

1 Investigación científica

Página 11

- 1  Explica con tus palabras cómo surge y evoluciona el conocimiento científico.

El conocimiento científico surge de la necesidad de dar respuesta a un problema, y evoluciona según un proceso hipotético-deductivo. Consultar la explicación del método que se ofrece en el cuadro inferior de la página 10.

- 2 En el siguiente relato, identifica las etapas del método científico (adaptado del libro *Grandes ideas de la ciencia*, de Isaac Asimov):

«A finales del siglo XVIII se pensaba que el calor era un fluido ingrávido al que llamaban calórico, de modo que los cuerpos más calientes lo contenían en mayor cantidad. En aquella época, B. Thompson, que trabajaba en una fábrica de cañones, se preguntó por qué al taladrar el metal se calentaban tanto este como la broca. La explicación que se daba es que, al romper el metal, el calórico se desprendía, pero, no conforme, Thompson utilizó una broca roma y observó que, pese a no romper el metal, las piezas se seguían calentando. Eso le hizo ver que el calórico no se desprendía por la rotura del metal, y que quizá no procediese de este, que inicialmente estaba frío. Finalmente, llegó al convencimiento de que el calor no era un fluido, sino una forma de movimiento».

Problema: ¿qué es el calor? / Hipótesis: no es algo que contengan los cuerpos, sino que se asocia a la fricción entre ellos / Experimento: taladrar un cañón con una broca roma / Resultados: pese a no romper el metal, tanto este como la broca se calientan / Conclusiones: el calórico no es un fluido que se desprenda al romper el metal, por lo que no es un fluido sino una forma de movimiento.

- 3  ¿Por qué se considera a Galileo Galilei el «padre de la ciencia moderna»? Busca información y argumenta la fiabilidad de las fuentes consultadas.

A Galileo se le atribuye ser el pionero en el uso de un método hipotético-deductivo.

- 4 ¿Por qué se habla de la ley de conservación de la masa en lugar de la teoría de la conservación de la masa? ¿Y por qué de la teoría atómica de Dalton, en lugar de la ley atómica de Dalton?

La ley de la conservación de la masa describe lo que ocurre en las reacciones químicas, pero no explica la razón de ello; por eso es ley en lugar de teoría. La explicación de que la masa se conserve, entre otras leyes, se consigue a partir de la teoría atómica de Dalton. Al proporcionar explicación, en lugar de descripción, se trata de una teoría.

- 5 En los libros más antiguos se habla de la hipótesis de Avogadro y, en los más modernos, de la ley de Avogadro. ¿A qué crees que se debe?

A día de hoy, la hipótesis se ha contrastado en numerosas ocasiones, por lo que ha pasado a ser ley (en este caso, ley teórica).

- 6 Analiza las distintas acepciones del término «teoría» en el DRAE. ¿Cuál se acerca más a la que se presenta en este libro? ¿Con qué otro término podría confundirse?

La que más se acerca es la que define teoría como «Serie de las leyes que sirven para relacionar determinado orden de fenómenos». Las otras acepciones se pueden confundir con el concepto epistemológico de hipótesis.

- 7** En muchas series de televisión, para dar respuesta a un problema, los protagonistas afirman tener «una teoría». ¿Se utiliza el término de modo correcto, desde el punto de vista de la terminología científica? ¿Cuál te parece más adecuado? Razona tus respuestas.

Se debería hablar de «hipótesis», entendida como conjetura, o posible respuesta al problema.

- 8** Indica una teoría y una ley física, diferentes de las mencionadas en estas páginas, y explica por qué lo son. Si lo necesitas, repasa algún contenido estudiado en cursos anteriores.

Se puede acudir a la ley de gravitación universal, que describe la atracción gravitatoria entre cuerpos sin dar explicación al fenómeno (lo que se hace en la Teoría General de la Relatividad), y a la teoría cinética de la materia, que explica numerosas leyes de los gases, entre otros fenómenos.

- 9** Resume, con un par de frases, el texto de esta página referido a la teoría atómica de Dalton, extrayendo las ideas principales en relación a los contenidos de estas páginas.

Las leyes describen y las teorías explican. Son modos de conocimiento diferentes, por lo que nunca podrán las unas convertirse en las otras. Además, la aceptación de una ley por la comunidad científica no siempre es inmediata.

Página 13

- 10**  Una fábrica de collares magnéticos utiliza el siguiente mensaje publicitario:

La energía electromagnética tiene propiedades beneficiosas para nuestro organismo, y todas estas propiedades se han unido en un nuevo producto: los collares magnéticos. Estos collares son una gran innovación que combina tres de las más novedosas tecnologías: la tecnología magnética, que emplea diminutos imanes que, inspirados por el campo magnético terrestre, estimulan el metabolismo; la tecnología de infrarrojo de onda larga, que refleja la energía negativa por un efecto de calentamiento progresivo; y la tecnología de aniones naturales, que libera el tipo de iones presentes en bosques y lagos, proporcionando la sensación de relajación que se alcanza en esos lugares.

