidrógeno y uno de cloro para formar el cloruro de hidrógeno, HCl .

Cuando el par de electrones es compartido por átomos del mismo elemento es atraído con la misma intensidad, los electrones compartidos quedan moviéndose alrededor de los dos núcleos y es más probable encontrarlos en la zona que queda entre dos elementos. Pero si el par electrónico es compartido por átomos de diferentes elementos, el elemento más electronegativo lo atrae con mayor intensidad. Esto genera una densidad de carga negativa (δ^-) sobre este elemento, y una densidad de carga positiva (δ^+) sobre el otro. Se dice que se generó un **enlace polar**, porque se originó un **dipolo**. Toda molécula diatómica que posea un enlace polar es una molécula polar. Por ejemplo, la de cloruro de hidrógeno (HCl).

Si una molécula diatómica no posee enlaces polares, es una molécula no polar. Por ejemplo, la de hidrógeno (H_2).



Ruinas de los quilmes, Tucumán.

Glosario

analogía: es una comparación entre algo conocido, familiar, con un concepto no familiar, para interpretar o aclarar propiedades compartidas por ambos.

Si la diferencia de electronegatividad entre los átomos de los elementos que forman una unión química es mayor que 0,4, el enlace se considera polar.

En la ilustración se representa la deformación de la nube electrónica correspondiente al par de electrones de la unión covalente, en la molécula de cloruro de hidrógeno (HCl), y la simetría en el caso de la molécula de hidrógeno (H_2).

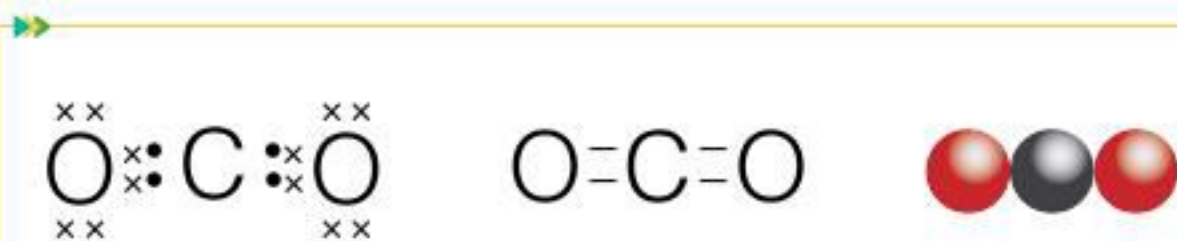
Actividades

1. La molécula de agua tiene una forma muy semejante a la del sulfuro de hidrógeno. A partir de lo estudiado, representen su fórmula de Lewis y analicen la polaridad de los enlaces y la polaridad de las moléculas, teniendo en cuenta la geometría molecular. Comparen el estado de agregación del agua a temperatura ambiente (tiene un punto de ebullición: 100°C), con la del sulfuro de hidrógeno (punto de ebullición: -60°C).
2. Analicen el caso de las moléculas biatómicas de nitrógeno y las de bromuro de hidrógeno. Para cada caso:
 - a. escriban la estructura de Lewis, la fórmula molecular y la desarrollada;
 - b. Digan si las uniones que vinculan sus átomos son polares o no polares. ¿Por qué?

Cuando se estudian las propiedades de sustancias como el agua (líquida a temperatura ambiente) o el dióxido de carbono (gaseoso a temperatura ambiente y presión normal), resulta evidente que las fuerzas de atracción entre las moléculas son de diferentes magnitudes. Entre las moléculas de agua las fuerzas de atracción son más intensas, por eso es un líquido, mientras que en el dióxido de carbono la libertad de movimiento de sus moléculas es mucho mayor. ¿Cómo se pueden hacer predicciones acerca de estas interacciones?

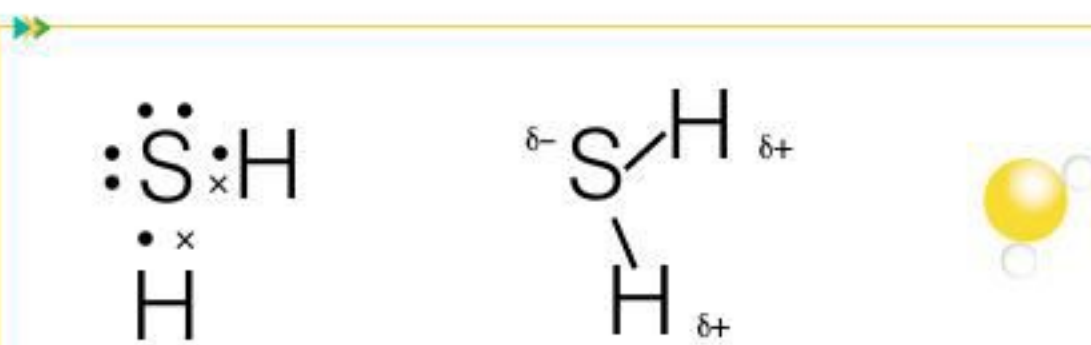
La polaridad para moléculas diatómicas solo depende de la formación de dipolos originados por la existencia de un enlace polar, pero para moléculas poliatómicas (3 o más átomos), como el agua o el dióxido de carbono, ya no es tan sencillo.

La polaridad de aquellas moléculas donde hay más de un enlace covalente polar depende de la geometría molecular. En estos casos, hay que analizar la polaridad de todos los enlaces y su distribución espacial. De esta manera, una molécula que posee enlaces polares puede ser polar o no, de acuerdo con cómo se distribuyan en el espacio las nubes electrónicas. Se supone que si los dipolos se cancelan, la molécula es no polar. Este sería el caso de las moléculas de CO_2 .



En la molécula de CO_2 se cancelan los dipolos de los enlaces. Es una molécula no polar y su geometría es lineal.

Si los dipolos de los enlaces covalentes polares de una molécula no se cancelan, la molécula es polar. Es el caso del sulfuro de hidrógeno.



El agua y el sulfuro de hidrógeno comparten igual geometría molecular, ambas poseen moléculas polares, pero no comparten el mismo estado de agregación a temperatura ambiente. En estas condiciones, el agua es un líquido, mientras que el sulfuro de hidrógeno es un gas. ¿Dónde está la diferencia?

No puede estar en el tipo de unión entre los átomos, porque en ambas sustancias hay enlaces covalentes, y son compuestos moleculares. Pero están constituidos por diferentes elementos y eso produce que las atracciones entre las moléculas sean distintas y, por lo tanto, que difieran en su estado de agregación.

Geometría de las moléculas

En la página anterior se puso en evidencia la importancia de poder predecir si una sustancia está formada por moléculas polares o no polares. En el caso de las moléculas poliatómicas, es necesario determinar la existencia de enlaces polares y su geometría molecular. Es importante imaginar la forma de las moléculas, esto es, pensar en tres dimensiones y no solamente en el plano.

Una analogía puede ayudar a comprender lo anterior. Los mapas cartográficos vienen representados en una hoja plana. Cuando observan un mapamundi, ¿les parece que en un extremo de nuestra Tierra tenemos a la Argentina y en el otro extremo a Japón? ¿Representan lo mismo el mapamundi plano y el globo terráqueo? ¿Cuál es la diferencia entre ambos?

Ahora bien, ¿es lo mismo representar una molécula en el plano que imaginarla en tres dimensiones? ¿Cómo se puede predecir la forma de las moléculas? ¿Por qué es importante eso?



Planisferio, representación en dos dimensiones.



Globo terráqueo, representación en tres dimensiones.

Actividades experimentales

Modelos moleculares en 3D

Las moléculas son estructuras tridimensionales, es decir, tienen una determinada forma y geometría. De la forma que adoptan en el espacio dependen las fuerzas de atracción entre moléculas y, en consecuencia, muchas de sus propiedades. Les proponemos que armen modelos que les facilitarán la comprensión de estas estructuras.

Necesitarán:

- ▶ 2 esferas de telgopor o plastilina pequeñas (diámetro aproximado de 1 cm);
- ▶ 1 esfera de telgopor o de plastilina mediana (diámetro aproximado de 2 cm);
- ▶ 2 escarbidentes.

Paso 1. Organicen grupos de trabajo.

Paso 2. Representen la estructura de Lewis para el sulfuro de hidrógeno (H_2S).

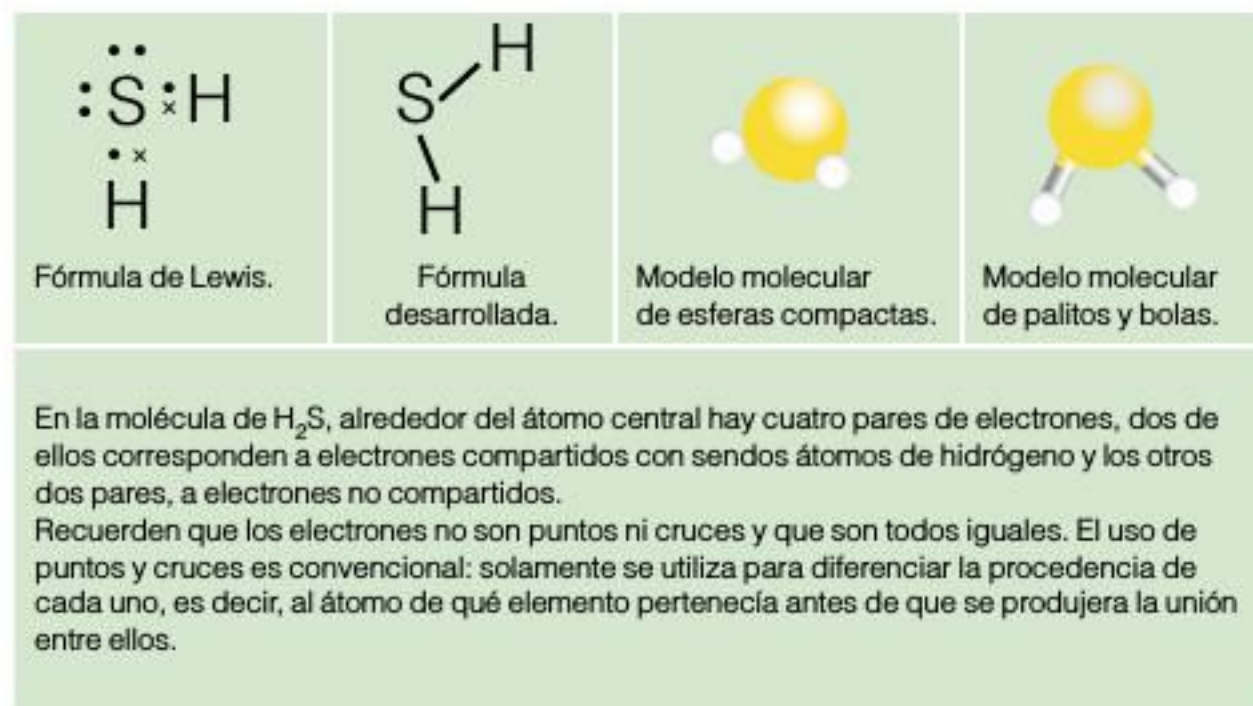
Paso 3. Consideren que la esfera mediana representa el átomo de azufre y las pequeñas, los átomos de hidrógeno; cada escarbidente indica un par de electrones compartidos. Reproduzcan una molécula de sulfuro de hidrógeno utilizando esferas de telgopor y escarbidentes.

El sulfuro de hidrógeno es una sustancia molecular, gaseosa a temperatura ambiente. Se la puede encontrar, por ejemplo, en el huevo podrido. Es tóxica y tiene un olor muy desagradable.

Paso 4. Comparen el modelo realizado por ustedes con los que construyeron otros grupos de sus compañeros. ¿Son iguales? ¿En todos los casos el ángulo formado por los dos escarbidentes es el mismo?

Paso 5. Giren los modelos moleculares contruidos y obsérvenlos desde distintos ángulos (frente, perfil, etc.). Los átomos de hidrógeno (representados con las esferas pequeñas) respecto del átomo de azufre (representado por la esfera mediana), ¿pueden tomar una sola posición en el espacio?

Muchas veces se representan las sustancias a través de fórmulas planas, pero las moléculas también tienen geometría en el espacio. Las fórmulas planas dan información limitada, ¿es posible solo a través de estas imaginar la forma de las moléculas? Si se analizan las estructuras de Lewis de las uniones químicas con las que se han trabajado, se observa que no. Veamos el caso del sulfuro de hidrógeno.



Los modelos en tres dimensiones ofrecen información acerca de cómo se distribuyen los átomos en el espacio. En el caso particular de las uniones químicas, las estructuras de Lewis no contemplan la forma tridimensional de las moléculas, es decir, la geometría molecular, la cual es importante para predecir algunas propiedades de las sustancias, por ejemplo, su solubilidad en agua.

¿Se puede hacer papas fritas en un microondas?

El horno de microondas es un aparato tecnológico que funciona por emisión de las llamadas microondas (ondas electromagnéticas de la misma naturaleza que las ondas de radio, luz visible o rayos X).

Si se coloca en un recipiente apto para microondas, una cantidad de agua (líquida a temperatura ambiente, formada por moléculas polares) y en otro recipiente, la misma cantidad de aceite (mezcla de sustancias líquidas moleculares no polares) y se calientan unos segundos ambos recipientes al

mismo tiempo, y en el mismo microondas, al retirarlos se observa que uno de los dos líquidos se encuentra mucho más caliente. ¿A qué creen que se debe la diferencia?

Ambos líquidos difieren en la polaridad de sus moléculas. Ocurre que las microondas actúan sobre las moléculas polares, produciendo movimientos de rotación. Al funcionar el aparato, las moléculas de agua presentes en los alimentos comienzan a girar y transfieren parte de esta energía, mediante choques, a las moléculas contiguas.



Un horno de microondas.

Este mecanismo hará que por conducción, todo el alimento acabe calentándose.








Entonces, ¿creen que se pueden hacer papas fritas en el microondas? ¿Por qué?

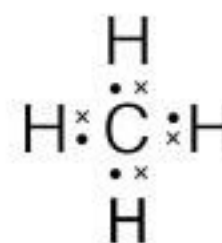
¿Qué forma tienen las moléculas? TRePEV

Las moléculas diatómicas son planas porque los dos átomos siempre están alineados; en cambio en las moléculas poliatómicas (tres o más átomos), los átomos pueden disponerse en el espacio de diferentes maneras. Conocer la forma de las moléculas permite prever si las moléculas serán polares o no, lo cual determina las propiedades físicas, como la temperatura de ebullición o la solubilidad en agua.

En 1957, el químico inglés Ronald J. Gillespie desarrolló una herramienta simple para predecir la geometría molecular de moléculas con más de dos átomos. Se trata de la llamada **teoría de la repulsión de los pares electrónicos de valencia (TRePEV)**, basada en la repulsión de los pares de electrones más externos de un átomo que se simbolizan en las estructuras de Lewis. Los postulados básicos son:

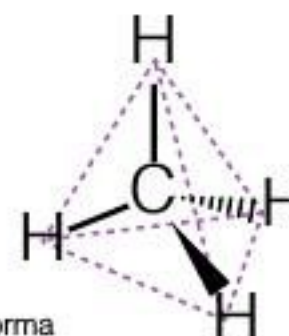
1. La geometría de una molécula se determina a partir de la cantidad de pares de electrones alrededor del átomo central (compartidos y no compartidos).
2. Los pares de electrones se repelen entre sí.
3. Los pares de electrones se distribuyen de tal manera que ocupan el mayor espacio posible.
4. Para predecir la geometría molecular, los enlaces dobles y triples se consideran como si fueran simples.

Estructura de Lewis	Nombre	Cantidad de pares de electrones alrededor del átomo central	Geometría electrónica (distribución de los pares de electrones externos alrededor del átomo central)	Forma molecular (distribución de los átomos)
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} : \text{C} : \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	Tetracloruro de carbono	4	 Tetraédrica	
$\begin{array}{c} \text{H} : \text{N} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Amoníaco	4	 Tetraédrica	
$\begin{array}{c} : \ddot{\text{O}} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Agua	4	 Tetraédrica	
$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} : \text{C} : \ddot{\text{O}} \\ : \quad : \end{array}$	Dióxido de carbono	Según la última regla, se cuentan como 2.	$\text{O} = \text{C} = \text{O}$ Lineal	



Fórmula de Lewis:

4 pares de electrones que rodean al átomo de carbono.



La forma de la molécula es tetraédrica.

Fórmula de Lewis del metano (CH_4). El átomo de carbono tiene 4 electrones en su capa más externa. Para alcanzar el octeto, requiere "compartir" 4 electrones con los de 4 átomos de hidrógeno. En esta molécula hay 4 pares de electrones alrededor del átomo central (C). Estos pares de electrones se distribuyen, orientándose hacia los vértices de un tetraedro regular.

En <http://www.educaplus.org/moleculas3d/inorganicas.html> y en <http://www.educaplus.org/moleculas3d/vsepr.html> encontrarán modelos en tres dimensiones para algunas moléculas que pueden ser rotados para verlos desde diferentes posiciones (última visita: 29 de octubre de 2015).

Química e historia

Johannes Diderik van der Waals nació el 23 de noviembre de 1837 en Leiden, Holanda. Se dedicó a estudiar los estados de agregación de la materia, fundamentalmente, el líquido y el gaseoso. Desarrolló teorías acerca de los fenómenos de capilaridad y de tensión superficial de los líquidos. Recibió el Premio Nobel de Física en 1910. Murió en Ámsterdam, el 8 de marzo de 1923.



Johannes Diderik van der Waals (1837-1923).

Nuevamente las fuerzas intermoleculares

En las páginas anteriores se analizó la importancia de establecer la presencia de enlaces polares en una molécula, y de determinar su geometría molecular. Con esta información se puede deducir si la sustancia es polar o no, y relacionar esto con algunas de sus propiedades físicas.

Como ya vimos, así como los átomos se atraen y forman moléculas, estas se atraen entre sí y forman la sustancia. Las atracciones que mantienen unidas a las moléculas se llaman **fuerzas intermoleculares** o **fuerzas de van der Waals** en honor a Johannes Diderik van der Waals, y se clasifican en 3 tipos, según su intensidad: fuerzas de London, fuerzas dipolo-dipolo y puente de hidrógeno.

Fuerzas de London

Son las más débiles y ocurren entre moléculas en las cuales se produce un corrimiento instantáneo de la nube electrónica, de forma tal que se generan dipolos transitorios. Este tipo de atracción es independiente del hecho de que la molécula sea polar o no.

Si bien estas fuerzas son las más débiles, hay variaciones de intensidad que dependen de la cantidad total de electrones que hay en la molécula. Por ejemplo: en las moléculas de cloro (Cl_2) hay 34 electrones, y la sustancia es gaseosa. En las de bromo (Br_2) hay 70 electrones y esta sustancia es líquida. El yodo es sólido a temperatura ambiente; sus moléculas (I_2) tienen 106 electrones. En los tres casos, las moléculas son no polares. Las fuerzas de atracción son mayores entre las moléculas de yodo que entre las moléculas de cloro. ¿Por qué?

Los electrones están en continuo movimiento y cuando los que intervienen en el enlace se desplazan hacia un extremo de la unión, se genera un dipolo transitorio, que polariza las moléculas adyacentes y produce un dipolo inducido. Entonces, las moléculas se atraen.

Un hielo que no moja

El hielo seco, que se usa en algunas heladerías para mantener el helado sin derretirse, es dióxido de carbono sólido. Este es sumamente útil porque mantiene el frío, pero “no moja”, de ahí viene su nombre.

¿Cómo se fabrica? Cuando el dióxido de carbono se lleva a condiciones de alta presión y muy baja temperatura, es posible obtenerlo en estado sólido.

Pero, ¿por qué no moja? Como se vio, el dióxido de carbono es una sustancia no polar. Las fuerzas de atracción intermoleculares son las de London, fuerzas débiles que permiten explicar por qué esta sustancia volatiliza a temperatura ambiente, es decir, que pasa directamente del estado sólido al estado gaseoso, sin pasar por el estado líquido.

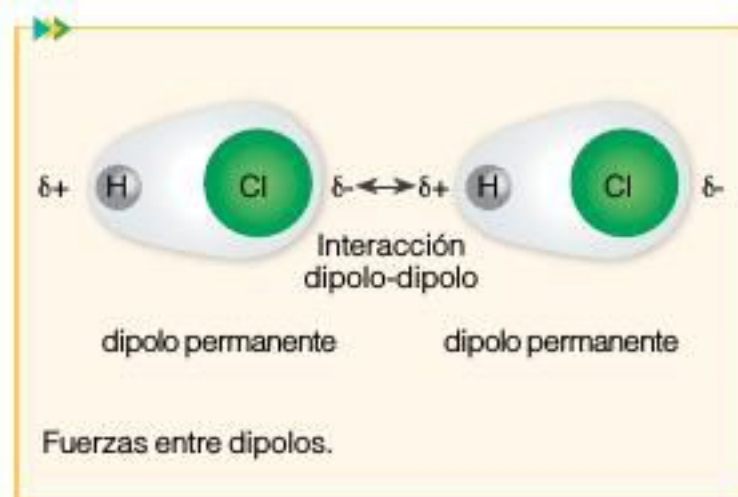


Hielo seco.

Fuerzas dipolo-dipolo

Estas fuerzas son más intensas que las de London, porque se dan entre moléculas con dipolos permanentes, es decir, entre moléculas polares que se atraen por los polos opuestos.

La intensidad de estas fuerzas depende de la polaridad de las moléculas que intervienen. Cuanto mayor es la polaridad de las moléculas, más energía deberán tener para que, por ejemplo, la sustancia hierva o funda. Es decir que hierva y funda a mayor temperatura que la que correspondería si sus moléculas fueran no polares.



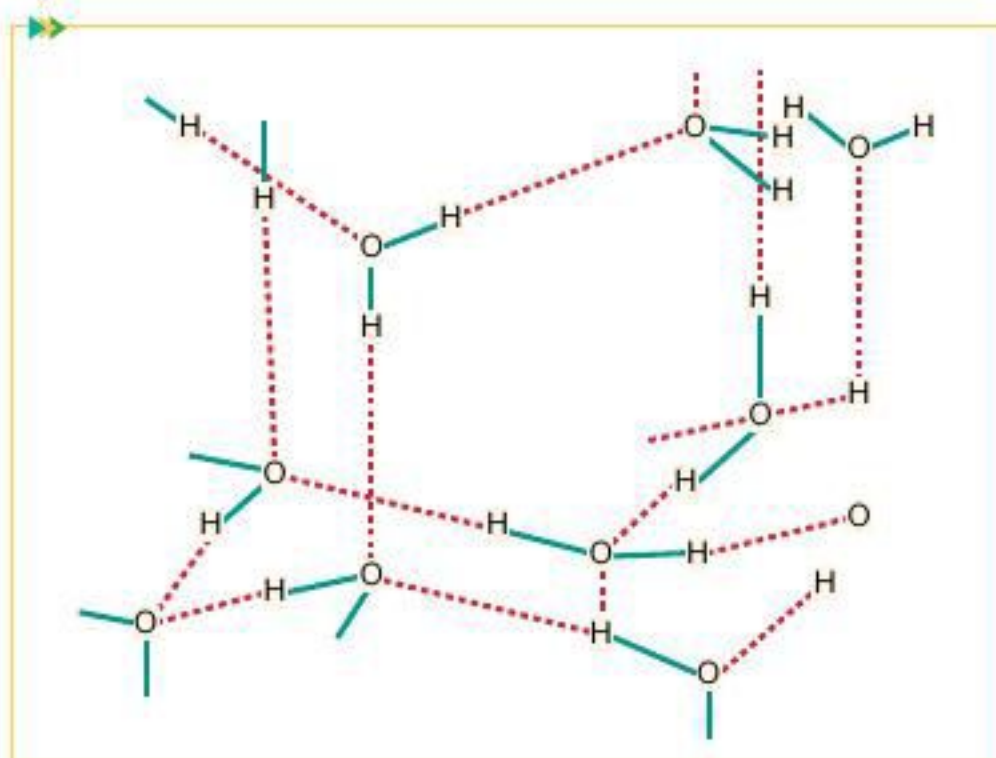
Puentes de hidrógeno

Si se compara el punto de ebullición del agua (100 °C) con el del sulfuro de hidrógeno (−60 °C) se puede concluir que, en el primer caso, las moléculas deben adquirir mucha más energía para separarse y que, por lo tanto, las fuerzas intermoleculares en el agua son mucho más intensas que en el sulfuro de hidrógeno, ¿cómo se explica esto?

El agua y el sulfuro de hidrógeno son sustancias polares que presentan, entre sus moléculas, fuerzas de London y dipolo-dipolo. Pero entre las moléculas de agua, además, existe otro tipo de interacciones: las uniones por puente de hidrógeno.

Estas fuerzas se producen entre moléculas en las que existe un enlace covalente entre un átomo de hidrógeno y un átomo muy electronegativo, como flúor, oxígeno, nitrógeno o cloro. En cualquiera de estos casos, el enlace covalente tiene una alta polaridad. El átomo de hidrógeno de una molécula hace de "puente" con otra molécula. Son las fuerzas intermoleculares más intensas y justifican la gran diferencia en el punto de ebullición entre el agua y el sulfuro de hidrógeno.

En síntesis, la existencia de fuerzas intermoleculares permite explicar los estados de agregación, puntos de ebullición y de fusión o solidificación para sustancias moleculares, ya que para que se produzca un cambio de estado, no se deben romper uniones entre átomos, sino que hay que vencer la atracción entre moléculas, es decir, las fuerzas de van der Waals.



El gráfico muestra con líneas verdes los enlaces covalentes entre los átomos de hidrógeno y el átomo de oxígeno en una molécula de agua; y con líneas rojas punteadas, la atracción por puente de hidrógeno.

Actividades

1. Expliquen en términos de las fuerzas de van der Waals.

- Las sustancias simples de moléculas biatómicas suelen ser gases a temperatura ambiente. ¿Por qué?
- ¿Por qué el yodo es sólido a temperatura ambiente y

el nitrógeno es gaseoso?

- Busquen dos ejemplos de sustancias polares que no hayan sido mencionadas en el texto.
- Busquen dos ejemplos de sustancias compuestas no polares que no hayan sido mencionadas en el texto.

Las fuerzas de van der Waals y las arañas

Científicos alemanes y suizos estudian las patas de una clase de araña común, que se pega en los techos. Ellos han descubierto que las fuerzas de van der Waals son las responsables de mantenerlas pegadas a casi cualquier cosa, y que dichas fuerzas actúan entre moléculas individuales que se hallan, entre sí, a menos de un nanómetro de distancia (10.000 veces menos que el grosor de un cabello

humano). Son tan intensas, que las arañas podrían llevar más de 170 veces su propio peso, mientras permaneciesen unidas al techo.

A las fuerzas de van der Waals no les afecta el entorno; solo influye en su intensidad la distancia entre los dos objetos que se atraen. Por lo tanto, se pueden concebir notas tipo **Post-it** que jamás se caigan, basadas en estas fuerzas, que podrían mantenerse pegadas,



Extremo de la pata de una araña visto con un microscopio electrónico.

incluso, si estuvieran mojadas o aceitosas, lo que no ocurre con los pegamentos o colas tradicionales. (Michelle Cain Gran Bretaña).

Adaptación del artículo "Los científicos se inspiran en las arañas para desarrollar tecnología" de la Agencia de Noticias de la Ciencia y la Tecnología. Pueden acceder al artículo completo, del 26 de abril de 2004, en <http://axxon.com.ar/mus/info/040206.htm> (Última visita: 29 de octubre de 2015).

El agua, ¿solvente universal?

Solvente universal... ¡Qué expresión tan frecuente y tan poco analizada! Busquemos la respuesta a esta pregunta.

Actividades experimentales

¿Se disuelve el aceite comestible en agua?

- ▶ un vaso;
- ▶ una cucharita;
- ▶ aceite comestible;
- ▶ agua.

Necesitarán:

Escriban en sus carpetas el procedimiento que utilizarían para responder la pregunta inicial. Luego, con supervisión del docente, realicen el ensayo.

Paso 1. Mezclen aceite con agua y luego dejen reposar; se formarán dos capas; la que está arriba es la de aceite (lo podemos saber por el color levemente amarillo que posee el aceite).

Respondan:

¿Por qué se formaron dos capas?

¿Siempre se forman dos capas? ¿Siempre queda arriba el aceite?

¿Dependerá de las cantidades de agua y de aceite que se mezclen?

¿Dependerá del orden en que se mezclan?

Para responder las preguntas anteriores, les proponemos hacer otros dos ensayos.

Paso 2. Vuelvan a hacer una mezcla de aceite y agua pero cambiando la cantidad de agua. ¿Qué resultado obtuvieron?

Paso 3. Inviertan el orden en el mezclado, esto es, si pusieron aceite en el agua, ahora pongan agua en el aceite o viceversa. ¿Qué resultado obtuvieron?

Den respuestas a las preguntas planteadas sobre los resultados de los ensayos anteriores.

El agua no disuelve a todas las sustancias pero sí a muchas de ellas. Un claro ejemplo lo constituyen los mares, cuyas aguas contienen una gran variedad de sales disueltas, que le dan el gusto característico y por lo cual decimos que las aguas de mares y océanos son "aguas saladas".

Pero, cuando nos referimos al agua de un río la mencionamos como "agua dulce". Esto no se relaciona con su sabor, sino con el hecho de que tiene sustancias disueltas pero en una concentración mucho menor que en los mares. Son aguas dulces las que forman parte de los ríos, de la mayoría de los lagos y lagunas, y las que constituyen los glaciares.

El conflicto de este siglo: el agua

El poder económico mundial entre países siempre ha estado relacionado con el petróleo. Pero en los últimos años comenzó una nueva "guerra", relacionada con la escasez de agua potable. Los glaciares, lagos y ríos son las principales reservas de agua dulce en el mundo y, en este contexto, la Argentina se convierte en uno de los países más codiciados, por poseer grandes reservas de agua dulce.



Glaciar Perito Moreno, Santa Cruz, Argentina.

El Mar Muerto

Este cuerpo de agua se encuentra en el continente asiático, a unos 400 metros bajo el nivel del mar, en un ambiente desértico: el clima es seco, con escasas lluvias, y las temperaturas son muy elevadas durante todo el año.

Aunque se lo denomina mar, en realidad se trata de una laguna ya que es un cuerpo de agua salada rodeado totalmente por montañas. La concentración de sales en sus aguas, denominada salinidad, es muy elevada, debido a que las condiciones climáticas favorecen una intensa evaporación del agua. En las aguas del Mar Muerto están disueltas, principalmente, sales de magnesio, de sodio, de calcio y de potasio.

El Mar Muerto posee una concentración de sales unas 10 veces mayor que la del océano Atlántico! Esta característica produce que la vida en su interior sea prácticamente imposible; solo algunos microorganismos pueden resistir tan alta salinidad.



Mar Muerto, Israel.

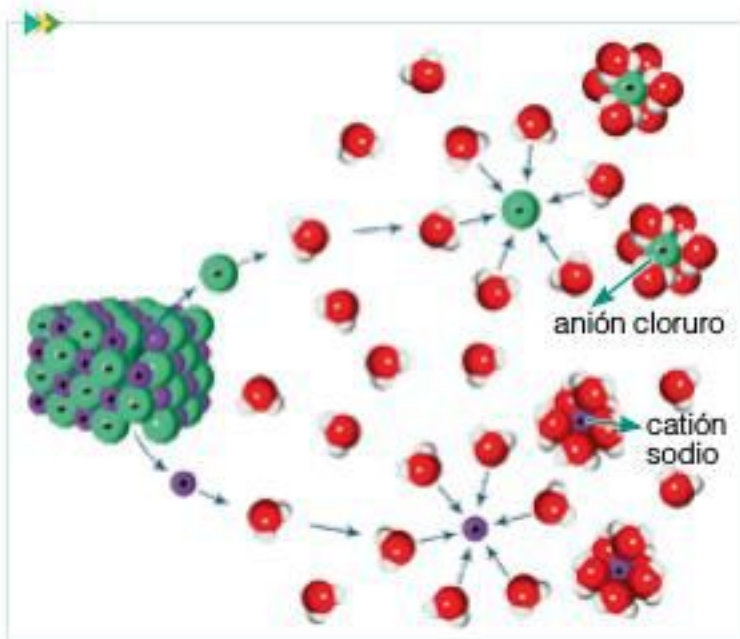
Actividades

1. En términos de intensidad de fuerzas de atracción entre partículas, expliquen el fenómeno por el cual:

a. una sustancia iónica (por ejemplo, cloruro de sodio) se disuelve en agua;

b. una sustancia molecular polar (por ejemplo, azúcar) se disuelve en agua;

c. una sustancia molecular no polar (por ejemplo, benceno) no se disuelve en agua.



Representación de la disolución del cloruro de sodio en agua, de acuerdo con el modelo de partículas.

El análisis de las interacciones entre moléculas polares y no polares ha permitido generalizar lo observado en la siguiente afirmación: en solventes polares, las sustancias polares son más solubles que las no polares. Esta frase es más conocida como: "Lo semejante disuelve lo semejante".

La solubilidad y los modelos para explicarla

¿Cómo podemos explicar la solubilidad de una sustancia en otra? ¿Por qué algunas sustancias se disuelven en un determinado líquido y en otros no?

Cuando una sustancia iónica, como el cloruro de sodio, se disuelve en agua, los iones que la forman (aniones y cationes) se distribuyen entre las moléculas de agua. Estas, al ser polares, rodean a cada ion, y se disponen de manera tal que la zona más negativa de las moléculas se acerca a los iones positivos y rodean a los iones negativos, acercando sus zonas más positivas.

¿Cómo se puede explicar la disolución en agua de una sustancia molecular? ¿Qué ocurre, por ejemplo, cuando se di-

suelve alcohol (etanol) o azúcar (sacarosa) en agua? ¿Por qué el aceite (mezcla de triglicéridos) o la nafta (mezcla de hidrocarburos) no se disuelven en agua?

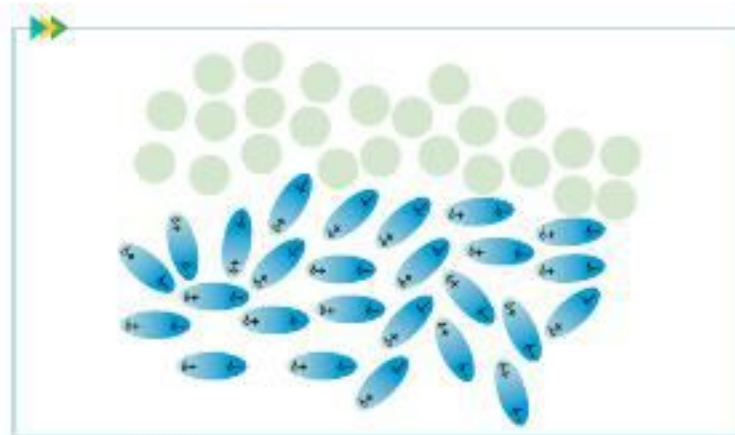
Cuando se trata de moléculas polares, como en el caso del alcohol o el azúcar, estos dipolos se atraen con las moléculas de agua, que también son polares. De esta manera, las moléculas de ambas sustancias se mezclan y dan origen a un sistema homogéneo, es decir, una **solución**.

En el caso de moléculas no polares, estas prácticamente no son atraídas por las moléculas polares del agua, por lo que quedan dos fases diferenciadas. Se forma entonces un sistema heterogéneo.

Cuando se produce un derrame de petróleo en ríos o mares, se forma una "mancha" que se extiende sobre la superficie de agua, sin disolverse. Las moléculas que forman el petróleo son no polares. Como las moléculas de agua interactúan fuertemente unas con otras a través de uniones entre dipolos y por puentes de hidrógeno, prácticamente no hay interacción con moléculas no polares. Las moléculas de agua se atraen con tanta intensidad, que forman como "muros" impenetrables para las moléculas de petróleo, y resulta casi imposible su movilidad entre las de agua.



Representación de la disolución de una sustancia polar en agua, de acuerdo con el modelo de partículas.



Representación de un sistema formado por una sustancia no polar y agua, según el modelo de partículas.

Actividades

1. Expliquen por qué el aceite no se disuelve en agua, pero sí lo hace en nafta.
2. Cuando se prepara un aderezo para ensalada se suelen mezclar aceite y vinagre, y queda formada una

emulsión, esto es, una suspensión de pequeñas gotitas de aceite dispersas en el vinagre. ¿Creen que lo que se forma es una solución? ¿Por qué?

El carbono: un elemento muy especial

Grafito y diamante: dos caras de una misma moneda

Si buscan información acerca de la composición del grafito y del diamante, se sorprenderán al saber que ambas sustancias, tan diferentes a simple vista (uno muy común y barato, y el otro escaso y caro), están constituidas por átomos del mismo elemento: carbono.

Como ya dijimos, las propiedades macroscópicas son resultado de lo que ocurre en el mundo submicroscópico. Si ambas sustancias están formadas por átomos de carbono, ¿por qué tienen propiedades distintas? La respuesta está en su ordenamiento en el espacio.

En el diamante, los átomos se ordenan en redes o estructuras cristalinas, que solo se forman bajo presiones muy altas; por eso, el diamante es escaso en la naturaleza. Su alto valor económico no está relacionado con su composición, sino con las difíciles condiciones en las que se origina.

En el grafito, los átomos de carbono se encuentran ordenados en placas planas. Esta diferencia de estructura le brinda a cada material propiedades diferentes.

El diamante es un sólido duro transparente, mientras que el grafito es un sólido negro, blando, sin brillo, con la característica de ser un buen conductor de la corriente eléctrica. Es la única sustancia simple de un elemento no metálico que conduce la corriente eléctrica.

Ambas sustancias poseen uniones covalentes entre sus átomos, pero no forman moléculas.

Fullerenos, grafeno y nanotubos

Hacia fines del siglo pasado tuvo un rápido desarrollo el estudio y producción de nanomateriales (en el primer capítulo los mencionamos brevemente).

En 1985, los científicos Harry Kroto, Robert Curl y Richards Smalley obtuvieron por primera vez unas nuevas estructuras, que se ven en las figuras al lateral. Estos investigadores recibieron el Premio Nobel de Química en 1996.

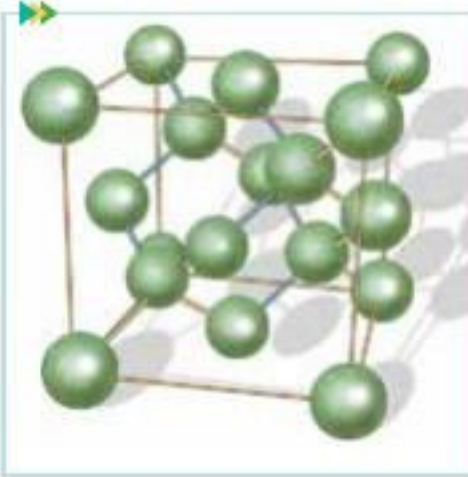
En 2004 los científicos rusos Andre Geim y Konstantin Novoselov sintetizaron por primera vez el grafeno, que se conoció masivamente en 2010, cuando recibieron el Premio Nobel de Física. Este material está formado por una sola capa o lámina de átomos de carbono dispuestos en una malla tipo nido de abeja.

El grafeno es el primer fullereno bidimensional conocido. Con este se desarrollaron los nanotubos de carbono, que consisten básicamente en tiras finas de grafeno enrolladas.

El grafeno es muy flexible, duro, muy resistente a la tracción y conductor de la electricidad. Se emplea en la fabricación de baterías, microchips, pantallas táctiles, células solares y en electrónica digital, entre otras aplicaciones.



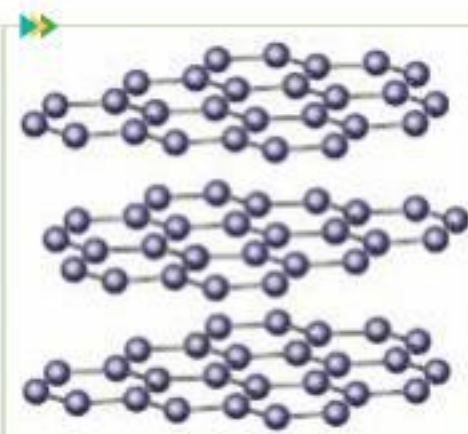
Muestra de diamante en bruto, sin pulir.



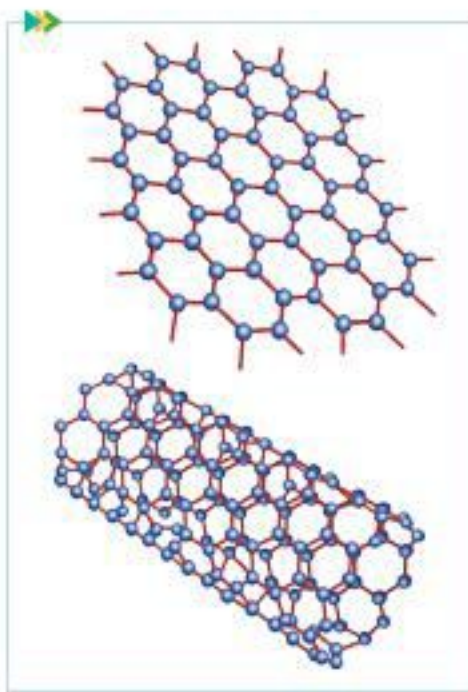
Estructura del diamante.



Muestra de grafito.



Estructura del grafito.



Estructura del grafeno y de un nanotubo.



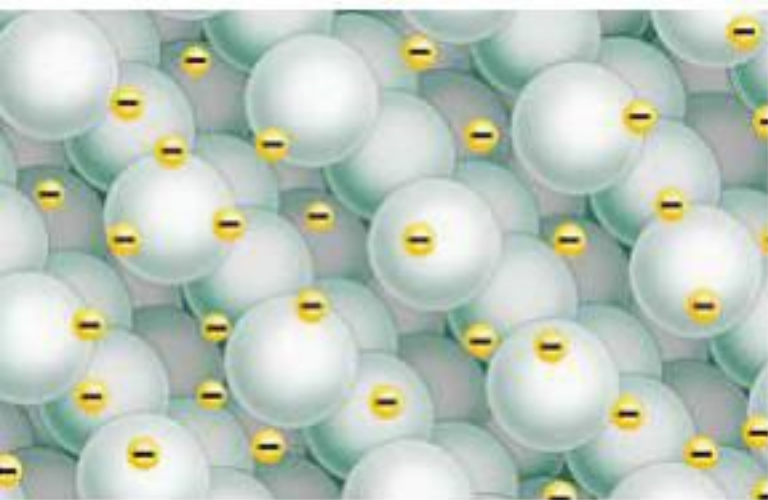
Estructura del fullereno.

Unión metálica

A lo largo de este capítulo hemos explicado, a través de modelos, la unión entre iones en los compuestos iónicos y las uniones entre los átomos en las moléculas. Hemos analizado la unión iónica, que se establece entre un elemento metálico y uno no metálico, y la unión covalente, que es la que se realiza entre átomos de elementos no metálicos. Ahora nos preguntaremos acerca de la estructura interna de los metales.

Los metales son maleables (con ellos se puede hacer láminas) y dúctiles (pueden ser estirados y formar hilos), tienen puntos de fusión relativamente elevados (a temperatura ambiente no existen metales gaseosos y muy pocos son líquidos). Además, son buenos conductores del calor y de la electricidad.

Los valores de los puntos de fusión hacen pensar en fuerzas intensas entre sus partículas y la conducción de la corriente eléctrica, aun en estado sólido, sugiere que en sus estructuras deben existir electrones que puedan moverse con libertad. Para explicar estas propiedades de los metales, podemos imaginar que sus átomos se unen constituyendo una red tridimensional formada por iones positivos (cationes) inmersos en un "mar" de electrones. Estos electrones son los más débilmente unidos al núcleo de cada átomo (los más externos), por lo que tienen cierta independencia para moverse a lo largo de toda la red. No están asociados con ningún núcleo en particular, sino que forman una nube electrónica que pertenece a todo el conjunto. Los cationes corresponden al núcleo de los átomos y todos los electrones internos. La estabilidad se mantiene debido a la atracción existente entre los iones positivos y la nube de electrones negativos.



Representación del enlace metálico.



Moneda argentina de un peso.

Actividades

Las monedas argentinas de un peso tienen dos zonas diferenciadas, un centro y un aro externo. Una de las partes está hecha de una aleación que contiene 92% de cobre, 6 % de aluminio y 2 % de níquel; la otra es una aleación de 75% de cobre y 25 % de níquel.

1. ¿A qué parte corresponde cada una de las aleaciones? ¿Cómo lo supieron?
2. Escriban los símbolos de los elementos mencionados, y el grupo y período de la tabla periódica a los que pertenece cada uno.
3. Estas monedas, ¿son atraídas por un imán? ¿Por qué?

Para conocer más

Asimov, I.; *La búsqueda de los elementos*. Plaza y Janés, Barcelona, 1986.

Emsley, J.; *Moléculas en una exposición*, Ediciones Península, Barcelona, 2000.

Beltrán, F.; *La culpa es de las moléculas*, El Club de los científicos, Lumen, Buenos Aires, 2000.

Calcagno, J. y Lovrich, G.; *El mar. Hizo falta tanta agua para disolver tanta sal*. Siglo Veintiuno Editores, Buenos Aires, 2004.

Ideas básicas

- ▶ Las propiedades de las sustancias dependen tanto de los elementos que las constituyen como de la forma en que estos se unen entre sí.
- ▶ Las sustancias pueden estar formadas por moléculas, por iones o por átomos.
- ▶ Las sustancias iónicas están formadas por aniones y cationes.
- ▶ Las moléculas están formadas por átomos unidos por uniones covalentes.
- ▶ Las moléculas pueden ser polares o no polares, según los elementos que las constituyan y la geometría molecular que tengan.
- ▶ La unión iónica resulta de una transferencia de electrones de un átomo a otro.
- ▶ La unión covalente resulta de uno o más pares de electrones compartidos entre átomos.
- ▶ La unión metálica se interpreta como cationes del metal entre electrones con cierta libertad de movimiento.

Actividades de integración

1. Respondan las preguntas de la página 107 de apertura del capítulo.

2. Un químico investiga sobre las propiedades de las distintas sustancias y las uniones químicas que presentan. Para esto utiliza cuatro sustancias, cada una de las cuales posee un tipo de enlace diferente. Las muestras no están identificadas con sus respectivos nombres, sino que están rotuladas como muestra A, muestra B, muestra C y muestra D. La siguiente tabla presenta todos los datos obtenidos.

a. Ayuden al químico a identificar el tipo de unión presente en la sustancia de cada muestra y expliquen cómo harían para llegar a una respuesta.

b. ¿Qué muestra elegirían para utilizar como aislante eléctrico? ¿Por qué?

c. Indiquen las sustancias que creen que sean polares.

d. Justifiquen la solubilidad o insolubilidad de cada muestra en los diferentes solventes mediante las fuerzas que actúan.

e. Propongan un ejemplo para cada caso y dibujen las estructuras de Lewis de las sustancias propuestas.

Sustancia	Estado de agregación	Conductividad eléctrica	Solubilidad en solvente polar	Solubilidad en solvente no polar	Conductividad en estado líquido	Conductividad de la solución acuosa
A	Sólido	No	Sí	No	Sí	Sí
B	Sólido	No	No	No	No	No se disuelve.
C	Líquido	No	Sí	Sí	No	No
D	Sólido	Sí	No	No	No se determina, altísimo punto de fusión.	No

3. Haciendo uso del modelo de partículas, expliquen con sus propias palabras, cómo se producen los procesos que se mencionan.

a. Disolución de bromo molecular (Br_2) en tetracloruro de carbono (solvente no polar).

b. Evaporación de un líquido.

c. Disolución de NaCl en agua.

d. Disolución de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, sustancia polar) en agua.

4. a. Completen el siguiente cuadro con las fórmulas o nombres de las sustancias que se indican a continuación. Indiquen qué tipo de sustancia es cada una a partir de los datos de electronegatividad.

Para aquellas sustancias que se expresan mediante su fórmula química, escriban su nombre.

Nombre	Fórmula molecular o mínima (según corresponda)	Fórmula punteada o estructura de Lewis	Tipo de sustancia (iónica o molecular)
	KCl		
Óxido de nitrógeno (III) o trióxido de dinitrógeno			
	CaO		
Cloruro de hierro (III)			
	HI		
	NH ₃		

b. Predigan el tipo de enlace que tiene cada sustancia.
 c. Realicen las estructuras de Lewis de los compuestos binarios.
 d. Expliquen algunas propiedades macroscópicas de las sustancias identificadas. Justifiquen cada explicación en función de las uniones químicas.

5. Indiquen si las siguientes afirmaciones son correctas o incorrectas. Justifiquen sus respuestas.

- En los compuestos iónicos, las moléculas se unen por medio de fuerzas electrostáticas.
- Las sustancias moleculares disueltas en agua no conducen la electricidad.
- Las sustancias iónicas están formadas por elementos que difieren en sus valores de electronegatividad en más de 1,8.
- Las únicas interacciones que se producen entre las moléculas de agua son las uniones por puente de hidrógeno, en cualquiera de los tres estados de agregación.

6. Completen la última columna de la siguiente tabla con el estado de agregación a 20 °C de las sustancias y expliquen sus diferencias, considerando las distintas interacciones intermoleculares.

Sustancia	Temperatura de fusión (°C)	Temperatura de ebullición (°C), a presión normal	Estado de agregación a 20 °C
Agua	0	100	
Metano (CH ₄)	-182,5	-161,5	
Sulfuro de hidrógeno	-85,6	-60,8	

7. Para las siguientes sustancias, propongan una geometría molecular e indiquen si las moléculas que las forman son polares o no polares y por qué.

- Yodo (I₂).
- Monóxido de dicloro (Cl₂O).

8. Expliquen con sus propias palabras qué entienden por:

- molécula;
- unión por puente de hidrógeno;
- dipolos transitorios;
- unión iónica;
- unión covalente.

9. Los clatratos podrían describirse como jaulas de hielo constituidas por moléculas de agua, dentro de las cuales están encerradas moléculas de metano (CH₄). Las moléculas de agua forman jaulas de 12 caras y dentro de cada una de ellas las moléculas de metano pueden vibrar o rotar, pero no salir. Estos depósitos se forman en el fondo del mar a bajas temperaturas y muy altas presiones y se encontraron en las costas de Noruega, en el Ártico canadiense, en las costas de México y Guatemala, entre otros lugares. Busquen información acerca de los clatratos y de cuál es la importancia de este hallazgo.

Elaboren un breve resumen en sus carpetas.

Reacciones químicas

6

Contenidos

- > Transformaciones químicas
- > Ecuaciones químicas
- > Velocidad de las reacciones químicas
- > Factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas
- > Teoría de las colisiones
- > Reacciones de óxido-reducción

Carla viajaba en auto hacia el campo con sus padres y su hermano menor. De pronto, todo lo que veía por el camino comenzó a convertirse en preguntas.

Sin saber por qué, su mirada se posó sobre el anillo de plata que llevaba en el índice de su mano derecha, y se dio cuenta de que este ya no era tan plateado... ¿Qué habría pasado?

Cuando el auto finalmente se detuvo, Carla levantó la vista y notó que parte de la reja de la tranquera del campo estaba tan marrón que contrastaba de modo llamativo con los tonos verdes de los árboles. ¿De dónde habrían sacado el hierro con el que fabricaron la reja? ¿Por qué este no era color gris oscuro? ¿Cuánto tiempo habría tardado en ponerse así?

De pronto, un grito de su hermano la sobresaltó: se había lastimado. Rápidamente, su mamá le lavó la herida y le colocó agua oxigenada. Carla se preguntó por qué estaría haciendo esto...

Sin saberlo, Carla se estaba aproximando al mismo corazón de la Química: las reacciones químicas.

EN ESTE CAPÍTULO...

Se analizará qué son las transformaciones químicas, cómo ocurren y el modo en que se representan. También se desarrollarán algunos aspectos de la velocidad de las reacciones y de los factores que las afectan. Se presentará específicamente un tipo de reacción química: las reacciones de óxido-reducción.

Contenido digital adicional

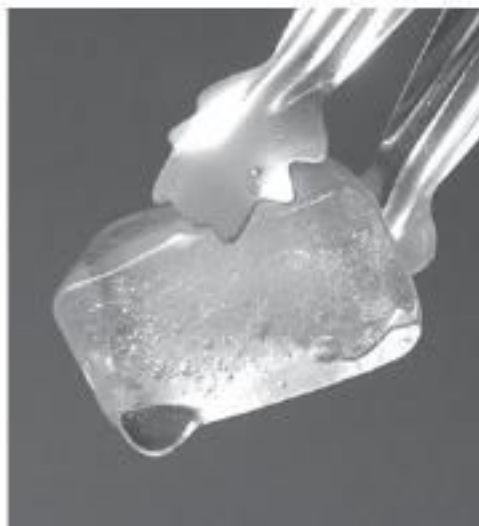
<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C6/>



Transformaciones químicas

Parecido no es lo mismo

Aunque a veces no nos demos cuenta, todo lo que nos rodea cambia, se transforma. Pero, no todos los cambios transcurren del mismo modo.



Hielo fundiéndose.



Glaciar Perito Moreno, Santa Cruz, Argentina.

Los glaciares, como el Perito Moreno, ubicado en el sudoeste de la provincia de Santa Cruz, están formados por hielo. Si la temperatura comenzara a aumentar por distintos motivos, como los de índole ambiental (el calentamiento global, entre otros), parte del agua que al principio se encontraba en estado sólido (hielo) finalmente pasaría al estado líquido. Antes y después de este cambio, el agua seguiría constituida por las mismas partículas: un átomo de oxígeno unido a dos átomos de hidrógeno. La sustancia hubiera conservado su identidad.

Las moléculas se pueden representar mediante modelos como los que siguen.

Actividades

1. Busquen información, sobre el glaciar Perito Moreno y discutan las siguientes cuestiones en grupo.

a. ¿Por qué se resquebraja el glaciar Perito Moreno y se desprenden trozos?

b. ¿Ocurre siempre este proceso?

c. En el caso de fundirse todo el glaciar, inundaría el continente. Averigüen qué proponen los científicos para evitarlo.

d. ¿Podría llegar a desaparecer el glaciar? En caso afirmativo, ¿qué proponen para evitarlo? Fundamenten sus respuestas.

Modelos para una molécula de agua



Modelo de esferas y palitos.



Modelo de esferas compactas.

Por convención, a los átomos se los representa con colores. Por ejemplo, los átomos de oxígeno en rojo, y los átomos de hidrógeno en blanco. Es importante aclarar que los átomos no tienen colores, en realidad, esto es solo un modelo.

Cambios y más cambios

El ser humano siempre ha buscado transformar los diversos materiales naturales con el fin de obtener nuevas sustancias para utilizar en su vida diaria. En la actualidad, son pocos los materiales que no sufren modificaciones antes de llegar a nuestras manos. Durante estos cambios, se transforman las sustancias iniciales (reactivos) en otras finales (productos). Ocurren cambios, pero ¡muy diferentes de los que analizamos en la página anterior!

Anticipándose a la futura escasez de petróleo y ante la creciente demanda de vehículos menos contaminantes, las grandes automotrices ya han comenzado a trabajar en nuevos proyectos y diseños para la fabricación de autos con nuevas tecnologías.

En noviembre de 2014 se anunció la salida a la venta del primer

automóvil que funciona con hidrógeno, y que estaría disponible en Japón desde el 15 de diciembre. Este vehículo es un coche eléctrico que en lugar de utilizar nafta u otros combustibles habituales, utiliza hidrógeno para su funcionamiento. Este automóvil tienen una batería que genera energía eléctrica a partir de la reacción

entre el hidrógeno que se le pone y el oxígeno del aire. El único producto de esta reacción es vapor de agua, por lo que el auto no emite sustancias contaminantes al ambiente. El hidrógeno que el auto consume para su funcionamiento se puede recargar en estaciones de servicio semejantes a las que todos conocemos.



Actividades

1. Averigüen.

- ¿De dónde se extrae el hidrógeno para ser utilizado como combustible?
- ¿Cómo se almacena?
- Mencionen tres ventajas y tres desventajas que presenta el uso del hidrógeno como combustible ecológico.

d. ¿A qué se refiere la expresión "energía limpia y renovable"?

- Averigüen si existen en la Argentina estaciones de servicio con surtidores de hidrógeno. No se olviden de registrar las referencias completas de las fuentes de información a las que recurrieron para contestar las preguntas del ítem 1.

La Química y la Revolución Francesa

Antoine Lavoisier fue el científico que desarrolló los primeros experimentos químicos realmente cuantitativos. Sus resultados proporcionaron pruebas para la ley que él mismo enunció. También, investigó la composición del agua y dio nombre a sus componentes: oxígeno e hidrógeno.



Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794).

Los aportes de Lavoisier

Para utilizar el hidrógeno como combustible, es necesario combinarlo con el oxígeno del aire. En este proceso se libera mucha energía. Utilizando dispositivos especiales, es posible controlar y convertir, lentamente, esa energía química en energía eléctrica.

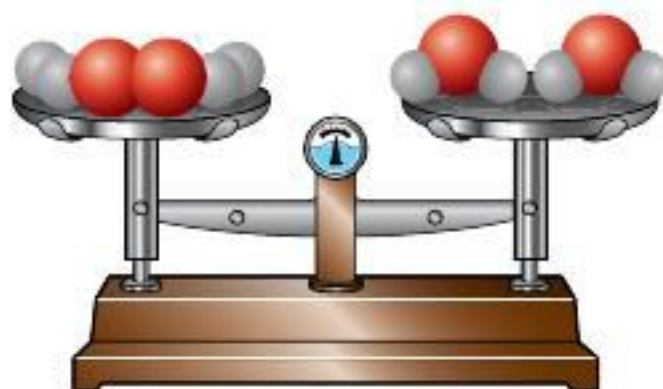
La combustión del hidrógeno es una reacción química. Una reacción química es un proceso por el cual una o más sustancias se transforman en otra u otras diferentes. Por ejemplo, la reacción que ocurre entre el hidrógeno y el oxígeno para originar agua.

Experimentalmente, se comprueba que si reaccionan, por ejemplo, 4 gramos de hidrógeno con 32 gramos de oxígeno, se producen 36 gramos de agua. Esto sucede porque, en toda reacción química que ocurre en un recipiente cerrado, la masa total del sistema se mantiene constante, es decir, la masa del sistema inicial (reactivos) es la misma que la del sistema final (productos). Este es el enunciado de la **Ley de Conservación de la Masa**, propuesta por Lavoisier.

Los átomos y las moléculas son entidades extraordinariamente pequeñas. En 4 gramos de hidrógeno hay una cantidad enorme de moléculas de hidrógeno, cada una de ellas formadas por dos átomos. También es inimaginablemente grande la cantidad de moléculas de oxígeno que hay en 32 gramos de este elemento, y cada una de ellas contiene dos átomos. Pero sea cual fuere la cantidad de átomos de hidrógeno y de oxígeno presentes inicialmente, luego de la reacción esta seguirá siendo la misma, es decir, se mantiene constante. Sin embargo, luego de la reacción, los átomos estarán unidos de manera diferente, formando moléculas de agua, cada una de ellas constituida por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno; estas constituyen ahora los 36 gramos de agua.

Transformaciones equilibradas

Para hacer más simple la comprensión de la reacción anterior, consideraremos unas pocas moléculas.



Siempre recuerden que estamos modelizando: no sería posible detectar la masa de moléculas individuales con una balanza.

Si 2 moléculas de hidrógeno (que contienen 2 átomos de hidrógeno cada una, o sea, un total de 4 átomos de hidrógeno) se combinan con 1 molécula de oxígeno (que está formada por 2 átomos de oxígeno), se forman 2 moléculas de agua (que en total contienen 4 átomos de hidrógeno y 2 átomos de oxígeno).

Todos los átomos iniciales están en el sistema final, es decir, la masa total no cambia.

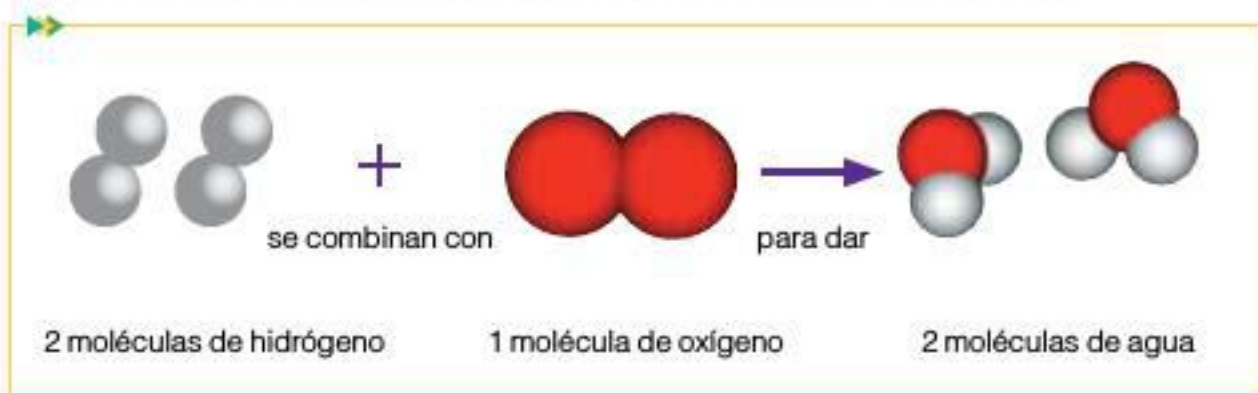
Actividades

1. Lavoisier vivió durante el llamado Reinado del Terror de la Revolución Francesa, y fue condenado a morir guillotinado.

Averigüen:

- ¿Cuáles fueron los motivos por los cuales Lavoisier fue condenado a muerte?
- ¿Quiénes eran sus oponentes en el ámbito científico? ¿Por qué motivo?

La reacción de la formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno también puede ser representada a través del modelo de esferas compactas:



El lenguaje químico: un lenguaje simbólico

Seguramente alguna vez han visto una imagen como esta o parecida. Es un signo, porque de alguna manera hace presente algo que está ausente. En este caso, representa que el material de ese objeto se puede reciclar.

Estas también son imágenes muy conocidas. Cuando las vemos reconocemos si indican peligro o atención.

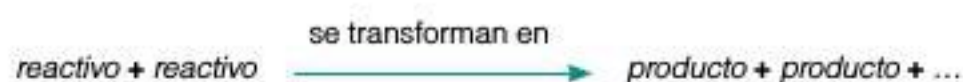
El conjunto de convenciones necesarias para entendernos está formado por signos relacionados entre sí; no podemos pensar uno sin el otro y sin el significado (concepto) que a ese símbolo se le ha asignado.

Escritura y ajuste de ecuaciones

En el lenguaje de la Química también existen signos propuestos, con un significado asignado reconocido por todos los científicos. La **ecuación química**, por ejemplo, es la representación simbólica convencional de una reacción. Se dice **simbólica** porque se usan símbolos y fórmulas; es **convencional** porque, por acuerdo internacional, se escriben las fórmulas de las sustancias reaccionantes o reactivos a la izquierda, separadas entre sí por un signo más y luego de una flecha, las fórmulas de los productos de la reacción, también separadas por signos más.

Ecuación química:

representación convencional de una reacción química



Actividades

1. Representen y dibujen a través del modelo de esferas compactas, la reacción que se produce entre el carbono (representado con una esfera celeste) y el oxígeno para producir dióxido de carbono. Recuerden que las moléculas de oxígeno son diatómicas, es decir, tienen dos átomos.
2. ¿Cómo sería esa representación si el producto obtenido fuese monóxido de carbono? Dibújenlo. Recuerden que la cantidad total de átomos de cada elemento tiene que ser la misma, antes y después de la reacción.
3. Comparen las representaciones, y señalen las semejanzas y diferencias en un cuadro.

Glosario

síntesis: reacción en la que se obtiene una sustancia compuesta a partir de sustancias simples.

El agua como ejemplo

Al representar las reacciones con ecuaciones químicas, se utilizan símbolos y fórmulas que indican, secuencialmente, lo que hay antes y después del proceso.

Veamos como ejemplo el caso de la **síntesis*** del agua. Comenzamos por escribir las fórmulas de las sustancias reaccionantes (reactantes o reactivos) y de los productos de la reacción.



Si contamos los átomos de cada elemento, tenemos:

	Inicialmente	Luego de la reacción
Átomos de hidrógeno	2	2
Átomos de oxígeno	2	1

Como sabemos, la cantidad de átomos de cada elemento debe ser la misma, antes y después de la reacción, es decir, en ambos lados de la ecuación. Para asegurarnos de que esto ocurra, es importante realizar el **ajuste o balanceo de la ecuación**. Para ello, delante de las fórmulas colocamos números, denominados **coeficientes estequiométricos**, de forma que se cumpla con la ley de Lavoisier. Cuando el coeficiente es 1, no se escribe, ya que queda sobrentendido.

Retomando nuestro ejemplo:



	Inicialmente	Luego de la reacción
Átomos de hidrógeno	4	4
Átomos de oxígeno	2	2

Esto puede leerse: cuando dos moléculas de hidrógeno se combinan con una molécula de oxígeno, se forman dos moléculas de agua.

Las moléculas de las sustancias iniciales reaccionan para formar moléculas de agua, que son el producto de la reacción. Los átomos puestos en juego inicialmente se acomodan y reorganizan, y se obtienen en consecuencia sustancias nuevas, en este caso una sola, que es diferente de las sustancias iniciales y, por lo tanto, con propiedades y características particulares.

IMPORTANTE: para ajustar una ecuación química se usan solo los coeficientes. Nunca se debe cambiar los subíndices de las fórmulas, ya que esto alteraría la identidad de las sustancias que están participando en la reacción.

Por ejemplo, **NO es correcto escribir la ecuación de la reacción de obtención de agua así:**



ya que, si bien esta estaría atómicamente balanceada, la fórmula del producto correspondería al agua oxigenada, y no al agua.



Antoine Lavoisier y Marie Paulze, con quien se casó en 1771 y fue su más estrecha colaboradora. Marie realizó la mayoría de los dibujos que acompañaron su obra, y tradujo al inglés los artículos redactados por su esposo.

Las cosas por su nombre: una primera aproximación a la nomenclatura química

Así como cada elemento tiene un nombre que lo identifica, lo mismo ocurre con cada sustancia. Debido a la gran variedad de sustancias y la necesidad de crear un lenguaje químico universal, la nomenclatura química se ha sistematizado. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés), fija las reglas para que todos los elementos y los compuestos químicos tengan el mismo nombre.

Los óxidos de elementos con alta electronegatividad se pueden nombrar indicando con sufijos el número de átomos de cada elemento presente en la molécula. Por ejemplo, trióxido de azufre para el óxido cuya fórmula es SO_3 .

Los óxidos de elementos de baja electronegatividad se nombran como óxidos del catión con el que forman el compuesto. Por ejemplo, óxido de sodio. Si hay más de un número de oxidación posible, este se indica entre paréntesis con números romanos: óxido de hierro (II) u óxido de hierro (III). Tradicionalmente se indicaban como óxido ferroso y óxido férrico, respectivamente.

Las sales, por su parte, son compuestos iónicos formados por un elemento muy electronegativo y otro con baja electronegatividad, y pueden contener oxígeno o no. Como se dijo, aquellas que tienen anión sin oxígeno llevan la terminación -uro, las que tienen anión oxigenado se nombran con terminación -ato.

Los números de oxidación en el nombre de las sustancias binarias

La IUPAC acepta y promueve el uso de los llamados **numerales de Stock**, que coinciden con los números de oxidación y se escriben con caracteres romanos. El número de oxidación de un elemento en un compuesto iónico binario coincide con la carga del ion. Cuando las uniones entre los elementos son covalentes, existen algunas reglas muy sencillas para asignar los números de oxidación de distintos elementos en un compuesto determinado.

- ▶ En la mayoría de los compuestos, el número de oxidación del oxígeno es -2 .
- ▶ En la mayoría de los compuestos, el número de oxidación del hidrógeno es $+1$.

▶ En todas las sustancias, la suma de los números de oxidación da 0.

▶ Los elementos del grupo I, en un compuesto, tienen número de oxidación $+1$.

▶ Los elementos del grupo II, en un compuesto, tienen número de oxidación $+2$. Por ejemplo, para los óxidos, teniendo en cuenta lo anterior, en el caso del trióxido de azufre, SO_3 , el número de oxidación del azufre es $+6$, ya que a cada átomo de oxígeno le corresponde -2 y la suma total debe ser 0, por lo tanto, corresponde nombrarlo como óxido de azufre (VI).

▶ Si el compuesto binario carece de oxígeno, se nombra poniendo al elemento más electronegativo con la terminación -uro.

▶ Algunos compuestos, por su importancia, siguen conservando su nombre tradicional, como es el caso del agua, del amoníaco y del metano.



Nombre	Fórmula molecular	Modelo molecular
Dióxido de carbono u óxido de carbono (IV)	CO_2	
Óxido de dicloro u óxido de cloro (I)	Cl_2O	
Ioduro de hidrógeno	HI	
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	

Velocidad de las reacciones químicas

Existen procesos cotidianos diferentes que ocurren y se analizan en distintos ámbitos.



La línea roja marca la distancia recorrida por una pelota, en un tiempo dado, hasta llegar a convertirse en ¡gol!

Pack ADSL
1M (bajada de datos)
y 128 Kbps (subida de datos)

La información ofrecida por un servidor de Internet, en un tiempo razonable, es importante a la hora de elegir el tipo de conexión que pretendemos como consumidores.

CABLEMODEM

- BANDA ANCHA -
Downstream: 3 Megas
Upstream: 256 Kbps



Este hincha de fútbol va poder gritar primero los goles y después los verá.



En todos los casos, es necesario mencionar el tiempo en el que un determinado hecho ocurrirá. Esta relación entre suceso y tiempo da como resultado **la velocidad** (una magnitud combinada).

Tal vez hayan visto el cambio de color en el papel de los libros con el paso del tiempo: primero se observa un color amarillento y después de muchos años, una coloración café.

En los marcos de aluminio de las ventanas, el paso del tiempo deja su huella, aunque su resultado no sea tan fácilmente observable. En ellas se forma una película superficial de óxido blanquecina, opaca, continua y compacta. Protege al metal contra futuras corrosiones y es posible colorearla con fines decorativos.

Un trozo de manzana o de banana expuesto al aire se **descompone***, es decir que toma rápidamente una tonalidad parduzca. Son transformaciones químicas que incluyen la desaparición de un reactivo o la aparición de un producto, y pueden tardar segundos o años. ¿De qué depende la velocidad con que ocurre un cambio químico?

Glosario

descomposición: reacción por la cual, a partir de una sustancia, se obtienen dos o más.

descomposición térmica: es la que se produce por efecto del calor.

Un libro antiguo con hojas amarronadas, una ventana de aluminio que no necesita pintarse y algunos trozos de manzanas recién cortadas y oscurecidas muestran algunos cambios cotidianos.



Actividades

1. Experimentalmente se ha verificado que 12 g de carbono se combinan con 32 g de oxígeno para formar 44 g de dióxido de carbono. Pero si se colocan 12 g de carbono con 16 g de oxígeno, no se forman 44 g de dióxido de carbono. ¿Por qué?

¿Cuántos gramos de dióxido de carbono se pueden obtener? Discutan y fundamenten sus respuestas.

2. ¿Es correcta la siguiente ecuación? ¿Por qué?



La velocidad de las reacciones

Seguramente, en el curso tuvieron que tomar decisiones grupales. Por ejemplo, para la elección de una prenda o una bandera que los represente, o para la resolución de algún conflicto de convivencia. Para ello necesitaron un tiempo, y el proceso se produjo a una cierta velocidad. De la misma forma, las reacciones químicas necesitan tiempo y ocurren a una determinada velocidad.

Cuanto más rápido resolvieron o tomaron decisiones, menos tiempo necesitaron. De la misma manera, una reacción es más rápida cuanto menor es el tiempo necesario para la aparición de los productos.

El estudio de la cinética química (cine = movimiento) permite encontrar respuestas respecto de la velocidad con que ocurren los cambios químicos, y las variables que los modifican.

Actividades experimentales

Evidencia de reacción

Necesitarán:

- ▶ sulfato cúprico o sulfato de cobre (II), (se vende en viveros y ferreterías);
- ▶ 1 clavo de **acero***;
- ▶ agua;
- ▶ 1 vaso;
- ▶ 1 cucharita;
- ▶ 2 tubos de ensayo.



Paso 1. Disuelvan 4 g de sulfato cúprico en 50 cm³ de agua. Obtendrán una solución con una coloración azul intensa.

Paso 2. En un tubo, coloquen el clavo de acero y agreguen un poco de la solución anterior, hasta cubrir el clavo. En otro tubo, coloquen el resto de la solución.

Respondan. A medida que pasa el tiempo:

- a. ¿Qué observan en el primer tubo?
- b. ¿Qué notan en la intensidad del color de la solución?
- a. ¿Se observan cambios en el aspecto del clavo? Registren sus observaciones.
- b. ¿Para qué les sirvió tener parte de la solución original en el otro tubo?

En este caso, es posible evidenciar la velocidad de la reacción por la rapidez con que aparece el sólido marrón-rojizo (aparición de un producto), o disminuye la intensidad del color azul (desaparición de un reactivo).

Glosario

acero: aleación que contiene cerca de un 98% de hierro.

Factores que influyen en la velocidad de las transformaciones químicas

La toma de decisiones compartida previamente mencionada tal vez haya estado influenciada por ciertos factores, como la naturaleza de la situación a resolver, o de los intervinientes. En los cambios químicos, muchas veces sucede algo parecido: distintas reacciones químicas ocurren a velocidades diferentes. Eso está relacionado, entre otras causas, con la naturaleza de las sustancias que intervienen.

La importancia de las fechas

La eficacia de un medicamento puede disminuir con el paso del tiempo, si su principio activo se va transformando.

Conocer la velocidad de esta transformación permite estimar el tiempo de caducidad del medicamento. En forma semejante, se estudian ciertos alimentos como lácteos, galletitas y cereales. De allí viene su fecha de vencimiento, que aparece en el envase.



Los medicamentos deben presentar en su envase, tanto la fecha de elaboración como la de vencimiento.

Actividades experimentales

Velocidad de reacción (1): la concentración



Necesitarán:

- ácido clorhídrico (se consigue en ferreterías, con el nombre de ácido muriático);
- 2 tubos de ensayo, rotulados I y II;

Paso 1. En un tubo agreguen 6 cm^3 del ácido (así como viene de la botella). En otro tubo coloquen 3 cm^3 del ácido y agréguele 3 cm^3 de agua. El ácido se habrá diluido.

- 1 pinza metálica (puede ser una de depilar);
- 2 trocitos de zinc (puede ser de una chapa de metal);
- 1 pipeta graduada de 10 cm^3 .

Paso 2. En ambos tubos coloquen, haciendo uso de la pinza, un trocito de zinc. Los dos trozos deben ser lo más parecidos posible. De esta manera estarán modificando, solamente, la concentración del ácido.



Luego, respondan:

- ¿Se produce alguna reacción? ¿Cómo lo saben?
- Toquen el fondo de cada tubo. ¿Siguen a temperatura ambiente?
- Comparen lo que ocurrió en ambos tubos y registren todo lo observado.
- Elaboren una explicación posible para las diferencias que hayan notado.
- ¿Se les ocurre otra forma de modificar la velocidad del proceso?
- Anoten sus anticipaciones.

Al aumentar la concentración del reactivo en solución, se incrementa la velocidad de reacción.

Velocidad de reacción (2): la temperatura

Calentar es una opción para cambiar la velocidad de la reacción. ¿En qué caso les parece que la reacción será más rápida? ¿En frío o en caliente?

Les proponemos realizar una experiencia para corroborarlo. Pero antes, es importante tener en cuenta que para inferir experimentalmente la influencia de la temperatura, tenemos que trabajar con los mismos reactivos y en las mismas condiciones (salvo la temperatura, claro). Esto significa que todas las **variables*** deben permanecer iguales, menos una, que es justamente aquella cuya influencia queremos analizar o probar.

En nuestro caso, usaremos el mismo metal que en la experiencia de la página anterior y la misma cantidad de ácido diluido; solo modificaremos la temperatura.

Necesitarán:

- ▶ ácido clorhídrico (en la ferretería lo consiguen como ácido muriático);
- ▶ 2 tubos de ensayo, rotulados I y II;
- ▶ 1 pinza (para transportar el metal);
- ▶ 1 pinza de madera (para sujetar el tubo de ensayo);
- ▶ 1 mechero o 1 vaso con agua muy caliente (baño María);
- ▶ 2 trocitos de zinc (puede ser de una chapa del metal), que sean muy semejantes entre sí.

Paso 1. En cada uno de los tubos rotulados I y II, coloquen volúmenes iguales de una mezcla de partes iguales de ácido muriático y agua. Por ejemplo: 3 cm³ del ácido de la botella y 3 cm³ de agua.

Paso 2. En ambos tubos, coloquen un trozo de zinc.

Paso 3. Calienten uno de los tubos con la llama del mechero o al baño María. Al otro tubo manténganlo a temperatura ambiente.

- a. Registren y dibujen todo lo que observaron.
- b. Propongan una hipótesis que sugiera cómo pueden explicar lo observado.



A mayor temperatura, la reacción es más rápida.

La ecuación que representa la reacción que experimentaron es:



Glosario

variable: factor que influye en el resultado de un experimento.

Velocidad de reacción (3): estado físico del reactivo



Veamos ahora si la velocidad de reacción depende del estado de subdivisión del reactivo sólido. Esto se refiere a la superficie de contacto que tiene el metal y que aumenta al disminuir el tamaño de los trozos que usamos.

Necesitarán:

- ▶ 3 tubos de ensayo rotulados (I, II y III);
- ▶ ácido muriático;
- ▶ clavo de acero, virutas de hierro (o lana de acero), y hierro en polvo;
- ▶ 1 pipeta graduada.

Paso 1. Coloquen 3 cm^3 de ácido muriático en cada uno de los tubos de ensayo.

Paso 2. Agreguen el hierro (polvo, virutas, trozo) en los distintos tubos de ensayo rotulados.

Luego, respondan:

- a. ¿Qué color tomó el líquido? ¿Observaron burbujas?
- b. Registren y dibujen sus observaciones.
- c. Den una posible explicación de lo ocurrido.



El hierro reacciona con el ácido clorhídrico y se desprenden burbujas de hidrógeno. Seguramente, la velocidad de la reacción no fue igual en todos los tubos. Se mantuvieron los mismos reactivos, las mismas concentraciones y la misma temperatura. Lo único que varió fue el grado de subdivisión del hierro sólido. Si los trozos son más pequeños, aumenta la superficie de contacto, es decir, queda mayor cantidad de partículas en la superficie. Cuanto más pulverizada esté una masa sólida, más superficie libre tiene para reaccionar y más rápida es la reacción.

A mayor superficie de contacto entre los reactivos, mayor es la velocidad de reacción.

Actividades

1. La reacción que ocurre entre el ácido clorhídrico (HCl) y el hierro (Fe) es semejante a la que se da entre el zinc (Zn) y el ácido clorhídrico (HCl). En este último caso, se forman cloruro de zinc (ZnCl_2) e hidrógeno (H_2). Pero, el hierro puede formar dos cloruros distintos: el cloruro ferroso o cloruro de hierro (II) (FeCl_2), y el cloruro férrico o cloruro de hierro (III) (FeCl_3). ¿Cómo sabemos cuál se formó?

Para contestar esta pregunta necesitamos buscar las características de estas sales. Experimentalmente se observa que la solución acuosa de cloruro ferroso es amarillo-verdosa, mientras que la de cloruro férrico es rojiza.

¿Qué color tomó la solución del tubo donde colocaron ácido clorhídrico y hierro? Ya están en condiciones de escribir la ecuación correspondiente. ¡Háganlo!



El hierro reacciona con el ácido clorhídrico.

Retomamos las actividades experimentales. Algunas conclusiones y explicaciones

En cada una de las actividades experimentales anteriores (1), (2) y (3), hemos controlado algunas variables (las mantuvimos sin cambio), y hemos modificado solo aquella cuya influencia sobre la velocidad de la reacción nos interesaba analizar en cada caso.

► En el caso de la actividad (1) hemos variado la concentración del ácido, haciéndolo reaccionar siempre con el mismo metal (zinc), en similar cantidad y grado de subdivisión de los trozos y a una misma temperatura. El objetivo fue analizar la influencia de la concentración del reactivo empleado en la velocidad de reacción.

Modificar la concentración de reactivos implica variar la cantidad de sustancia por unidad de volumen. En ambos casos usamos el mismo volumen (6 cm^3). Si la cantidad de reactivo disuelto es menor, la probabilidad de que se encuentren y choquen sus partículas con las del otro reactivo es menor. En consecuencia, si se disminuye la concentración de reactivos, la velocidad de reacción disminuye. Por el contrario, a mayor concentración, mayor velocidad.

► En el experimento (2) hemos variado la temperatura, dejando fijas el resto de las variables. A mayor temperatura, las partículas de los reactivos tienen mayor energía cinética y se mueven más rápido, por lo que el número de choques es mayor y se incrementa la posibilidad de que se produzcan rupturas y la formación de nuevos enlaces, lo que da origen a la aparición de los productos.

► Finalmente, en el caso (3) consideramos el grado de subdivisión como factor que modifica la velocidad de la reacción. En este caso, la naturaleza del material fue la misma (metal hierro), también la concentración del ácido y la temperatura; lo que modificamos fue la superficie de contacto. Al estar más subdividido el material sólido, la superficie de contacto para los reactivos es mayor y, por lo tanto, aumenta el número de partículas que pueden encontrarse y reaccionar.



Actividades

1. Algunas lociones que eliminan la **pediculosis*** contienen una sustancia llamada permetrina al 2% V/V (2 ml de permetrina cada 100 ml de solución). Antiguamente presentaban una concentración de permetrina de 1% V/V. Expliquen por qué (utilizando el mismo volumen de medicamento), el tratamiento con la nueva loción será más eficaz.
2. Expliquen por qué los alimentos se “descomponen” más rápido en verano que en invierno y por qué, al guardar en la heladera un trozo de banana o manzana, este tarda más tiempo en amarronarse.

Glosario

pediculosis: afección de la piel producida por los piojos.

En la heladera, las carnes se conservan en buen estado durante más tiempo que a temperatura ambiente. ¿Por qué?

Actividades

3. Para hacer un asado, ¿conviene colocar las maderas (o el carbón) enteros, o cortados en trozos? ¿Por qué?
4. Para que las papas se hagan más rápido, ¿conviene ponerlas a cocinar enteras o en trozos?



Mediadora y litigantes en una audiencia de conciliación.

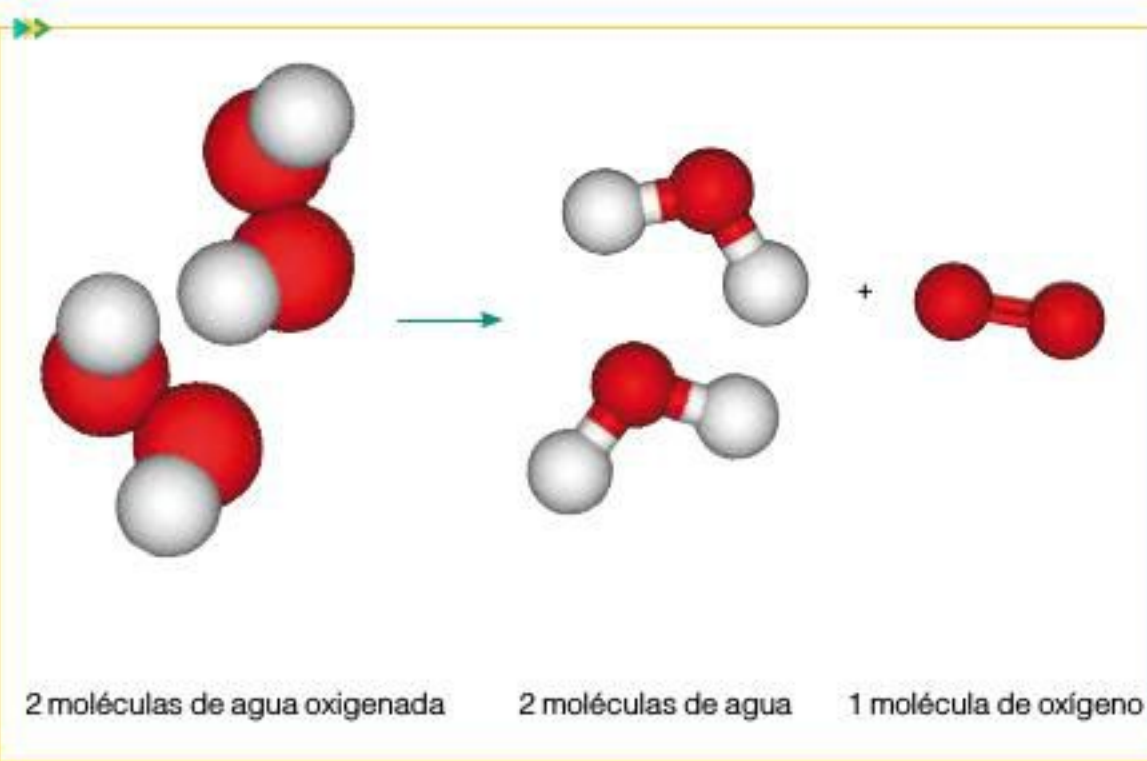
Los catalizadores y la velocidad de una reacción

El mediador de una audiencia de conciliación en un litigio trata de negociar con todos los que participan en ella. Según los intereses de las partes, puede facilitar u obstaculizar, con sus intervenciones, los términos del arreglo. En todos los casos interviene pero no es parte del conflicto; su actuación puede ser positiva o negativa.

Así como el mediador, existe un grupo de sustancias que tienen gran importancia para la vida. Una de sus funciones es acelerar, inhibir o retardar algunas reacciones que ocurren en el metabolismo celular. Estas sustancias se denominan **enzimas**, y actúan como catalizadores.

Por ejemplo, la catalasa es una enzima que se encuentra en las células de los tejidos animales y vegetales. Esta actúa facilitando y acelerando la descomposición del agua oxigenada. En esta reacción se produce agua y se libera oxígeno gaseoso.

Por lo tanto, la ecuación correspondiente a este proceso es:



Reacción de descomposición del agua oxigenada representada con modelos de esferas y varillas.

Un **catalizador** es una sustancia que influye en la velocidad de una reacción química, al estar presente en el sistema donde se produce. Una vez finalizada la reacción, el catalizador es recuperado sin cambios químicos.

Un catalizador puede ser positivo (si acelera una reacción), o negativo (si la retarda). En este último caso, se lo denomina inhibidor.

El agua oxigenada es frecuentemente utilizada como desinfectante, debido al efecto que tiene el oxígeno que se libera cuando esta toma contacto con la sangre actúa sobre los microorganismos patógenos.

La reacción de descomposición del H_2O_2 también es acelerada por la acción de la luz, el aumento de la temperatura y la presencia de ciertos iones, como los cationes férrico y ferroso (Fe^{3+} y Fe^{2+}).

La catalasa cataliza

Necesitarán:

- ▶ 1 tubo de ensayo;
- ▶ trocitos de hígado;
- ▶ 1 pipeta graduada;
- ▶ solución acuosa de agua oxigenada de 10 o 20 volúmenes (se venden en farmacias o perfumerías).

Coloquen dos trocitos de hígado dentro del tubo de ensayo y añadan 5 mL de agua oxigenada. Observen lo que ocurre.

- a. Dibujen la situación inicial y la final.
- b. Tengan en cuenta la ecuación de descomposición y deduzcan: ¿a qué se debe lo observado?
- c. Registren sus observaciones y conclusiones.



Teoría de choques... Y algunas cuestiones...

Una cuestión de encuentro efectivo

Para que se produzca una reacción química, es imprescindible que los reactivos se pongan en contacto. Concretamente, deben producirse choques entre sus partículas (moléculas, átomos, iones).

Pero no todos los choques entre las partículas de los reactivos provocarán cambios o formarán sustancias nuevas. Para que la reacción ocurra, los choques deben ser efectivos. Para esto, es importante considerar la orientación con la que colisionan las partículas. La posición adoptada en el espacio puede ocasionar o no el reordenamiento de átomos y electrones, para que se formen los productos de reacción. Sin embargo, aun con la orientación correcta, si no existe energía suficiente, se pueden producir "rebotes" entre las partículas, lo que impide que se lleve a cabo la reacción.

Una cuestión de energía suficiente

El valor mínimo de energía necesario para que ocurra una reacción se llama **energía de activación**. Cada sistema en reacción tiene una energía de activación que le es característica. Solo aquellos átomos o moléculas que alcanzan, en la colisión, una energía igual o superior a la energía de activación, y que choquen con la orientación adecuada, pueden dar lugar a los productos.

En las partículas que llegan a esa energía mínima, se rompen o debilitan los enlaces necesarios para favorecer el reordenamiento de átomos y la formación de otras uniones. Se supone que antes de llegar al estado final, existe uno intermedio, llamado **estado de transición**, en el cual se están rompiendo y formando enlaces.