Extrae de él la terminología científica. ¿Se trata de conocimiento científico? ¿Por qué?

La terminología científica es abundante: energía electromagnética, magnetismo, campo magnético, metabolismo, infrarrojo de onda larga, energía negativa, calentamiento, aniones naturales, entre otros. Además, se hace alusión a la tecnología. Si bien este conocimiento pudiese haber surgido de la necesidad de resolver un problema (mejorar nuestro organismo), no es contrastable ni reproducible. Para contrastarlo sería necesario establecer cómo comprobar el aumento del metabolismo, la reflexión de la energía negativa y cuáles son los aniones naturales presentes en bosques y lagos, sin entrar en la corrección de estos términos, a lo que dedicamos la siguiente actividad. Finalmente, si llegásemos a consenso sobre las cuestiones anteriores, este conocimiento no es reproducible, pues muchos de los resultados se basarían en sensaciones y sentimientos, con la subjetividad que ello supone.

- 11** De las expresiones con terminología científica de la actividad anterior, ¿cuáles utilizan los conceptos científicos de modo inadecuado? Razona tu respuesta.

En cuanto a la tecnología magnética, los imanes no se inspiran por el campo magnético terrestre, sino que se orientan. Al respecto, es posible admitir que los campos magnéticos pueden estimular el metabolismo, aunque no hasta el punto de curar enfermedades terminales como a veces se oye en mensajes de magnetoterapia. En cuanto a la tecnología de infrarrojos de onda larga, el término «energía negativa» no tiene sentido físico según se utiliza. Por último, la tecnología de aniones naturales afirma que en bosques y lagos existen aniones que producen sensación de relajación, cuestión que queda lejos de ser científica.

- 12** En el laboratorio, introduces hielo en un vaso de precipitado que calientas con un mechero de alcohol. En intervalos de tiempo iguales mides la temperatura hasta que toda el agua haya vaporizado, y representas los datos en una gráfica temperatura-tiempo. Cuando sales del laboratorio, ¿podrías afirmar que has realizado un experimento? ¿Por qué?

En la experiencia descrita lo único que se hace es tomar medidas de temperatura y representarlas en una gráfica. No se trata, pues, de un experimento, pues no se utiliza control de variables. Como se dice en el texto, medir no es experimentar.

- 13**  Busca información sobre el «cañón orbital de Newton». ¿Qué pretendía explicar Newton con este cañón? ¿Se trata de un experimento mental? ¿Por qué?

El experimento mental del cañón con el que Newton demostró que la Luna cae hacia la Tierra, al igual que los demás cuerpos cercanos a ella, se estudió el curso pasado y es uno de los experimentos mentales más fácilmente comprensibles por el alumnado. Se trata de un experimento mental por la imposibilidad de llevarlo a la práctica.

- 14** Explica con tus propias palabras lo que se entiende como «control de variables».

Revisar apartado 1.4 de la unidad.

- 15** Lee de nuevo el experimento mental de Galileo relacionado con la ley de la inercia y explica cuál es la conclusión del experimento.

La conclusión es la ley de inercia: un cuerpo sobre el que no actúan fuerzas describe un m.r.u.

- 16**  En astronomía solo podemos observar y medir (no podemos reproducir un sol en el laboratorio), pero podemos emitir hipótesis para explicar lo que observamos. Resume en pocas líneas de qué observaciones surgen la «materia oscura» y «la energía oscura», dos hipótesis actuales.

La materia oscura surge de observaciones astronómicas que no se pueden explicar por efectos gravitacionales de la materia conocida. La energía oscura surge de comprobar que la expansión del universo se está acelerando, pese a la atracción gravitatoria entre astros.

Página 14

Trabaja con la imagen

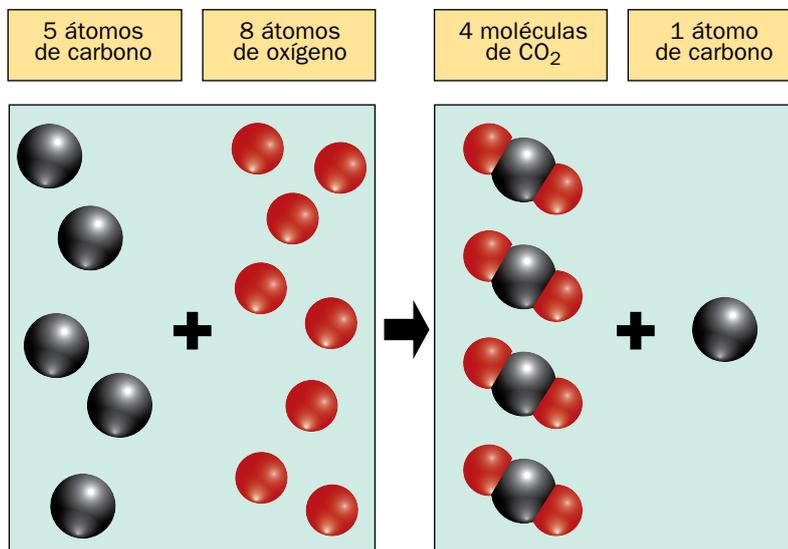
Dibuja, utilizando el modelo de bolas con niveles de abstracción diferentes, un recipiente que contiene vapor de agua.