Química y Medicina

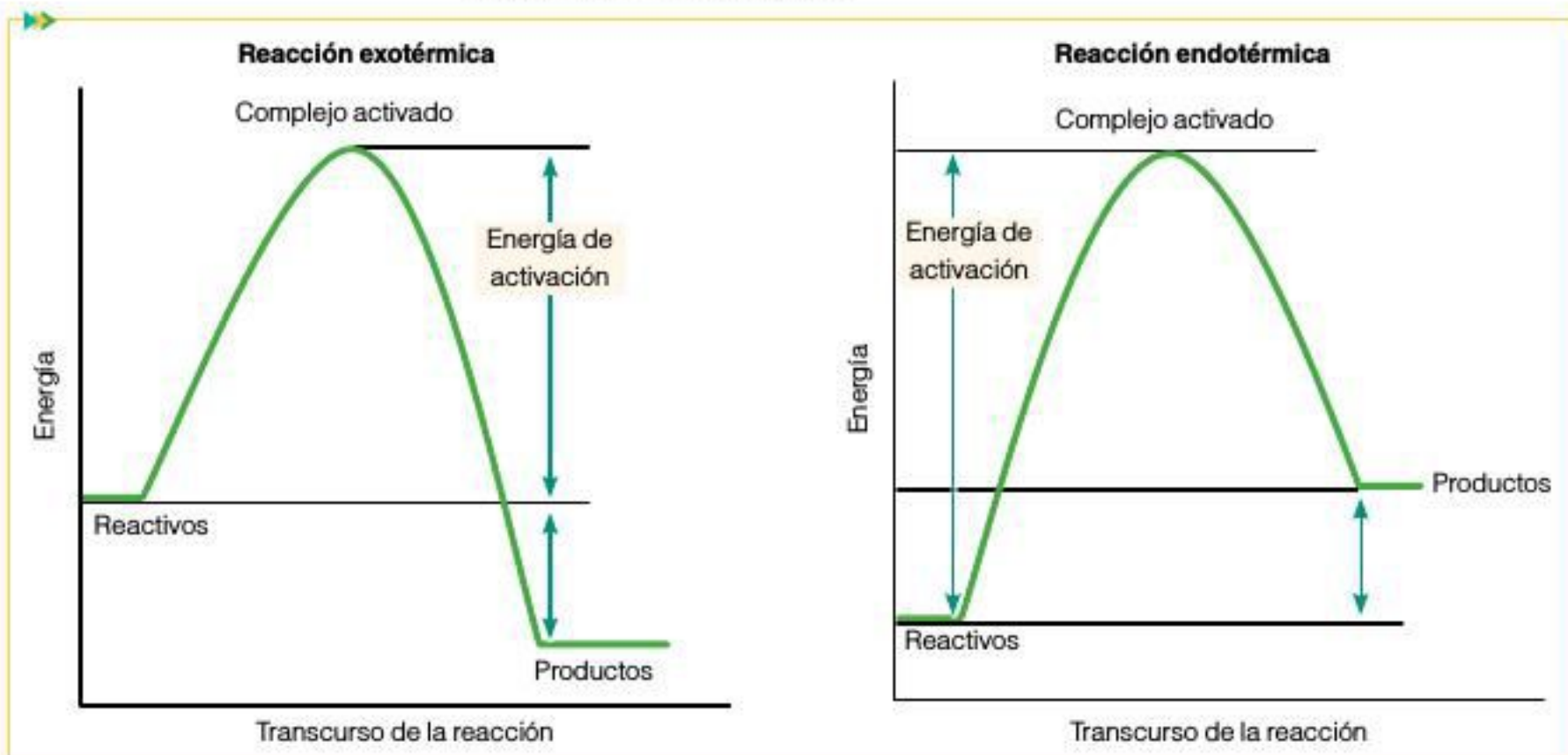
La presencia de la catalasa en los tejidos de la piel es aprovechada para utilizar el agua oxigenada como desinfectante. Cuando se produce la liberación de oxígeno, se inhibe la acción de agentes patógenos, ya que muchas bacterias son anaerobias y no pueden vivir en presencia de este gas. La enzima catalasa favorece positivamente la descomposición del agua oxigenada.



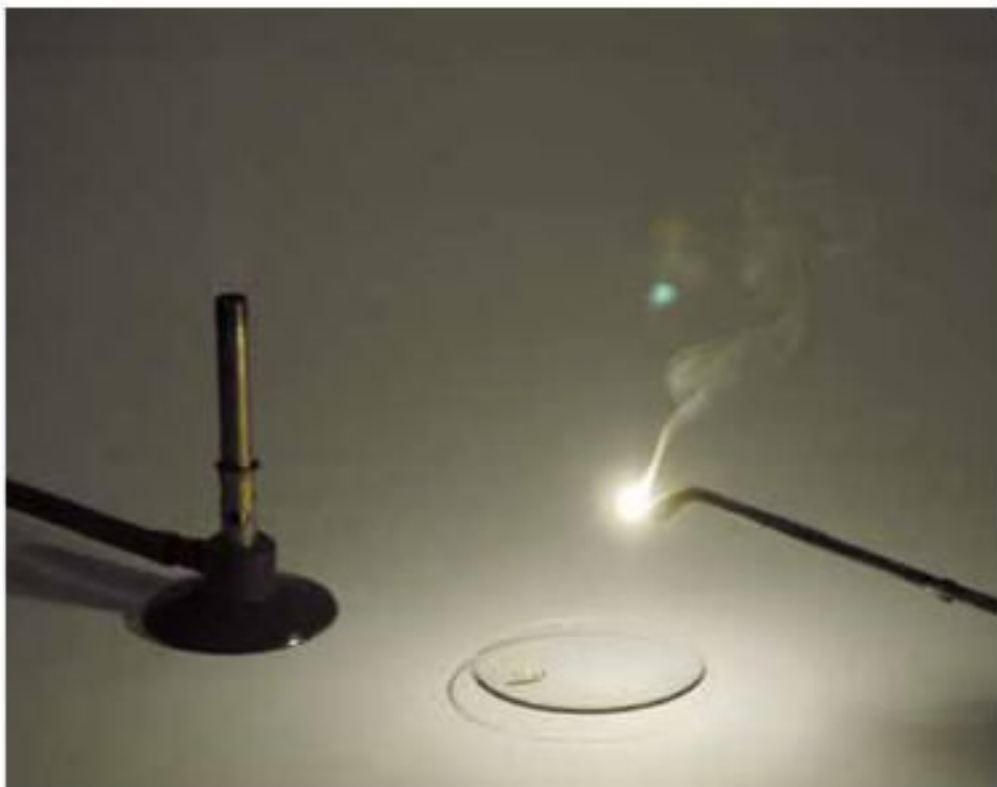
Calor de reacción

Durante el transcurso de una reacción química hay transferencia de energía entre el sistema y el ambiente. Las reacciones en las que la energía liberada por el sistema se transfiere al ambiente en forma de calor se llaman **exotérmicas**. Por ejemplo, la reacción mencionada entre el zinc y el ácido clorhídrico es exotérmica.

En cambio, si durante una reacción el sistema recibe energía en forma de calor, la reacción es **endotérmica**.



En una reacción endotérmica, la energía necesaria para romper los enlaces de las moléculas de los reactivos es mayor que la que se desprende cuando se forman los enlaces de las moléculas que componen los productos. Por el contrario, en una reacción exotérmica, la energía requerida para romper los enlaces en los reactivos es menor que la energía liberada por la generación de los enlaces de los productos.



Si se calienta un trocito de magnesio sobre la llama de un mechero se observa que, inmediatamente, comienza a arder y desprende una luz blanca muy intensa.

Inicialmente es necesario entregar energía al sistema, calentando el metal. Así, las partículas adquieren la energía mínima necesaria (energía de activación) para iniciar la reacción con el oxígeno del aire y originar óxido de magnesio. Sin embargo, una vez iniciada, la cantidad de energía que se libera es suficiente para que el sistema siga reaccionando. Es una reacción que libera energía, en forma de luz y calor.

Combustión del magnesio.

Reacciones de óxido-reducción

Las reacciones químicas se producen cotidianamente y en diferentes ámbitos. Por ejemplo, la corrosión de las rejas de una casa o de las patas de una silla, la fabricación de espejos, la obtención de metales a partir de minerales y la combustión del gas natural.

En el capítulo anterior hemos trabajado con el concepto de número de oxidación. Cada elemento que integra una sustancia tiene asignado uno. Los químicos han comprobado que, en algunas reacciones, estos números se mantienen, pero que en otras esto no ocurre.



Actividades

1. Al reaccionar 1 g de magnesio (Mg) con oxígeno (O_2), se forma óxido de magnesio (MgO) y se liberan 6,075 kcal de energía.
 - a. Calculen la cantidad de calor liberado si se quemaran 15 g de magnesio.
 - b. Escriban la ecuación que representa la reacción.

Actividades

2. Es frecuente que, en la clase de Ciencias, pongan en juego algunas habilidades como las de percibir, recordar, imaginar; y otras más complejas como las de indagar, relacionar, analizar, entender y expresar. Cuando reflexionamos sobre algo, buscamos ordenar evidencias, criticamos, argumentamos y hacemos juicios sobre la validez de las afirmaciones, sobre su certeza o probabilidad.

Argumentar es una operación mental que consiste en presentar datos y pruebas para fundamentar, demostrar y hacer algo creíble. Ofrece evidencias y razonamientos concretos para convencer.

La argumentación es una práctica cotidiana. Lo hacemos con nosotros mismos, con otras personas o en la clase. Lo esencial en la argumentación son las pruebas o razones que sustentan un hecho, un conocimiento, un problema, una postura... ¡Y esto también se aprende, se ejercita y se pone en marcha! Para practicar la argumentación, supongamos que estamos en el patio de la escuela durante un recreo.

Allí, dos chicos mantienen el siguiente diálogo:

Analia: ... Bueno... entonces en las ecuaciones se ven las reacciones que se van formando...

Sebastián: Mmm, no sé. ¿Como cuando pusimos el zinc con el ácido clorhídrico, y vimos burbujas y un líquido medio blanco?

A: ¡Claro! Y después, en el informe dibujamos el tubo y escribimos lo que había pasado, ¿te acordás?

S: Sí, pero me parece que no lo estamos diciendo bien.

En ese momento suena el timbre y los chicos tienen clase de Físicoquímica".

- a. Reescriban el diálogo entre Analia y Sebastián, enriqueciéndolo y sumándose ustedes mismos a la conversación en el encuentro en el patio.
- b. Si hubiese intervenido la profesora, ¿qué suponen que les hubiera corregido? Escribanlo.
- c. Intenten argumentar sobre el diálogo escrito por ustedes en el punto a. y las supuestas correcciones de la profesora del punto b.

Cambios en los números de oxidación

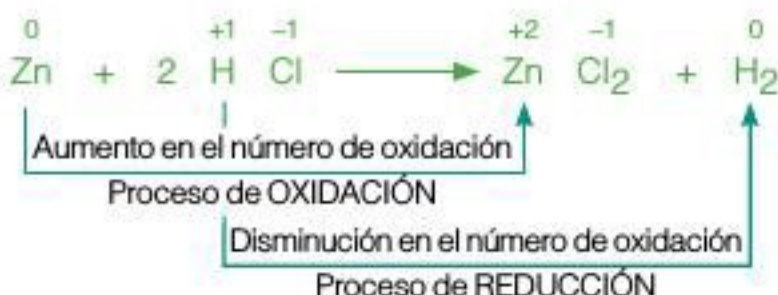
Ya sabemos que al colocar trozos de zinc en contacto con ácido clorhídrico se produce una reacción química que puede representarse por la siguiente ecuación:

Actividades

1. ¿Qué tipo de unión química existe en las partículas de cada una de las sustancias que intervienen en la reacción que estamos estudiando?



El zinc reacciona con un ácido y libera hidrógeno gaseoso.



Algunas reacciones pueden caracterizarse por estar acompañadas de cambios en los números de oxidación de los elementos que participan en ellas. Estas se denominan **reacciones redox** o **reacciones de óxido-reducción**.

Los procesos de oxidación y de reducción se producen simultáneamente; siempre que un número de oxidación aumenta, se verifica la disminución de otro.

Actividades experimentales

A limpiar objetos de plata

Con el uso, los objetos de plata suelen perder brillo y ennegrecerse. Esto se debe a la formación de sulfuro de plata (Ag_2S) sobre su superficie. Sin embargo, es posible reintegrarles fácilmente su aspecto inicial.

Les proponemos llevar a cabo la siguiente experiencia para intentarlo.

Necesitarán:

- ▶ 1 recipiente;
- ▶ 1 trozo de papel aluminio (puede ser un envase de aluminio para pastas);
- ▶ media cucharadita de bicarbonato de sodio (se compra en farmacias);
- ▶ 1 objeto pequeño de plata ennegrecido (anillo, pulsera, cadena, medallita, etcétera);
- ▶ agua caliente (cantidad suficiente para cubrir los objetos).

Paso 1. Coloquen el objeto en un recipiente de aluminio (Al) con agua caliente y media cucharadita de bicarbonato de sodio.

Paso 2. Registren sus observaciones.

Paso 3. La reacción se puede representar con la siguiente ecuación:



Indiquen el número de oxidación de cada elemento en los reactivos y en los productos. ¿Hubo óxido-reducción? ¿Se oxidó alguna especie química? ¿Alguna se redujo? ¿Cuáles?

Paso 4. Argumenten sobre sus respuestas, utilizando los conceptos desarrollados en este capítulo.

Siderurgia

El hierro es el elemento más abundante en la Tierra, de hecho constituye un 30% de la masa total del planeta. Por lo general, se presenta como Fe (II) y, en la corteza terrestre. Sin embargo, en contacto con una atmósfera que lo oxida, prevalecen los compuestos de Fe (III).

La mayoría de los metales no se encuentran en estado nativo y hay que extraerlos de un mineral (mena); los más importantes son los derivados de los óxidos y de los sulfuros.

La mena más usual del hierro es la hematita (Fe_2O_3). Cuando un óxido de hierro se calienta con carbón vegetal, la temperatura asciende mucho y se obtiene el hierro y, además, dióxido de carbono. Pero este hierro es impuro. Dado que esas impurezas funden a temperaturas muy elevadas, se les agrega piedra caliza para que se forme una escoria (residuo) que pasa al estado líquido a temperaturas menores a 1.500°C .

Actualmente, todo el hierro usado en la fabricación del acero se produce en los altos hornos.



Actividades

1. Averigüen si hay algún alto horno en funcionamiento en la Argentina
2. ¿Por qué fue tan difícil para el ser humano obtener el hierro totalmente puro (hierro forjado), lo cual se consiguió recién en el siglo XVIII?
3. ¿Por qué existió una época llamada Edad del Hierro?



Hematita, mineral que contiene un alto porcentaje de Fe_2O_3 .



Pirita, mineral que contiene una elevada proporción de FeS .

Por la parte superior del alto horno se hace caer el mineral (óxido de hierro), junto con carbón (carbono) y piedra caliza (carbonato de calcio). Por la parte inferior se inyecta aire caliente (a unos 600°C) y a alta presión. La altura de un alto horno es de unos 80 metros y su diámetro de 10 metros. La producción puede alcanzar hasta las 3.600 toneladas diarias.



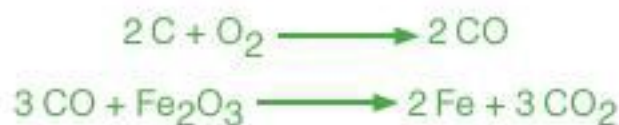
La Cueva de las Manos, en la provincia de Santa Cruz, muestra cientos de manos dibujadas en positivo y negativo, así como escenas de caza de guanacos y ñandúes. El hombre prehistórico utilizaba los óxidos de hierro en las pinturas rupestres. Al observar sus colores, podemos notar que predominan los característicos tonos rojizos y marrones. En la actualidad, se los utiliza para dar coloración a los ladrillos y otros materiales de construcción.

¿Por qué siderurgia?

Antiguamente el hierro no se extraía de los minerales terrestres, sino que se obtenía de los meteoritos. Estos materiales tenían una "carga celestial", puesto que eran rocas que "venían del cielo". Aquello que se relaciona con las estrellas se denomina "sideral", entonces, es probable que de ahí provenga el término "siderurgia", para denominar la metalurgia del hierro.

Sucesos dentro del alto horno

El oxígeno del aire (O_2) oxida en forma incompleta al carbono (C), y forma monóxido de carbono (CO). Esta reacción libera calor, es exotérmica. El CO originado reacciona con el óxido de hierro (Fe_2O_3), y lo reduce a hierro (Fe), y se oxida a dióxido de carbono (CO_2). Las ecuaciones que representan las reacciones mencionadas son:



El hierro funde a $1.535^\circ C$ y, como las temperaturas existentes en el horno son muy altas (varían desde $400^\circ C$ en la parte superior y hasta $2.000^\circ C$ en la inferior), se lo extrae de esta última en estado líquido; lo mismo ocurre con la **escoria** (material, sin valor comercial, que acompaña al hierro).

Recordemos, según lo comentado acerca de las impurezas, que el material que se obtiene del alto horno no es hierro puro ya que, en su descenso, disuelve carbono y genera un producto que contiene de 3 a 5% de este último elemento. El material que sale del horno se llama **arrabio** y, al enfriarse, queda un sólido duro y quebradizo.

Entonces, los productos gaseosos obtenidos se escapan por la parte superior del horno y los materiales líquidos (escoria y arrabio) se depositan en la parte inferior. Como la escoria tiene menor densidad que el arrabio (hierro impuro), flota y es retirada.

El arrabio no es usado directamente, sino como materia prima para la obtención de aceros y otras aleaciones (mezclas de metales).

Los aceros contienen aproximadamente 0,5% de carbono, y para que sean inoxidables, se les agrega cromo, níquel y/o cobalto.

Actividades

1. Asignen los números de oxidación a los elementos de cada una de las sustancias que participan en las reacciones del alto horno.
2. Teniendo en cuenta los cambios en los números de oxidación, identifiquen en cada caso qué elemento se oxidó y cuál se redujo.

Para conocer más

Vivar, J. y otros; *Ciencias Químicas I*, Educación Media. Ed. Santillana, Santiago de Chile, 1997.

Aguilar Sahún, G.; *El hombre y los materiales*. La Ciencia desde México, N° 69, Fondo de Cultura Económica, México, 1991.

AAVV; *¿Eso es Química?*, Prentice Hall, Breda, 1999.

Kolb Doris K.; *Química para el nuevo milenio*, Pearson Educación, 1999.

Ideas básicas

- ▶ El número de oxidación de un elemento en una sustancia representa la cantidad de electrones que sus átomos toman, ceden o comparten en los enlaces químicos en los que intervienen.
- ▶ En las reacciones químicas, los átomos que forman las sustancias iniciales (reactivos) se reorganizan y se obtienen sustancias nuevas (productos).
- ▶ En toda reacción química que se realiza en un recipiente cerrado, la masa total del sistema se mantiene constante.
- ▶ La ecuación química es la representación simbólica y convencional de una reacción.
- ▶ Existen diversos factores que influyen en la velocidad de una reacción química.
- ▶ Algunas reacciones se caracterizan por cambios en el número de oxidación de los elementos que integran las sustancias participantes. Son las reacciones de óxido-reducción o redox.

Actividades de integración

1. ¿Pudieron responder algunas de las preguntas planteadas al comienzo del capítulo? Escriban en sus carpetas las respuestas que encontraron.

2. **a.** Busquen y recorten fotos de diarios y revistas en las que se observen procesos de transformaciones en la naturaleza y en la industria.

b. En cada caso, indiquen qué tipo de transformaciones son y por qué.

c. Si esas fotos fueran parte de este capítulo, ¿dónde las insertarían? ¿Por qué? ¿Cuáles podrían ser sus epígrafes?

3. Observen los esquemas (A) y (B). Completen el dibujo del esquema (C).

a. Planteen la ecuación química correspondiente a la reacción.

b. ¿Es una reacción de síntesis o de descomposición? ¿Por qué?

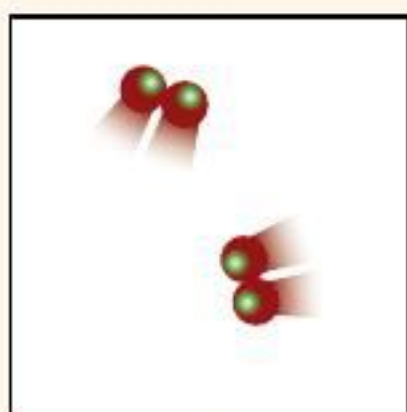
c. ¿Corresponde a un proceso redox? ¿Por qué?

d. 34 g de reactivos, de los cuales 28 g son de nitrógeno, reaccionaron y se obtuvieron 34 g de amoníaco.

i. ¿Cuántos gramos de hidrógeno reaccionaron con el nitrógeno?

ii. ¿Cuántos gramos de nitrógeno se necesitarían para obtener 17 g de amoníaco? Esquematicen esta situación, tomando como referencia el dibujo inicialmente propuesto.

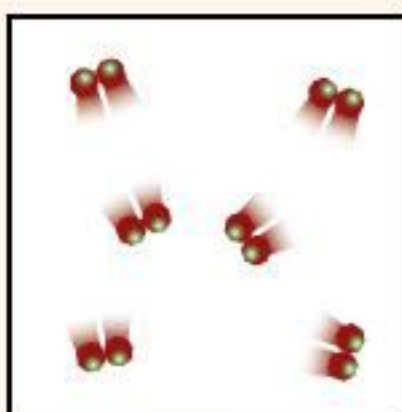
e. ¿Qué ley se verifica en las situaciones anteriores? Expliquen sus respuestas, aplicadas al ejemplo propuesto en (d).



(A)

Moléculas de nitrógeno

y



(B)

Moléculas de hidrógeno



(C)

Moléculas de amoníaco (NH_3)

4. En la Edad Media, el ácido clorhídrico era conocido entre los alquimistas europeos como "espíritu de sal" o *acidum salis*. El uso más conocido es el de desincrustante, para eliminar residuos de caliza (carbonato de calcio, CaCO_3). En esta aplicación se transforma el carbonato de calcio en cloruro de calcio (CaCl_2) y se obtienen, además, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).



Dibujo de un manuscrito medieval.

- Representen, en una ecuación, la reacción química previamente descrita.
- Investiguen quiénes eran los alquimistas.
- Averigüen quién fue uno de los primeros en utilizar ácido clorhídrico y por qué le daban el nombre de "espíritu de sal".

5. La reacción del ácido clorhídrico con el magnesio es similar a la del zinc con el mismo ácido.

- Planteen la ecuación química correspondiente.
- Nombren los productos de la reacción.
- ¿Se trata de una reacción redox? ¿Por qué?

6. Analicen, discutan y respondan las siguientes situaciones problemáticas.

- Si queremos cocinar vegetales para hacer un caldo rápidamente, ¿conviene colocarlos en la cacerola enteros o cortados? ¿Por qué?
- ¿Por qué nuestra digestión no se podría llevar a cabo en un tiempo adecuado si no existieran las enzimas?



7. Reveal las ecuaciones escritas durante el desarrollo de los factores que influyen en la velocidad de una reacción. ¿Corresponden todas a reacciones redox? Analicen cada caso y justifiquen todas sus respuestas.

8. En los buques pesqueros contruidos con hierro, se colocan planchas de magnesio en la base del barco.

a. En pequeños grupos, indaguen en Internet, enciclopedias y libros especializados, sobre algunos métodos para proteger de la oxidación los materiales que contienen hierro.

b. Intenten dar una posible explicación para la situación planteada anteriormente.

9. Normalmente, las personas disfrutamos de observar los fuegos artificiales brillando en el cielo. La pólvora es uno de los componentes básicos de los fuegos artificiales. Esto los hace muy peligrosos, por lo que los chicos no deben encenderlos ni manipularlos, y los adultos deben ser muy cautos al usarlos. El brillo plateado que vemos cuando explotan en el cielo se debe comúnmente al magnesio (metal que también se usaba para producir los destellos de *flash* en las cámaras fotográficas antiguas). Los fuegos artificiales contienen compuestos de distintos metales, que son los responsables de los diferentes colores que se producen. Averigüen.

- ¿Cuáles son los otros metales que participan? ¿Qué color producen los compuestos de cada uno de ellos?
- ¿Por qué las explosiones se producen en forma escalonada en el cielo?
- ¿Qué tipo de reacción ocurre durante el destello incandescente del magnesio? ¿Por qué?



Los llamados fuegos artificiales tuvieron su origen en China, hace unos 2.000 años.

Ciencia en la vida cotidiana

7

Contenidos

- > Oxidaciones lentas y rápidas
- > Reacciones de combustión. Diferentes tipos
- > Soluciones ácidas, básicas y neutras. Indicadores
- > Fenómenos de corrosión

Todas las mañanas, Juan se levanta para ir a la escuela y se ducha, lavándose con jabón el cuerpo y con champú el cabello.

Una mañana se le ocurre mirar con más atención las etiquetas. En la del jabón lee "jabón neutro" y en la del champú, "pH 5,5". Inmediatamente comienzan a surgirle dudas: ¿qué significa pH? ¿Si dice jabón neutro es porque hay otros que no lo son? ¿Cómo se puede saber si un jabón es neutro o no?

Luego de la ducha, Juan va a la cocina para desayunar y ve que la llama de la hornalla de la cocina es celeste, pero recuerda que alguna vez la vio amarilla. Entonces se pregunta, ¿por qué puede tener dos colores distintos? Se prepara el té y le agrega unas gotas de limón. El color cambia, se hace amarillento, y nuevamente se pregunta: ¿qué ocurrió?, ¿por qué la infusión cambió de color por la presencia de las gotas de limón?

Y así comienza un día con muchas y variadas preguntas. Muchas de ellas, aunque él no lo sepa, están relacionadas con la Química.

EN ESTE CAPÍTULO...

Se analizarán distintos tipos de reacciones de combustión. Se propondrán experimentos y se verán ejemplos de las condiciones necesarias para que la combustión se produzca.

Se caracterizarán las sustancias ácidas, básicas y neutras, y los indicadores que detectan su presencia.

También se analizarán ejemplos cotidianos de corrosión.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C7/>



Reacciones de combustión*

Glosario

combustión: proceso de transformación de la materia que, en presencia del oxígeno del aire, forma nuevas sustancias, y libera energía en forma de calor.

Actividades

1. ¿Por qué el dominio del fuego se considera un hito en la evolución humana?
2. ¿Qué indicios concretos les permiten fundamentar la respuesta a la pregunta anterior?
3. Averigüen qué técnicas usó el ser humano prehistórico para generar fuego.

Desde tiempos remotos, el ser humano se ha sentido fascinado y atraído por el fuego. Los investigadores suponen que el fuego fue "descubierto" por los seres humanos hace más de 500.000 años, tal vez cuando se produjo espontáneamente por la erupción de un volcán o un incendio de pastos secos.

Cuando se empezó a reconocer la utilidad del fuego, el primer problema que enfrentaron los seres humanos fue cómo cuidarlo y mantenerlo, ya que no sabían cómo encenderlo. Surgieron, entonces, los "guardianes del fuego", que tenían la función de cuidar que este no se perdiera o apagara.

En muchas culturas, el ser humano adora el fuego porque intuye que tras esas fascinantes llamas se esconde algo muy poderoso.

Cuando el ser humano prehistórico logró encender el fuego, dominó uno de los procesos más valiosos para el avance de la civilización. Esta idea fue espléndidamente desarrollada por el director cinematográfico Jean Jaques Annaud en *La guerra del fuego* (1981). En esta película, filmada en Escocia, Islandia, Canadá y Kenia, aparecen cuatro tribus de seres humanos primitivos. Una de ellas, la más pacífica y progresista, vence en la lucha contra las otras tribus pero, muy especialmente, contra la potencia de los elementos naturales que dificultan la supervivencia humana.

Pero, ¿qué es el fuego? ¿Cómo es posible generarlo? ¿Por qué es tan importante?

En este capítulo desarrollaremos algunas respuestas para estas y otras preguntas sobre el proceso de generación y mantenimiento del fuego.



Representación de seres humanos prehistóricos generando fuego.

El fuego y la cerámica

Inicialmente, los seres humanos usaron el fuego solo para obtener calor y luz. Pero luego, empezaron a utilizarlo para el manejo y la producción de materiales cerámicos y metálicos. Al prestar atención a la tierra que quedaba endurecida alrededor de las fogatas, comenzaron a moldear el barro, que secaban al sol, y así elaboraban recipientes. Sin embargo, estos eran muy frágiles.

Luego, mediante la cocción sobre el fuego, lograron obtener cerámica y hacer vasos, vasijas y recipientes que les servían para contener y transportar líquidos y otros productos.



Objetos antiguos de cerámica.

Hoy en día, el fuego sigue siendo muy importante y llamativo para nosotros.

Probablemente, en la escuela ustedes hayan usado o visto una vela o un mechero encendidos. Prestando atención a las imágenes que están en esta página, podríamos preguntarnos: ¿qué tienen en común? ¿En qué se diferencian? ¿Por qué se generan llamas de distintos colores? ¿Cómo se producen? ¿Cuáles son los procesos involucrados? Anoten sus ideas en sus carpetas e intenten contrastarlas al ir avanzando con el estudio de las reacciones de combustión.



Mechero de Bunsen.



Mechero de alcohol.



Vela ardiendo.

En el capítulo anterior hemos estudiado que durante una reacción química se produce transferencia de energía entre el sistema en reacción y el ambiente. A veces, esa transferencia de energía ocurre de modo perceptible, en forma de calor, luz o ruido. Además, nos detuvimos en observar que cuando se coloca una cinta de magnesio sobre el fuego se produce una luz blanca muy intensa, que no es conveniente mirar fijamente, ¿recuerdan?

Algunos materiales (como el hidrógeno y el magnesio) que arden al reaccionar con el oxígeno del aire, también pueden hacerlo en atmósfera de cloro.

En este capítulo nos enfocaremos únicamente en las combustiones que se realizan con el oxígeno del aire.

Las situaciones planteadas conforman casos de un tipo de reacción química a la que denominaremos **combustión**.

La combustión del hidrógeno en el aire produce agua (H_2O). En cambio, si la reacción se produce con cloro, se obtiene cloruro de hidrógeno (HCl). Cuando el magnesio arde en presencia de oxígeno, se obtiene óxido de magnesio (MgO). Pero si lo hace en presencia de cloro, entonces se produce cloruro de magnesio (MgCl_2).

Durante la inauguración de los Juegos Olímpicos, varios deportistas corren con una antorcha en llamas, con el fin de encender el "fuego olímpico". Pero, ¿qué es el fuego y qué es la llama? El fuego es un sistema formado por materia caliente incandescente; la llama es una porción de ese fuego.

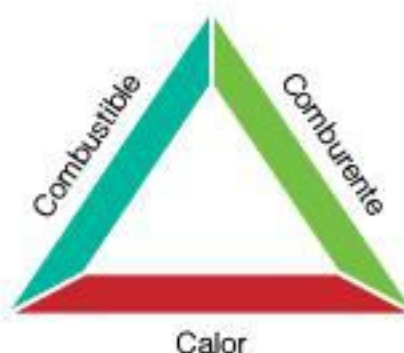
En la ceremonia de encendido de la "llama olímpica", se evoca la leyenda de Prometeo, personaje mitológico que habría robado el fuego al dios Zeus para regalárselo a los hombres.



Fuego olímpico.



Obra del pintor flamenco Jan Cossiers, titulada *Prometeo trayendo el fuego*.



Esquema llamado "triángulo del fuego".



Para encender la llama de la cocina

o del calefón podemos usar fósforos o chiseros. Al presionar o golpear un mecanismo formado por varios materiales (piezas cerámicas, metálicas), la energía mecánica se convierte en eléctrica. El resultado: una serie de chispas, que son más fáciles de conseguir que las que aparecerían, con suerte, si frotáramos dos piedras, como lo hacían los seres humanos en la Antigüedad.

Glosario

temperatura de inflamación:

temperatura mínima que debe tener un combustible en contacto con un comburente para que comience la reacción de combustión.

Factores necesarios e indispensables para que haya combustión

Para que se produzca una reacción de combustión se requiere que se den simultáneamente tres condiciones:

- la presencia de un material capaz de arder: el **combustible**;
- la presencia de una sustancia oxidante, que hace posible que el otro material arda o se queme: el **comburente**;
- una fuente de energía o **chispa inicial**, que inicie la **combustión**.

Para que la reacción de combustión comience, el sistema tiene que alcanzar un valor mínimo, llamado **energía de activación**. Pero, una vez que comienza, esta continúa sin aporte de energía. Esto ocurre porque la combustión es una reacción química exotérmica. En consecuencia, durante su desarrollo se libera calor, por lo que se mantiene una temperatura elevada.

Algo sobre combustibles

Algunos combustibles que utilizamos son gaseosos. Por ejemplo: el metano, el propano, el butano, el etino o acetileno, y el hidrógeno.

El metano (CH_4) es una sustancia que forma parte del gas natural que se usa cotidianamente en muchas casas como combustible. No tiene olor y para detectarlo se le agregan, por cada metro cúbico de gas, entre 15 y 20 mg de unas sustancias denominadas "mercaptanos", que le dan el olor característico ("a gas"), y que permiten detectar las peligrosas pérdidas. Si bien el metano no es tóxico, es altamente inflamable. El mechero de Bunsen funciona con gas natural, que contiene más de 90% de metano.



No todos los combustibles son inflamables, pero todos los materiales inflamables son combustibles.

Por ejemplo, si en un recipiente de vidrio térmico colocamos alcohol y acercamos a su superficie libre un fósforo encendido, el alcohol arde rápidamente. Su **temperatura de inflamación** es un poco

superior a la temperatura ambiente. En cambio, si el líquido fuera petróleo, este no ardería, salvo que primero lo calentáramos. La temperatura de inflamación* del petróleo es muy superior a la del ambiente.

Si cortamos un trozo del material que forma el cuerpo de una vela y le acercamos un fósforo encendido, no se produce combustión. Veremos que solo cambia de estado, de sólido a líquido, o sea, funde. Sin embargo, este es el material combustible de la vela...

¿Cómo funcionan los mecheros de gas? ¿Cómo funciona una vela? Empecemos por la primera pregunta.



Para explorar el invento de Bunsen

Para indagar sobre el mechero de Bunsen, debemos observarlo y conocer algunas normas de seguridad que se deben seguir para su utilización, tanto cuando lo manipulan ustedes como cuando lo hace el/la profesor/a. Si en la escuela no hay un mechero de Bunsen, pueden utilizar un mechero de *camping* que, con el mismo fundamento, les permitirá comprender su funcionamiento. En el siguiente esquema, podrán observar exteriormente las partes de un mechero de Bunsen.



Paso 1. Observen el tubo cilíndrico vertical, también llamado chimenea. ¿Cuál les parece que es su función?

Paso 2. Fíjense que en el collar de regulación hay orificios. ¿Para qué les parece que serán los agujeros? Debajo de ellos hay un tubo lateral, conectado a una goma. ¿Dónde termina esa conexión?

Paso 3. En sus carpetas, escriban posibles respuestas para cada una de las preguntas anteriores. Luego pídanle a su profesor que encienda el mechero.

Paso 4. Para hacerlo, se debe encender el fósforo (raspándolo hacia "afuera", no hacia la persona), inmediatamente, accionar la llave de gas del mechero y acercar la llama del fósforo a la boca del tubo cilíndrico. Se obtiene una llama amarillo-naranja. Si se quiere utilizar para calentar, se gira el collar regulador (que está superpuesto al cilindro) hasta hacer coincidir parcialmente los orificios. Entonces verán una llama azul.

Paso 5. Observen, describan y dibujen el mechero de Bunsen antes y después de encenderlo.



Notarán que primero abrirá la llave general de gas, pero mantendrá cerrada la llave del mechero (si se encuentra paralela al caño madre está abierta, y si está perpendicular, está cerrada). Verán que los orificios deben estar cerrados (es decir, no deben ver el agujero libre).



Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899)

Físico físico y químico alemán, nació en la ciudad de Gotinga, donde realizó sus primeros estudios antes de partir a París, Berlín y Viena.

En 1834 descubrió el antídoto, que todavía se usa, para el envenenamiento por arsénico: el hidróxido férrico.

En el campo de la Química industrial, estudió los gases de la combustión que se producen en los altos hornos donde se obtiene hierro, lo que le permitió conocer las reacciones químicas que allí se realizan.



Llama del mechero de Bunsen.



Aspecto de la llama del mechero a medida que se van abriendo los orificios de entrada de aire.

Actividades experimentales

Observamos la llama: ¡así no, por favor!

En este caso, les proponemos realizar una actividad para aprender sobre las llamas que se pueden obtener usando el mechero de Bunsen.

Necesitarán:

- ▶ un mechero de Bunsen;
- ▶ fósforos;
- ▶ un platito o cápsula de porcelana blanca;
- ▶ una pinza metálica para sujetarla.



Paso 1. Teniendo en cuenta todos los pasos necesarios, enciendan el mechero o pídanle a su profesor/a que lo haga.

Paso 2. Observen la llama cuando el mechero tiene los orificios cerrados. Dibújenla con detalles y descríbanla con palabras.

Paso 3. Coloquen la cabecita de un fósforo sin uso en la zona inferior interna de la llama. Presten atención al tiempo que tarda en encenderse el fósforo.

Paso 4. Con otro fósforo sin usar, repitan el procedimiento anterior, pero en la zona superior y más externa de la llama. Registren en cuál de los dos casos el fósforo se enciende más rápido. ¿En cuál de las dos zonas de la llama la temperatura es mayor?

Paso 5. Pídanle a un adulto que coloque un platito de porcelana sobre la punta de la llama. Observen las manchas que se producen, ¡parecen huellas! ¿De qué color son? ¿Se habrá quemado el platito? Una vez que la superficie se haya enfriado, pasen

el dedo. ¿De qué suponen que pueden ser las huellas?



Paso 6. Abran gradualmente la entrada de aire (los orificios coincidirán parcial o totalmente entre sí). Observen, describan y dibujen todos los detalles nuevamente. La llama es casi invisible, azul-celeste, y mantiene su forma. Para verla mejor, es conveniente colocar por detrás un trozo de cartulina negra. Tengan cuidado: ¡no apoyen el papel sobre la llama!

Paso 7. Repitan los pasos 3, 4 y 5, pero ahora con esta llama azul-celeste.

Paso 8. Comparen el tiempo que necesitó el fósforo para encenderse en la parte externa de la llama amarilla y en la parte externa de la llama azul. En esta última se enciende en forma prácticamente instantánea. ¿Cuál de las dos llamas calienta más?

Paso 9. Hagan un cuadro comparativo de las características de ambas llamas.

La llama amarilla contiene partículas de carbono incandescente, que al enfriarse y depositarse sobre el platito, retoman su color negro. ¿Por qué no conviene cocinar con llama amarilla? Como ven, no es solo una cuestión de suciedad.

En algunos domicilios, las personas utilizan el **gas licuado* de petróleo**, también llamado **GLP**, envasado en garrafas o en cilindros de acero. Este combustible contiene una mezcla de propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}), dos hidrocarburos que se obtienen a partir del petróleo. La mezcla de gases (que generalmente tiene un 60% de butano y 40% de propano) se envasa a presiones algo mayores que 2 atmósferas (el doble de la presión atmosférica normal), por lo cual en el interior de la garrafa, esta se encuentra en estado líquido. Esto se aprovecha para su mejor transporte y almacenamiento.

Glosario

gas licuado: material inicialmente en estado gaseoso que pasó al estado líquido por aumento de la presión que soporta.



Combustibles líquidos

Otros derivados del petróleo que se utilizan en medios de transporte y maquinarias son el gasoil, el fueloil y las naftas, que también son mezclas de hidrocarburos. Además, son de uso habitual como combustibles los alcoholes, como el que se usa en los mecheros de alcohol, y laalconafta (mezcla de nafta y etanol o alcohol etílico, C_2H_6O).

Garrafas de gas licuado.

Recomendaciones para el buen uso y manipulación correcta de los cilindros o garrafas con GLP

- ▶ El lugar donde se encuentre la garrafa debe estar bien ventilado para permitir la entrada de aire al ambiente, en particular, de oxígeno.
- ▶ Si se siente "olor a gas", se deben abrir las puertas y ventanas inmediatamente. Nunca se debe prender la luz, interruptores eléctricos ni fósforos, ni se debe fumar. De este modo se evitan chispas y llamas que pueden provocar la combustión del gas.
- ▶ Para detectar posibles fugas de gas se deben mezclar agua y jabón, y pasar la mezcla sobre el caño o lugar donde se supone que puede estar la pérdida. Si se producen burbujas, significa que existe un escape. Nunca se debe usar fósforos encendidos para detectar fugas de gas (¿por qué?).
- ▶ Cuando se enciende la hornalla de la cocina, siempre se debe encender primero el fósforo acercándolo al quemador y luego abrir la llave o válvula de gas (¡igual que en el mechero!).

Actividades

1. Acérquense a la estación de servicio más cercana, consulten y respondan.
 - a. Hagan una lista de los combustibles que venden.
 - b. Clasifiquen los combustibles de la lista según su estado de agregación (sólidos, líquidos, gaseosos).
 - c. Dibujen las señales que vean, sobre todo las referidas a normas de seguridad. Busquen luego su significado. ¿En qué lugar estaba colocada cada una? ¿Por qué?



Estación de servicio.

Algo sobre comburentes

Cuando las combustiones se realizan en el aire, el comburente es el oxígeno. El aire contiene 21% de esta sustancia.

Pero el oxígeno no es el único comburente, por ejemplo, el hidrógeno (H_2) puede arder en una atmósfera de cloro (Cl_2). En este caso, en lugar de formarse agua, se origina cloruro de hidrógeno (HCl)

Actividades experimentales

Para comprobar la presencia de comburente

Necesitarán:

- ▶ agua oxigenada (la que se vende para teñir el cabello);
- ▶ un tubo de ensayos;
- ▶ trocitos de hígado crudo (se consigue en la carnicería);
- ▶ una pajita de escoba (que no sea de plástico);
- ▶ un fósforo.

En el actividad experimental de la página 149 se realizó la descomposición del agua oxigenada (H_2O_2) por la acción de la catalasa presente en los trocitos de hígado, y se supuso que el gas que se desprendía era oxígeno. Ahora, sabiendo que el oxígeno es comburente, les proponemos realizar esta actividad para comprobarlo.

Realicen nuevamente el experimento, y cuando observen el desprendimiento de burbujas, introduzcan en la boca del tubo, sin tocar las paredes, la punta incandescente o en ignición (encendida pero sin llama) de una astilla o pajita. Observen qué ocurre.

Si la incandescencia se hace más luminosa o se enciende una pequeña llama, el gas que se está desprendiendo es oxígeno. ¿Por qué?



Astilla con punta incandescente para reconocer el oxígeno desprendido en la reacción química.

Les proponemos ver el video que encontrarán en este link: youtu.be/QCU144CrnSM (última visita 30/10/2015), para enriquecer lo experimentado anteriormente.

¿Cuál es el catalizador que se utilizó en la experiencia del video?

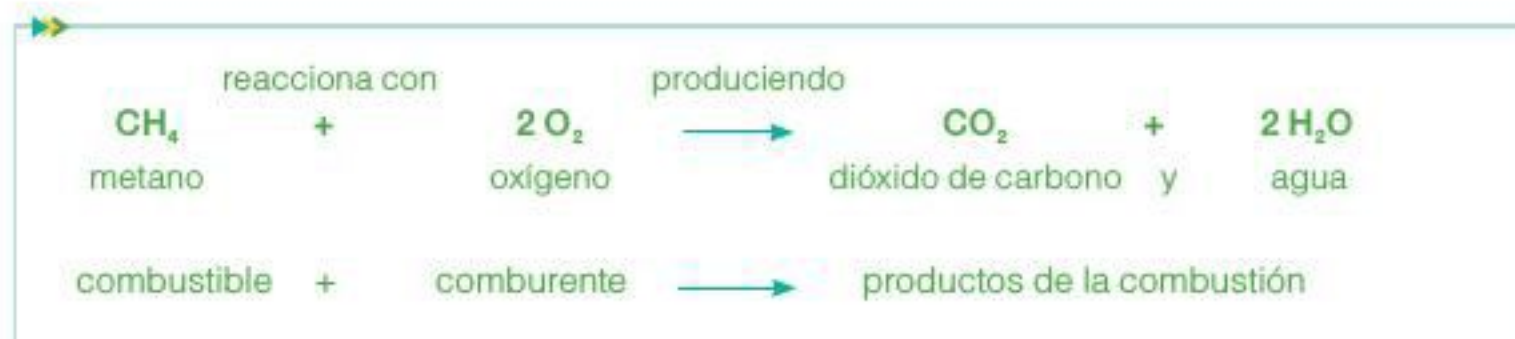
Actividades

1. Busquen la composición promedio del aire y respondan: ¿cuál es el componente más abundante?
2. Escriban la ecuación de la combustión del hidrógeno en atmósfera de cloro.
3. Elaboren un informe de la actividad experimental anterior, incluidos el objetivo (para qué la hicieron), el procedimiento (cómo lo hicieron), las observaciones realizadas y las conclusiones a las que hayan llegado. No olviden escribir la ecuación correspondiente a la reacción.

Combustión: reunión de factores

El proceso de combustión es una reacción que ocurre entre un **combustible** y un **comburente**, que se inicia cuando la temperatura alcanza un determinado valor y se produce desprendimiento de calor (**reacción exotérmica**). La combustión es un **proceso redox**: el combustible se oxida, y el comburente es el agente oxidante. Durante un proceso de combustión con llama se alcanzan elevadas temperaturas, por lo que las sustancias están incandescentes, o sea, emiten radiaciones visibles.

Podemos escribir la ecuación correspondiente a la reacción de combustión completa del metano, usado como combustible en ejemplos anteriores. Esta es la reacción que se produce cuando la entrada de aire está abierta, y el combustible cuenta con el máximo de oxígeno posible. La llama que se produce es azul.



Durante la **combustión completa** de un hidrocarburo, los átomos de hidrógeno del combustible forman agua al combinarse con el oxígeno del aire, y los de carbono dan origen a dióxido de carbono.

Sin embargo, si se usa el mechero cerrando la entrada de aire, la mezcla gas natural-aire que sale por la boca de la chimenea tiene menor proporción de aire y, por lo tanto, de oxígeno. Por este motivo, la combustión deja de ser completa. Cuando se produce una **combustión incompleta**, se observa una llama con partes de color amarillo y naranja; estos colores y la luminosidad corresponden a partículas de carbono incandescentes. Si la entrada de aire está cerrada, la llama es totalmente amarilla y ondulante.

En la combustión incompleta hay escasez de oxígeno, por lo que los átomos de carbono del hidrocarburo quedan como carbono (responsable del **humo*** y del color amarillo de la llama) o forman monóxido de carbono (gas incoloro, sin olor ni sabor, pero muy tóxico). También se forma agua.

¡Ojo!: no toda reacción de oxidación es una combustión. ¿Por qué? De ser necesario, vuelvan a revisar el capítulo 6.

Para tener en cuenta

Es posible escribir una ecuación para la combustión completa, ya que se sabe que los productos son siempre dióxido de carbono y agua. Sin embargo, esto no se puede hacer para una combustión incompleta, porque en este caso los productos y su proporción dependen de la cantidad de oxígeno con la que haya podido reaccionar el hidrocarburo.

Actividades

1. La combustión del metano es una reacción redox. ¿Cómo lo justificarían?

Escriban sus ideas en sus carpetas. Como ayuda, tengan en cuenta los números de oxidación de los elementos en las diferentes sustancias.

Glosario

humo: suspensión de partículas sólidas en un medio gaseoso.



Entrada al túnel de Balvano.

El túnel de Balvano

En la noche del 2 de marzo de 1944, en la ciudad de Balvano, Italia, se produjo uno de los accidentes que más víctimas cobró por intoxicación con CO. Ocurrió cuando un tren lleno de pasajeros se detuvo en un túnel por exceso de peso. Debido a la insuficiente ventilación, el producto de la combustión producido en la locomotora sin suficiente oxígeno dio lugar a la acumulación de CO en todo el túnel. En este fatal accidente murieron 521 personas.

Glosario

hemoglobina: componente de la sangre que le da su color rojo característico y transporta el oxígeno a las células.



Veamos algunas ideas claves para entender qué ocurrió. El monóxido de carbono (CO) es un gas extremadamente tóxico. Una proporción de dos moléculas de monóxido de carbono por cada mil moléculas que forman el aire es suficiente para matar, en aproximadamente tres horas, a una persona que lo está respirando.

El CO tiene una especial afinidad por la hemoglobina*, una proteína encargada del transporte de oxígeno en la sangre. La atracción del CO por la hemoglobina es 200 veces mayor que la del oxígeno; en consecuencia, esta proteína se une con el CO en lugar del oxígeno, lo que provoca que la persona se asfixie (porque el oxígeno no puede llegar a las células que lo necesitan).

Algunos de los síntomas más característicos de la intoxicación por monóxido de carbono son la somnolencia, el dolor de cabeza y el aturdimiento.

Para tener en cuenta

En general el uso de calefones y estufas sin salida al exterior, braseros y hornallas de la cocina es potencialmente peligroso si el ambiente no está ventilado. Para evitar posibles intoxicaciones es importante adoptar las siguientes normas.

- ▶ Verificar que la llama sea de color azul. Si la llama es amarilla (indicio de combustión incompleta), destapar los quemadores (agujeritos por donde entra el aire).
- ▶ No dormir en un ambiente cerrado con braseros o estufas que no tengan tiro balanceado.
- ▶ Dejar siempre las ventanas parcialmente abiertas, para garantizar que haya suficiente oxígeno en el ambiente.
- ▶ Revisar periódicamente las salidas al exterior de estufas, calefones y otros artefactos que funcionen por combustión.

El CO es un gas sumamente peligroso por los efectos que tiene sobre el organismo. Además, su detección es muy difícil si no se cuenta con el instrumental específico para ello.

¿Magia o reacción química?

Les proponemos como desafío, que intenten encender una vela sin tocar la mecha, es decir, a distancia. Deben realizar esta actividad con la supervisión de un adulto.

Necesitarán:

- ▶ una vela parada sobre un platito;
- ▶ fósforos.

Paso 1. Enciendan la vela. Observen y dibujen detalladamente lo que ven.

Paso 2. Apaguen la vela. Observen y dibujen nuevamente.

Paso 3. Vuelvan a encender la vela; luego de medio minuto, apáguela e inmediatamente acerquen un fósforo encendido al humo/**niebla*** que se desprende, cerca del **pabito***, pero sin tocarlo.

¿Qué sucedió? ¿Por qué? ¿Hay material combustible en la columna de humo/niebla? ¿Cómo llegó hasta ahí? Ensayen y escriban una posible explicación del funcionamiento de la vela.
Propongan otro título posible para esta sección.

Pueden ver el experimento de encender una vela a distancia en: youtu.be/BB9CyK053rY (última visita, 3 de noviembre de 2015).

¿A cualquier distancia que se coloque el fósforo encendido sobre la columna de humo/niebla se enciende la vela? Jueguen, probando distancias y tiempos que tarda en encenderse. ¿Por qué suceden estos hechos?

Glosario

pabito: mecha de la vela.

niebla: suspensión de gotitas líquidas en un medio gaseoso.

A “matar” el fuego

Para elegir con qué apagar o extinguir un fuego, la calidad, capacidad y potencia de un matafuego no son los únicos factores a tener en cuenta. También deben considerarse la composición del fuego y las características del matafuego.

En la página http://www.paranauticos.com/notas/Tecnicas/seguridad/cartilla_incendio.htm (última visita 30 de octubre de 2015), podrán encontrar información detallada y concreta sobre el tema. Aquí adaptamos un fragmento.

Tipos de fuego				
				
Sólidos	Líquidos: petróleo y sus derivados	Eléctrico	Metales combustibles	Cocinas comerciales
Materiales que producen brasas Maderas - Caucho - Plásticos Textiles - Papel	Alcoholes - Aceites lubricantes - Parafinas	Motores - Tableros - Instalaciones eléctricas	Magnesio - Sodio Potasio - Aluminio	Cocinas comerciales con grasas y aceites de origen animal o vegetal
				

Las letras asignadas a los distintos tipos de fuego son para catalogar los diferentes materiales que intervienen en cada combustión. Por lo tanto, en cada siniestro se debe utilizar diferentes tipos de matafuegos.

Sucede en nuestro organismo

- Combustible: los nutrientes de los alimentos.
- Comburente: el gas oxígeno, por ejemplo, incorporado durante el proceso de respiración.
- Energía de activación: energía mínima que debe tener el sistema para que se inicie la combustión.



Oxidaciones rápidas versus oxidaciones lentas

Retomemos la reacción entre el magnesio y el oxígeno del aire. Si colocamos la punta de una cinta de magnesio sobre la llama de un mechero, la reacción de este metal con el oxígeno del aire es una oxidación muy rápida. El epígrafe de esa imagen dice "combustión del magnesio", ¿por qué?

Una vez iniciada, al ser una reacción exotérmica, la temperatura del sistema se mantiene muy elevada, por lo que la reacción es rápida, con luz y llama.

En cambio, si a temperatura ambiente dejamos expuesta al aire una cinta de magnesio, esta se oxidará, pero no arderá. El magnesio reaccionará con el oxígeno del aire, y la cinta se cubrirá lentamente de una capa blanquecina (óxido de magnesio). ¿Por qué esta diferencia? Porque a menor temperatura, como ya vimos, la velocidad de una reacción es menor.

Las reacciones de combustión son consideradas oxidaciones rápidas.

En las células de nuestro organismo también suceden reacciones exotérmicas que involucran al oxígeno. Una de las diferencias más notables es que, por supuesto, no se produce llama. Se suele decir que son combustiones lentas.

La energía química liberada en la reacción de combustión lenta es almacenada o transformada en otro tipo de energía, según las necesidades de nuestro organismo. En este proceso no deben faltar aquellos factores indispensables a los que nos referíamos en páginas anteriores: la presencia de un combustible, de un comburente y la energía necesaria para comenzar la reacción.

Ácidos y bases

Si bien es cierto que comemos para estar nutridos, otro de los factores que se tiene en cuenta a la hora de ingerir los alimentos es el sabor.

Por ejemplo, las llamadas frutas cítricas como la naranja, la mandarina y el limón, tienen ese "familiar" sabor que le es otorgado por el ácido cítrico y el ácido ascórbico (vitamina C), contenido en esas frutas.

Existen sustancias que se encuentran en distintos alimentos que les proporcionan un sabor similar. Los químicos aprovecharon este hecho para agruparlas y poder estudiar sus propiedades.

Aquellas que les dan un sabor agrio a las soluciones acuosas se denominan **ácidas**. En cambio, las sustancias solubles en agua que poseen un sabor amargo y un tacto viscoso se denominan **básicas**.

También existen algunas sustancias que no son ácidas ni básicas, y son denominadas sustancias **neutras**. Por ejemplo: el agua, el azúcar, el alcohol y la sal de mesa.

Glosario

nutriente: sustancia que forma parte de los alimentos y que el cuerpo utiliza para funcionar y crecer.



Utilidades ácidas

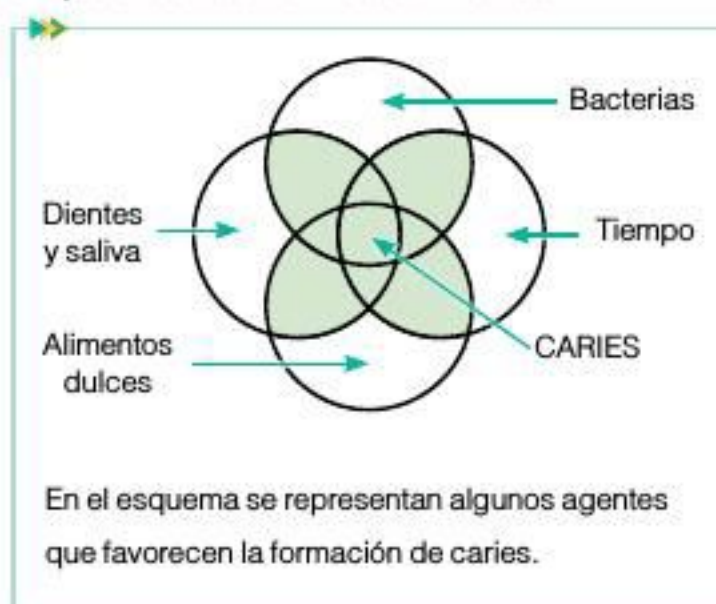
► La mayoría de las personas, al tomar bebidas gaseosas, sentimos un sabor picante. Este gusto se debe a la presencia de dióxido de carbono disuelto. Las bebidas gaseosas tienen características ácidas. En las etiquetas suele leerse entre sus componentes, "agua carbonatada".

► Los jugos de limón o naranja también tienen sabor ácido por la presencia de ácido cítrico, que está disuelto en el agua que contienen.

► El vinagre, una solución diluida de ácido acético, se usa para condimentar ensaladas, pero también para conservar los alimentos.

Algunos ácidos impiden que ciertas bacterias que se encuentran en los alimentos se reproduzcan.

► En la boca, después de comer caramelos o algún alimento dulce se forman sustancias ácidas elaboradas por las bacterias que forman parte de la flora microbiana de la boca. Los ácidos atacan el esmalte de los dientes, lo que favorece la formación de las caries.



INGR.: AGUA CARBONATADA.



Los ácidos pueden lesionar las células de algunos tejidos, por lo cual debemos tener ciertos cuidados al usarlos; por ejemplo, evitar el contacto con la piel o los ojos.

Utilidades básicas

► Algunos artículos de limpieza, como los limpiadores para hornos, contienen sustancias básicas, por ejemplo el amoníaco (NH_3).

► El hidróxido de sodio (NaOH), también llamado soda cáustica, es utilizado en solución acuosa para destapar cañerías.



Pero, ¡cuidado! Las soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) son muy cáusticas. Si se trabaja con ellas es necesario protegerse la cara y usar guantes. Si entran en contacto con la piel, inmediatamente hay que lavar el área con abundante cantidad de agua. En caso de ingestión, se debe acudir o llamar de inmediato a un médico.

Los científicos nunca usan el sentido del gusto para determinar si una sustancia desconocida es ácida: ¡esto puede ser muy peligroso!

A los hidróxidos de sodio y de potasio se los llamaba **álcalis** (del árabe: *al-qaly*, ceniza). El término "básico" es más general, ya que incluye a otras sustancias con propiedades parecidas.

► La cal (**cal viva**) es óxido de calcio (CaO). Esta es usada por los albañiles, pero es previamente tratada con agua para permitir una reacción. El resultado de esta es la formación de hidróxido de calcio [Ca(OH)_2], que se conoce con el nombre de **cal apagada**.

Esta sustancia se utiliza, por ejemplo, para pintar las cortezas de los árboles con el objetivo de protegerlos de algunos insectos, como las hormigas.

► Algunas pastas dentales contienen sustancias básicas. ¿Será beneficioso para nuestra dentadura? ¿Por qué? Lean las etiquetas de dos o tres marcas diferentes. ¿Tienen componentes en común?



Sustancias indicadoras

► Recuerden las normas de seguridad para el trabajo con ácidos y bases. Las encontrarán en la página 169.

Un modo sencillo de conocer si una sustancia es ácida, básica o neutra es a través de otras sustancias que cambian de color, según el medio en el que se encuentren. A estas sustancias se las denomina **indicadores**.

El repollo colorado y la remolacha contienen sustancias que actúan como indicadores. Los responsables de estos cambios de color son ciertos pigmentos que contienen estos vegetales: las **antocianinas**. Estas toman un color rosado o rojo si están en contacto con soluciones ácidas, y cambian al azul o verdoso frente a soluciones básicas o alcalinas.

Actividades experimentales

Agrupar agrios (ácidos) y amargos (bases), sin probar...

Utilizando un indicador natural, podemos inferir las características ácidas o básicas de algunos materiales que usamos habitualmente.

Necesitarán:

- hojas de repollo colorado (también pueden probar con trozos de remolacha);
- 2 recipientes (pueden ser frascos de mermelada o vasos grandes);
- 1 colador;
- pipetas gotero;
- tubos de ensayo o vasitos descartables transparentes, rotulados;
- ácido muriático diluido 1:1 (partes iguales de ácido y de agua);
- líquido destapacañerías diluido 1:1;
- limpiador con amoníaco diluido 1:1;
- jugo de limón (o de pomelo);
- leche;
- vinagre blanco (vinagre de alcohol);
- bicarbonato de sodio disuelto en agua;
- agua de lluvia;
- alcohol de farmacia (alcohol fino, contiene 96% de etanol o alcohol etílico y 4% de agua).

Paso 1. Corten en trocitos las hojas de repollo y dejen reposar en agua caliente. Esperen que enfríe y luego cuelen el líquido coloreado. Llenen con agua, hasta la mitad, uno de los tubos. Con la pipeta, añadan unos 2 cm³ del líquido coloreado. Este será el tubo testigo o de control (para comparar el color con los otros tubos).

Paso 2. En cada uno de los otros tubos rotulados coloquen, hasta la mitad, el líquido a ensayar (ácido muriático, leche, vinagre, etc.). Con la pipeta, agréguenle a cada uno, unos 2 cm³ de la solución acuosa del colorante de repollo.

Paso 3. Registren el color que tomó el indicador en cada tubo, y compárenlo con el del control. Agrupen

los líquidos según el color que haya tomado el indicador.

Paso 4. Elaboren conclusiones respecto de los diferentes colores que tomó el indicador y el carácter ácido-básico del líquido en cuestión.

IMPORTANTE: Utilicen para cada líquido una pipeta diferente. Si tuvieran que usar una sola, tengan el cuidado de enjuagarla muy bien antes de introducirla en otro líquido.

Según los colores que hayan adquirido los diferentes líquidos, es probable que los hayan agrupado del siguiente modo:

Líquidos que contienen sustancias ácidas disueltas	<ul style="list-style-type: none"> Ácido muriático (ácido clorhídrico) Jugo de limón (ácido cítrico) Vinagre (ácido acético) Leche (ácido láctico)
Líquidos que contienen sustancias básicas	<ul style="list-style-type: none"> Destapacañerías (hidróxido de sodio) Limpiadores con amoníaco Solución acuosa de bicarbonato de sodio



El alcohol de farmacia no tiene características ácidas ni básicas. Es neutro.
¿En qué grupo ubicaron el agua de lluvia?

Y si mezclan uno con otro, ¿qué?

¿Qué sucedería si al tubo que contiene ácido muriático e indicador de remolacha o repollo (que estará rojo) le agregaran, de a poco, destapacañerías?

Al agregar gota a gota el destapacañerías en un tubo con ácido muriático e indicador, la coloración roja inicial cambia lentamente. Pero no adquiere el color para un medio básico, ni tampoco ácido; lo que se forma es un medio neutro.

Se produce una reacción química denominada **reacción de neutralización**.

► Recuerden que (ac) significa que la sustancia que corresponde a la fórmula está disuelta en agua.

Actividades experimentales

Para seguir experimentando con ácidos y bases: otros indicadores

Necesitarán:

- ácido muriático (su principal componente es el ácido clorhídrico: HCl);
- destapacañerías (su principal componente es el hidróxido de sodio: NaOH);
- fenolftaleína disuelta en alcohol;
- 3 pipetas gotero;
- 2 frascos de vidrio (como los de mermelada);
- marcadores indelebles o etiquetas para rotular.

Paso 1. Mezclen 100 cm³ de ácido muriático con 50 cm³ de agua en uno de los frascos. Rotulen el frasco "HCl (ac)".

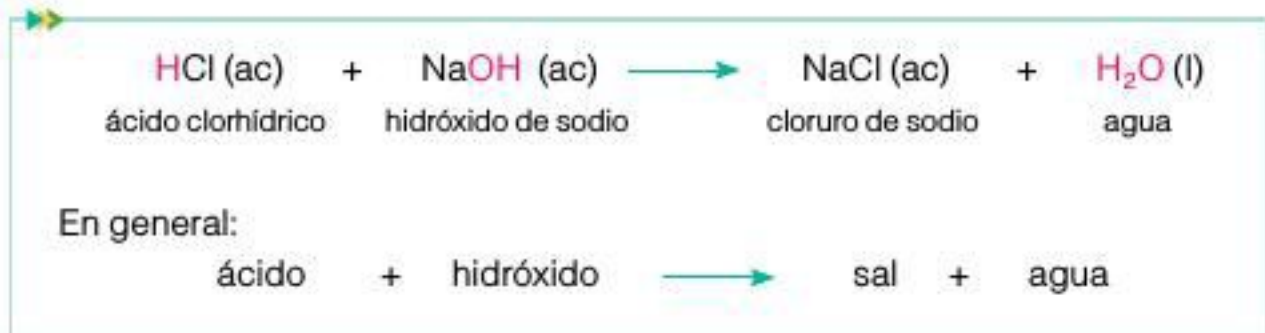
Paso 2. Por otro lado, hagan la misma operación anterior pero con el destapacañerías. Rotulen el frasco "NaOH (ac)". Las dos soluciones que prepararon son incoloras, ¡pero bien diferentes! ¿Por qué?

Paso 3. En el frasco que contiene la solución básica agreguen unas gotas de la solución de fenolftaleína. ¡La solución tomará un color fucsia!

Paso 4. Agreguen a esta preparación, lentamente (gota a gota), la solución de ácido clorhídrico. Siguen agregando el ácido gota a gota hasta que... ¿magia? ¡Quedó incoloro! El medio dejó de ser básico.

¿Qué ocurrió? El ácido reaccionó con la base, es decir, se produjo una **neutralización**. La **fenolftaleína** funciona como un indicador ácido-base.

En el experimento anterior se produjo una reacción química cuya ecuación es:



Ejemplos de uno u otro medio

Ácido clorhídrico	 ÁCIDO
Jugos gástricos	
Jugo de limón	
Vinagre	
Vino	
Jugo de tomate	
Café	
Lluvia ácida	
Orina	
Agua de lluvia	
Leche	
Agua destilada	
Sangre	
Levadura	
Disolución de bórax	
Pasta de dientes	BÁSICO
Leche de magnesia	
Agua de cal	
Amoniaco doméstico	
Hidróxido de sodio (NaOH)	

Un indicador ácido-base, generalmente, es utilizado en solución acuosa o alcohólica y cambia su color original según el medio en que se encuentre. La fenolftaleína es un indicador ácido-base artificial. En estado puro es un sólido blanco. En medio acuoso o alcohólico origina una solución que es incolora en medio ácido y en medio neutro, y rosa fucsia en medio básico.

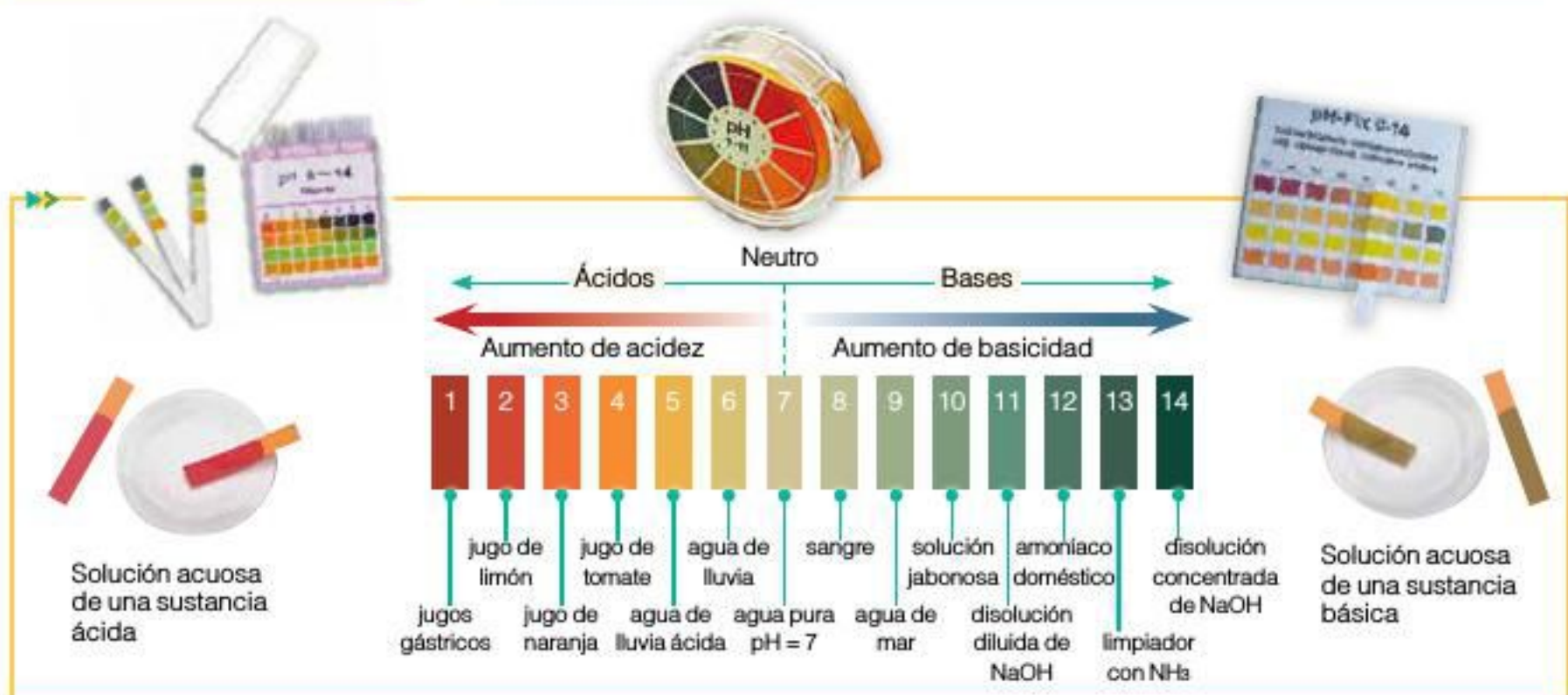
Por razones prácticas, se suele usar los papeles indicadores: tiritas de papel que han sido embebidas en soluciones de sustancias indicadoras. Es muy habitual usar el papel de tornasol. La **tintura de tornasol** es un indicador ácido-base natural que se extrae de ciertos líquenes. Los ácidos cambian el color del papel de tornasol azul hacia el rojo; las bases lo cambian de rojo hacia el azul.

Un papel indicador más preciso, es el papel pH.

El pH es una medida del grado de acidez o basicidad de un medio acuoso. Se establece una escala de valores: menos de 7 corresponde a un medio ácido, 7 a uno neutro y más de 7 a uno básico. El papel pH consiste en pequeñas tiras de papel impregnadas con una mezcla de indicadores artificiales que puede tomar diferentes colores.



Frascos que contienen un líquido con fenolftaleína: el líquido incoloro corresponde a un medio ácido o neutro; el rosa fucsia, a un medio básico.



pH aproximado de diferentes soluciones acuosas de uso cotidiano.

¡Ay, me picó!

Las avispas tienen un veneno que presenta carácter básico. Por eso, ante una picadura, es conveniente colocarse barro, aceite, vinagre o jugo de limón. ¿Por qué? Sucede que estos últimos materiales tienen sustancias ácidas, y al tomar contacto con el veneno se produce un proceso de neutralización. Pero, en el caso de las abejas, el veneno es ácido. Luego de sacar con cuidado el aguijón, ¿qué se colocarían? ¿Por qué?



El veneno de la picadura de abeja es ácido y el de avispa es básico.

El pelo, ¿otra cuestión de acidez?

La piel humana (y también el cuero cabelludo) tiene una capa "ácida" sobre su superficie (pH entre 3 y 5) formada por una mezcla de sustancias. Esta capa inhibe el crecimiento de ciertas bacterias y preserva la piel.

El poder limpiador de un champú depende de su capacidad de remover grasa y polvo del pelo y del cuero cabelludo. Sin embargo, un buen champú no debe remover todo el sebo, porque esto provocaría enfermedades en la piel.

Actividades

1. Con ayuda del/de la profesor/a planteen, en equipos, la ecuación correspondiente a la reacción entre el HCl y el $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Es similar a la que vimos con el NaOH . Los productos de la reacción son cloruro de magnesio (MgCl_2) y agua (H_2O). Recuerden que la ecuación tiene que estar ajustada.

a. Se trata de una reacción entre un ácido y una base. ¿Qué tipo de reacción es?

b. ¿Es de óxido-reducción? ¿Por qué?

¡La abuela tenía razón! Ella aconsejaba agregar al enjuague del cabello unas gotas de vinagre. ¿Pueden dar una explicación utilizando lo que hasta aquí analizamos?

Actividades experimentales

El pH de un champú

Necesitarán:

- ▶ muestras de diferentes champús que tengan en sus casas;
- ▶ papel indicador de pH (cuya escala abarque, como mínimo, de 1 a 11);
- ▶ probeta (de 100 cm^3) o similar;
- ▶ agua destilada (se compra en farmacias).



Paso 1. Sumerjan una varilla de vidrio limpia en la botella con agua destilada y toquen con ella un pedacito de papel pH. Anoten el color del papel y registren el pH que corresponde, teniendo en cuenta la carta de colores.

Paso 2. Luego coloquen una muestra de 10 cm^3 de un champú en la probeta y agreguen agua destilada hasta llegar a un volumen de 100 cm^3 de mezcla.

Repitan estos pasos para cada una de las muestras que tengan. Extraigan conclusiones.

Respondan:

¿Qué producto elegirían para lavarse el cabello de todos los que trajeron? Fundamenten su respuesta. Recuerden que en la elección influyen, generalmente, varios factores.

Lluvia ácida

En algunos casos es posible detectar que el agua de lluvia no tiene un valor de $\text{pH} = 7$. Cuando este valor está alrededor de 5, se la denomina lluvia ácida.

La lluvia ácida se produce como resultado de la reacción entre los óxidos de azufre y de nitrógeno (los principales contaminantes atmosféricos generalmente emitidos por las chimeneas de las industrias que utilizan combustibles fósiles), y el agua de lluvia. Como resultado de estas reacciones se producen soluciones acuosas de los ácidos correspondientes (principalmente ácido sulfúrico y ácido nítrico), que pueden llegar a tener pH inferiores a 5.

En algunas regiones, debido a la lluvia ácida, se han detectado en los seres humanos un aumento de las afecciones respiratorias, como asma y bronquitis. En algunos animales, se ha observado la pérdida del pelo y el desgaste prematuro de las mandíbulas, entre otros efectos. También se ha observado un debilitamiento de la cáscara en los huevos de algunas aves, con la consecuente pérdida de la cría.

Actividades experimentales

Simulación de la acción de la lluvia ácida sobre la cáscara de un huevo

Necesitarán:

- ▶ 2 huevos (blancos o de color);
- ▶ 2 vasos transparentes rotulados;
- ▶ uno con vinagre blanco y otro con agua.



Huevos sumergidos en vinagre (izq.) y en agua (der.).

¿Qué suponen que puede ocurrir si colocan un huevo en cada uno de los vasos? Anoten sus hipótesis. Realicen el experimento y, luego de transcurridas al menos 2 horas, observen. ¿Notan algún cambio?

Pueden dejar los vasos con el líquido y el huevo hasta el día siguiente y volver a observar. ¿Observaron lo mismo en ambos vasos? ¿Qué suponen que pudo haber ocurrido?

Posiblemente en ambos vasos hayan visto burbujas escapando del líquido, pero no todo lo que parece igual lo es... La cáscara del huevo está formada principalmente por carbonato de calcio. Entre la cáscara y una membrana delgada que recubre el interior del huevo hay una cámara de aire. Al sumergir el huevo en agua, la porosidad de la cáscara permite que pequeñas burbujas de aire escapen hacia la superficie. Pero con el paso del tiempo, la cáscara que está en contacto con vinagre "desaparece" o, mejor dicho, forma nuevas sustancias. Las burbujas liberadas no son de aire, sino de dióxido de carbono. En este caso hubo una reacción química.

Actividades

1. ¿Cómo podrían determinar si en sus barrios cae lluvia ácida? Averigüen en qué organismo del Estado deberían hacer sus denuncias.

Sigamos analizando la reacción que se produce entre un ácido y un material que tiene carbonato de calcio, viendo otros ejemplos.

Al pasar ácido muriático por el mármol de una mesada se observa que se desprenden burbujitas y queda una mancha blanca opaca. Algo semejante ocurre cuando sobre la mesada de mármol cae jugo de limón (en este último caso, uno de los ácidos que actúa es el ácido cítrico). El material de la mesada se va haciendo poroso y puede llegar a ser quebradizo.

La acción de la lluvia ácida sobre monumentos o esculturas de mármol provoca efectos semejantes, dañándolos.



La lluvia ácida deteriora las construcciones de materiales que contienen carbonato de calcio.

El ácido sulfúrico

Para indicar la prosperidad de una nación se puede tomar como dato su consumo de acero o de energía eléctrica.

El consumo de ácido sulfúrico (H_2SO_4) también es un buen indicador del desarrollo económico de un país. Esto se debe a que el ácido sulfúrico es una materia prima utilizada en muchos y diversos procesos industriales, y en la elaboración de innumerables productos.

La industria de los fertilizantes es la que consume mayor cantidad de este ácido, que también es utilizado en la industria petroquímica, esto es, en la elaboración de productos que tienen como materia prima al petróleo y/o sus derivados. Asimismo, la industria minera y la metalúrgica requieren ácido sulfúrico, que también se utiliza en el curtido de cueros y en la industria textil.

El ácido sulfúrico es la sustancia de mayor producción en todo el mundo. Se estima que la producción anual es de 150 millones de toneladas, de las cuales 275 mil toneladas son producidas por la Argentina.

El ácido sulfúrico es una sustancia con alto poder deshidratante y reacciona con el agua en forma muy exotérmica. Si se pone en contacto con la piel, las soluciones concentradas de este ácido producen quemaduras que pueden ser muy graves. En solución acuosa diluida se lo utiliza en muchas de las baterías para automóviles.

A temperatura ambiente, el ácido sulfúrico es un líquido incoloro, muy denso (su densidad es casi el doble de la del agua) y presenta alta viscosidad, esto es, alta resistencia a fluir.

Actividades

1. Cuando el ácido muriático (ácido clorhídrico: HCl) reacciona con el carbonato de calcio (CaCO_3) de una mesada de mármol, se produce cloruro de calcio (CaCl_2) y dióxido de carbono (CO_2) gaseoso. Escriban la ecuación correspondiente a esta reacción e identifiquen la sustancia que produce la mancha blanca.

Destrucción progresiva de materiales



Palacio del Congreso Nacional,
República Argentina.

El Congreso de la Nación es un monumento histórico y artístico nacional. La imponente cúpula está construida en cobre y se encuentra elevada 80 metros sobre el nivel de la vereda.

El color verde de la cúpula tan característico se debe a la formación de una capa de compuestos de cobre, producto de la acción de la humedad y el dióxido de carbono atmosférico sobre el material metálico del que está hecha esta estructura. Las sustancias depositadas se adhieren a la superficie y retardan la progresiva destrucción del material por acción del ambiente, es decir, hacen que la **corrosión** ocurra lentamente.

En el caso particular de materiales de hierro, la corrosión a temperatura ambiente en presencia de aire húmedo provoca la transformación progresiva del metal, y la formación de **herrumbre**, que es una mezcla de carbonato y óxidos de hierro hidratados. La herrumbre es un material sólido rojizo y poroso, que se desprende del objeto, por lo que si la oxidación comienza, se hace cada vez más rápida.

La reposición de materiales destruidos por efecto de la corrosión metálica ocasiona gastos anuales millonarios en todo el mundo. Además, trae problemas de seguridad. Si no se toman precauciones, la corrosión suele arrasar con puentes, maquinarias, automóviles, aviones y estructuras metálicas de todo tipo. Hay tratamientos a los que pueden someterse los materiales que estarán expuestos a condiciones que favorezcan la corrosión, como un ambiente húmedo y salino.



En las fotografías se observa la herrumbre, sólido rojizo quebradizo, y las "picaduras" que se originan en el material de base y que provocan su fragilidad.

Para conocer más

Beltrán, F.; *El asesino invisible*. Lumen, Buenos Aires, 1997.

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación; *El biogás: producción y utilización*. Serie

mejores cultivos N° 31. Roma, 1983.

Vinagre, A. y otros; *Cuestiones curiosas de química*. Ed. Alianza, Madrid, 1998.

Ideas básicas

- ▶ La combustión en el aire es una reacción química entre un combustible y el oxígeno, que se desarrolla con liberación de energía en forma de calor y, generalmente, también luz y llama.
- ▶ Para que ocurra una reacción de combustión es indispensable que coexistan el combustible y el comburente a una temperatura igual o superior a la temperatura de inflamación.
- ▶ Si la combustión de un hidrocarburo es completa, se observa una llama azul. Los productos de esta reacción son dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) en estado gaseoso.
- ▶ Si la combustión es incompleta, se observa una llama amarilla, debido a las partículas de carbono incandescente. También se libera monóxido de carbono (CO), un gas muy tóxico.
- ▶ Podemos encontrar compuestos que, disueltos en agua, producen soluciones ácidas.
- ▶ Hay sustancias que disueltas en agua originan soluciones básicas.
- ▶ Existen sustancias que son neutras.
- ▶ Los indicadores son sustancias que cambian de color en presencia de soluciones ácidas o básicas.
- ▶ La corrosión es un fenómeno de destrucción progresiva de los materiales, que se debe a la acción del medio en contacto con ellos. En el caso del hierro, el material originado por la corrosión recibe el nombre de herrumbre.

Actividades de integración

1. Respondan las preguntas planteadas al comienzo del capítulo.

2. a. Completen las siguientes ecuaciones, ajustándolas correctamente.

- i. $\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
- ii. $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{HCl}$
- iii. $\text{Mg} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{MgCl}_2$
- iv. $\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{MgO}$

b. ¿Se trata de reacciones de óxido-reducción? ¿Por qué?

c. Nombren en cada caso las sustancias obtenidas. Pista: tengan en cuenta los números de oxidación.

3. Al arder, el alcohol de farmacia da una llama azul muy poco visible, casi transparente.

La fórmula del etanol o alcohol etílico, que es el que está presente en el alcohol medicinal, es $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$.

a. ¿Qué tipo de combustión se produce? ¿Cuáles son los productos de la reacción?

b. Planteen la ecuación que representa el proceso mencionado en el inciso a.

4. En una combustión completa, uno de los productos de reacción es el dióxido de carbono. En cambio, si la combustión es incompleta, se forma monóxido de carbono. En ambos casos, además, se obtiene agua.

a. ¿En qué caso el número de oxidación del carbono en el óxido es mayor?

b. Justifiquen por qué la primera recibe el nombre de completa y la segunda, de incompleta. ¿Son coherentes estos nombres?

5. Se colocan un trozo de hierro y un trozo de lana de acero al fuego; mientras el primero solo se calienta, el segundo puede llegar a arder. ¿Por qué? ¿Qué tipo de reacción química se produce en el caso de la lana de acero?

6. Respondan:

a. La combustión completa de 1 g de gas natural libera 55,7 kJ. Si en un hogar se consumiera 1 kg de este gas, ¿cuánta energía se obtendría como máximo?

b. Si 1,39 m³ de gas natural (1 kg de combustible) cuesta \$0,65:

i. ¿Cuánto tuvo que pagar una familia que ha consumido 255 kg de este combustible?

ii. ¿Cuántos kJ pudo obtener como máximo?

iii. Si la combustión generada por los artefactos fue incompleta, ¿obtuvieron la cantidad de energía calculada?, ¿por qué?

iv. Para disponer de la cantidad de energía previamente calculada, ¿hubieran tenido que consumir una cantidad de gas mayor o menor? ¿Hubieran tenido que pagar más? ¿Por qué?

7. El propano (C_3H_8) es un hidrocarburo derivado del petróleo.

a. Planteen la ecuación de combustión completa para el propano. No olviden ajustarla. ¿Cuál es el color de la llama correspondiente a este tipo de combustión?

b. Calculen la masa de oxígeno que se consume durante la combustión completa de 500 g de propano, sabiendo que 44 g necesitan 160 g de oxígeno.

c. Si para la misma cantidad de combustible que en el punto b se tuviera la mitad de comburente, ¿qué tipo de combustión se produciría? ¿Por qué? ¿Qué características tendría la llama en esta situación?

8. a. Observen los sitios en los que permanecen en la escuela habitualmente (aula, pasillos, patios) y hagan una lista de los objetos que ven cuando los recorren.

b. Averigüen de qué materiales están contruidos, por ejemplo: cortinados, bancos, sillas, pizarras, pisos, papeles sueltos, pinturas. Consulten si son combustibles o tienen algún tratamiento ignífugo (que los protege contra el fuego).

c. Identifiquen si hay matafuegos. ¿Cuáles? ¿Cuántos?

d. Verifiquen si hay señalizaciones. Dibújenlas y escriban su significado.

e. Una vez reunidos los datos, ¿a quiénes consultarían acerca de...

i. la pertinencia o no del uso de los materiales encontrados?

ii. la responsabilidad de la inspección de las instalaciones?

f. ¿Existe un plan de evacuación en su escuela? ¿Lo conocen? ¿Hicieron alguna vez un simulacro?

9. Para cada una de las siguientes frases, indiquen si es correcta o no y por qué.

a. Los ácidos son sustancias que presentan, por lo general, un sabor amargo.

b. Los ácidos son sustancias artificiales.

c. El amoníaco es una sustancia ácida.

d. Las bases reciben el nombre de álcalis.

e. Un valor alto de pH (mayor que 7) indica que el medio es básico.

f. Las reacciones de neutralización son reacciones redox.

10. ¿Por qué los odontólogos aconsejan lavarse bien los dientes y la boca luego de consumir caramelos u otros alimentos azucarados?

11. Se dispone de 6 muestras de soluciones acuosas, con valores de pH diferentes:

Muestra A: pH 9,5

Muestra B: pH 2,1

Muestra C: pH 7

Muestra D: pH 6,2

Muestra E: pH 12,5

Muestra F: pH 7,4

a. Teniendo en cuenta estos datos, completen la siguiente tabla:

	Muestra	pH
Levemente ácida		
Levemente básica		
Neutra		
Muy ácida		
Muy básica		
Medianamente básica		

b. ¿Cuál de ellas podría corresponder a los jugos gástricos del estómago? ¿Por qué?

12. Observen la imagen atentamente y mencionen por lo menos un proceso endotérmico y un proceso exotérmico que se produzcan en la situación fotografiada.



Ciencia ambiental

8

Contenidos

- > Clima y tiempo atmosférico
- > Factores que influyen en la contaminación de la atmósfera, las aguas y los suelos



Los seres humanos actuamos sobre la naturaleza, modificándola de diferentes maneras. El ambiente que nos rodea es el resultado de la interacción de la naturaleza (sistema natural) con la sociedad (sistema social). En algunos lugares, como las ciudades, queda poco del sistema natural, y lo que queda está muy modificado. En otros, como las áreas protegidas y los Parques Nacionales, el sistema natural casi no ha sido alterado. Entre estos dos extremos existen muchas situaciones intermedias.

Toda actividad humana tiene un impacto ambiental, es decir, modifica directa o indirectamente el ambiente. Este impacto puede ser positivo o negativo: en este último caso se habla de problema ambiental. La contaminación del aire, de las aguas y de los suelos, y la tala indiscriminada de bosques, son ejemplos de impactos negativos. Por el contrario, el reciclado de residuos, la creación de un área para el mantenimiento de la biodiversidad, y el cuidado del arbolado público son ejemplos de impactos positivos sobre el ambiente.

También existen impactos ambientales naturales, como los que provoca un huracán o la erupción de un volcán, entre otros ejemplos.

Cada uno de nosotros es responsable de elegir cómo interactuar con el ambiente para cuidarlo, recordando que es nuestro hogar.

EN ESTE CAPÍTULO...

Se desarrollarán algunos temas relacionados con el ambiente, por ejemplo, factores que lo contaminan y otros que lo benefician. También se focalizará en las acciones de los seres humanos sobre el ambiente, y de qué forma lo afectan.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C8/>



Clima y tiempo atmosférico

Porcentajes de los gases que componen la atmósfera

Gases	Proporción en la atmósfera
Nitrógeno	78%
Oxígeno	21%
Argón	0,9%
Dióxido de carbono	0,03%
Otros gases	0,07%



Capas de la atmósfera terrestre.

La Tierra está rodeada por una masa gaseosa que tiene aproximadamente 1.000 km de altura, llamada **atmósfera**. Debido a sus particulares características, en ella se desarrollan fenómenos indispensables para la vida. La atmósfera contiene el oxígeno necesario para casi todas las especies vivientes, absorbe la radiación perjudicial procedente del Sol, protege de los meteoritos y atenúa las diferencias térmicas entre el día y la noche.

La atmósfera terrestre está formada principalmente por nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, ozono y algunos gases inertes, como argón, helio, criptón, neón y xenón.

Se pueden distinguir cinco capas que la componen, aunque los límites entre ellas no están claramente definidos. Estas capas son: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera, la ionosfera o termosfera y la exosfera. Los primeros 15 km (considerando la Tierra como punto 0) constituyen la troposfera, en la cual se desarrollan la vida y los fenómenos meteorológicos.

Los cambios en las características de la atmósfera determinan el tiempo y el clima de un lugar. Si bien las palabras tiempo y clima se suelen utilizar indistintamente, es importante dejar claro que cada una hace referencia a diferentes características y momentos de la atmósfera.

El **tiempo** define las condiciones de la atmósfera en un momento y lugar determinados; cambia constantemente ya que está relacionado con la generación, desarrollo y desaparición de las distintas perturbaciones que lo determinan. El estudio del tiempo es muy importante para diversas actividades como la agricultura, la navegación aérea y marítima, y la vida de todos los organismos que habitan en un ecosistema determinado. Debido a su relevancia, se desarrolló la meteorología como ciencia que estudia el estado del tiempo y los **meteoros*** en la atmósfera terrestre. Esta disciplina incluye el estudio de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas y, a partir de estos datos, permite emitir un parte diario y un pronóstico de corto alcance.

El **clima**, por su parte, es el estado de la atmósfera a lo largo de todo un año, elaborado a partir de un estudio prolongado que posibilita establecer valores estadísticos. Se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo, y la ciencia que lo estudia se llama **climatología**.

La observación de las condiciones meteorológicas es llevada a cabo por profesionales que, además de realizar las lecturas de diversos instrumentos, recopilan y analizan la información para elaborar un pronóstico, es decir, indicar cómo será el estado del tiempo en el futuro cercano.

Glosario

meteoros: se llama así a todo fenómeno atmosférico. Se pueden clasificar en aéreos (viento), acuosos (lluvia, nieve y granizo), luminosos (aurora boreal, arcoiris) y eléctricos (rayo).

El Servicio Meteorológico Nacional

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es un organismo creado en el año 1945 para el estudio oficial de la atmósfera y los fenómenos que en ella se desarrollan. Participa en el sistema mundial de observación con instalaciones terrestres, marítimas, aéreas y espaciales, destinadas a la observación y medición de los distintos parámetros meteorológicos. La red conformada por las estaciones meteorológicas de todo el país brinda información y permite el desarrollo de programas internacionales.

El pronóstico y sus variables

Cada mañana es habitual que las personas escuchen por la radio, o vean por televisión o por Internet, el estado del tiempo actual, que se conoce con el nombre de **parte meteorológico**.

La apropiada combinación de esos partes y de los datos obtenidos a través de las imágenes satelitales y por radar infrarrojo, permite confeccionar una proyección de las condiciones del tiempo para los próximos días, que se denomina **pronóstico extendido**.

En ambos casos, tanto en el parte meteorológico como en el pronóstico extendido, se indican los valores de la temperatura del aire, la sensación térmica, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la nubosidad, la humedad ambiente y las precipitaciones.



Los termómetros se encuentran dentro de una casilla o abrigo meteorológico.

La temperatura

Los cambios en la temperatura del aire son provocados por la radiación solar. Otros factores que también la modifican son la altura, la cercanía al mar y el tipo de superficie.

Para medir la temperatura ambiente, se utiliza un termómetro que se encuentra dentro de una casilla de madera, llamada **abrigo meteorológico**, que está a resguardo de la radiación solar y de la acción directa del viento. Dentro de ella hay tres termómetros contruidos con un vidrio especial que contiene mercurio. Uno de ellos mide la temperatura en cada instante; los otros dos, contruidos con modificaciones especiales, se utilizan para medir la temperatura máxima y mínima del día.

Algunas veces se indica otro valor de temperatura, que es la sensación térmica. Esta consiste en el bienestar o incomodidad producido por la mayor o menor rapidez en la disipación del calor corporal. Su valor indica la temperatura que percibe una persona frente a una combinación determinada de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento.

Este valor no se mide, sino que se determina utilizando tablas, a partir de la temperatura ambiente, la velocidad del viento y la humedad.



La presión atmosférica normal es de 1.013 hPa (hectopascasles), equivalentes a 1 atmósfera.

La presión atmosférica

La presión atmosférica también se modifica a lo largo del día, y de una región a otra. En esta influyen distintos factores como la temperatura del aire, la humedad y la altura. A medida que se asciende en la atmósfera, disminuye la presión atmosférica debido a que la altura de la columna de aire se hace menor.

Para medir la presión atmosférica se utiliza un instrumento denominado **barómetro**. Existen diversos tipos, y el **barómetro de Fortin** es el más empleado.

¿Cómo se miden las variables meteorológicas?

Los datos de superficie son obtenidos continuamente en las estaciones meteorológicas y se suelen anunciar una vez por hora. Además de estos, es preciso saber qué sucede en la vertical al lugar: los valores hallados se denominan datos en altura. Para ello se usan globos meteorológicos.

Otros de los recursos que se utilizan para confeccionar el pronóstico son las imágenes satelitales y las imágenes obtenidas por radar que, puestas en secuencia, muestran como en una película la manera en que se trasladan las nubes y cómo evoluciona la atmósfera.



Anemómetro de copas.

El viento

Las diferencias de temperatura crean zonas de diferentes presiones, que son las responsables de originar los vientos. El viento no es más que aire en movimiento que se desplaza de las zonas de alta presión a las zonas de baja presión. Su intensidad se indica con la velocidad a la que se mueve la masa de aire. Además de la velocidad, también es importante la dirección de donde proviene, que se indica con el punto cardinal correspondiente.

El anemómetro mide la velocidad del viento, mientras que su dirección se puede determinar con la veleta.

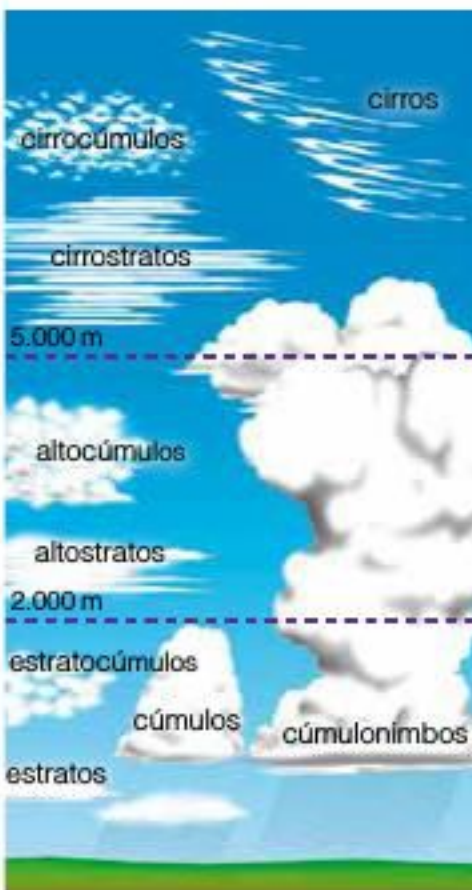
Las nubes

Las nubes son la condensación del vapor de agua sobre las partículas de polvo suspendidas en el aire. Según su forma y la altura a la que se encuentran, se pueden distinguir diferentes tipos de nubes: cirros, cúmulos y estratos.

La nubosidad indica la proporción de cielo que está cubierto por nubes. Se puede determinar por observación directa o indirectamente con el heliofanógrafo, instrumento que registra las horas en que brilla el sol.



Heliofanógrafo. La lente es atravesada por la radiación solar, que quema la faja de papel que está abajo.



Los distintos tipos de nubes según su forma y altura.

El agua en la atmósfera: humedad, lluvia, granizo y nieve

La humedad relativa ambiente es el porcentaje de vapor de agua presente en la atmósfera respecto de la cantidad máxima que esta puede admitir. La humedad relativa se determina con un instrumento llamado higrómetro.

Dentro de una nube, se producen corrientes ascendentes de aire cargado de gotas; a medida que estas suben, se enfrían y aumentan sus tamaños. Al chocar con otras gotas se unen con ellas y crecen aún más, hasta que su tamaño y peso hacen que caigan en forma de lluvia. La cantidad de agua que cae en una precipitación se indica con la altura de la capa de agua que se forma sobre un suelo impermeable, y se mide con el pluviómetro.

No todas las nubes están formadas por gotas de agua. Algunas, ubicadas a gran altura y a temperaturas inferiores a 0°C , contienen hielo en su interior. Si la temperatura dentro de la nube es muy baja, al caer a través de ella puede chocar con gotas de agua que se enfrían rápidamente y se unen al cristal originando nieve, que puede llegar al suelo como copos o como agua líquida, según la temperatura del aire.

Pero si al caer, los cristales se encuentran con gotas de agua a muy baja temperatura y en zonas de alta presión, se aglomeran muy fuertemente y forman bolas de hielo, denominadas granizo.



El pluviómetro es un recipiente cilíndrico que recolecta el agua de lluvia.

Actividades

1. Investiguen cómo son y cómo funcionan los siguientes instrumentos de medición:

- los termómetros de máxima y de mínima;
- barómetro de Fortin;
- pluviómetro.

Cambios en la atmósfera y sus impactos

Las capas de la atmósfera tienen diferentes composiciones y, por lo tanto, cumplen distintas funciones en el desarrollo de la vida y la protección del planeta. Esta composición no es estable, sino que varía a cada instante, por lo que el sistema se mantiene en un equilibrio dinámico. Cualquier perturbación natural o artificial impacta sobre la atmósfera, provocando fenómenos cuyas consecuencias pueden ser perjudiciales para el planeta y las distintas especies que lo habitan.

La capa de ozono

En la estratosfera, a unos 20 km de la superficie terrestre, se encuentra una cantidad de ozono (O_3) extremadamente pequeña (una parte por millón), pero suficiente para cumplir un rol muy importante en el desarrollo de la vida. El ozono es un fuerte absorbente de radiación solar, y por ello es el responsable de la abrupta caída en la intensidad de radiación ultravioleta (UV) que alcanza la superficie. Parte de esa radiación ultravioleta es dañina para los sistemas biológicos.

El ozono atmosférico (O_3) se forma por la combinación de oxígeno atómico (O) y oxígeno molecular (O_2). Esta reacción química se indica mediante la siguiente ecuación:



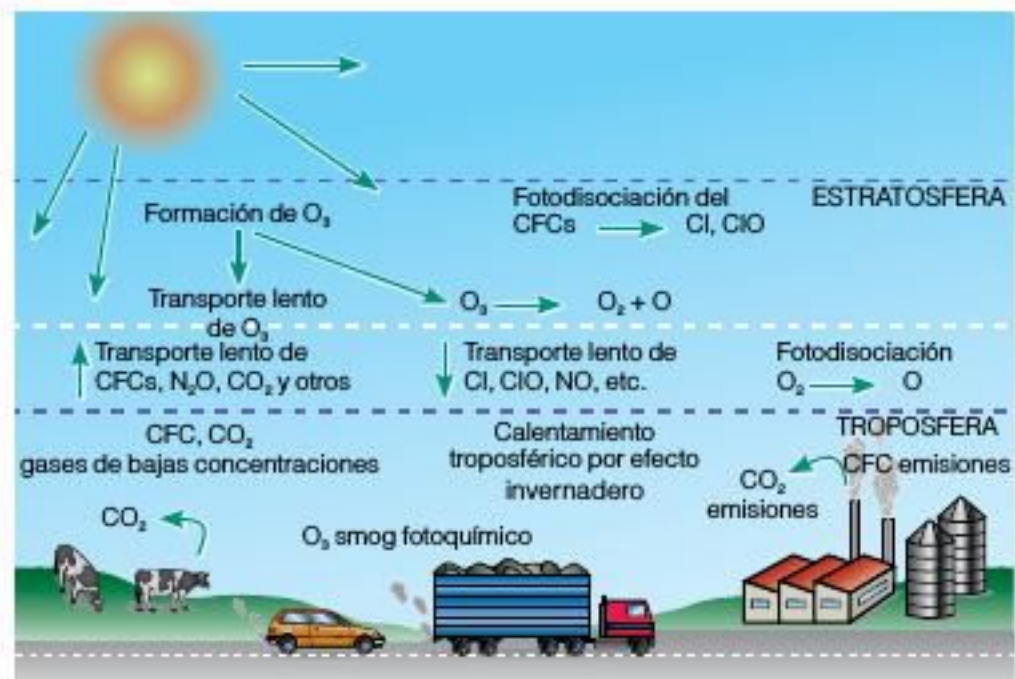
A una altura de aproximadamente 20 km, la producción de átomos de oxígeno es el resultado casi exclusivamente de la **fotodisociación*** de las moléculas de oxígeno, por efecto de la radiación UV:



El ozono también interactúa con la radiación UV y la visible, que también producen su fotodisociación:



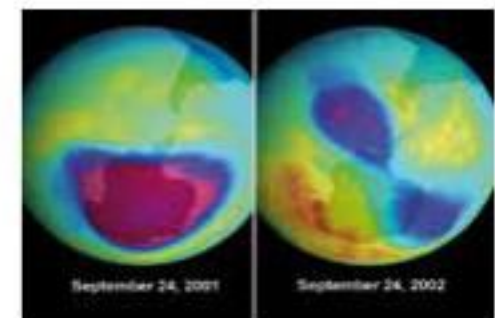
A partir del análisis de mediciones de la cantidad total de ozono, tanto satelitales como desde la superficie, se observó que aparecía una disminución local de su cantidad en una zona extensa sobre el continente antártico durante la primavera polar. Este fenómeno es conocido como el “agujero de ozono” en la Antártida. Esta disminución fue dada a conocer por científicos británicos en 1985, y confirmada al año siguiente por otros países. Desde entonces, distintos organismos internacionales estudian la evolución del fenómeno de adelgazamiento de la capa de ozono, sus causas y sus consecuencias.



Formación y fotodisociación del ozono en la atmósfera.

Glosario

fotodisociación: separación de una entidad en otras más sencillas por acción de la energía de la luz.



Imágenes satelitales donde se observa la variación temporal en la capa de ozono sobre la Antártida entre los años 2001 y 2002.

Actividades

1. Lean el siguiente párrafo, discúptalo en grupos y elaboren conclusiones.
 “En 2002, se estimaba que la Argentina contaba con 33 millones de hectáreas de bosque, y desde esa fecha se están perdiendo anualmente unas 250 mil hectáreas. En la región del Chaco seco, el 70% de los bosques nativos fue eliminado en beneficio de la producción agrícola. Otra región que se encuentra especialmente amenazada por las empresas madereras es la Selva de las Yungas, que comprende territorios de las provincias de Salta, Jujuy y Tucumán”.

a. ¿Por qué la tala de los bosques y selvas autóctonos provoca un aumento del calentamiento global?

b. ¿Cómo se relaciona este hecho con la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera?

El balance energético en la superficie terrestre permite el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

Existen evidencias de que la capa de ozono está siendo deteriorada por productos químicos producidos por el ser humano. Los productos más destructivos son los clorofluocarbonados (CFC), que son usados como propelentes de aerosoles en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, para la fabricación de espuma rígida y de relleno flexible para tapicería, en los extintores de incendio y como solventes limpiadores de uso frecuente en la industria electrónica.

El adelgazamiento de la capa de ozono atmosférico permite la penetración de radiación UV con mayor intensidad, parte de la cual puede tener efectos perjudiciales en tejidos vivos.

Entre los efectos conocidos de la disminución de la capa de ozono se incluyen: aumento de cáncer de piel y supresión del sistema inmunológico en humanos, daño a los ecosistemas, degradación de materiales plásticos y pinturas, y contribución al aumento de la temperatura global por efecto invernadero.

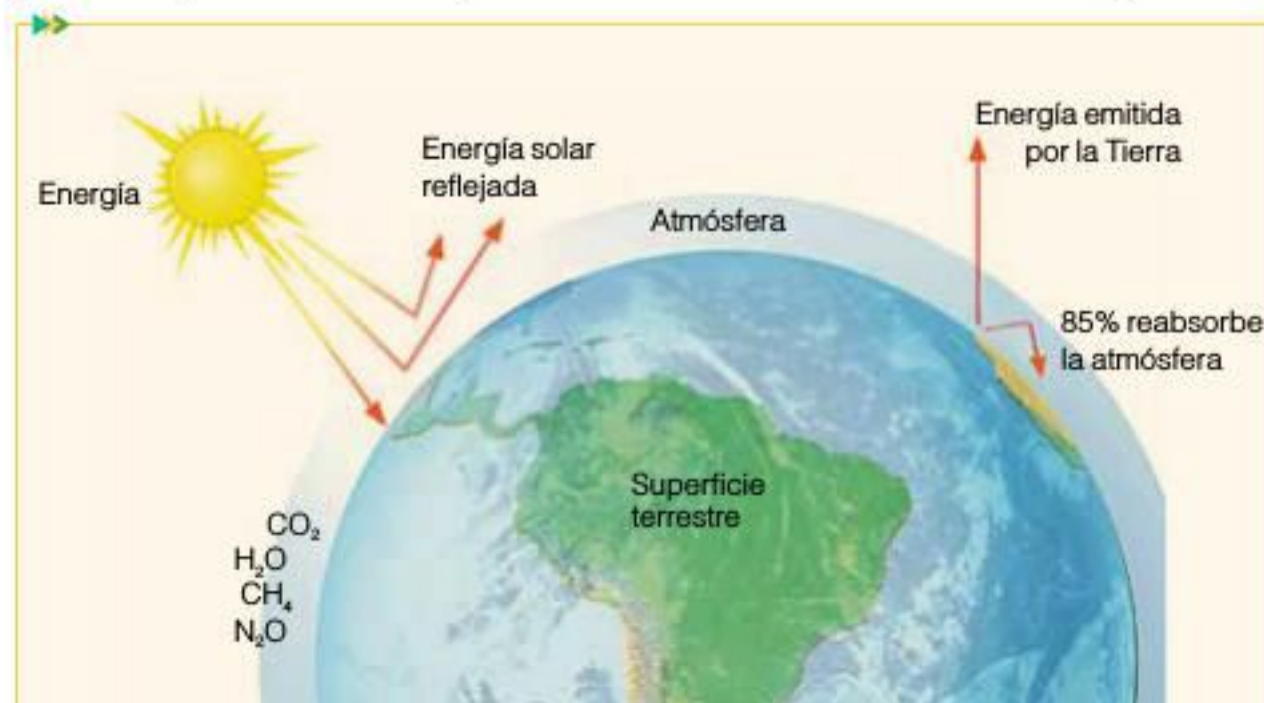
Los partes meteorológicos suelen indicar mediante un valor llamado índice UV, el nivel de radiación ultravioleta. Este índice se mide en una unidad llamada Dobson, que da valores del orden de 2 para índices bajos y 9 o 10 para los peligrosos.

En la página de Internet del Servicio Meteorológico Nacional también se puede ver un informe actualizado sobre el agujero de ozono antártico.

El efecto invernadero y el cambio climático

La energía solar llega al límite superior de la atmósfera; allí una parte es reflejada, otra es absorbida y el resto llega a la superficie terrestre. La reflexión y la absorción son selectivas respecto de la longitud de onda, por eso solo llega a la superficie un 50% de la radiación solar incidente sobre la parte superior de la atmósfera. La Tierra también emite radiación: el 85% es absorbida por la atmósfera, que irradia una parte de nuevo hacia la Tierra, y otra pequeña parte se emite al espacio exterior.

La atmósfera es transparente a gran parte de la energía solar, pero casi opaca para la terrestre. Esta selectividad permite mantener temperaturas favorables para la vida. La atmósfera deja pasar la radiación solar del espectro visible, necesaria para la fotosíntesis, pero también funciona como un “invernadero”, manteniendo la temperatura superior a la exterior y evitando los cambios bruscos entre el día y la noche.



Debido al efecto invernadero de la atmósfera, la temperatura promedio de la superficie terrestre es de 15 °C. Utilizando modelos climáticos, se ha estimado que si no existiera este efecto, la temperatura sería de -19 °C. Se establece un equilibrio térmico planetario entre la radiación solar que llega a la Tierra y la emitida en la parte superior de la atmósfera. Es decir que la cantidad de energía solar que ingresa a la atmósfera terrestre, por unidad de tiempo, debería ser igual a la que sale, para mantener la temperatura media.

Cualquier cambio en la composición de la atmósfera (residuos de la combustión de petróleo, emisión de mayor cantidad de dióxido de carbono, metano, hollín, etc.) modifica esta selectividad de la longitud de onda emitida por la Tierra y provoca un aumento de la energía dentro de ella, es decir, entra más energía de la que sale. Como consecuencia, se produce un calentamiento global y paulatino de la superficie terrestre. De esta manera se incrementa el efecto invernadero y, por consiguiente, aumenta la temperatura. Según las distintas investigaciones que se han realizado, este aumento podría ser del orden de unos 2 °C en este siglo.

El caso del dióxido de carbono (CO₂) ha sido extensamente estudiado en los últimos 20 años. Sin embargo, no solo este gas contribuye a aumentar el efecto invernadero; otros gases poliatómicos en baja concentración, como el ozono y los clorofluorocarbonados (CFC), contribuyen aun más fuertemente al mismo efecto.

Los clorofluorometanos y otros compuestos halogenados tienen fuertes bandas de absorción en la parte infrarroja del espectro; esto implica que un aumento de la cantidad de estos compuestos en la troposfera causaría un calentamiento por su efecto adicional de "invernadero", lo que será un factor dominante en el cambio que sufrirá el clima en nuestro planeta.

Se ha encontrado que las perturbaciones en el ozono estratosférico pueden tener efectos detectables en el clima de la troposfera. De esta manera, el ozono influye, notoriamente, en el incremento del efecto invernadero.

En los últimos años se han reconocido otros gases como contribuyentes al efecto invernadero, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

Las principales derivaciones conforman un cambio climático global, cuyas consecuencias implican modificaciones en los ecosistemas y la economía, como:

- ▶ aumentos de sequías, inundaciones y otros sucesos extremos, que acrecentarán los problemas en el uso de los recursos: el agua, la seguridad alimentaria, la salud humana, las infraestructuras, etcétera;
- ▶ incremento de la temperatura media, que conllevaría al deshielo paulatino de los glaciares y zonas polares, con el consecuente aumento del nivel del mar e inundaciones de las zonas costeras;
- ▶ agravamiento de la intensidad y frecuencia de ciclones y tormentas;
- ▶ extinción de algunas especies de plantas y animales;
- ▶ daños en la producción agrícola-ganadera por sequías, erosión de zonas fértiles y daños forestales.

Actividades

1. Busquen información sobre el Protocolo de Kyoto.

- a. ¿Cuándo entró en vigencia y por qué?
- b. ¿Cuál es su objetivo principal?
- c. ¿Qué países lo firmaron originalmente y cuáles se

agregaron luego?

- d. ¿Qué otras reuniones internacionales fueron convocadas en los últimos años para tratar el tema del cambio climático? ¿Qué resultados se obtuvieron?



El cambio climático se hace sentir bajo la forma de sequías o grandes inundaciones.

Protocolo de Kyoto

En 1997, dentro del Convenio Marco sobre el Cambio Climático de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), los gobiernos acordaron la firma del Protocolo de Kyoto. Este constituye el primer paso para reducir el efecto invernadero provocado por los seres humanos y revertir así el cambio climático y sus impactos.

En el año 2014 se realizó en la ciudad de Nueva York una cumbre sobre el clima, organizada por la ONU. Un grupo de importantes dirigentes de más de 120 países lograron algunos acuerdos para disminuir el calentamiento global.

¿Cómo giran tornados y huracanes?

Debido a la rotación de la Tierra se produce sobre el movimiento de los vientos un fenómeno llamado aceleración de Coriolis, que depende el hemisferio en que se encuentren.

Este fenómeno hace que los tornados giren en el hemisferio sur en el sentido horario, es decir, en el sentido de las agujas de un reloj, y en sentido opuesto en el hemisferio norte. Los huracanes, que son un fenómeno del hemisferio norte, giran en forma antihoraria.



Los tornados se desarrollan en forma de embudo desde una nube hacia el piso.



Vista satelital del huracán Katrina, que en agosto del año 2005 produjo gran cantidad de víctimas y daños en la ciudad estadounidense de Nueva Orleans.

Tornados y huracanes

Los tornados y los huracanes son los fenómenos meteorológicos más violentos que se presentan en la naturaleza. Su origen está en los factores climáticos que se dan en algunas regiones en determinadas épocas del año, y no están relacionados directamente con el cambio climático.

Tornados

Hay determinadas condiciones climáticas que producen estos fenómenos, que se generan en una nube y se desarrollan hacia el suelo como una región en forma cilíndrica o de embudo con una violenta rotación del aire. Los vientos en el interior del tornado pueden llegar a los 500 km/h, y habitualmente están acompañados por lluvia y granizo.

Las dimensiones de los tornados son variables, aunque el promedio de su diámetro en tierra es del orden de los 250 metros, y en algunos casos llegan a un kilómetro. Los tornados se mueven en forma relativamente lenta, aproximadamente a unos 50 km/h y, por lo general, debido a su corta duración, solo avanzan algunos kilómetros.

La enorme cantidad de energía que desarrolla un tornado en una región muy chica hace que este fenómeno sea muy destructivo. Al efecto directo del viento hay que sumar la gran cantidad de cuerpos sólidos que, al ser impulsados, se comportan como proyectiles. En sus fases más violentas, llamadas F5 en la escala internacional para tornados Fujita, pueden llegar a dañar directamente estructuras de hormigón.

En nuestro país se pueden desarrollar tornados en la zona central, centro de Córdoba, este de La Pampa, Entre Ríos, sur de Santa Fe y oeste de la provincia de Buenos Aires.

Huracanes

En algunas zonas marítimas tropicales, cuando el agua de mar llega a temperaturas elevadas, su evaporación y rápido ascenso produce desequilibrios en la atmósfera, que pueden llevar a tormentas tropicales y vientos muy intensos. Cuando estos son superiores a los 120 km/h provocan un huracán. En algunos casos, los vientos en su interior llegan a los 250 km/h.

El huracán es una tormenta de gran tamaño, cuyos vientos adoptan una circulación espiralada, como se puede observar en fotografías satelitales. Su extensión es variable y sus diámetros fluctúan entre los 500 km y los 1.800 km. Su duración va desde algunos días hasta algunas semanas, y avanzan en ese tiempo a una velocidad de entre 20 y 50 kilómetros por hora. Los centros especializados en su seguimiento van calculando permanentemente las variaciones en su trayectoria para tomar medidas de prevención en los centros poblados que podrían ser alcanzados.

Los huracanes se generan en la zona tropical, tanto del océano Atlántico como del Pacífico en el hemisferio norte, en particular en las regiones del Mar Caribe y el Golfo de México.

Los combustibles y el ambiente

Se denominan **combustibles limpios** a los que provienen de cultivos específicos, excrementos de animales, desechos orgánicos y también al hidrógeno. Estos combustibles comenzaron a usarse en un intento de obtener energía renovable y que libere menores proporciones de residuos tóxicos o peligrosos. Pero, ¿por qué se los denomina "limpios"? Algunas razones son:

- ▶ las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) se ven reducidas en un 20% en comparación con las producidas por los combustibles derivados del petróleo; asimismo, se reducen casi totalmente las emisiones de dióxido de azufre (SO_2);
- ▶ no contienen sustancias cancerígenas como algunos hidrocarburos presentes en los combustibles derivados del petróleo;
- ▶ la no emisión de sustancias contaminantes disminuye el riesgo de enfermedades respiratorias y alergias.



Es muy saludable para nosotros y nuestro planeta el uso de **biocombustibles**, es decir, combustibles derivados de recursos naturales renovables de origen biológico, que habitualmente se obtienen a partir de restos de la caña de azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas.

El dióxido de carbono favorece el aumento del llamado "efecto invernadero" y, con ello, el incremento de la temperatura ambiental. El dióxido de azufre es tóxico.

¡Combustibles *made in Argentina*!

Uno de los biocombustibles fabricados en la Argentina es el **bioetanol**. Su componente principal es el etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$), un alcohol obtenido a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha, por el proceso de fermentación de los azúcares contenidos en los vegetales citados. Se usa en mezclas con nafta en proporciones del 5 o el 10%, llamadas **alconaftas** (E5 y E10, respectivamente), que los motores actuales pueden usar sin tener que ser alterados. Otro combustible es el **biodiésel**. Este se obtiene mediante un proceso químico industrial muy complejo, a partir de aceite de semillas, grasas animales o aceites vegetales residuales.

El **gasoil** o **diésel** es un combustible que se utiliza principalmente en motores diésel y en calefacción. Si es obtenido de la destilación del petróleo, se denomina petrodiesel y cuando es producido a partir de aceites vegetales, se denomina biodiésel.

Argentina aumenta la producción de bioetanol

La producción de bioetanol y las ventas en el mercado interno (principal destino de la producción) se han incrementado notablemente en los últimos años, como resultado del aumento de la proporción de bioetanol a un 10% en las naftas. Sin embargo, se ha decidido mantener el porcentaje actual como techo, ya que una proporción mayor de este alcohol podría dañar los motores, y requeriría adaptarlos al nuevo com-

bustible, lo cual es muy costoso.

Para 2020, se estima que más del 80% del etanol producido en el mundo estará basado en la caña de azúcar. La producción de caña de azúcar en el noroeste argentino es clave en la economía regional de Tucumán, Salta y Jujuy –con una participación del 98% sobre el total de la producción nacional– y, en menor medida, en las provincias de Santa Fe y Misiones.

Actividades

1. ¿Qué establece la Ley N° 26.093 promulgada en mayo de 2007?
2. ¿Por qué el etanol es considerado un biocombustible? ¿Por qué se dice que "mejora" la nafta?

Estudian producir biogás con los desechos de un frigorífico de pescado

Dos equipos de investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) y Agrimensura de la UNNE trabajan en un proyecto para reducir el impacto ambiental que generan los desperdicios de un frigorífico; se ha demostrado que estos desperdicios industriales pueden ser utilizados para producir gas metano, evitando de esta manera la contaminación de arroyos y ríos.

Los residuos orgánicos generados por los mataderos producen altos niveles de contaminación. Las aguas residuales que emiten estas plantas de procesamiento contienen sangre, residuos de carne y grasa, alimentos no digeridos por el intestino del animal y otros tipos

de desechos.

La degradación anaeróbica* de los efluentes de los frigoríficos de peces, bajo condiciones controladas, podría ser aprovechada como un generador de biogás* que contribuya a disminuir el consumo energético del establecimiento y, también, la contaminación ambiental. Este proceso de degradación ocurre espontáneamente en la naturaleza por acción de bacterias, y produce una mezcla gaseosa conocida como biogás, formada fundamentalmente por metano (CH_4 , en un 60 a 80%), dióxido de carbono (CO_2 , en un 40 a 20%) y pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2),



Biodigestor, dispositivo donde se puede realizar la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos.

oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S).

Este gas se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, o para generar calor en hornos, estufas, secadoras, calderas u otros sistemas de combustión a gas, debidamente adaptados para tal efecto.

Adaptado de un artículo de Juan Monzón Gramajo, publicado en *El universitario*. Revista digital de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) <http://eluniversitario.unne.edu.ar/institucional710.html>.

El hidrógeno, combustible "limpio"

El único producto de la combustión del hidrógeno es el agua. Como ya se ha visto previamente, la ecuación que corresponde a esta reacción es



En la actualidad, el 5% del hidrógeno que se produce es obtenido a partir de la **electrólisis*** del agua. En esta transformación se utiliza la energía eléctrica que fue generada a partir de energía geotérmica y de energía hidráulica.

Otro método para obtener hidrógeno consiste en hacer reaccionar hidrocarburos (generalmente metano) con vapor de agua. Como producto de esta reacción, se consigue una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno.



En la actualidad, la elaboración de hidrógeno se enfrenta con dos dificultades. Por un lado, los científicos e ingenieros intentan que la electricidad utilizada para su obtención no provenga de la quema de hidrocarburos, sino de fuentes alternativas de energía como el Sol, los vientos y las mareas. Otra dificultad consiste en el método de almacenamiento del combustible. ¿Por qué?

Glosario

anaeróbica: sin la presencia de oxígeno.

biogás: combustible gaseoso obtenido a partir de residuos biodegradables.

electrólisis: reacción química de descomposición de sustancias a través de energía eléctrica.

Contaminación del agua

El agua es un recurso vital para el desarrollo de la vida. La Tierra está compuesta por alrededor de un 70% de agua, pero tan solo el 2,5% corresponde a aguas dulces.

El agua que utilizamos, ya sea para beber o elaborar alimentos, para riego o para higienizarnos, proviene de los reservorios de agua dulce. El agua salada no es apta para el consumo humano, a menos que pase por un proceso de desalinización, extremadamente costoso y poco implementado en la actualidad.

El agua dulce superficial se localiza en ríos, lagos, y aguas congeladas como los glaciares; estas últimas, mayormente ubicadas en los polos, son poco accesibles. También se encuentran aguas dulces subterráneas, como las de las napas.

Con este panorama, menos del 1% del agua total se puede aprovechar para el consumo humano.

El agua potable domiciliaria puede tener dos procedencias: el agua de pozo, que se extrae mediante una perforación en el suelo de cada domicilio, hasta llegar a las aguas subterráneas, y el agua de red otorgada por una empresa, que toma agua de un río, la filtra y potabiliza para luego distribuirla.

La encargada de la distribución, saneamiento y tratamiento de los desechos líquidos domiciliarios en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en el Gran Buenos Aires es la empresa AYSA (Agua y Saneamientos Argentinos S. A.).

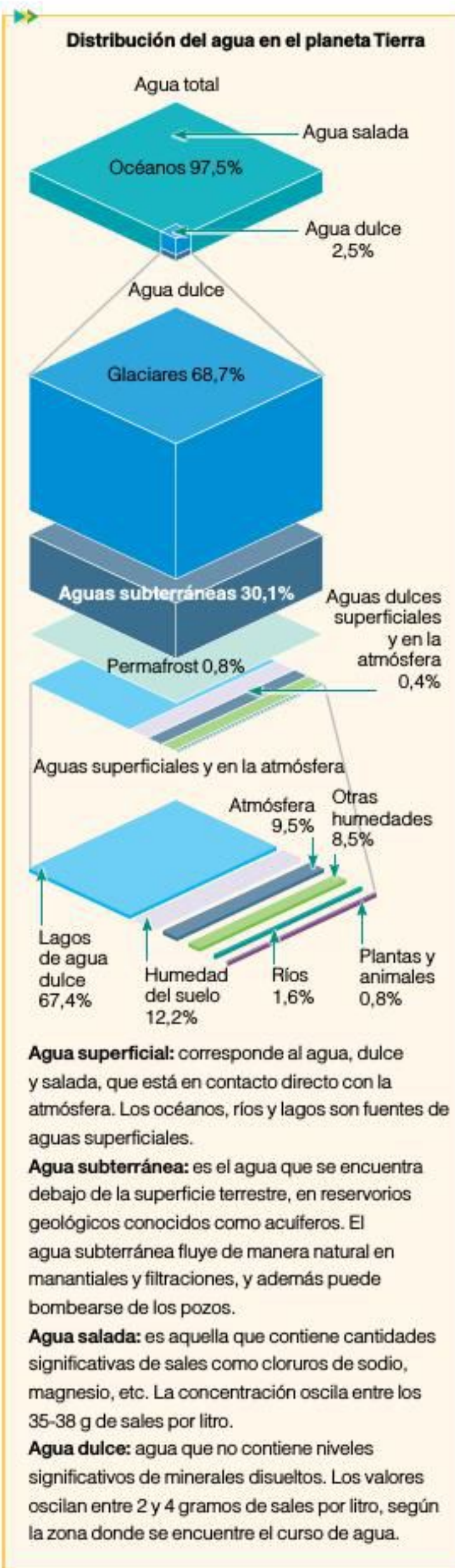
Los efluentes líquidos provenientes del sistema cloacal del Gran Buenos Aires son depositados en el río Matanza o el Reconquista según la zona; en cambio para Capital Federal finalizan a una cierta distancia de la costa del río de La Plata.

De esta manera, la toma de agua para potabilizar y el destino de los efluentes en la Ciudad de Buenos Aires coinciden.

En caso de no poseer sistemas de cloacas, se realiza un pozo ciego en cada hogar, destinado al depósito de los efluentes líquidos domiciliarios.

El aumento demográfico, el desarrollo tecnológico, el asentamiento de poblaciones e industrias en las costas de los cursos de aguas, más los fenómenos naturales, han producido contaminación en los reservorios de agua dulce.

La contaminación de aguas dulces, producto de fenómenos naturales como sequías o inundaciones, o de la falta de cuidado del ambiente por parte del ser humano, como el deficiente o mal manejo de residuos, trae grandes conflictos ambientales y de salud. El agua es una vía de transmisión de numerosas enfermedades como el cólera, la poliomielitis, la meningitis y las hepatitis A y B, entre otras, causadas por virus, bacterias o protozoarios que llegan a los cursos de agua a través de los efluentes cloacales con tratamiento deficiente.





Por razones no determinadas, la arsenopirita es muy común en los yacimientos minerales europeos, mientras que la enargita lo es en los yacimientos de la cadena andina, donde constituye una mena* de cobre.

Glosario

floculante: sustancia que aglutina los sólidos en suspensión, facilitando su decantación para luego poder extraerlos.

mena: mineral del que puede extraerse un metal o un elemento determinado.

ósmosis inversa: proceso artificial que invierte el fenómeno de la ósmosis. El agua concentrada en sales pasa a través de una membrana semipermeable; las sales quedan retenidas en la superficie de la membrana y se obtiene agua con bajo contenido de sales.

Estas enfermedades pueden prevenirse tomando las medidas de higiene adecuadas, como lavarse las manos después de ir al baño, antes de comer o de preparar los alimentos, y consumir solamente agua potable, evitando tomar agua de cursos que pudieran estar contaminados.

En el mundo existen regiones que, por causas naturales, poseen en los suelos gran cantidad de minerales con arsénico en su composición. El agua subterránea se filtra entre los minerales y disuelve parte de ellos; en consecuencia queda agua con un porcentaje de arsénico mayor que el que es aceptable para la Organización Mundial de la Salud (OMS). Según este organismo, para que el agua no sea nociva, los valores de arsénico no deben superar los 0,01 mg/l.

La intoxicación por ingesta de arsénico en el agua se llama **hidroarsenismo**.

La Argentina se encuentra entre los países que poseen aguas subterráneas contaminadas con arsénico, especialmente en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Chaco, Santiago del Estero, San Luis, La Pampa, Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, San Juan y Mendoza.

Si bien no hay casos de hidroarsenismo en Buenos Aires, los índices de arsénico en el agua son elevados. Esto se debe a que la toma de agua es del Río de la Plata (aguas superficiales) y no de aguas subterráneas. Esto significa que se podría encontrar una posible solución a esta afección si se evitaran las tomas de agua de pozos.

En los municipios de 9 de Julio y Junín se han incorporado plantas con la metodología de la **ósmosis inversa***, pero este proceso posee la desventaja de que su mantenimiento es muy costoso. También se han utilizado otros sistemas con materiales de aluminio. Esta técnica brinda una solución inmediata, pero acarrea un problema a largo plazo: dónde depositar los residuos de aluminio, que son altamente tóxicos.

Los métodos más sencillos se basan en la extracción del arsénico mediante la formación de un compuesto insoluble, que luego se decanta y deja limpio al líquido sobrenadante.

En algunas regiones de Santiago del Estero y el Chaco, a nivel domiciliario, utilizan el hierro como **floculante*** y atrapante del arsénico.

Una prueba piloto diseñada por la Universidad de la Plata utiliza piedras calizas que, en ciertas condiciones, tienen la propiedad de retener arsénico. Se coloca en los tanques domiciliarios la arcilla con una gran paleta que agita todo el contenido a un determinado pH. La arcilla arrastra el arsénico en suspensión, luego se deja que todo este material decante. De esta forma el arsénico queda retenido de una manera bastante estable.



Roca caliza que retiene arsénico.

El arsénico está presente en más de 200 minerales, como la arsenopirita (FeAsS), la enargita (Cu_3AsS_4) y la tennantita ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$).

Contaminación de los suelos

La Argentina ha desarrollado la actividad agrícola-ganadera como la base principal de su economía. En la agricultura, las técnicas fueron mejorando y dieron lugar a cultivos regionales y estacionales, seleccionados según las características de los suelos, condiciones climáticas y necesidades de los cultivos.

El aumento demográfico, la industrialización y el avance científico-tecnológico llevaron a una mayor demanda y una mejor calidad de los productos. Para lograr estos requerimientos fue necesario el uso de **productos agroquímicos**, como los **plaguicidas*** que, utilizados en exceso, contaminan suelos y aguas. Estos productos actúan durante tiempos prolongados ya que se liberan lentamente en el suelo, y afectan la flora y fauna del lugar.

Los animales que se alimentan de la vegetación ingieren sustancias que son tóxicas y que se fijan en sus tejidos adiposos (grasas). A través de la **cadena trófica*** llegan a las personas, y les provocan perjuicios a su salud. En la provincia de Buenos Aires se detectaron por análisis químicos restos de ciertos plaguicidas en papas, aun en los casos en que los vegetales se habían cultivado en terrenos que durante los últimos años no habían recibido este tóxico.

Por ejemplo, la soja o soya (*Glycine max*), originaria de China, se comercializa en todo el mundo. Posee alto valor proteico y forma parte de muchos alimentos como jugo de soja, carne de soja, leche de soja, queso de soja (tofu), harina de soja, entre otros.

Actualmente, la Argentina es el tercer productor mundial de ese grano, el primer exportador mundial de aceite de soja y el segundo de harina de soja. Estos logros se alcanzaron gracias a la utilización de **soja transgénica***, desde 1996. Esta es resistente al glifosato (un herbicida que elimina las malezas). Así, se logra que crezca solo este tipo de soja, garantizando el éxito de la producción.

Un gran problema del glifosato es la técnica de aplicación: cuando se realiza por vía aérea, desde una avioneta, no solo se rocían los cultivos de soja, sino también los terrenos linderos, lo que perjudica a los individuos que habitan ahí.

Glosario

cadena trófica o cadena alimentaria: relación lineal y unidireccional entre los seres vivos de un ecosistema que se alimentan unos de otros. En ella se transfiere energía y materia a través de una serie de organismos, en la que cada uno se alimenta del precedente y constituye, a su vez, el alimento del siguiente.

plaguicidas: compuestos utilizados para eliminar plagas tales como insectos, hongos, malezas, roedores, etc., que dañan las cosechas o causan enfermedades.

soja transgénica: es una planta de soja genéticamente manipulada para que tolere el herbicida glifosato.



Las dos caras del DDT

En el año 1939, el investigador suizo Paul Müller (1899-1965) descubrió la acción insecticida del dicloro-difenil-tricloroetano, conocido como DDT. Este compuesto tuvo un éxito espectacular al emplearse para eliminar plagas, y combatir nubes de insectos portadores del paludismo, malaria y otras enfermedades.

Este gran auge condujo al uso indiscriminado del DDT, sin considerar los efectos secundarios que este podría tener en el ambiente.

A comienzos de la década de 1970, el libro *Primavera silenciosa* de Rachel Carson, atemorizó al mundo; su tema central era el impacto ambiental de los agroquímicos. Tal fue la conmoción y las repercusiones que tuvo, que en el año 1972 se prohibió el uso del DDT.

El DDT había erradicado la malaria de los Estados Unidos y Europa, y disminuido notablemente los casos en África y América Latina. Pero la prohibición del DDT llevó a un resurgimiento de los casos de malaria y a tomar valores muy superiores de los obtenidos antes de sus primeras aplicaciones. En mayo de 2001, 91 países y la Comunidad Europea firmaron un tratado en Estocolmo sobre 12 contaminantes, y se permitió el uso del DDT en el rociado interior de las casas para propósitos de salud pública.



La imagen superior muestra la aplicación de plaguicidas vía aérea, y la foto inferior, una aplicación localizada.

Glosario

metales pesados: grupo de elementos químicos de densidad relativamente alta, que puede ir desde 4 g/cm^3 hasta 7 g/cm^3 . Muchos de sus compuestos son tóxicos para los seres humanos. Algunos ejemplos de metales pesados tóxicos son el mercurio, el plomo, el cadmio y el talio.

Para profundizar más sobre los temas de biorremediación pueden ingresar a: <http://www.porquebiotecnologia.com.ar>. (Última visita: 11 de abril de 2011).

Lamentablemente, el uso de agroquímicos no es la única fuente contaminante de suelos. En la provincia de Buenos Aires existen más de 100 basurales a cielo abierto, que atentan contra la salud y el ambiente. Una posible solución es incrementar los procesos de reciclaje y, otra, la construcción de rellenos sanitarios, que son lugares destinados a la disposición final de desechos urbanos, que son compactados con maquinaria especial. Entre dos capas de residuos compactados se coloca una capa de tierra de unos 40 cm de espesor.

Sin embargo, si no se tratan debidamente o se coloca mayor cantidad de desperdicios de los que puede tolerar el relleno, se producen fisuras en la estructura edilicia del relleno sanitario, por donde se filtran los desechos, lo que produce la contaminación de los suelos linderos.

El incremento en el interés por la contaminación ha llevado al desarrollo de una rama de la biotecnología dedicada al estudio de la recuperación de suelos, aguas y aire contaminados, llamada **biorremediación**. Esta técnica consiste en introducir determinadas bacterias, plantas o mezclas de microorganismos, capaces de degradar compuestos contaminantes en los ambientes afectados. Se puede implementar mediante tres vías.

► **Degradación enzimática:** consiste en el empleo de enzimas (catalizadores biológicos) en el sitio contaminado con el fin de acelerar la degradación de las sustancias nocivas.

► **Remediación microbiana:** basada en el uso de microorganismos directamente en el foco de la contaminación. Algunos organismos son naturalmente capaces de transformar contaminantes en otros productos menos tóxicos. Existen bacterias y hongos que pueden degradar, con relativa facilidad, el petróleo y sus derivados.

► **Fitorremediación:** aunque se encuentra en desarrollo, es una estrategia interesante, debido a su bajo costo. La técnica se basa en la capacidad que tienen algunas especies vegetales de absorber, acumular o tolerar altas concentraciones de contaminantes. Por ejemplo, el *Pteris vittata* es un helecho que puede asimilar grandes cantidades de arsénico del suelo. Este se descubrió accidentalmente porque crece en Florida, EE.UU., contaminados con mucho arseniato de cobre.

La contaminación por metales pesados es una problemática frecuente en las ciudades. Los espacios verdes urbanos pueden ser naturales originarios, como los bosques de Palermo en la Ciudad de Buenos Aires, o generados a partir de rellenos sanitarios, como la Costanera Sur o el Parque Indoamericano, en donde se encontraron concentraciones elevadas de **metales pesados***, provenientes, por ejemplo, de las pilas en desuso.

Los desechos industriales requieren un tratamiento especial para su acopio o eliminación, y si no se cumple con las normas establecidas, se transforman en grandes fuentes de contaminación. Por ejemplo, en Dock Sud (en la zona portuaria de Buenos Aires) se desarrollan actividades relacionadas con refinamiento y almacenamiento de combustible, y se han detectado casos de plumbemia o saturnismo, que es el envenenamiento producido por plomo en el organismo.

Datos obtenidos de Atlas ambiental de Buenos Aires, en:

<http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar>



Minería a cielo abierto

El oro es un metal valorado tanto por sus propiedades como por su belleza. Este metal es resistente a la acción del ambiente y al ataque de la mayoría de los reactivos químicos. Junto con la plata y el platino, integra el grupo de los muy codiciados **metales nobles**.

Al oro se lo puede hallar asociado a ciertos minerales* –por ejemplo, cuarzo o piritas– en forma de pepitas. La plata suele estar asociada con minerales que contienen a otros metales, por ejemplo, oro y cobre.

Si los minerales que contienen a estos metales se encuentran bajo tierra, para extraerlos se usan métodos de explotación minera subterránea.

Si en cambio se encuentran cerca de la superficie o formando parte de materiales (como la arena) en los que no se pueden construir túneles, como se hace en la **minería subterránea**, se utiliza la llamada **minería a cielo abierto**.

Para la técnica a cielo abierto, se comienza por talar los árboles para dejar al descubierto el terreno en el que se realizará la explotación. Luego se "afloja" la **roca*** con maquinaria pesada o con explosivos. Así se remueven grandes cantidades de suelo y subsuelo.

Luego, estas grandes cantidades de roca removida se cargan en camiones para trasladarlas al lugar en el que se las procesará para extraer el **mineral**.

Las rocas que contienen el mineral son pulverizadas en molinos.

Ese material triturado se acumula en cúmulos que son de tamaño variable. Por ejemplo: un cúmulo pequeño está formado por unas 6 mil toneladas de mineral y uno de los más grandes, por unas 600 mil toneladas.

El siguiente paso es colocar el cúmulo sobre una plataforma o tanque. Allí se produce la lixiviación, que consiste en la extracción del oro (o la plata) del mineral usando alguna sustancia que disuelva el metal, pero no al resto del mineral. De ese modo se lo puede "separar". Las sustancias utilizadas para la lixiviación son el cianuro de potasio (KCN) o de sodio (NaCN).

Una vez en la plataforma, el mineral es rociado con una solución acuosa de cianuro, que puede contener entre 0,15 y 2,30 kg de cianuro por tonelada de agua.

Para evitar que el cianuro contamine los alrededores de la plataforma, se colocan una o varias fundas protectoras debajo de ella.

El anión cianuro se combina con los cationes de oro o de plata, presentes en el mineral que los contiene. Se forman iones complejos que quedan en solución.

Dentro del mismo tanque de lixiviación también hay columnas construidas con partículas de carbón en polvo. Estas adsorben los compuestos de oro y plata formados. Una vez terminado este paso, el oro y la plata son separados del carbón por un tratamiento con soda cáustica caliente. El carbón es lavado y tratado en un horno para recuperarlo y reutilizarlo.



Explosión en un terreno seleccionado para minería.

El señor de los anillos



El quilate es una unidad de masa usada en joyería. Corresponde a una parte en veinticuatro (1/24) del metal precioso en la masa total del material.

Por ejemplo, el oro 24 kilates solo contiene oro. El oro 18 kilates contiene, de un total de 24 partes, 18 de oro y el resto (6 partes) de otros metales (por ejemplo, plata).

El oro 24 no solo se usa para hacer anillos; aunque no es frecuente, también se lo utiliza con ciertos fines exóticos.



Auto de oro 24 kilates.

Glosario

mineral: material natural que compone las rocas. Generalmente son sustancias compuestas.

Tienen composición definida.

Por ejemplo, el granito es una roca porque contiene cantidades variables de minerales, como el feldespato, la mica y el cuarzo.

Estos tres últimos tienen, cada uno una composición fija.

roca: material sólido de la corteza terrestre, de composición variable, constituido por uno o varios minerales. Las rocas abarcan superficies extensas



Piletones para lixiviación.

La recuperación del oro con zinc es una reacción redox. ¿Pueden explicar por qué?

También puede usarse otro método, que consiste en la precipitación con zinc. Para esto, la solución que contiene los iones complejos es llevada a un embalse, donde queda almacenada. Desde allí se la bombea hacia una planta en la que se recuperan los metales.

Para extraer el oro de la solución, se le agrega el zinc en polvo; el oro se separa de la solución ("precipita" como oro metálico) y el zinc pasa a la solución (se transforma en catión).

Minería "a debate abierto"

La Secretaría de Minería de la Nación asegura: *"La legislación minera vigente recepta y complementa los principios contenidos en el Artículo 41 de la Constitución Nacional, implementando un régimen jurídico cuya premisa es preservar el derecho de todos los habitantes a gozar de un ambiente sano y equilibrado en el desarrollo de las actividades económicas y procesos que la contienen"*. Este párrafo es un fragmento extraído del texto correspondiente al de "Sistema ambiental minero preventivo"; cuya versión completa puede encontrarse en la página oficial de la Secretaría de Minería de la Nación: <http://www.mineria.gov.ar>.

Sin embargo, desde hace tiempo se han levantado numerosas voces que cuestionan, por ejemplo, los millones de litros de agua –en muchos casos, potable– empleados en esta industria. Por ejemplo, algunas mineras tienen permiso para extraer, aproximadamente, 1.000 litros de agua por segundo.

También se objeta el empleo de sustancias tóxicas, como los cianuros, por el riesgo que la utilización de estos compuestos implica para la salud de la población, en caso de que se produzcan derrames. Otro de los cuestionamientos es la forma en que se ven afectados los paisajes, su flora y su fauna, debido a las explosiones.

Actividades



1. En varias provincias de nuestro país existen asambleas de vecinos autoconvocados que se oponen a la minería a cielo abierto.

- Averigüen cuáles son esas provincias.
- Organicen grupos y asignen una provincia a cada grupo.
- Busquen información acerca de qué acciones se han puesto en marcha hasta ahora y cuáles son sus planes a mediano y largo plazo.
- Expongan el resultado del trabajo de cada grupo.



2. El cineasta y legislador argentino Fernando "Pino" Solanas realizó un documental sobre la explotación minera a cielo abierto. Vean la película *Tierra sublevada* y reúnanse en pequeños grupos.

- Elaboren una síntesis de la película. Indiquen el eje temático de cada capítulo.
- Registren los diversos grupos de personas que aparecen en la película. Armen un cuadro comparativo con los argumentos principales de cada uno de esos grupos que están a favor o en contra de la minería a cielo abierto.

LAS CENIZAS DEL VOLCÁN HUDSON

“Una lluvia gris con olor a azufre...”

A mediados de agosto de 1991, entró en erupción violenta el volcán Hudson, que se encuentra en territorio chileno. Este se mantuvo activo hasta fines de diciembre de ese mismo año.

El hongo de gases, gotitas y polvo llegó hasta los 12.000 metros de altura y lanzó por encima de la cordillera una nube contaminante que llegó hasta el Océano Atlántico, por acción del viento del oeste. También las nubes de cenizas llegaron a cubrir las altas cumbres de las montañas cercanas a Ushuaia (ubicadas a 1.800 km del volcán).

Durante la erupción, fueron arrojadas a la atmósfera 2.500 millones de toneladas de materiales calcinados que

se encontraban en su interior; también hubo lluvias torrenciales y tormentas eléctricas.

El panorama fue devastador; una capa de cenizas de espesores de entre 0,45 y 1,20 metros, constituidas por diferentes capas de material suelto y de cualquier tamaño arrojado por el volcán, lo cubría todo. Los ríos cercanos también transportaron gran volumen de cenizas (de densidades menores a 1 g/cm³, por lo que flotaban en el agua), que se redistribuyeron al llegar al lago Buenos Aires, que baña la costa del pueblo Los Antiguos, y se depositaron, particularmente sobre la ciudad, donde causaron desastres agropecuarios.



Volcán Hudson en actividad arrojando “chorros de cenizas”, **fumarolas*** y un intenso olor a azufre.



Los depósitos de cenizas emitidas podrían verse sobre el suelo y la vegetación.

Glosario

fumarola: emisión de vapor de agua y otros gases (por ejemplo, CO₂) que se produce en los volcanes, una vez terminada la fase de mayor actividad de la erupción.

El nombre de Los Antiguos tiene su origen en la lengua tehuelche *Keukenk* que significa “mis antepasados” o “los antiguos”. Se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Santa Cruz.

El lago Buenos Aires es un espejo de aguas azules de 2.240 km² compartidos entre la Argentina (880 km²) y Chile (en ese país toma el nombre de General Carrera).

EL VOLCÁN HUDSON

Ficha técnica

- ▶ Tiene 1.790 m de altura.
- ▶ Se encuentra a 15 km del Océano Pacífico, en Chile.
- ▶ Su base tiene una extensión de 5 km y su meseta, de 3 km.
- ▶ El diámetro del cráter principal es de 500 m.
- ▶ Está situado al oeste de la ciudad de Coyhaique, a unos 1.450 km al sur de Santiago de Chile.



Volcán Hudson inactivo, imponiéndose en el paisaje chileno.

Las cenizas modificaron la estructura del suelo. Originalmente allí se criaban ovejas (medio millón de estas murieron a causa de la contaminación del aire y la falta de agua potable), pero hoy en día se cultivan cerezas (20 variedades diferentes para la exportación, consideradas como las mejores del mundo) y tulipanes de diversos colores, que contrastan con los grises recuerdos de las cenizas, que todavía quedan entre los pobladores.



Vista actual de la ciudad recuperada de Los Antiguos, años después de la devastadora erupción del volcán Hudson.

¡Un dato!

El volcán Hudson no es visible desde la ciudad de Los Antiguos, ya que entre ellos hay una distancia de 100 km en línea recta sobre la cordillera chilena.

Los seres humanos afectados sufrieron irritaciones de la vista, y de las vías respiratorias y digestivas, entre otros síntomas. Luego de algunos meses, a los pobladores no les crecían las uñas y el cabello debido a la actividad abrasiva del material volcánico. Las cenizas, que durante días se mantuvieron en el aire, estaban compuestas por minerales del interior de la Tierra y formaban partículas muy pequeñas, pero duras.

Cerca de 20.000 toneladas de cenizas fueron limpiadas a pala y carretilla por los hombres de la ciudad. Las mujeres y los niños fueron evacuados.

Paradójicamente, las cenizas sirvieron para mejorar la permeabilidad del agua y la aireación. La naturaleza y el trabajo humano se potenciaron en la misma dirección, y convirtieron en un hecho positivo lo que en principio fue un desastre ambiental.

Actualmente, el cráter del volcán Hudson está cubierto de hielo, formando glaciares que dan origen a distintos ríos como el Ibáñez y el Murta. Sin embargo, en los últimos meses se han reportado **movimientos sísmicos*** que causaron preocupación. Estos fueron solo un aviso poco relevante, que no revistió gran importancia.



El enorme hongo trepó a los 12.000 metros de altura y desparramó sus cenizas sobre campos, pueblos y ciudades de la región.



Cráter principal del volcán Hudson, actualmente cubierto con hielo.

Glosario

movimiento sísmico: movimiento vibratorio, brusco y corto producido por la pérdida de estabilidad de masas de la corteza terrestre.

Tratamiento de la basura urbana

En la actualidad se generan tantos desechos urbanos, que se debe considerar en qué lugar acumularlos. Esto se convirtió en un verdadero problema. Una primera solución sería disminuir su cantidad, aunque hay otras posibles opciones.

Un caso de reciclado y tratamiento de la basura

En Cacharí, un pueblo ubicado a 70 km de Azul, en la provincia de Buenos Aires, se organizó y se instaló en el año 2002 la planta de separación de residuos URECA (Unión de Reciclado Ecológico de Cacharí).

La primera etapa de esta campaña consistió en educar a la población (unos 3.000 habitantes), visitando cada casa, para explicar el objetivo de la planta y enseñarles a separar los residuos en orgánicos (restos de comida, por ejemplo) e inorgánicos (latas, vidrios). También se instaló el tema en las escuelas.

Las actividades de concientización continúan, y se sumó la consigna de llevar pilas agotadas y diarios viejos a determinados comercios, por los que diariamente URECA pasa a retirarlos.

El objetivo de la planta es separar y reciclar la mayor cantidad de basura posible, vender parte de lo separado y lograr un ingreso de dinero para mejorar las instalaciones de la planta y del pueblo.

Los residuos inorgánicos que entran en la planta se colocan en una cinta y son separados manualmente en: cartón, plásticos, vidrios, chatarra, aluminio, otros metales y residuos no reciclables, que se almacenan en diferentes espacios llamados "boxes".

Debido a que Cacharí es un pueblo rural ganadero, se destina un box especial para los restos óseos. Los habitantes depositan los huesos recolectados de los campos en este box, y estos luego se venden, para ser utilizados en la elaboración de alimento para animales.

El vidrio de botellas sanas se clasifica por color; así se incrementa el precio de venta. Los vidrios rotos se agrupan sin importar el color. Los plásticos translúcidos, como los de botellas, son separados igualmente por color y prensados.

También se comercializan el papel y los metales, en particular y específicamente, el alambre.

El material no reciclable (pañales, algunos plásticos no reciclables como el nailon, etc.) se prensa y se lleva mensualmente a incinerar a la ciudad de Azul.

Una de las falencias que tiene URECA es el no aprovechamiento del residuo orgánico domiciliario, ya que el material de este tipo que ingresa a la planta es enterrado. Los vecinos también entierran los residuos en sus propias casas, por lo general en un pozo en su jardín, para mejorar el rendimiento de su tierra.

Ejemplos similares a URECA podemos encontrar en las localidades de Laprida, que fue pionera en este tema, también en Rauch, Tapalqué, Trenque Lauquen y Bragado, entre otras.



Folleto repartido a la población de Cacharí.



Fardos de plástico listos para vender.

Pueden encontrar más información sobre programas de tratamiento y reciclado de basura en las siguientes páginas web: <http://www.bragado.gov.ar/secciones/programas/girsu/ecobrag.html>
http://www.infoazuldiario.com.ar/ver_noticia?id=22305
<http://www.diarioeltiempo.com.ar/unidad-de-reciclado-en-cachari.html>
http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/basura_cero/

El reciclado de las pilas

Ya funciona la primera planta de reciclado de pilas de la Argentina

La Universidad Nacional de La Plata (UNLP) anunció la puesta en marcha del complejo, capaz de procesar 80 kg de pilas por mes, equivalente al consumo de una población de unos 8.000 habitantes. Este complejo se encuentra a pocos km del centro de La Plata, en Gonnet, en la Planta Piloto Multipropósito y Laboratorio de Servicios a la Industria y al Sistema Científico, un centro de investigación y desarrollo de diferentes proyectos perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP y a la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la provincia de Buenos Aires.

El proceso que se utiliza permite recuperar los metales presentes en las pilas agotadas, con lo que se logra un doble propósito: evitar la contaminación de suelos y aguas subterráneas por el depósito de pilas usadas en los basurales y, al mismo tiempo, recuperar los metales para su reutilización, con lo que se disminuyen la explotación minera y la contaminación en la producción de estos.

“Es importante que los municipios asuman el compromiso del

cuidado del ambiente; consideramos que los costos de instalación son bajos y el beneficio de proteger nuestra tierra es muy alto”, explicó el doctor en química Horacio Thomas, a cargo de la planta y director del laboratorio.

La problemática

Al término de su vida útil, las pilas son consideradas residuos peligrosos. Al ser desechadas junto con la basura doméstica, ocasionan graves daños a la salud y al ambiente debido a algunos de los materiales que contienen.

El reciclado

El primer paso del proceso que se aplica en la UNLP comprende la clasificación por tamaño de las pilas alcalinas agotadas: chicas (AAA), medianas (AA), grandes (C) y más grandes (D). La planta no procesa pilas reciclables.

Mediante un método artesanal, se corta la carcasa metálica que recubre las pilas. Una vez abiertas, se recuperan los diferentes componentes: cobertura de acero, algo de papel, el barro interno (debido a que tiene una gran cantidad de carbón), y metales que se reutilizan, como el zinc y el manganeso.



El destino final de los desechos producidos por las grandes ciudades sigue siendo un problema sin resolver.

Finalmente, luego de un tratamiento se logra separar los distintos componentes que pueden reutilizarse, y se obtienen finalmente dióxido de manganeso (MnO_2) y carbonato de zinc ($ZnCO_3$). El primero puede utilizarse para fabricar acero y el segundo es aplicado en las industrias alimenticia, farmacéutica, naval y hasta en la construcción.

Los metales recuperados pueden ser reinsertados en la industria para su uso. De esta manera se transforma un residuo tóxico en algo aprovechable de diversas maneras.

Adaptado de la noticia aparecida en *Infobae*, 10 de junio de 2015.

Para conocer más

Camilloni, I. y Vera C.; *El aire y el agua en nuestro planeta*. Colección Ciencia joven. N° 19. Eudeba, Buenos Aires, 2006.

Díaz, S. B.; *El “agujero de ozono” y la radiación solar*. Lumen, Buenos Aires, 1998.

Medeiros, L. y Gamero, S.; *Nada se tira... todo se recicla*. Lumen, Buenos Aires, 1997.

Ideas básicas

- Para poder cuidar el ambiente, en primer lugar, debemos conocerlo.
- La atmósfera, el agua y los suelos son de todos, y es responsabilidad de todos cuidarlos.
- Es necesario evitar la contaminación ambiental y hacer un buen uso de los recursos naturales.

Actividades de integración

1. Construcción de pluviómetros.

El pluviómetro consiste en un recipiente cilíndrico que recolecta el agua de lluvia, con un embudo en la parte superior. Se puede demostrar experimentalmente que para cualquier tamaño del recipiente, la altura de agua caída es siempre la misma.

Para esta actividad van a necesitar una regla y 3 o 4 recipientes de diferentes tamaños (si son de plástico, mejor, para evitar roturas). Pueden ser: una palangana, fuentes, envases de cocina de distintos tamaños, un vaso, botellas y bidones. Es importante que todos los recipientes tengan bocas de diferentes tamaños y sean transparentes, para que luego permitan medir la altura alcanzada por el agua.

Pongan los recipientes en un lugar al aire libre, lejos de cualquier obstáculo como árboles, paredes o cercos, y esperen un día de lluvia y tormenta.

Luego de la tormenta, midan con una regla la altura que alcanzó el agua en cada uno de ellos.

Anoten los resultados obtenidos.

Luego, presenten los datos en un informe en el que indiquen qué querían probar, los materiales usados, los pasos seguidos, las observaciones realizadas y algunas conclusiones.

2. Construcción de una casilla meteorológica escolar.

En una casilla meteorológica se realizan mediciones y observaciones de las variables meteorológicas.

Algunas se pueden medir con instrumentos caseros, otras son de observación simple. Las variables a determinar son las siguientes.

► **Temperatura:** se utiliza un termómetro; debe estar a la sombra y protegido del viento, pero en un lugar en el que el aire se pueda mover libremente. Les sugerimos construir en forma casera un abrigo meteorológico, que consiste en una casilla o caja con perforaciones laterales.

► **Viento:** la dirección del viento se determina con una veleta, que también pueden construir caseramente. La intensidad del viento la pueden registrar observando ciertos movimientos y comparándolos con la siguiente tabla:

Observación	Intensidad
No hay movimiento de árboles, ni de ropa colgada.	Calmo
Se siente suave en la cara, se agitan las hojas.	Brisa suave
Se despliega la bandera, se mueven papeles sueltos.	Brisa moderada
Las ramas se ladean y se agitan los cables de la calle.	Brisa fuerte
Los árboles enteros se ladean, es difícil caminar.	Ventarrón
Se caen árboles y se producen daños en edificios.	Tormenta

► **Lluvia:** se registra con un pluviómetro. Teniendo en cuenta el punto 1, pueden construir este instrumento utilizando cualquier recipiente transparente que tenga una base plana.

► **Nubosidad:** Para determinarla, pueden dividir el cielo en 8 partes y estimar la fracción cubierta por nubes. Su valor varía entre 0 y 8, correspondiendo 0 para cielo totalmente despejado, 8 para totalmente nublado, 4 seminublado y el resto ligeramente o parcialmente despejado o nublado.

Registren los valores de las variables obtenidos (pueden elegir medir dos, tres o cuatro veces al día, según el horario de la escuela), y luego vuelquen estos datos obtenidos en una tabla o registro, que constituirá el parte meteorológico local. Pueden colocarlo sobre la pared de su aula, o pueden pedir autorización para ponerlo en la cartelera general del colegio.

3. Una forma de conservar los nutrientes del suelo es utilizar la técnica de rotación, es decir, cambiar de cultivo entre cosecha y cosecha, para no agotar un grupo de nutrientes determinado y darle tiempo para que se recupere. Los exitosos resultados del herbicida glifosato, utilizado sobre los cultivos de soja, han logrado que los productores se vuelquen exclusivamente a esta leguminosa.

a. Busquen información sobre los nutrientes que requiere la soja para crecer.

b. Describan las consecuencias que provoca el monocultivo de soja sobre los suelos.

4. a. ¿Para qué se utiliza el cianuro de sodio o potasio en el proceso de extracción de oro o plata a "cielo abierto"?

b. Averigüen los efectos que tiene el hidroarsenismo sobre la salud humana. Luego, elaboren un texto que resuma la información que encontraron, sin olvidar mencionar las referencias completas de la/s fuente/s a la/s que recurrieron (libros, páginas web, etcétera).

5. A continuación se detalla una lista de películas con una breve reseña de cada una.



El arreglo

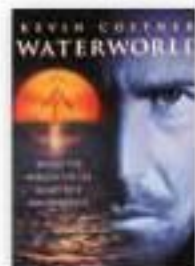
Dirección: Fernando Ayala

Guión: Roberto Cossa

Origen: Argentina, 1983

Con Federico Luppi, Julio De Grazia y Rodolfo Ranni

Una familia debe sobornar a un empleado de una compañía estatal para que les provea agua corriente. El padre, un hombre recto en su conducta y ético en cada una de sus decisiones, se opone, y sufre el desprecio y la discriminación de los suyos.



Waterworld

Dirección: Kevin Reynolds

Guión: Peter Rader y David Twohy

Origen: Estados Unidos, 1995

Con Kevin Costner, Jeanne Tripplehorn y Dennis Hopper

En el futuro los casquetes polares se han derretido y el agua lo cubre todo. Por tal motivo, el agua dulce es el bien más preciado, y los seres humanos sobreviven en plataformas flotantes, siempre buscando agua potable, algo de tierra, y hablando sobre la leyenda de que en algún lugar existe tierra firme.



Erin Brockovich

Dirección: Steven Soderbergh

Guión: Susan Grant

Origen: Estados Unidos, 1999

Con Julia Roberts

Una madre divorciada dos veces y con tres hijos tiene dificultades para encontrar un empleo. Cuando lo encuentra en un estudio de abogados, descubre por casualidad que se está tratando de encubrir un fraude de contaminación de agua, que está causando enfermedades mortales a las personas cercanas a la comunidad.



Marea negra

(*Dead ahead: Exxon Valdez disaster*)

Dirección y guión: Paul Seed

Origen: Estados Unidos, 1992

Con David Morse, Rip Torn y Lochlyn Munro

Si bien no es un documental, sino una

dramatización, la película aborda un tema real: el desastre producido por la contaminación ambiental causada en el mar de Alaska por el barco petrolero Exxon Valdez, el 24 de marzo de 1989. La nave derramó 37.000 toneladas de hidrocarburos, que se expandieron a lo largo de 2.000 kilómetros de costas.



Sed, invasión gota a gota

Dirección y guión: Mausi Martínez

Origen: Argentina, 2004

Documental argentino, con éxito de público y diversos premios y menciones, que significó

en su momento un aporte para que el Acuífero Guaraní tuviera mucha difusión en la prensa como "la mayor reserva de agua dulce del planeta".

La película se centra en la privatización de tierras y en la instalación de bases militares en el área del acuífero, y si bien tiene la virtud de exponer un tema sensible, parecería que necesitamos crear de antemano argumentos con más rigor expositivo.

a. Organicen diferentes grupos y cada uno elija una película para ver.

b. Armen una puesta en común de cada película.

c. Debatan sobre los temas propuestos.

Reacciones nucleares

9

Contenidos

- > Núcleo atómico
- > Radiactividad
- > Emisiones radiactivas
- > Fisión nuclear. Reactores
- > Fusión nuclear. Energía de las estrellas

Casi toda la energía que utilizamos es de origen nuclear, es decir que proviene de las reacciones nucleares que ocurren en el Sol. Incluso la energía geotérmica que se detecta en aguas termales, géiseres o volcanes, también proviene de reacciones nucleares que ocurren en el interior de la Tierra.

En la actualidad, las reacciones nucleares controladas no solo son utilizadas para la producción de electricidad en las centrales nucleares, sino que también intervienen en el uso de isótopos radiactivos en la medicina, la industria, el agro y la preservación de alimentos.

El estudio científico de las reacciones nucleares ha llevado muy buena parte del esfuerzo de los físicos en los últimos 100 años. La comprensión de estas reacciones y de la forma en que ocurren, ha permitido entender mejor cómo es la materia que nos rodea, no solo en nuestro entorno, sino en todo el universo.

EN ESTE CAPÍTULO...

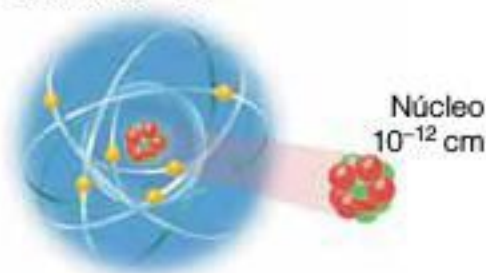
Se procurará comprender la estructura del núcleo atómico y la forma en que se producen las emisiones radiactivas. Además, se estudiarán las reacciones de fisión nuclear, la reacción controlada en cadena y su utilización en los reactores. Finalmente, se intentará aplicar el concepto de fusión nuclear a la evolución de una estrella.

Contenido digital adicional

<http://www.tintaf.com.ar/FQ2C9/>



Átomo 10^{-8} cm



Un átomo es diez mil veces más grande que su núcleo.

Premios Nobel

Por la Teoría de los Quarks, Murray Gell-Man recibió el Premio Nobel de Física en 1969.

El núcleo atómico

Componentes del núcleo

En 1911, a partir de la experiencia de Rutherford y sus colaboradores, se cristalizó un nuevo modelo para el átomo que permitía establecer su estructura interna. En este, las cargas positivas se encontraban en una zona central denominada núcleo, donde se reunía casi la totalidad de la masa del átomo, y los electrones, con carga negativa, estaban moviéndose en órbitas circulares como un pequeño sistema solar. Este modelo fue evolucionando gracias al aporte de muchos científicos. En la actualidad, se considera que los electrones están en zonas donde es altamente probable encontrarlos, llamadas **orbitales**.

En el año 1932, James Chadwick, estudiando el origen de una radiación muy penetrante que había sido descubierta dos años antes, determinó la existencia de una partícula nueva que fue incorporada al modelo atómico. Esta estaba ubicada específicamente en el núcleo, y tenía una masa similar a la de los protones, pero sin carga eléctrica, por lo que se la denominó neutrón.

Hoy se postula que en el **núcleo atómico** se concentra el 99,99% de la masa total del átomo, es muy pequeño, tiene carga positiva y está formado por protones y neutrones, en conjunto llamados **nucleones**. Estos, a su vez, están constituidos por partículas más pequeñas, llamadas **quarks**.

Quarks

A partir de la década de 1960 comenzaron a hallarse una gran cantidad de partículas elementales. Estos hallazgos llevaron a los científicos a desarrollar un nuevo modelo que simplificaba esta situación, reconociendo pocas partículas elementales y describiendo las fuerzas que ocurren entre ellas. Este modelo se denominó **modelo Standard**.

Seis de esas partículas elementales se denominan quarks y dos de ellas forman los nucleones, es decir, los protones y neutrones.

Si bien los nombres que se les asignaron a los quarks se han traducido, se suelen usar sus nombres en inglés, de donde derivan los símbolos que los representan.

Un protón está formado por tres quarks, dos up y uno down. Como se puede observar en la tabla, la carga de cada quark up es dos tercios de la carga de un electrón, pero positiva, mientras que la del quark down es un tercio de esa carga, pero negativa. La suma de las tres cargas lleva a que la carga del protón sea igual a la de un electrón, pero de signo opuesto, es decir, positiva.

Los neutrones también están formados por tres quarks, dos down y uno up, por lo que la suma de las tres cargas eléctricas da cero.

Por el momento, no se ha encontrado una estructura interna a los electrones, por lo que estos son considerados partículas elementales que se ubican dentro de una categoría llamada **leptones**.

Quarks		
Nombre	Símbolo	Carga (e)
Arriba (up)	u	$+\frac{2}{3}$
Abajo (down)	d	$-\frac{1}{3}$
Encantado (charm)	c	$+\frac{2}{3}$
Extraño (strange)	s	$-\frac{1}{3}$
Cima (top)	t	$+\frac{2}{3}$
Fondo (bottom)	b	$-\frac{1}{3}$

La tabla muestra los seis quarks y sus cargas eléctricas expresadas como una fracción de la carga eléctrica de un electrón.

Interacciones en la naturaleza

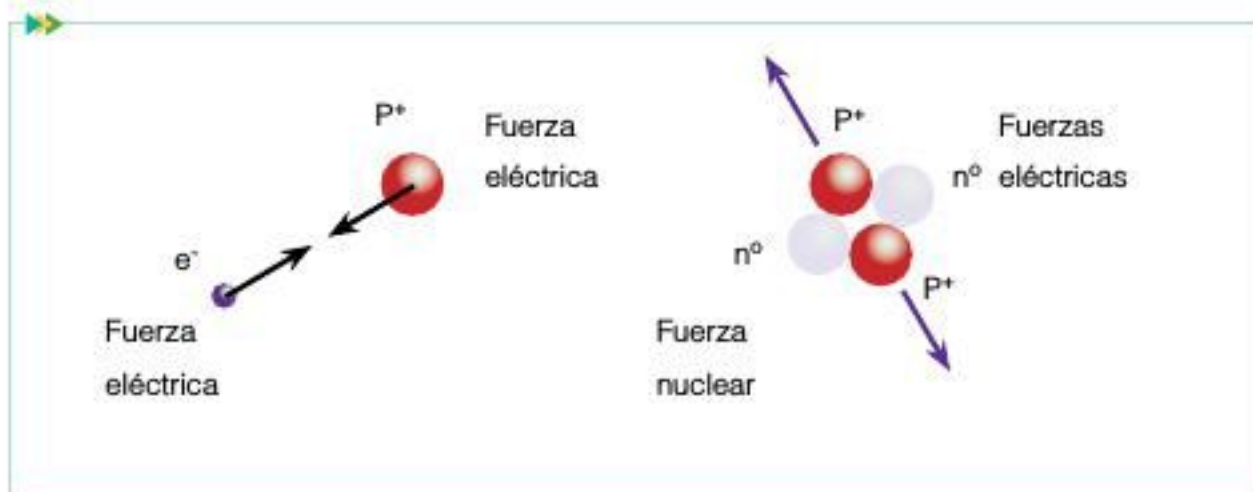
Si se tira una pelota contra el piso, esta rebota y retorna a nuestra mano. Se puede decir que existe una interacción entre la pelota y la mano, pero también entre la pelota y el piso. Lo mismo ocurre cuando se acerca un imán a unos ganchitos de acero para sujetar papeles.

La interacción es una acción mutua y simultánea, y puede darse cuando los objetos están en contacto, como en el caso de la mano y la pelota, o bien, a una cierta distancia, como con el imán y los ganchitos. Puede ser detectada por los cambios en los movimientos de los objetos a los que afecta (la pelota se mueve hacia abajo o hacia arriba), por las deformaciones que produce (la pelota al rebotar se deforma levemente por la acción del piso) o porque evita que algo suceda (los ganchitos permanecen quietos colgados del imán).

Según las características de los cuerpos que interactúan, las interacciones pueden ser clasificadas en: interacciones **gravitatorias** (Tierra y pelota) o **electromagnéticas** (imán y ganchitos). También existen otras que se producen a distancias muy pequeñas, como las **nucleares fuertes y débiles**, que son responsables de la estabilidad de los núcleos atómicos.

Si se analiza la estructura del átomo de constitución más sencilla, el de hidrógeno ${}^1_1\text{H}$, se observa que la única partícula del núcleo es un protón y en la zona extranuclear hay un solo electrón. Entre ambas partículas se presenta una interacción eléctrica de atracción por ser cargas de distintos signos cuyo valor se puede calcular a partir de la **Ley de Coulomb***. Si bien se podría considerar también una interacción gravitatoria (**Ley de Newton***), se descarta la posibilidad de hacerlo, ya que esta es despreciable frente a la fuerza eléctrica. Si se considera un isótopo del hidrógeno, el deuterio ${}^2_1\text{H}$, en el núcleo hay un protón y un neutrón. Ambos permanecen unidos por la acción de la fuerza nuclear fuerte, lo que hace estable al núcleo.

Si se complejiza la estructura del átomo, por ejemplo considerando el caso del helio ${}^4_2\text{He}$, se observa que en el núcleo hay cuatro partículas (dos neutrones y dos protones) y dos electrones en la zona extranuclear. De esta manera se compensa la carga eléctrica. En este caso, el núcleo es estable, ya que la interacción entre protones (cargas eléctricas del mismo tipo), que es de repulsión, está compensada con la interacción entre partículas nucleares, que es de atracción. Si no se conociera la existencia de estas últimas, no se podría explicar la estabilidad de ningún núcleo atómico.



El equilibrio entre las fuerzas hace que los átomos y los núcleos sean estables.

Glosario

ley de Coulomb: la intensidad de la fuerza eléctrica es directamente proporcional al producto del valor de las cargas eléctricas de los cuerpos, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

ley de Newton: la intensidad de la fuerza gravitatoria es directamente proporcional al producto del valor de las masas de los cuerpos, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

	Núcleo de helio
Fuerza eléctrica $p^+ y p^+$	$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
Fuerza gravitatoria $p^+ y p^+ o p^+ y n^0$	$1,7 \cdot 10^{-40} \text{ N}$

La fuerza nuclear fuerte compensa la interacción eléctrica entre los protones del núcleo del helio.

Relación entre la masa y la energía

En el año 1905 un joven físico de tan solo 26 años publicó en la revista alemana *Annalen der Physik* cuatro artículos muy importantes; de hecho uno de ellos terminó valiéndole el Premio Nobel en 1921, mientras que otros dos representan la base teórica en la cual se ha construido buena parte de la Física actual. Albert Einstein propuso en uno de sus artículos la famosa teoría que se denominó Teoría de la relatividad, y en otro artículo sobre el mismo tema, introdujo la relación entre la masa y la energía. En sus propias palabras "... por lo que llegamos a la conclusión general de que la masa de un cuerpo es la medida de su contenido energético" y agrega "... la energía se comporta como materia".

Según esta teoría, ampliamente verificada, la masa y la energía son dos formas de lo mismo, e incluso es posible transformar masa en energía. Esta relación que permite establecer que la energía se puede manifestar en forma de masa es una de las más célebres ecuaciones de la Física y fue establecida por Einstein, que quedó formalizada de la siguiente manera:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

donde ΔE y Δm representan la variación de energía y masa, y c es la velocidad de la luz en el vacío, cuyo valor es 300.000 km/s, lo que equivale a unos $3 \cdot 10^8$ m/s aproximadamente.

Existen situaciones en las que en un proceso determinado aumenta la masa debido a una disminución equivalente de la energía.

Si al núcleo de un isótopo de hidrógeno, ${}^2_1\text{H}$ (el deuterio), se lo bombardea con una partícula de energía 4.8×10^{-13} J, se obtienen el protón y el neutrón por separado. La partícula incidente le entregó toda su energía al núcleo de deuterio para romperlo.

Al evaluar la suma de las masas del protón y el neutrón, se observa que es mayor que la masa original del núcleo de deuterio. El aumento de masa corresponde a la energía que entregó la partícula incidente.

De acuerdo con el SIMELA, las energías se miden en joules (J), pero existen muchas otras unidades muy conocidas, por ejemplo, la caloría (cal). A niveles atómicos o nucleares, debido a que las energías que se manifiestan son extremadamente pequeñas, suele utilizarse el electrón-volt (eV) o el mega electrón-volt (MeV), que son equivalentes a $1.6 \cdot 10^{-19}$ J y $1.6 \cdot 10^{-13}$ J respectivamente.

Masa del deuterón = $3,3442 \cdot 10^{-27}$ kg

Masa del p^+ = Masa de n^0 = $1,6748 \cdot 10^{-27}$ kg
Sumados separadamente dan $3,3496 \cdot 10^{-27}$ kg

La diferencia entre la masa del deuterón y las del protón y neutrón es de $5,4 \cdot 10^{-30}$ kg y corresponde a una energía de $4,8 \cdot 10^{-13}$ J, equivalentes a 3 Mev.

Aplicando la expresión de equivalencia entre masa y energía al caso de la ruptura del núcleo de deuterio, se obtiene:

$$\Delta E = 5,4 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 4,8 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

El aumento de masa en $5,4 \cdot 10^{-30}$ kg proviene de la energía que tenía la partícula incidente y que fue entregada al núcleo de deuterio para romperlo.

Interacción fuerte

Los átomos están constituidos por un núcleo con protones y neutrones, y electrones en orbitales externos. Los protones y neutrones están formados por quarks, mientras que los electrones son partículas elementales. La interacción entre los electrones, negativos, y el núcleo, positivo, es electromagnética. El problema planteado era explicar por qué los protones, teniendo carga positiva y estando muy juntos en el núcleo y repeliéndose, se mantenían en equilibrio.

Para resolver este dilema, los físicos pensaron en los neutrones como el "pegamento" de los protones, que evitaba su dispersión. Postularon que esto se produciría a través de una interacción entre ellos, que llamaron interacción nuclear fuerte, que actuaría entre partículas vecinas y sería de atracción.

En 1934, el físico japonés Hidekei Yukawa (1907-1981) ideó una teoría con la que se podía explicar la aparición de esta fuerza, a partir del intercambio de una partícula virtual (mesón) entre dos nucleones, que da como resultado una fuerza de atracción o repulsión entre ellas. Una analogía para entenderlo es imaginar un sistema formado por dos chicos que pueden arrojarle simultáneamente una pelota idéntica, en cuyo caso se generarían fuerzas de repulsión entre ellos, o bien, que al mismo tiempo intentaran quitarle de las manos la pelota a su compañero, lo que generaría una fuerza de atracción.

Yukawa proponía que los mesones podían ser neutros o tener carga eléctrica. La fuerza entre partículas iguales se debía al intercambio de un mesón neutro, y la correspondiente a partículas diferentes sería el resultado del intercambio entre mesones cargados positiva o negativamente. Los sucesivos intercambios de mesones de cualquier tipo entre los componentes vecinos del núcleo, generarían fuerzas de atracción o repulsión que lo harían estable; este sería un modelo dinámico para el núcleo.

Con el tiempo se descubrió que la teoría de Yukawa tenía que ser modificada: los responsables de la fuerza de cohesión del núcleo no eran los mesones, sino el pión (π), un mesón liviano. Este fue descubierto en 1947, mucho tiempo después de su determinación teórica, ya que la energía necesaria para su obtención es muy grande y no existían aceleradores de partículas que pudieran alcanzarla.

Aceleradores de partículas

A lo largo del último siglo, los físicos han logrado describir las partículas fundamentales que constituyen el universo y sus interacciones. Las experiencias básicas que permiten descubrir o verificar la existencia de las distintas partículas subatómicas se basan en bombardear núcleos atómicos.

El método consiste en fabricar proyectiles, por ejemplo protones o neutrones, acelerarlos hasta altas velocidades y así lanzarlos contra algún núcleo que será el blanco. El gran impacto logra romper el núcleo, y así se puede conocer la estructura última de la materia. Este método se lleva a cabo con aceleradores de partículas, que logran que los proyectiles adquieran grandes velocidades, y así su energía cinética sea tan alta como para romper los núcleos. Se han desarrollado aceleradores lineales que aceleran las partículas a partir de altas tensiones, y aceleradores circulares que lo hacen a partir de campos magnéticos.



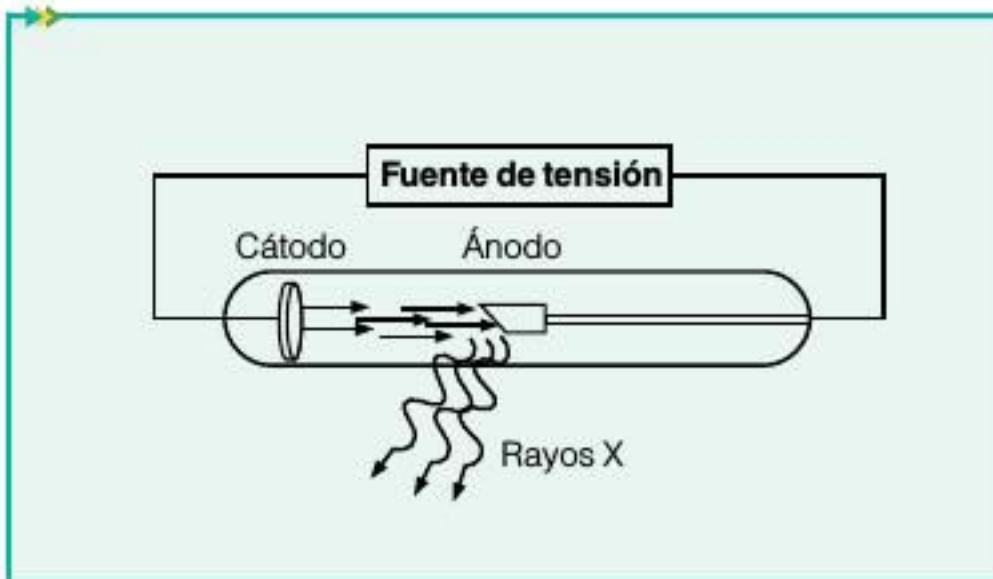
Acelerador argentino Tandem, ubicado en el Centro Atómico Constituyentes, en la provincia de Buenos Aires.



El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) está en la frontera entre Francia y Suiza, y es el mayor del mundo.

Rayos X

En 1896, un artículo publicado en un diario austríaco afirmaba que un profesor alemán había logrado fotografiar los huesos de la mano de una persona viva: esto constituía una revolución en el campo de la Medicina. Este físico, Wilhelm Röntgen (1845-1923), estudiando la emisión producida en los tubos de rayos catódicos, se había sorprendido por un resplandor amarillo verdoso que se producía cuando estos rayos interactuaban con cierto metal. Como se desconocía la procedencia de estos, se los denominó rayos X.



Tubo de rayos X.

Inmediatamente, Röntgen se puso a estudiar las características de estos rayos X. Hacia fines de 1895, Röntgen envió un folleto a los más destacados físicos de Europa adjuntando varias fotos de los huesos de su mano, con el objetivo de captar su atención y despertar su curiosidad. Así es como llegó la información a Austria y el científico fue reconocido por su descubrimiento.

Dentro de las características de los rayos X se determinó que:

- ▶ atraviesan algunas sustancias como el papel, la madera o la musculatura, y son absorbidos por otras como el plomo, los huesos y el acero;
 - ▶ impresionan placas fotográficas;
 - ▶ producen fluorescencia en varias sustancias sobre las que impactan;
 - ▶ no son desviados por campos eléctricos y magnéticos, lo que revela que no presentan carga eléctrica;
 - ▶ ionizan la sustancia que atraviesan arrancando electrones de los átomos.
- Por eso su utilización en forma indiscriminada puede producir daños en tejidos y células vivas.

A partir de los aportes de diversas experiencias con rayos X que dieron resultados contundentes acerca de su naturaleza ondulatoria, se determinó que estos debían ser considerados de la misma manera que la luz visible ya que eran ondas electromagnéticas de corta longitud de onda y alta frecuencia.

Los rayos X se producen cuando el cátodo caliente del tubo emite una gran cantidad de electrones que son acelerados hacia el ánodo, en donde se encuentra el blanco. Al chocar con él, los electrones se desaceleran rápidamente y emiten radiación electromagnética. Posteriormente se determinó que existen fuentes naturales de rayos X provenientes de saltos electrónicos en los átomos, y que incluso llegan rayos X a la Tierra desde el espacio exterior.

La exposición poco segura a rayos X produce afecciones cuya severidad depende de la dosis recibida. Para valores elevados se pueden producir quemaduras de la piel, caída del cabello, defectos de nacimiento y cáncer, entre otras. Su utilización es muy diversa y la médica es la más difundida, pero son usados para explorar la estructura de la materia cristalina (cristalografía), detectar defectos de construcción de grandes maquinarias o controlar preventivamente el contenido del equipaje en aeropuertos.



Los rayos X atraviesan los tejidos más blandos e impactan en la placa fotográfica, mientras que los huesos los absorben parcialmente.

Radiactividad natural

Uno de los folletos enviados por Röntgen llegó a Francia y cumplió con uno de sus cometidos: incentivar a otros en la investigación para que el conocimiento de los fenómenos naturales creciera con aportes de todos los científicos e investigadores. Por eso, Oudin y Barthèlemy fotografiaron los huesos de sus manos y las presentaron en la Academia de Ciencias, en enero de 1896. En esa reunión estaba el físico francés Antoine Henri Becquerel (1852-1908), que se sintió atraído por la naturaleza de la fluorescencia de los rayos catódicos y decidió estudiar otras, pero procedentes de un mineral de uranio.

Becquerel había observado que tal resplandor aparecía en el mineral cuando era iluminado con luz solar y que impresionaba placas fotográficas. Durante su investigación, se presentaron días lluviosos y la postergó para cuando el clima mejorara, y dejó tanto el mineral como la placa dentro de un cajón. Al retomar la tarea, reveló la placa. A pesar de no haber sido usada, sorprendentemente encontró una marca más intensa de la que había obtenido en días anteriores, lo que indicaba que los minerales emitían a pesar de no haberlos expuesto al sol.

Luego de muchos meses de trabajo, concluyó que los rayos que procedían de este mineral iban a estar presentes:

- ▶ siempre que fuera uranio en cualquiera de los estados analizados (sólido y en solución);
- ▶ en presencia o ausencia de luz solar;
- ▶ siendo o no fluorescente.

A este descubrimiento se lo denominó **radiactividad**.

En la actualidad se sabe que la radiactividad es un proceso por el cual un núcleo inestable, es decir aquel en el cual las fuerzas nucleares y las eléctricas no están compensadas, emite partículas u ondas electromagnéticas para lograr la estabilidad. Puede ocurrir que con una sola emisión no se la alcance y, en ese caso, se producen varias sucesivas. De esta manera, el núcleo consigue reducir la cantidad de nucleones o la energía excedente. A los núcleos de los elementos inestables se los llama radiactivos.

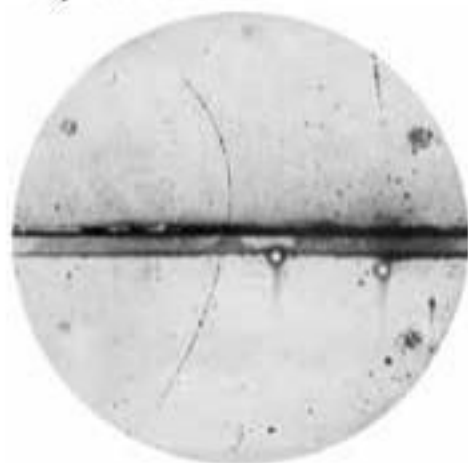
Estos descubrimientos dieron origen a otros estudios: los esposos Curie. Marie Skłodowska, polaca (1867-1934) y Pierre Curie, francés (1859-1906), aislaron sustancias activas presentes en un mineral llamado pechblenda, que producía efectos semejantes a los del uranio. Una de ellas fue nombrada polonio y la otra, radio.

Para 1898, ya se conocían cuatro elementos radiactivos: uranio, torio, polonio y radio.



Antoine-Henri Becquerel.

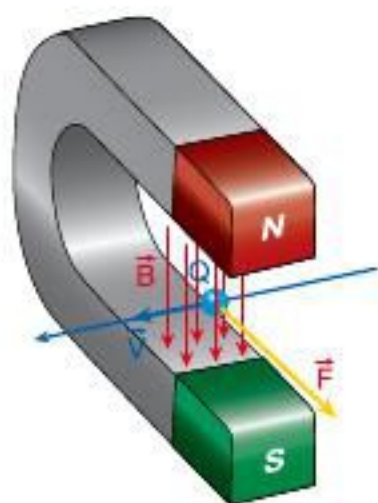
- ▶ En 1903, por sus aportes en radiactividad, el Premio Nobel de Física fue adjudicado a Becquerel y al matrimonio Curie.
- ▶ Por desarrollar un método de separación y aislamiento del radio, en 1911 Marie Curie volvió a ser premiada con el Premio Nobel, pero esta vez con el de Química.



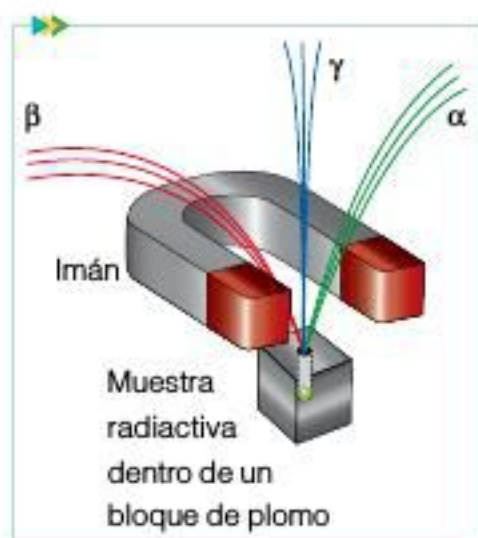
En una cámara de niebla es posible ver las trazas de las partículas emitidas por una sustancia radiactiva.



En la actualidad se puede detectar y medir la emisión radiactiva con contadores Geiger.



B representa al campo magnético en el punto por el que pasa la carga Q positiva con velocidad V. Sobre ella actúa una fuerza como la indicada. Si la carga fuera negativa, la fuerza sería opuesta.



Radiaciones α , β y γ

Actividades

1. Confeccionen una línea de tiempo y ubiquen en ella cada uno de los descubrimientos mencionados.
2. Investiguen las causas de la muerte de Marie Curie y establezcan una relación con las investigaciones que realizó esta científica.

Emisiones radiactivas

El espacio cercano a un imán es un campo magnético porque en él se producen precisamente fenómenos magnéticos. Por ejemplo, si se coloca una brújula cerca de un imán, esta se orientará en una dirección que es la que se denomina dirección del campo magnético en ese punto.

Otra propiedad de los campos magnéticos es su acción sobre cuerpos cargados eléctricamente en movimiento. Sobre estos cuerpos actúa una fuerza que los desvía en un sentido si están cargados positivamente, y en el sentido contrario si su carga es negativa.

En 1898, el fisicoquímico neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937) pudo separar la radiación emitida por una muestra activa aplicando un campo magnético. Observó que había dos desviaciones: una correspondiente a un haz positivo, a la que llamó **radiación alfa** y otra negativa, a la que denominó **radiación beta**. Posteriormente, en 1900, el físico francés Paul Ulrich Villard (1860-1934) encontró un tercer tipo de radiación que no sufría ninguna desviación y que fue llamada **radiación gamma**.

El siguiente cuadro resume algunas de las características más importantes de las distintas radiaciones mencionadas.

	Radiación α	Radiación β	Radiación γ
Naturaleza	Partículas positivas, núcleos de helio.	Partículas negativas, electrones.	Ondas electromagnéticas de muy alta energía. No son partículas y se las llama fotones.
Nivel de penetración	Bajo, es absorbida por el papel o la piel.	Medio, es absorbida por una placa de metal de unos pocos milímetros de espesor.	Elevado, es absorbida por placas de plomo de espesor considerable.
Detección	A través de películas fotográficas, cámaras de niebla, cámara de burbujas.	A través de películas fotográficas, cámara de burbujas.	A través de películas fotográficas, centelladores.
Poder de ionización	Fuerte en el material a través del cual se mueven; arrancan electrones de este a su paso debido al elevado valor de carga eléctrica.	Débil en el material a través del cual se mueven, y pueden dejar excitados tanto átomos como moléculas.	Pobre en el material en el cual se desplazan.

Decaimientos radiactivos

Si bien a principios del siglo XX ya se habían analizado y determinado las emisiones del uranio, aún no se había podido explicar por qué se producían.

Sabemos que los protones en el núcleo se repelen entre sí electrostáticamente. Para núcleos con $Z > 10$, la interacción es enorme y se necesitan grandes cantidades de neutrones para equilibrarla y darle estabilidad al núcleo. Por ejemplo, el $^{119}_{50}\text{Sn}$ tiene 50 protones y 69 neutrones. Como las fuerzas nucleares tienen un margen limitado, ya que la interacción fuerte se presenta solo entre los nucleones más próximos y la interacción eléctrica es apreciable en todo el núcleo, entonces para determinadas configuraciones nucleares, existe un límite en la capacidad que tienen los neutrones para evitar su desintegración. El núcleo más pesado y estable es el del isótopo del bismuto, $^{209}_{83}\text{Bi}$. Aun en núcleos más livianos que este límite, la cantidad de neutrones puede ser superior a la de protones, pero nunca menor. Por ejemplo: $^{11}_5\text{Be}$ es estable, pero $^{11}_6\text{C}$ no lo es.

Un átomo puede realizar una emisión para poder alcanzar la estabilidad. Existe una forma de predecir el tipo de emisión por parte de núcleos radiactivos. Si se trata de núcleos con $Z > 83$ y $A > 209$, pueden realizar una o varias emisiones alfa; si la relación entre la cantidad de neutrones y protones es demasiado pequeña o demasiado grande, la emisión beta es la mejor para conseguir una configuración más apropiada; la desintegración gamma solo se da en el caso de que el núcleo atómico haya quedado excitado luego de alguna de las anteriores.

Cuando una muestra da lugar espontáneamente a alguna de las emisiones antes mencionadas, se producen cambios en la configuración del núcleo. A este proceso se lo conoce como **transmutación**. Se dice entonces que la muestra ha sufrido un **decaimiento radiactivo**. Existen tres tipos de decaimiento en relación con los tres tipos posibles de emisiones.

Leyes de conservación

Cuando se producen cambios en la configuración de un núcleo atómico por emisión radiactiva, se cumplen muchas de las leyes de conservación de las magnitudes físicas. Por ejemplo, la conservación de la carga eléctrica: antes y después de producirse una emisión, la carga eléctrica del núcleo será la misma que tenga el nuevo núcleo más la partícula emitida.

La conservación de la energía en estos procesos se extiende a la conservación de la masa-energía. Es decir, que vale la expresión $E = \Delta m \cdot c^2$.

Estas leyes llevan también a una conservación en la cantidad de nucleones: la suma de la cantidad de protones y neutrones después de la emisión es igual al número atómico del núcleo inicial. Por ejemplo, el polonio $^{210}_{84}\text{Po}$ emite una partícula alfa, que tiene dos protones y dos neutrones, y se transforma en el isótopo del hierro $^{206}_{82}\text{Fe}$. La cantidad de nucleones en el polonio es de 210 y sumando los 206 nucleones del hierro más los 4 de la partícula alfa da el mismo valor. La diferencia entre las masas del núcleo de polonio y de la suma de los núcleos de hierro y de la partícula alfa permite calcular la energía cinética de la partícula alfa, utilizando la expresión:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

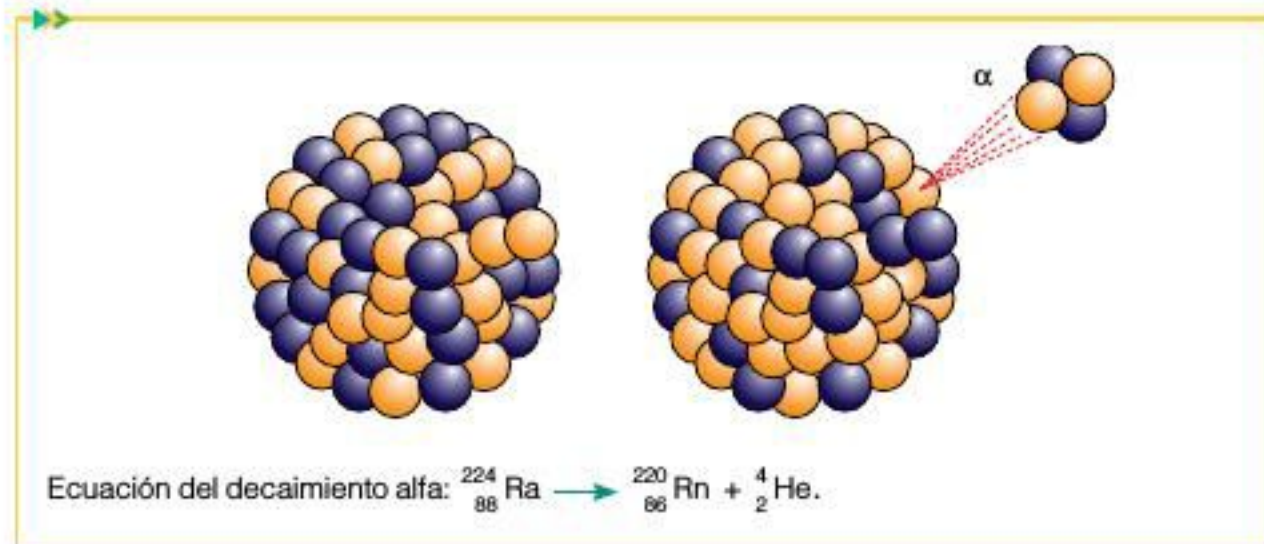
Nosotros también somos radiactivos

Dentro de los elementos químicos que se encuentran normalmente en el cuerpo humano hay isótopos radiactivos. Entre otros ejemplos, el famoso carbono 14, el potasio 40 e incluso el uranio 238 hacen que nuestro cuerpo sea radiactivo.

Decaimiento alfa (α)

Si un átomo de una muestra radiactiva emite una partícula α , por ejemplo un núcleo de helio ${}^4_2\text{He}$, afecta al número atómico (Z) en dos unidades, porque pierde dos protones y modifica el número másico (A) en cuatro, ya que emite cuatro nucleones.

Como varía el número atómico, pasa a ser un elemento químico diferente.



En forma general, la ecuación que representa este decaimiento es:

$(p^+ + n^0)$ del elemento inicial $\longrightarrow (p^+ + n^0)$ del elemento final + $(2p^+ + 2n^0)$ de la partícula α

o la siguiente, donde se ve la conservación de la cantidad de nucleones:

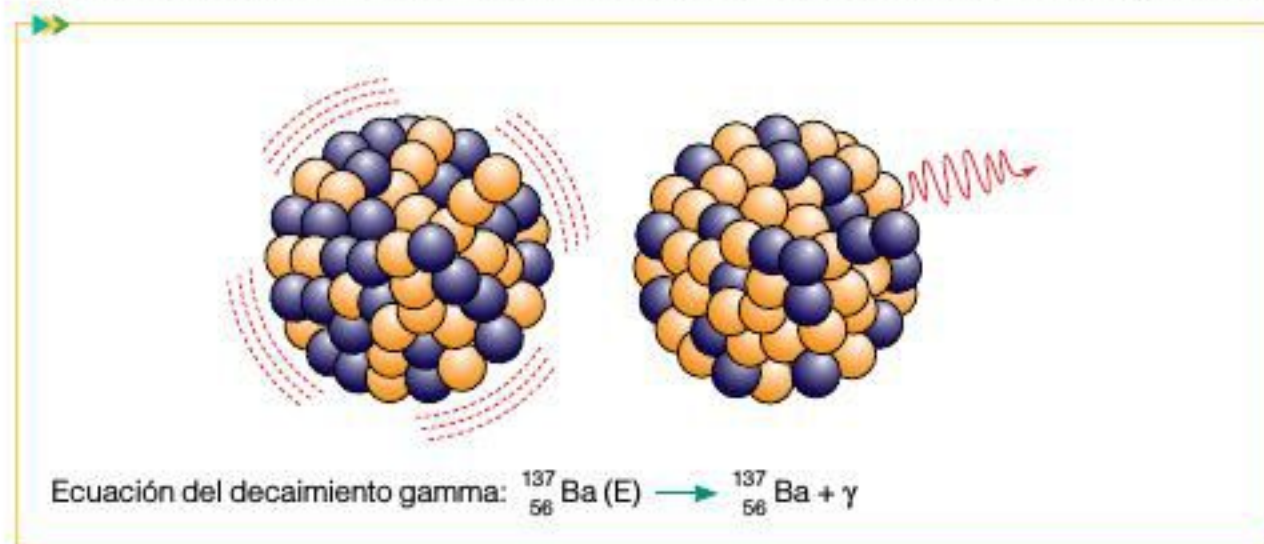


Decaimiento gamma (γ)

Para que se produzca un decaimiento gamma, el elemento debe estar excitado, es decir, debe tener un exceso de energía. La emisión gamma se lleva parte de esa energía excedente que hace inestable al núcleo, emitiendo fotones de alta energía. Los fotones, prácticamente sin masa y sin carga eléctrica, se mueven a la velocidad de la luz, transportando energía. En este proceso no se ven afectados los números atómico ni másico, porque no se emiten partículas fundamentales del núcleo. La ecuación que representa este decaimiento es:



En general, este decaimiento se ve luego de emisiones alfa o beta negativas.



Decaimiento beta negativo (β^-)

La emisión β es un haz de electrones procedente del núcleo del átomo y no de sus orbitales. Resulta difícil comprender cómo se produce, ya que en el núcleo no hay electrones. Para poder explicarlo fue necesario elaborar un argumento teórico que permitiera entender este proceso: un neutrón del núcleo del átomo se transforma en un protón y un electrón; rápidamente, este último es emitido. La ecuación que caracteriza el proceso es:



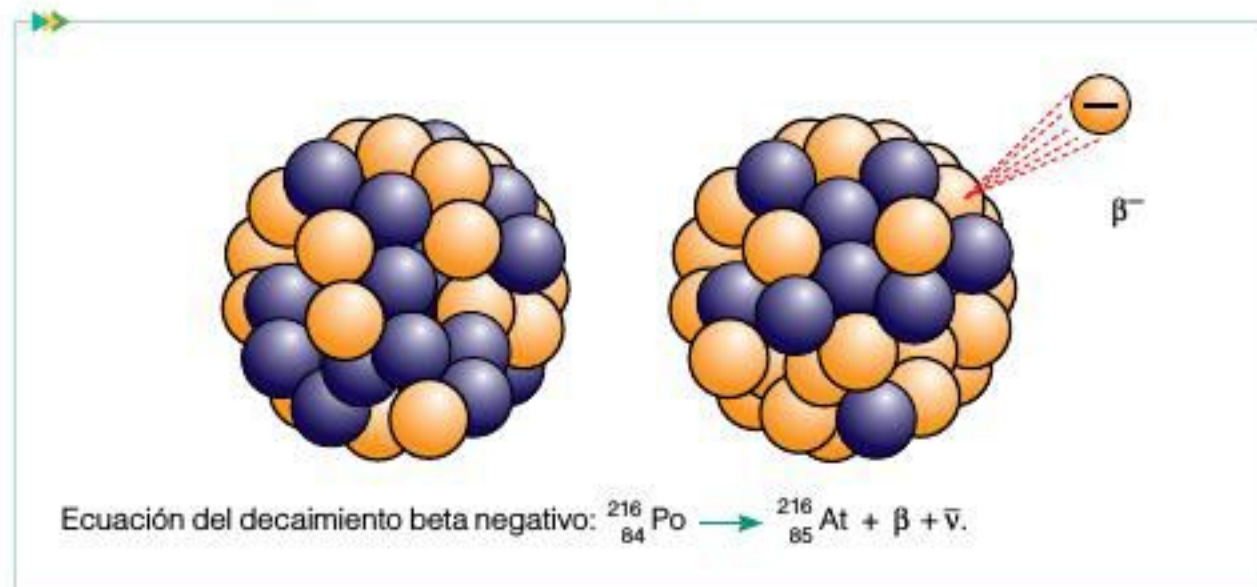
En este caso se conserva la carga eléctrica. La diferencia de masas entre el neutrón, protón y electrón libre se transforma en energía cinética. No es el caso del momento angular, dado que cada una de las partículas involucradas tiene un spin de $\frac{1}{2}$. Asimismo, se registran experimentalmente diferencias en la energía, antes y después del proceso, así como en la dirección en que se mueven el núcleo y el electrón emitido.

Para resolver esta situación observada experimentalmente, en 1930 el físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958) postuló la existencia de una partícula de masa nula, sin carga eléctrica y spin $\frac{1}{2}$, a la que llamó neutrino (ν).

Como el neutrino presenta mínima interacción con la materia, recién en 1956, C. Cowman y F. Reines pudieron detectarlo y, de esa manera, confirmaron su existencia real. La ecuación que se considera entonces, es:



En la desintegración β^- , se emite junto con el electrón un antineutrino ($\bar{\nu}$). El átomo queda con un neutrón menos y un protón más, lo que afecta solo al número atómico en una unidad, debido a que el número másico crecería en 1 por el aumento del protón, pero decrecería en 1 por la disminución en la cantidad de neutrones. Como varía el número atómico, este decaimiento produce un nuevo elemento. En forma general, la ecuación es:



La mayor parte de las veces, un núcleo radiactivo se estabiliza luego de varias desintegraciones beta sucesivas.

Existe un decaimiento beta positivo (β^+). En este, un protón se transforma en un neutrón y una partícula idéntica al electrón, llamada **positrón**, pero con carga eléctrica positiva, que se emite junto con un neutrino:

$$p^+ \longrightarrow n^0 + e^+ + \bar{\nu}$$



Símbolo internacional para indicar la presencia de sustancias radiactivas.

Vida media

Cuando se tiene una muestra de material radiactivo, no se puede saber cuál será el núcleo que se desintegrará, pues este proceso se da al azar. Pero, sí es posible determinar la actividad de la muestra, es decir, la cantidad de desintegraciones que se producirán en un cierto tiempo. Esto se registra con instrumentos especiales como un centellador, y los valores obtenidos son característicos para cada isótopo. La unidad de medida en el SIMELA es el becquerel (Bq), que corresponde a una desintegración nuclear por segundo.

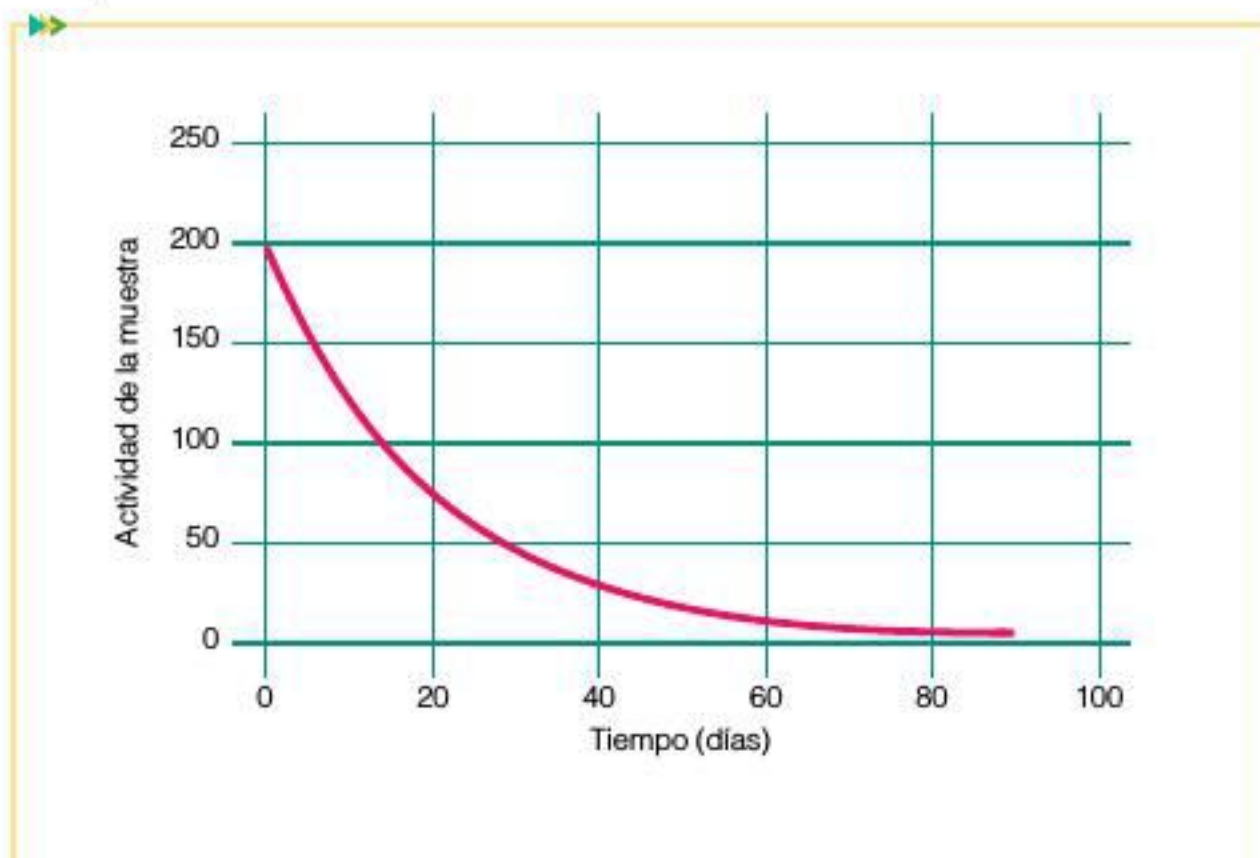
Si la actividad disminuye rápidamente, significa que los núcleos se desintegran a gran velocidad. Por lo tanto, la actividad es una medida de la rapidez de desintegración.

Inicialmente, en una muestra existe una gran cantidad de átomos radiactivos y, por consiguiente, una actividad importante. A medida que transcurre el tiempo, esta va disminuyendo porque también lo hace la cantidad de átomos radiactivos presentes en la muestra. Pero a pesar de hacerse menos activa, se observa una característica notable: siempre necesita el mismo tiempo para reducir la cantidad de nucleones radiactivos a la mitad.

Por ejemplo, si se parte de una muestra con 200 núcleos radiactivos, se requerirá un cierto tiempo para que se reduzca a 100, y el mismo tiempo deberá transcurrir para que pase a 50, y así sucesivamente. Este período se denomina vida media y es el tiempo que cada muestra necesita para reducir a la mitad su cantidad de átomos radiactivos. Este valor es muy diferente para cada especie y puede ir desde tiempos extremadamente breves, del orden de las milésimas de segundo (como es el caso de los radioisótopos artificiales) a valores altísimos, que se expresan en millones de años.

Elemento radiactivo	Vida media
Uranio 238	44,7 millones de años
Uranio 234	245.000 años
Radio 226	1.600 años
Radón 222	3.823 días
Torio 234	24,1 días
Polonio 218	3,05 minutos
Polonio 214	0,000164 segundos

Vida media de algunos elementos radiactivos.



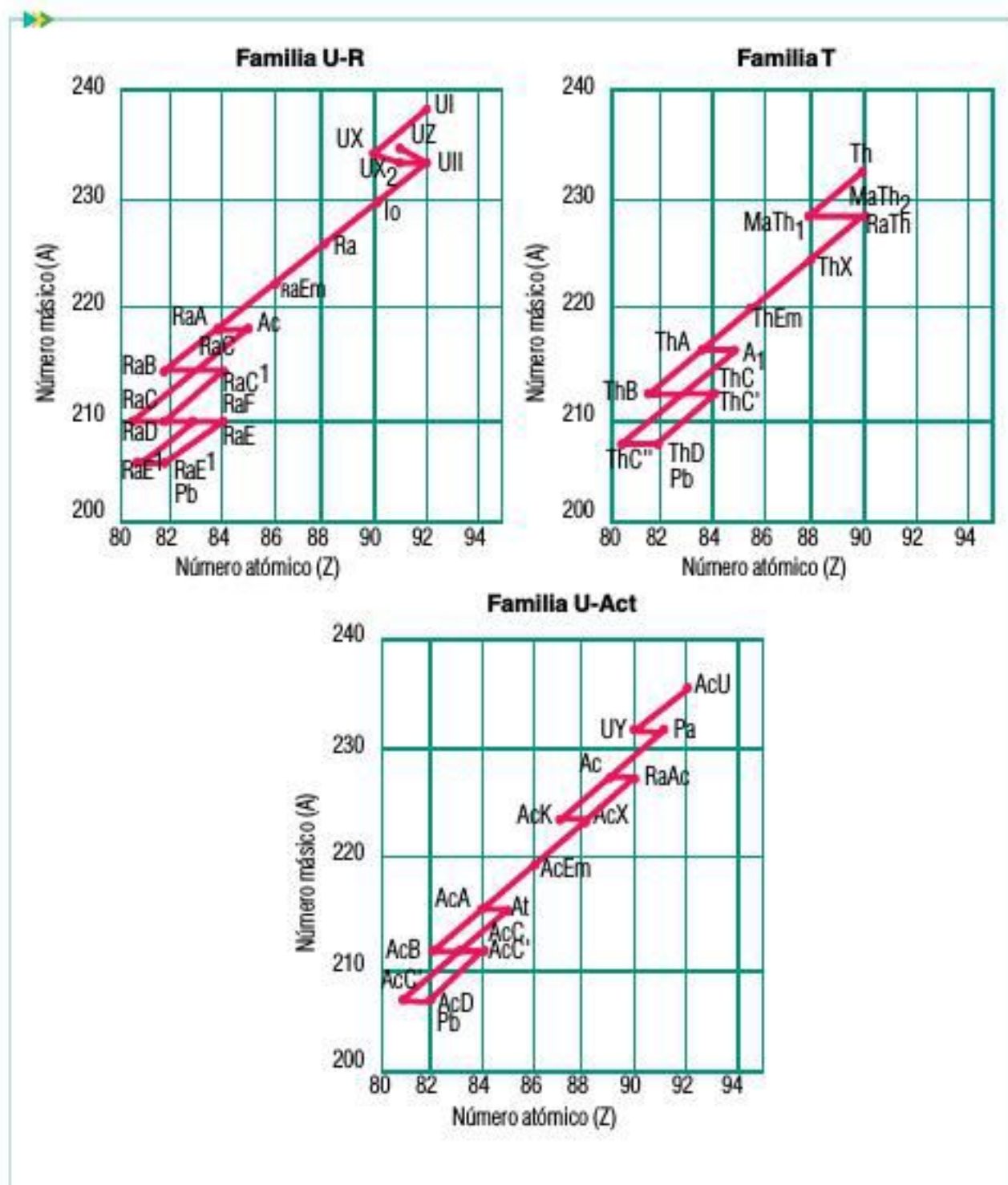
La vida media del $^{32}_{15}\text{P}$ es de 16 días. Es decir, transcurrido dicho tiempo, la cantidad de núcleos radiactivos presentes en la muestra se reduce a la mitad. De acuerdo con la forma de la representación gráfica, se puede expresar la ley de decaimiento a través de una función exponencial.

Familias radiactivas

Cuando un núcleo activo se va desintegrando, muchas veces da lugar a otros núcleos, también radiactivos, que seguirán emitiendo hasta alcanzar un núcleo estable. Todos los núcleos que tienen origen en un mismo elemento se agrupan y forman una **familia** o **serie radiactiva**, y generan, como producto final, siempre el mismo núcleo.

Existen tres familias radiactivas presentes en la naturaleza, correspondientes a elementos cuyos números atómicos se encuentran comprendidos entre 81 y 92, y se denominan: uranio-radio, torio y uranio-actinio, debido al nombre de los isótopos que las originan. Estos proceden de los elementos radiactivos que aún se encuentran en la Tierra desde su formación, y tienen al plomo como último eslabón estable de la cadena.

Cada serie presenta la particularidad de tener todos los núcleos relacionados a través del número másico de los elementos que se obtienen con las sucesivas emisiones. En la familia del torio, por ejemplo, los núcleos de los elementos que se van formando tienen números másicos múltiplos de 4.



Otras desintegraciones

Existen otras formas de desintegraciones que son menos frecuentes y que se caracterizan por la emisión de protones, neutrones, o la partición espontánea del núcleo.

Para que se produzca cualquiera de las dos primeras, la configuración del núcleo tiene que estar excedida en alguna de las partículas que posteriormente emitirá. En cuanto a la ruptura espontánea del núcleo, se presenta únicamente en átomos de elevado número másico (debe ser superior a 230), y da origen a dos elementos más estables.

Gráficos correspondientes a distintas familias radiactivas.



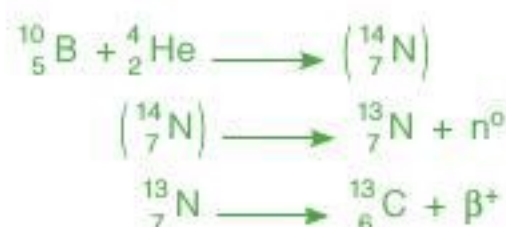
Irène Joliot-Curie, quien recibiera el Premio Nobel de Química de 1935, junto con su esposo Frédéric.

Radioisótopos artificiales

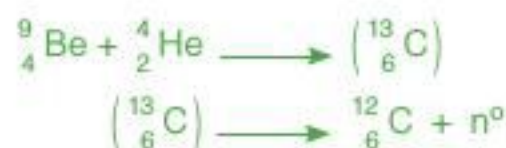
En 1934, los esposos Frédéric Joliot e Irène Curie bombardearon núcleos livianos de elementos como boro, berilio o aluminio, con partículas alfa y descubrieron que comenzaban a emitir como lo hacían los elementos radiactivos. Estas experiencias les permitieron concluir que los átomos estables se podían transformar en activos: habían descubierto la **radiactividad artificial**, también llamada desintegración inducida.

Al bombardear $^{10}_5\text{B}$ con partículas alfa, se produce $^{14}_7\text{N}$, un **núcleo compuesto** inestable que decae en $^{13}_7\text{N}$, radiactivo. Finalmente, luego de una emisión beta positiva queda formado el $^{13}_6\text{C}$.

Las ecuaciones que representan los procesos antes mencionados son:



Algo similar sucede con el berilio. Cuando se bombardea con partículas alfa al ^9_4Be , se produce un núcleo compuesto* inestable de $^{13}_6\text{C}$, que finalmente decae luego de emitir un neutrón en $^{12}_6\text{C}$. Las ecuaciones son:



Como lo que se obtiene durante reacciones de este tipo son isótopos radiactivos creados artificialmente, se los suele denominar **radioisótopos artificiales**.

Cuando un núcleo recibe una partícula, forma un núcleo compuesto que es inestable por el exceso de energía que presenta. Debido a que esta energía es liberada muy rápidamente, su vida media es muy corta. Durante ese tiempo, existe una desestabilización entre las fuerzas nucleares fuertes y las electrostáticas, debida a la nueva configuración nuclear. Esta situación facilita que una o varias partículas sean expulsadas del núcleo, que de esta forma se hace más estable. Según la cantidad de energía en exceso, existen diferentes tipos de emisiones: pueden ser protones, neutrones, isótopos de hidrógeno, partículas alfa o emisión gamma.

En general, los isótopos de elementos livianos son radiactivos, como el ^2_1H (deuterio), el ^3_1H (tritio), el $^{14}_6\text{C}$ y el $^{40}_{19}\text{K}$, entre otros. Muchos de ellos están presentes en la naturaleza, por ejemplo, los isótopos de hidrógeno y de carbono, que son obtenidos a partir de reacciones nucleares en la atmósfera, cuando el nitrógeno presente en ella interactúa con neutrones rápidos presentes en los rayos cósmicos.

Glosario

núcleo compuesto: resulta de la unión entre un núcleo y la partícula que penetra en él al ser irradiado.

Riesgos para la salud

Los efectos de la radiación en la salud dependen de la dosis absorbida, de la intensidad, del tiempo de exposición y del tejido afectado. Las radiaciones alfa o beta son relativamente inofensivas fuera del cuerpo, pero altamente peligrosas si se inhala o ingiere alguna sustancia que las emita. Por su parte, las emisiones gamma son siempre dañinas por su alto poder de penetración.

Si bien las personas están expuestas a radiaciones naturales, los valores son tan bajos que pueden ser consideradas inocuas.

Los organismos de seguridad nuclear establecen valores máximos de dosis absorbida para diferentes ámbitos y profesiones, según la cercanía o no a las fuentes radiactivas.

En el caso de tratamientos médicos extremos, se recomienda que la dosis no supere 10 veces la máxima recomendada. Cuando los valores ya adquiridos están en el límite, se deben emplear métodos destinados a reducirlos en las futuras dosis, como la disminución del tiempo de exposición, el incremento del blindaje o el aumento de la distancia a la fuente.

La arqueología y los radioisótopos

El carbono presente en la atmósfera es mayoritariamente carbono 12 no radiactivo. Pero un muy pequeño porcentaje es del isótopo carbono 14, radiactivo, emisor beta.



Cada 5.730 años, la actividad de este isótopo radiactivo se reduce a la mitad, ya que esta es su vida media.

El carbono 14 se va formando constantemente por acción de los rayos cósmicos, y debido a su inestabilidad por ser radiactivo, se va convirtiendo simultáneamente en nitrógeno. Estos dos procesos se compensan, provocando que el porcentaje de carbono 14 en la atmósfera se mantenga constante.

Durante la fotosíntesis los vegetales toman carbono de la atmósfera, y de esta forma incorporan el carbono radiactivo. Cuando los animales herbívoros se alimentan de las plantas, incorporan este carbono en sus organismos y así este es ingresado en la cadena alimenticia.

Mientras los seres vivos continúan incorporándolo, el nivel de carbono 14 no varía. Sin embargo, cuando mueren este deja de ingresar y el que había se va convirtiendo en nitrógeno. Este fenómeno puede ser aprovechado para datar fósiles.

Por ejemplo, si se mide la actividad de una madera encontrada en un antiguo poblado y se determina que es la mitad de la que tiene la madera actualmente, se puede decir que el poblado tiene una antigüedad aproximada de 5.730 años.

En general, midiendo la actividad debida al carbono 14 de una muestra y comparándola con la actividad de muestras vivas es posible determinar su antigüedad. Por este método es posible datar fósiles de hasta 50.000 años.



La antigüedad de un poblado se puede determinar mediante el análisis del carbono 14 presente en los restos de leña y en los objetos de madera.

Actividades

1. ¿Qué antigüedad tiene un fósil hallado si la actividad del carbono radiactivo se redujo a la $\frac{1}{16}$ parte del valor inicial?

Otras aplicaciones

Los radioisótopos o isótopos radiactivos presentan una gran diversidad de aplicaciones de acuerdo con la acción de la radiación emitida, de la absorción esta o de su detección. La mayoría de ellos se obtienen irradiando materiales dentro de un reactor. En nuestro país, este procedimiento se desarrolla en el reactor nuclear RA-3 que opera en el Centro Atómico Ezeiza, ubicado en la provincia de Buenos Aires, y en algunas instalaciones privadas. La utilización de estos materiales no representa un riesgo para la salud ya que las dosis están bien calculadas y controladas a lo largo del proceso. Asimismo, las personas que operan el reactor, y las que manipulan los productos irradiados, son altamente capacitados por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

En nuestro país se irradian alimentos desde la década de 1960 y este proceso está legislado a partir de normas internacionales y nacionales. El Código Alimentario Argentino (CAA) incluye una normativa sobre el procesamiento de alimentos irradiados y, desde el año 2003, el Instituto Argentino de Normalización (IRAM) aprobó la norma "Buenas Prácticas de Procesamiento para la Irradiación de Alimentos destinados al Consumo Humano".

a. Acción de la radiación emitida.

► Cuando se almacenan papas y cebollas es muy habitual que se broten, lo que causa una paulatina disminución en su peso y calidad. Irradiándolos con emisiones gamma se evita la formación del brote y si se aumenta la dosis entregada, se llega a su inhibición total, ya que las células germinales pierden su capacidad reproductiva.

► De igual manera se procede con los granos de cereal para eliminar los insectos que los deterioran durante su almacenamiento. Este procedimiento alarga la vida útil del producto y puede ser acopiado por períodos más largos.

► Utilizando altas dosis de radiación gamma, que permite eliminar virus y bacterias, se consigue esterilizar gasas, jeringas y material quirúrgico.

► También se emplea radiación gamma para destruir células cancerosas, ya que altera su información genética e impide la reproducción celular. Esta técnica se conoce como radioterapia.

► Para controlar algunas plagas, como la de la mosca de la fruta o mosca del Mediterráneo, se utiliza frecuentemente un método denominado "técnica del insecto estéril".

Esta técnica se basa en la particularidad que tienen estos insectos de que la hembra es fecundada por un solo macho. Entonces, se irradian larvas de esta especie para obtener machos estériles, que luego son puestos en libertad, pero son incapaces de reproducirse. Al no producirse la fecundación, la población disminuye drásticamente.

Esta técnica, efectiva y no contaminante, se ha empleado con éxito en diversos países y ahora se aplica en la provincia de Mendoza. Desde la planta ubicada en la localidad de Santa Rosa de esa provincia, se liberan unos 240 millones de machos estériles por semana con el objetivo de eliminar la plaga.



La radiación evita pérdidas en las cosechas.



Mosca de la fruta o del Mediterráneo.

b. Absorción de la radiación.

► Pueden detectarse fallas en cañerías, desgaste en piezas de motores o maquinarias de difícil acceso, inyectándoles $^{59}_{26}\text{Fe}$. Este quedará depositado en la zona de la imperfección y puede detectarse muy fácilmente.

► Se utiliza radiación gamma para controlar el espesor de productos que se fabrican en película o lámina, como el papel o la tela. Se coloca un emisor portátil de esta radiación debajo del producto y si el grosor varía, se modificará la lectura en el detector ubicado encima. De igual forma, se aplica emisión alfa procedente del $^{210}_{84}\text{Po}$, para eliminar la estática de los productos antes mencionados y evitar que se produzcan los incendios.

c. Detección de la radiación.

► Por medio de la técnica de autorradiografiado, se puede estudiar la forma en que se distribuyen los fertilizantes en las plantas. Para ello se agrega en su composición química, por ejemplo $^{32}_{15}\text{P}$, emisor de radiación beta negativa. Luego de aplicado el producto, se coloca sobre la planta una película fotográfica y transcurrido un cierto tiempo, se la revela; en la imagen aparecen las zonas donde la concentración del producto es mayor. Así, se estudia la absorción de los fertilizantes y se intenta mejorar su efectividad.

► Para estudiar el movimiento de las corrientes de agua subterráneas o de los sedimentos en mares y ríos, se aplica un radioisótopo y se procede a su detección. Esto sirve para ubicar depósitos de agua para riego, y también facilita la tarea de dragado.

► La centellografía es la técnica empleada para generar una imagen del órgano que se pretende estudiar. Habitualmente se inyecta al paciente el radioisótopo apropiado y se detecta su emisión con la formación de una imagen de la zona en cuestión. Se recomiendan estos estudios para detectar lesiones o el mal funcionamiento de los órganos.

► Existen otros estudios destinados a la prevención o pronta detección de afecciones, fundamentalmente cardíacas, en las que se utiliza emisión gamma por ser muy penetrante, como por ejemplo, la cámara gamma.



Las fallas en los gasoductos pueden producir pérdidas cuantiosas.



Equipamiento de alta generación para la detección de enfermedades.

Actividades

1. Investiguen por qué para estudios de diagnóstico médico se utilizan radioisótopos de vidas medias muy cortas.
2. ¿Por qué se utiliza radiación gamma para eliminar hongos, bacterias, virus y brotes de los productos que se consumen habitualmente?

Reacciones nucleares

Enrico Fermi (1901-1954) recibió el Premio Nobel de Física en 1938, en reconocimiento al descubrimiento de la formación de nuevos elementos a través del bombardeo con neutrones a núcleos pesados.



Lise Meitner y María Skłodowska, (conocida como madame Curie), fueron las científicas más destacadas en el campo de la Física nuclear durante el siglo xx.

Una reacción nuclear es un proceso por el cual un núcleo atómico reacciona al ser bombardeado. Como consecuencia de ello, se producen nuevos núcleos, y se liberan partículas y energía. Existen varios tipos de reacciones nucleares, pero las de mayor interés son las de fisión y las de fusión.

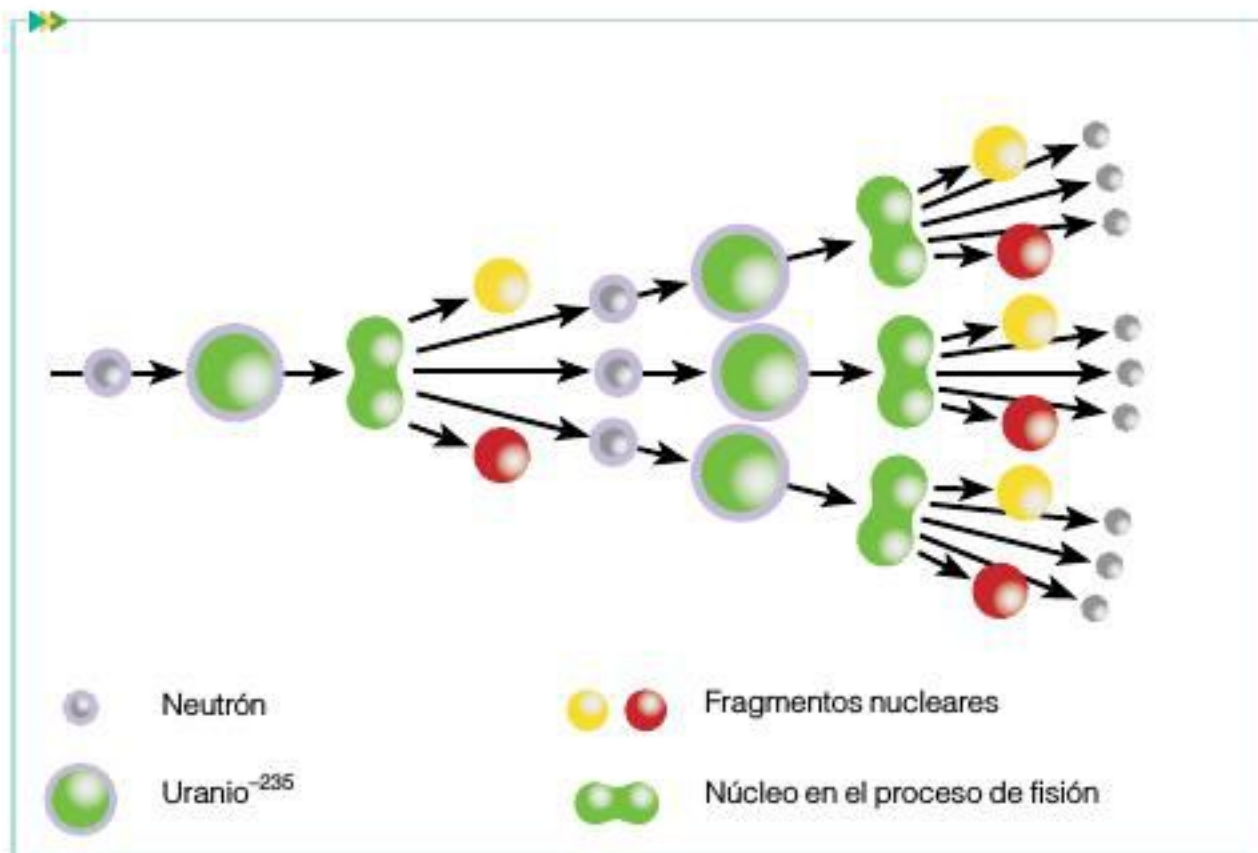
La fisión y la reacción en cadena

Para el año 1934, Enrico Fermi y Emilio Segre ya habían realizado experiencias donde bombardeaban núcleos de uranio con neutrones, y analizaban las desintegraciones posteriores, todas ellas beta. Supusieron entonces que no podía tratarse de una desintegración propia del uranio, porque este decae por emisión alfa y consideraron que se habían formado en el proceso elementos de número atómico superior a 92, a los que llamaron **transuránicos**.

Un año más tarde, en Alemania, Otto Hahn, Fritz Strassman y Lise Meitner determinaron que al bombardear uranio con neutrones, se formaban isótopos más livianos, capaces de emitir radiación, como $^{141}_{56}\text{Ba}$ y $^{92}_{36}\text{Kr}$. Llamaron **fisión nuclear** a dicho proceso, ya que el núcleo original se fraccionaba en dos.

Para lograr la fisión del núcleo de uranio, se utilizan neutrones, debido a su gran capacidad para aproximarse y quedar incluidos en el núcleo bombardeado, ya que estas partículas carecen de carga eléctrica. Si en cambio se utilizaran partículas cargadas, sus velocidades deberían ser altísimas para superar las repulsiones eléctricas.

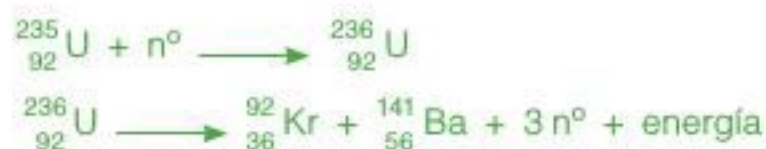
Cuando un núcleo de $^{235}_{92}\text{U}$ captura un neutrón, forma un átomo compuesto de $^{236}_{92}\text{U}$ que es sumamente inestable, debido a la desestabilización entre las fuerzas eléctricas y nucleares fuertes. Los núcleos en estas condiciones pueden alcanzar la estabilidad emitiendo radiación gamma, pero si no lo hacen y el desequilibrio perdura, las oscilaciones a las que están sometidos terminan por fracturarlos en fragmentos más livianos.



Reacción en cadena.

Por ejemplo, cuando un neutrón penetra en un núcleo de $^{235}_{92}\text{U}$, se produce su fisión. Como consecuencia de ello, se obtienen dos subproductos, el $^{92}_{36}\text{Kr}$ y el $^{141}_{56}\text{Ba}$, y se liberan tres neutrones y una gran cantidad de energía.

La ecuación que caracteriza este proceso es:



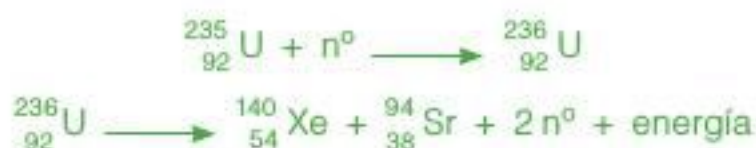
La energía liberada se obtiene por la diferencia de masa entre $^{236}_{92}\text{U}$, y $^{92}_{36}\text{Kr}$, $^{141}_{56}\text{Ba}$ y los tres neutrones liberados. Si se considera que:

$$\begin{aligned} m_{^{236}_{92}\text{U}} &= 3,91963 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \longrightarrow \text{masa inicial del proceso} \\ m_{^{92}_{36}\text{Kr}} &= 1,52647 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \\ m_{^{141}_{56}\text{Ba}} &= 2,33994 \cdot 10^{-25} \text{ kg} \\ 3 \cdot m_{n^0} &= 5,02479 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

masa final del proceso

$$\Delta m = 2,9721 \cdot 10^{-28} \text{ kg, que corresponde a una energía de } 2,67489 \cdot 10^{-11} \text{ J o } 167,18 \text{ MeV}$$

Otra posible ecuación es:



Los productos obtenidos se llaman fragmentos de fisión y no son determinados de manera única. Existen diversas combinaciones posibles de estos fragmentos, así como un cierto número de neutrones expulsados.

Cuando se analizan todos estos resultados, es posible llegar a dos conclusiones:

- La energía liberada es enorme.
- El proceso puede ser **autosostenido**. Esto significa que solo es necesario empezarlo y asegurarse de que los neutrones liberados provoquen una fisión en un núcleo cercano para que este siga su curso y continúe.

Si hay pocos neutrones, la reacción va disminuyendo lentamente hasta detenerse; si un neutrón de cada fisión da lugar exactamente a otra, se produce una liberación de energía constante; si muchos neutrones producen fisiones, la energía se liberará rápidamente y se producirá una explosión. Estas tres situaciones que pueden ocurrir se denominan **subcrítica**, **crítica** y **supercrítica** respectivamente.

Fermi y sus colaboradores fueron los primeros en llevar a la práctica esta idea, por medio de la construcción de la primera pila atómica, que fue puesta en funcionamiento el 2 de diciembre de 1942.

Como en el caso de las emisiones radiactivas, para calcular la energía en el proceso de fisión nuclear se vuelve a utilizar la relación entre la pérdida de masa y su respectiva conversión en energía, $E = \Delta m \cdot c^2$ (c es la velocidad de la luz en el vacío).

El uranio natural es una mezcla de dos isótopos, el $^{235}_{92}\text{U}$ y el $^{238}_{92}\text{U}$. De este total, el 99,3% está constituido por el uranio 238 y el restante 0,7% por el 235. El isótopo que se utiliza para la fisión nuclear es el uranio 235.



El uranio natural se extrae mezclado con otros minerales.

Reactores nucleares

La energía liberada durante las reacciones de fisión es aprovechada para la generación de energía eléctrica en las centrales nucleares. El procedimiento para producirla es similar a la que tienen las centrales térmicas convencionales: se calienta agua hasta que se la transforma en vapor y este mueve una turbina acoplada al generador eléctrico. La diferencia radica en el tipo de combustible utilizado, ya que en las centrales nucleares se utiliza material fisionable en lugar de combustible fósil. Además, la fuente de calor en una central nuclear es el reactor, mientras que en una térmica, es la caldera.

El reactor es la instalación en la cual se producen reacciones de fisión en forma controlada. Existen diferentes tipos de reactores nucleares, según el tipo de mineral combustible, la forma en la que se obtiene el vapor y la velocidad de los neutrones que realizan la reacción autosostenida. Asimismo, cada tipo de reactor tiene una potencia característica que está determinada por la rapidez con que se producen las reacciones nucleares en su interior.

Básicamente, en todo reactor el combustible se prensa formando pastillas, que son colocadas en unos tubos de acero inoxidable que se agrupan constituyendo manojos. Estos son ubicados en el centro del reactor mediante canales. Para que la reacción se autosostenga, los neutrones liberados deben tener una velocidad adecuada y para ello se utilizan sustancias que las regulan, llamadas moderadores. Los más comunes son el agua, el agua pesada y el grafito. Como la energía liberada es enorme, se producen altas temperaturas dentro del reactor y es necesario un refrigerante que circule por él y lo enfríe. Por otra parte, se requieren mecanismos de control, para evitar que dicha energía no supere determinados valores y, por eso, se dispone de barras confeccionadas con metales absorbentes de neutrones, como el cadmio. Las barras se introducen convenientemente en el reactor, cuando es necesario disminuir su actividad.

Tabla comparativa de las tres centrales nucleares de la Argentina.

Central nuclear	Atucha I	Embalse	Atucha II
Tipo de reactor	PHWR	CANDU	PWR
Combustible	Uranio enriquecido al 0,85%	Uranio natural	Uranio natural
Moderador	Agua pesada	Agua pesada	Agua pesada
Refrigerador	Agua pesada	Agua pesada	Agua pesada
Potencia instalada	357 MW	648 MW	692 MW



Central Atómica Embalse.

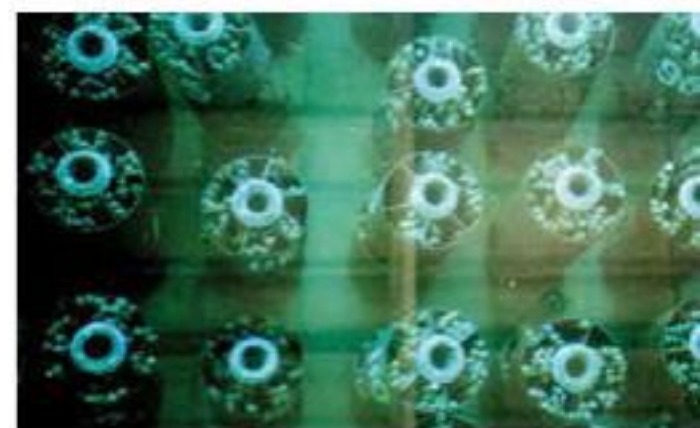


Atucha I y II

Por otra parte, resultan imprescindibles los sistemas de protección y blindaje para resguardar a todos los operarios que trabajan en las centrales nucleares y al ambiente. Esto se consigue encerrando al reactor entre paredes de hormigón y plomo, que evitan la salida de la contaminación.

En las centrales nucleares argentinas, se utiliza uranio natural levemente enriquecido como combustible. Este surge de someter al mineral a diversos procesos por los cuales se aumenta el porcentaje de $^{235}_{92}\text{U}$ en su composición. Con este material fisionable es necesario usar **agua pesada*** como moderador, para lograr la velocidad apropiada en los neutrones y mantener la reacción controlada. Asimismo, esta es utilizada como refrigerante del reactor. Debido a las altas temperaturas, el agua pesada se vaporiza y se la usa para calentar agua común, con la que se generará el vapor que moverá la turbina acoplada al generador eléctrico. Este tipo de reactor se denomina PWR.

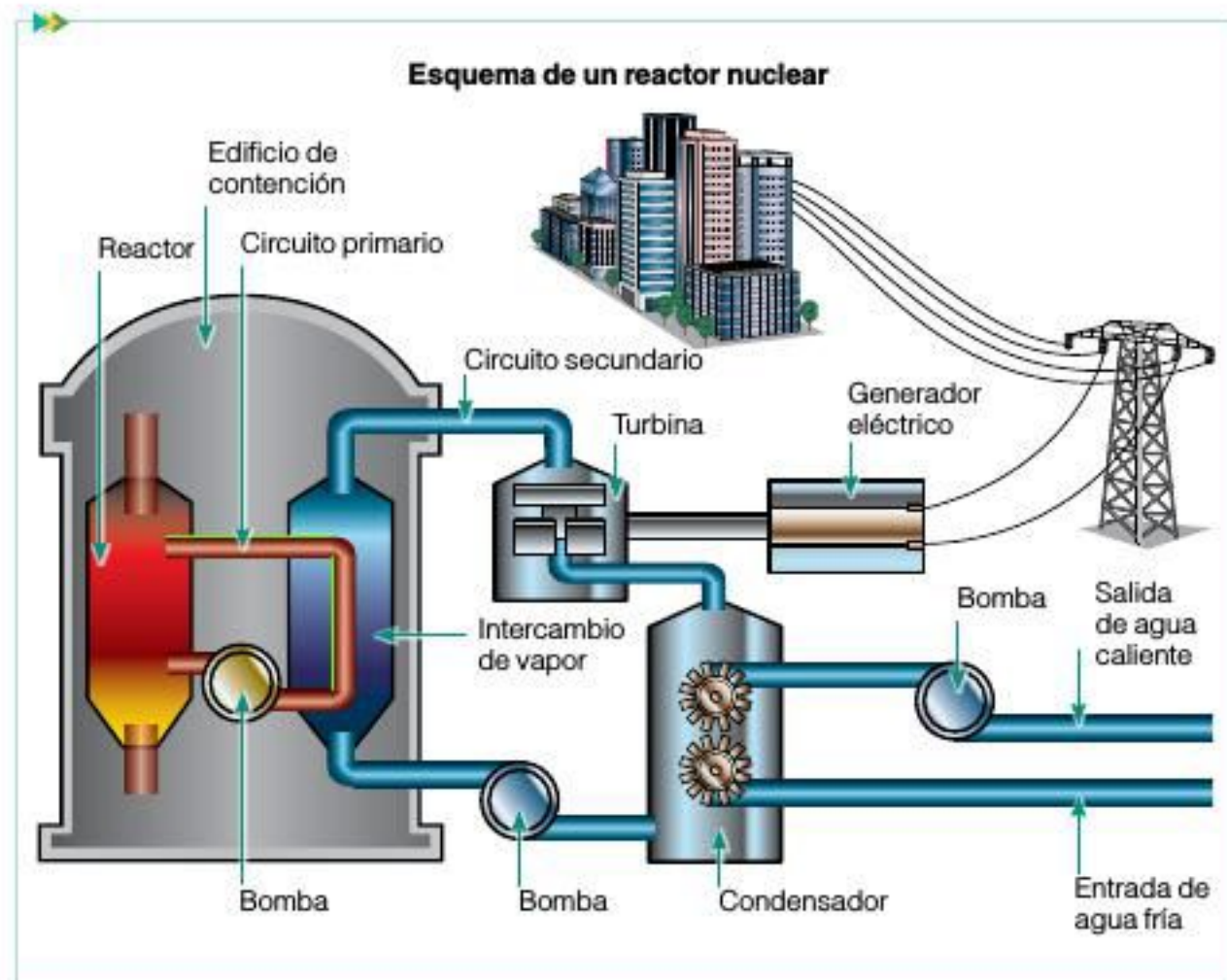
Además de los reactores de potencia, destinados a la generación de energía, existen otros utilizados en la investigación o en producción de radioisótopos, como los que están en el Centro Atómico Ezeiza y el Centro Atómico Bariloche.



Manojo de material combustible.

Glosario

agua pesada: tipo de agua cuyas moléculas están formadas por un átomo de oxígeno y dos átomos de deuterio, isótopo pesado del hidrógeno.



Energía nuclear en la Argentina

Nuestro país está entre los pocos que completan todas las etapas para la producción de los elementos necesarios para el funcionamiento de sus centrales nucleares. La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) interviene por ejemplo, en la extracción y procesamiento del uranio en Mendoza, el enriquecimiento en Río Negro, la producción de combustible en Córdoba y la de agua pesada en Neuquén.

Desde 1958 se han construido reactores para investigación y producción de radioisótopos que se utilizan en la Argentina, e incluso se han exportado.



Maqueta del reactor de potencia CAREM25 que podrá funcionar como una pequeña central eléctrica nuclear. Es el primer reactor diseñado en el país y su construcción comenzó en el año 2014 en la provincia de Buenos Aires.

Aspectos éticos en el uso de la energía nuclear

Cuando se produce una fisión nuclear, la energía liberada es enorme en comparación con la que proporcionan las habituales fuentes de energía. Este aspecto fue determinante para el desarrollo del conocimiento nuclear y de la tecnología asociada a él mismo. Desde la primera reacción en cadena controlada hasta la construcción y puesta en marcha del primer reactor nuclear, no transcurrieron muchos años.

En sí misma, la energía nuclear no es beneficiosa ni perjudicial para el ser humano ni el ambiente. Son las intenciones con las que es utilizada las que ponen en riesgo la seguridad de las poblaciones y el futuro del ecosistema.

Cuando se decide emplear energía nuclear para la producción de corriente eléctrica, propulsar submarinos, generar productos para el diagnóstico médico, o bien para la investigación, se debe prestar fundamental atención a los siguientes aspectos.

a. La manipulación de los residuos.

Las estrategias para tratar los diferentes tipos de residuos están relacionadas con la actividad que presentan. Si es baja o media, se procede a recubrirlos con hormigón y almacenarlos durante períodos apropiados. Si por el contrario, la actividad es alta, como la de las barras de combustible nuclear ya utilizado, los residuos se colocan en piletones con agua pesada que se encuentran en las mismas instalaciones que la central nuclear. Muchas veces, se prefiere el almacenamiento profundo de los desechos en cajas con capas de hormigón y plomo, para evitar la contaminación radiactiva del terreno. En algunos países, los residuos se procesan y muchos de estos se reutilizan.

b. El respeto por los procedimientos y medidas de seguridad.

Toda central nuclear tiene sistemas de seguridad destinados a eliminar o minimizar accidentes, denominados sistemas de protección y control. Estos están regulados por organismos oficiales y acordados internacionalmente. Se trata de una combinación de medidas que contempla una autoridad de regulación, políticamente independiente; mecanismos de seguridad físicos y tecnológicos (blindaje del reactor y moderadores de la reacción, etc.) y capacitación, tanto del personal de la planta como de los habitantes de la ciudad donde se encuentra, a través de la difusión y práctica de planes de emergencia.



Almacenamiento temporario del combustible ya utilizado.

La falta de inversión por parte de los gobiernos o el escaso control de las medidas de seguridad son las principales causas de accidentes. El más conocido fue el que ocurrió en Chernobyl, Ucrania, el 26 de abril de 1986, y que produjo la muerte directa de 31 personas y la evacuación de miles, algunas de las cuales fallecieron al tiempo por efecto residual de la radiación recibida.

Más recientemente hubo un grave accidente en una de las centrales nucleares de Fukushima, en Japón. El 11 de marzo del 2011 se produjo un terremoto que derivó en un tsunami. El agua de mar superó las barreras de protección de la central y la inundó, provocando graves fallas e incendios. Este accidente afectó toda la zona que rodea ese complejo de centrales nucleares.

Otro aspecto a tener en cuenta es la utilización con fines bélicos que condenó a la energía nuclear. En el final de la Segunda Guerra Mundial, el 6 de agosto de 1945, la ciudad de Hiroshima fue víctima de un bombardeo atómico con el objeto de la rápida e incondicional rendición de Japón ante Estados Unidos. Este hecho produjo la muerte de alrededor de 120.000 ciudadanos y un saldo de casi 300.000 heridos, afectados por la radiación a la cual estuvieron expuestos. Tres días más tarde, se lanzó sobre la ciudad de Nagasaki una bomba atómica más poderosa aún.

Con los años, algunos países comenzaron a ensayar detonaciones nucleares en islas del Pacífico, y otros optaron por realizarlas en forma subterránea, pero en todos los casos, se puso en riesgo a la población mundial. Para evitar la utilización de este tipo de armas, organizaciones como las Naciones Unidas (ONU) promueven el desarme nuclear con el fin de controlar, limitar y reducir los arsenales en existencia.

La lucha por la utilización pacífica del conocimiento científico y tecnológico es una responsabilidad de todos los miembros de la sociedad que aspiren a mirar a los ojos a sus familias. Sin embargo, son los científicos los que tienen una carga adicional, ya que no pueden evitar la responsabilidad de llevar adelante investigaciones que pueden ser moral y éticamente cuestionadas.



Ciudad de Hiroshima luego de la bomba atómica.



Bola de fuego producida durante una prueba nuclear.

Actividades

1. Organicen un debate, dividiendo al curso en dos grupos; uno deberá exponer los factores favorables del uso de la energía nuclear y el otro, los desfavorables. Al finalizar, realicen un balance de los resultados obtenidos.

Reacción de fusión y energía en las estrellas

Las reacciones nucleares de fusión son procesos por los cuales dos núcleos atómicos se unen y forman uno más pesado, y se libera en consecuencia gran cantidad de energía.

Para que la unión de los núcleos se pueda realizar es necesario contrarrestar la interacción eléctrica de repulsión debida a los protones. En ese caso, es necesario que los núcleos de los átomos a fusionar alcancen una energía cinética elevada. Esta energía se obtiene mediante un intenso calentamiento o una fuerte compresión del gas caliente, denominado plasma que origina grandes movimientos de los átomos de la muestra que los llevan a colisionar y unirse. Asimismo, se debe garantizar una alta probabilidad de que la fusión ocurra, es decir, debe haber suficiente cantidad de átomos con esa energía durante un cierto tiempo.

La obtención de energía nuclear por el proceso de fusión sería de una importancia extraordinaria. No solo por las posibilidades de obtener grandes cantidades de energía, sino también porque utilizaría combustibles abundantes y de fácil obtención como el hidrógeno y, a diferencia de las centrales nucleares de fisión, no produciría residuos radiactivos. Sin embargo, por el momento existen problemas tecnológicos para el desarrollo de los reactores de fusión.

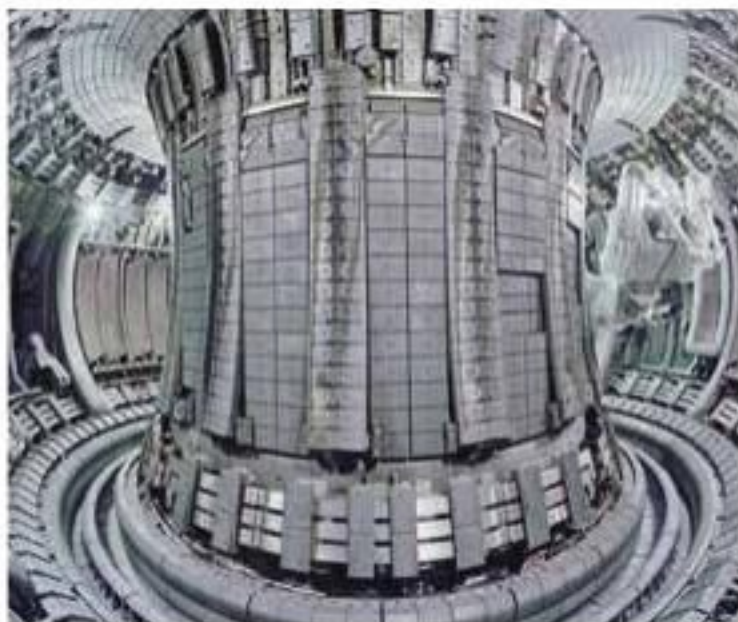
Si bien existen diferentes técnicas para obtener las altas temperaturas y presiones que se requieren para el proceso de fusión, un problema común a todos ellos es que ningún material soporta tales condiciones. Una posible solución consiste en confinar el plasma mediante un campo magnético elevadísimo que actuaría a modo de recipiente. Dentro de él podrá continuarse el proceso de calentamiento por compresión del gas.

Por el momento, la energía obtenida por fusión es menor que la necesaria para sostener el almacenado y procesamiento del plasma.

En la actualidad se está desarrollando en la localidad de Cadarache, en Francia un proyecto llamado "Reactor Internacional Termonuclear Experimental" que espera ponerse en marcha en el año 2019 y que consiste en un reactor de fusión de un tipo denominado Tokamak.

Estas condiciones tan extremas, difíciles de conseguir en nuestro planeta, son alcanzadas naturalmente en el interior de las estrellas; inmensos cúmulos de gas, fundamentalmente hidrógeno en estado plasmático, se fisionan para formar helio y originan así casi toda la energía del universo. Este proceso se denomina protón-protón.

La energía que se genera en las estrellas proviene del proceso de fusión nuclear.

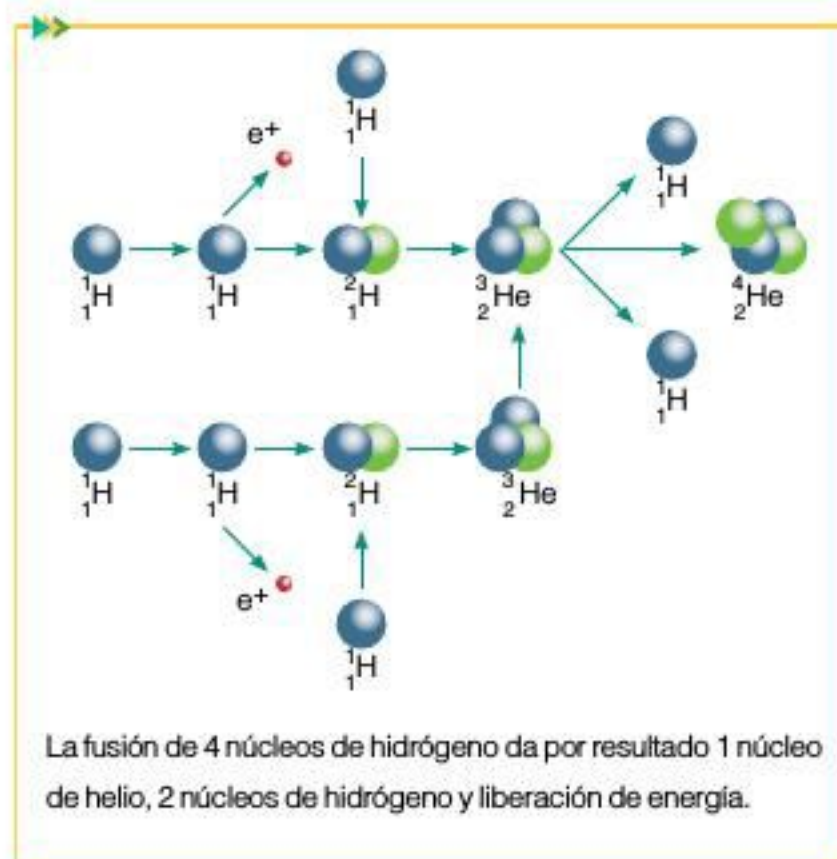
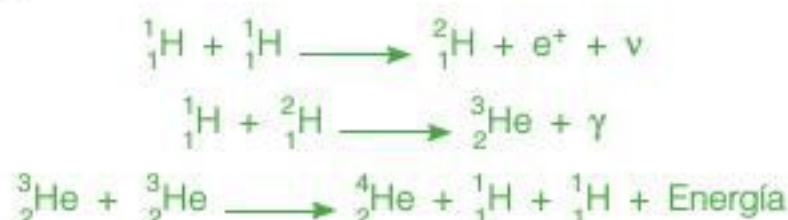


En muchos centros se desarrollan reactores de fusión para investigación



Ciclo protón-protón

Dos núcleos de hidrógeno (${}^1_1\text{H}$) se unen para formar deuterio (${}^2_1\text{H}$) y liberan un positrón (e^+) y un neutrino (ν). Luego, otro núcleo de hidrógeno (${}^1_1\text{H}$) se une al deuterio anterior, forma un isótopo de helio (${}^3_2\text{He}$) y libera radiación gamma (γ). De la unión de dos átomos de ${}^3_2\text{He}$ se forma ${}^4_2\text{He}$ y se liberan dos núcleos de hidrógeno (${}^1_1\text{H}$) y una gran cantidad de energía, producto de la diferencia de masas entre cuatro protones, dos positrones y el helio formado. La secuencia de reacciones puede escribirse de la siguiente manera:



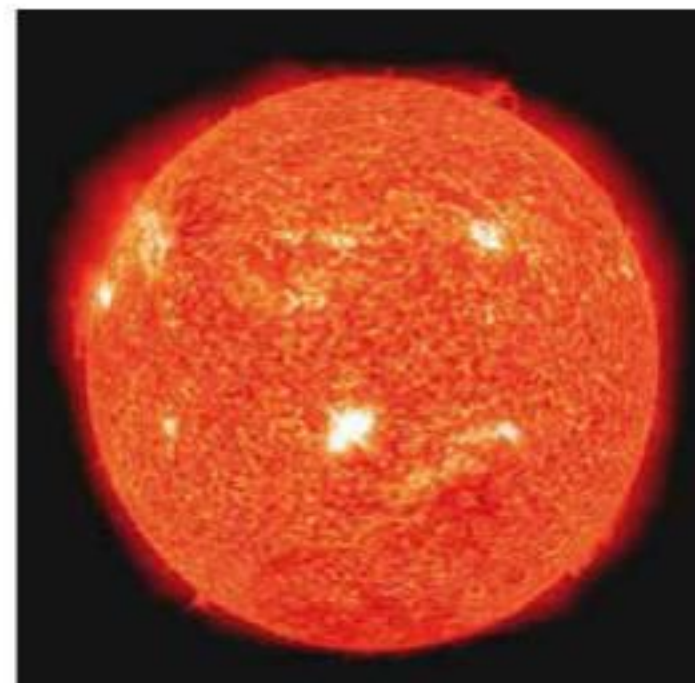
Si la masa de cada uno de los núcleos de hidrógeno es $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, la de cada uno de los positrones es $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg y la del helio $6,64 \cdot 10^{-27}$ kg, la diferencia de masa (Δm) es $3,8178 \cdot 10^{-29}$ kg, correspondiente a una energía de $3,43602 \cdot 10^{-12}$ J, equivalente a 21,4 MeV.

La composición química de la nube gaseosa que forma una estrella contiene hidrógeno, helio y elementos más pesados, aportados por estrellas que finalizaron su ciclo anteriormente. La nube empieza a comprimirse por acción de las grandes fuerzas gravitatorias, y se forma una zona muy caliente denominada protoestrella. Una vez iniciadas las reacciones nucleares, se elevan la presión y la temperatura, y se detiene el colapso gravitatorio. En ese momento alcanza la estabilidad. Cuando se agota el hidrógeno del núcleo de la estrella, su evolución dependerá de la masa con la que se haya iniciado y pasará a ser una enana blanca, una supernova, una estrella de neutrones o un agujero negro.

La energía producida en su interior es emitida al espacio en forma de ondas electromagnéticas, neutrinos y el llamado viento estelar constituido por protones, núcleos de helio de isótopos más pesados, permitiéndonos observarlas como puntos luminosos y titilantes en el cielo nocturno. La energía producida en el Sol, que es nuestra estrella más cercana, también se produce en buena parte mediante el proceso protón-protón. Millones de toneladas de hidrógeno por segundo se transforman en helio para producir la energía que irradia el Sol.

Desde el punto de vista de su evolución estelar, el Sol se halla en la mitad de su vida como estrella, tiene una edad de unos 4.500 millones de años y se prevé su existencia en la forma actual por unos 5.000 millones de años más.

En períodos de aproximadamente 11 años, en el Sol se producen tormentas solares debidas a modificaciones en su campo magnético. Durante esas tormentas se emiten millones de toneladas de partículas cargadas, además de ondas electromagnéticas muy energéticas como radiaciones gamma y rayos X. Las tormentas solares perturban los sistemas eléctricos en el Tierra y también las comunicaciones que se realizan a través de ondas electromagnéticas.



Tormenta solar.

Ideas básicas

- ▶ El núcleo del átomo se encuentra formado por protones y neutrones.
- ▶ Las fuerzas nucleares fuertes y débiles son de corto alcance.
- ▶ Las fuerzas nucleares fuertes compensan a las fuerzas eléctricas entre los protones.
- ▶ La energía puede manifestarse en forma de masa.
- ▶ Los rayos X son ondas electromagnéticas de alta frecuencia y corta longitud de onda.
- ▶ La radiación procedente de muestras radiactivas puede estar formada por partículas alfa, beta y radiación gamma.
- ▶ El decaimiento alfa produce modificaciones: una reducción del número másico en cuatro unidades y del número atómico en dos.
- ▶ El decaimiento gamma no modifica el número atómico ni el másico, porque es una emisión de energía excedente del núcleo.
- ▶ El decaimiento beta negativo produce una disminución del número atómico en una unidad.
- ▶ La vida media de un radioisótopo es el tiempo que se necesita para que la cantidad de sus núcleos radiactivos se reduzca a la mitad.
- ▶ La reacción nuclear de fisión es un proceso por el cual un átomo se fracciona al ser bombardeado por neutrones.
- ▶ La reacción en cadena se produce cuando los neutrones liberados en la fisión de un átomo son utilizados para bombardear a sus vecinos y fisiónarlos.
- ▶ La reacción nuclear de fusión es un proceso por el cual dos núcleos livianos se unen para formar uno más pesado.
- ▶ La energía de las estrellas procede de los procesos de fusión en su interior.

Actividades de integración

1. Es posible que una sustancia radiactiva deje de serlo por alguno de los siguientes métodos:

- a. Diluirla en un solvente.
- b. Quemarla.
- c. Hacerla reaccionar químicamente.

Justificar en cada caso la respuesta.

2. Las cargas eléctricas del mismo signo se repelen y esta repulsión es tanto mayor cuanto más cerca están. ¿Por qué los protones que se encuentran en un núcleo atómico no se separan violentamente?

3. Si dentro del núcleo atómico solo hay protones y neutrones, ¿qué transformación se produce para que se produzca la emisión beta negativa?



4. La energía de los géiseres, fumarolas y aguas termales es de origen nuclear. ¿De dónde proviene esa energía? ¿Qué tipo de reacción nuclear es la que la origina?

5. El $^{212}_{82}\text{Pb}$ sufre una emisión beta, el isótopo resultante también emite beta y, por último, se produce una emisión gamma. Indiquen el proceso identificando cada uno de los isótopos formados.

6. El $^{228}_{88}\text{Ra}$ emite y se transforma en $^{228}_{89}\text{Ac}$. ¿Emitió una partícula alfa o una beta?

7. Escriban la ecuación de decaimiento correspondiente a cada uno de los casos planteados:

► $^{60}_{27}\text{Co}$ emite β^-

► $^{63}_{27}\text{Co}$ emite β^-

► $^{60}_{28}\text{Ni}$ emite β^-

► $^{210}_{84}\text{Po}$ emite α

► $^{238}_{92}\text{U}$ emite α

► $^{232}_{90}\text{Th}$ emite α

8. Completen las ecuaciones:

► $^{179}_{79}\text{Au} \rightarrow \dots \text{Ir} + \alpha$

► $^3_1\text{H} \rightarrow \dots \text{He} + \beta^-$

► $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow \dots \text{Fe} + \dots$

► $^{241}_{95}\text{Am} \rightarrow \dots \text{Np} + \dots$

► $^{228}_{90}\text{Th} \rightarrow \dots \text{Ra} + \alpha$

► $^{14}_6\text{C} \rightarrow \dots \text{N} + \dots$

► $^{37}_{16}\text{S} \rightarrow \dots \text{Cl} + \beta^-$

9. Determinen los valores energéticos para la siguiente ecuación:

► $^{235}_{92}\text{U} + \text{n}^0 \rightarrow \dots \text{U}$

► $^{236}_{92}\text{U} \rightarrow \dots \text{Xe} + \dots \text{Sr} + 2 \text{n}^0 + \text{energía}$

10. Respondan:

a. Si la vida media del radón es 3,8 días; cuánto tiempo necesitará para que una muestra quede reducida a $\frac{1}{8}$ del valor inicial?

b. ¿Si una muestra disminuye $\frac{1}{4}$ de su valor inicial en 200 años, cuál es su vida media?

11. Se determina que la actividad debida al carbono 14 en los restos de leña hallados en la excavación de un antiguo poblado es la cuarta parte de la actividad de ese isótopo en un trozo actual. ¿Cuál es aproximadamente la antigüedad de ese poblado?

12. Comparen la energía obtenida en el ciclo protón-protón con la obtenida en la fisión de un átomo de $^{235}_{92}\text{U}$. ¿Cuántas veces mayor es?

13. Un gliptodonte fue hallado recientemente en la localidad de Cañuelas, provincia de Buenos Aires. Este animal, parecido a la actual mulita, presentaba un caparazón o coraza y tenía el tamaño de un auto pequeño. Los científicos han datado su antigüedad por medio de la prueba del carbono 14. ¿Hubiese funcionado esta prueba si en lugar de restos de animales se hubieran encontrado puntas de flechas talladas en piedras del lugar? ¿Por qué?



Gliptodonte.

14. A partir de las propiedades de cada una de las formas de emisión radiactiva descritas en la página 210, respondan las siguientes preguntas. Justifiquen sus respuestas.

a. ¿Es peligroso sostener una piedra formada por un mineral que sea emisor α ?

b. ¿Podría ser peligroso ingerir o inhalar un polvo que contenga una sustancia que fuera emisora α ?

c. Las centrales nucleares tienen reactores que están cubiertos por gruesas paredes de hormigón. ¿Para qué se utilizan? ¿Por qué creen que es importante que se coloquen? Investiguen si existe algún otro caso en el que se deban utilizar paredes fabricadas de un material en particular.

► Índice alfabético temático

Abrigo meteorológico	181	Cambios de estado	42	Conductores metálicos	19
Aceleradores de partículas	205	Calor	27, 28	Conductividad	19, 108
Ácidos	168, 169, 170, 172, 173	de reacción	150	Conductividad eléctrica	118
Actínidos	103	específico	39	Constante solar	73
Agregación	115	latente	45	Contaminación	191
Agua	128, 129	conducción	46, 47	de los suelos	191
dulce	189	transmisión	46	del agua	189
pesada	221	Calor y energía	34, 36	Convección	46
salada	189	Caloría	27	Corrosión	176
subterránea	189	Calórico, teoría del	35	Cuerpo negro	72
superficial	189	Calorimetría	40, 41		
Alconaftas	187	Cambio climático	184		
Alquimia	81	Cambios de estado	42	Decaimiento radiactivo	209
Amplitud	56	Capa de ozono	183	alfa	210
Anión	110, 111, 112	Capacidad calorífica	39, 41	beta negativo	211
Átomos	84, 90	Carbono	131	gamma	210
		Catalizador	148	Degradación enzimática	192
		Catión	110, 111, 112	Descomposición	142
Bases	168, 169, 170, 172, 173	Ciclo protón-protón	225	Descomposición térmica	142
Basura, reciclado	197, 198	Clima	180	Diamante	131
Biocombustibles	187	Color	74, 75, 115	Difracción	13, 61
Biodiésel	187	Comburente	168	Dureza	115
Bioetanol	187	Combustible	187, 188		
Biogas	188	Combustión	165		
Biorremediación	192	Compuestos iónicos	109	Ecuación química	139
Bosones	95	Conducción	46, 47	Efecto invernadero	184

Electronegatividad	109	Familias radiactivas	213	Huracanes	186
Elementos químicos	199, 103	Fermiones	95		
metálicos	109	Fisión	218, 219		
no metálicos	109	Fitorremediación	192	Indicadores	170, 172
representativos	103	Fluorescencia de RX	13	Interferencia	61
de transición	103	Fórmula desarrollada	118	Iones	109
de transición interna	103	Fórmula mínima	113	Isótopos	98
Energía	26, 28, 30	Fórmulas de Lewis	112, 113		
cinética	30	Fotodisociación	183		
eléctrica	30	Fotón	76	Lantánidos	103
interna	31	Fragilidad	115	Ley de Coulomb	203
potencial	30	Frecuencia	57	Ley de Conservación de la Masa	138
química	30	Fuerzas de London	126	Ley de las Combinaciones	
de activación	160	Fuerzas de Van der Waals	121	Gaseosas	101
Enlace	119	Fuerzas dipolo-dipolo	127	Ley de las Octavas de Newlands	101
doble	119	Fullerenos	131	Ley de Newton	203
polar	121	Fumarola	195	Lluvia ácida	174
simple	119	Fusión	224	Longitud de onda	57
triple	119				
Enzimas	148				
Equilibrio térmico	37	Gases raros	103	Magnetismo	20
Espectro de emisión	76	Gasoil	187	Materia	80
Espectro electromagnético	67	Grafito	131	Mechero de Bunsen	159, 161
Espectro visible	74			Metales alcalinos	103
Estructuras de Lewis	112, 113, 114			Metales alcalinotérreos	103
Evaporación	44	Herrumbre	176	Metales pesados	192

Microondas	68	Oligoelementos	111	absorbida	65
Micropartículas	16	Ondas	54, 55	emisión	65
Microtecnología	21	fenómenos de las	60	gamma	68
Minería a cielo abierto	193	propiedades de las	56, 57	incidente	64
Modelo atómico	88, 90, 96, 94, 96	de radio	68	infrarroja	70
actual	92, 94	luminosas	59	reflejada	64
de Bohr	94	sonoras	59	térmica	62
de Rutherford	92	Ondas y energía	55	transmitida	65
de Thomson	90	Orbitales	94	ultravioleta	769
Modelos	88	Ozono	69, 183	visible	74
de esferas compactas	136			Radiactividad	207
de esferas y palitos	136			Radioisótopos	214, 215
Moléculas	86	pH	172, 173	Rayos	206
geometría de	126	Período	56	alfa	210
polares	128	Plaguicida	191	beta	211
no polares	128	Polaridad	121	catódicos	91, 206
		Polímeros	17	cósmicos	9
		Positrón	211	gamma	210
Nanotecnología	21, 22	Potencia	27	X	68, 206
Niveles de energía	93	Presión atmosférica	181	Reacción de neutralización	171
Nobel, Premios	14, 15	Principio de incertidumbre	94	Reacción en cadena	218
Nomenclatura química	141	Protocolo de Kyoto	185	Reacciones químicas	136
Nubes, tipos	182	Puentes de hidrógeno	127	de combustión	158, 165
Núcleo	202			de óxido-reducción	151
Nucleones	202			endotérmicas	150
Número atómico	197	Quarks	95, 202	exotérmicas	150
Número de oxidación	113			velocidad de las	142, 143, 148
Número másico	197			Reflexión	60
		Radiación	62, 63, 65, 66	Regla del octeto	108



Refracción	60	medición	33
Remediación microbiana	192	Teoría de Dalton	84
		Termodinámica, Primera Ley	29
		Tiempo	180
Sales binarias	116	Tintura de tornasol	172
Sales ternarias	116	Tornados	186
Salmuera	111	Trabajo	28
Segundo Principio de la Termodinámica	49	TRePEV	125
Siderurgia	153	Tsunami	55
Silicosis	82		
Síntesis	140	Uniones químicas	108
Sistemas	26	covalentes	118
abiertos	28	iónicas	112
aislados	28	metálica	132
cerrados	28	no polares	121
Soja transgénica	191	polares	121
Superconductividad	19		
Sustancias	168		
ácidas	168	Vida media	212
básicas	168	Viento	182
neutras	168		
Tabla periódica	103, 104		
de Mendeleiev	101		
Temperatura	32		
de inflamación	160		
escalas	33		