Los dibujos solicitados son:



Página 15

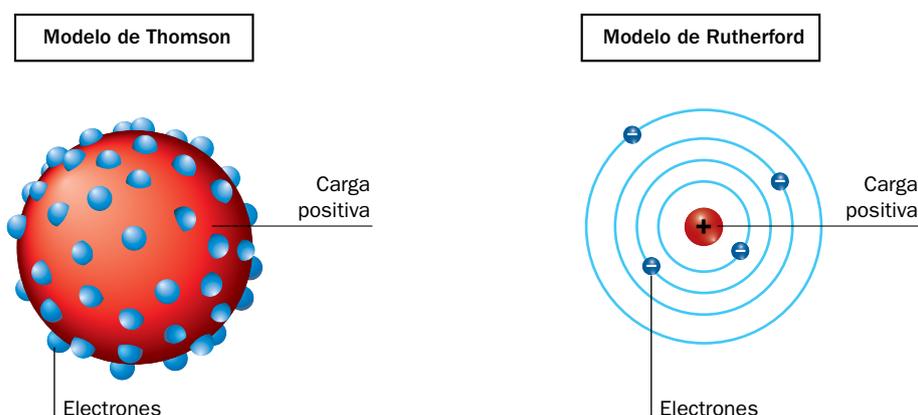
17 En la siguiente imagen, ¿qué modelo se utiliza? Cada bolita, ¿qué representa? Aparte de con los modelos, ¿con qué contenidos de los apartados anteriores puede relacionarse? Argumenta tu respuesta.



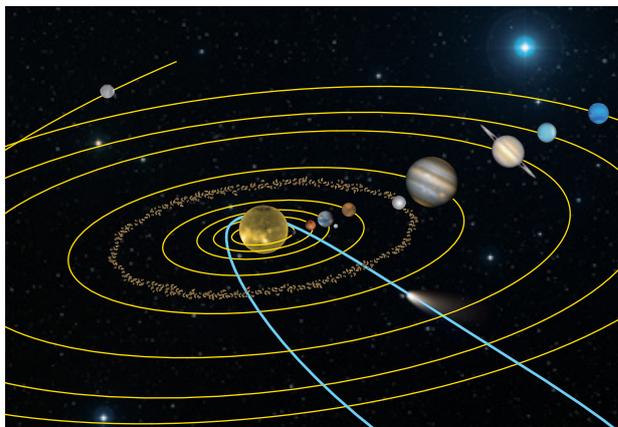
Las imágenes utilizan el modelo de bolas, en el que, en este caso, cada bolita corresponde a un átomo. Se trata de una explicación gráfica de la ley de conservación de la masa y la ley de las proporciones definidas, mencionadas en el apartado 1.2.

18 Representa en un dibujo el modelo atómico de Thomson, y en otro el del Rutherford. ¿Qué semejanzas y diferencias presentan? ¿Cuál se acerca más a la realidad? ¿Cómo se supo? ¿La representa fielmente?

La semejanza entre los dos modelos es la presencia de carga positiva y negativa, que derivan en un átomo neutro. Como diferencia, en el de Thomson la carga positiva se distribuye de modo continuo en una zona del espacio, con los electrones incrustados en ella, y en el de Rutherford lo hace en partículas situadas en el núcleo, acercándose más a la realidad. Ninguno representa fielmente la realidad, no solo por no contener neutrones sino por la disposición de los electrones en el átomo, pues se trata de modelos clásicos.



- 19  En muchos libros encontrarás imágenes similares a la siguiente para representar el sistema solar. ¿Se trata de un modelo? ¿Por qué? Con lo que conoces de cursos pasados, ¿qué críticas le podrías hacer?



Se trata de un modelo, ya que se trata de una representación simplificada de la realidad, mucho más compleja. Como críticas principales, destacar que no está a escala (es imposible representarlo a escala de tamaños y distancias en una imagen de un libro) y que los planetas se presentan alineados, situación altamente improbable.

- 20  Cuando en 2012 se publicó la noticia del posible descubrimiento del bosón de Higgs, hubo quien preguntó: ¿para qué sirve? Infórmate y responde a estas personas.

Esta actividad se relaciona con los contenidos trabajados sobre investigación básica. La situación es análoga a la que se vivió cuando se descubrió el electrón, o la inducción electromagnética, ya que en aquel momento no se conocía utilidad, pero estos dos descubrimientos fueron la base de la electrónica y la energía eléctrica, respectivamente, tan presentes en nuestra vida cotidiana. El bosón de Higgs, aparte de consolidar nuestro conocimiento sobre la constitución de la materia, puede llegar a tener utilidad directa en sociedades futuras, pero, como en otras ocasiones, para ello habrá que esperar a disponer de un desarrollo tecnológico adecuado.

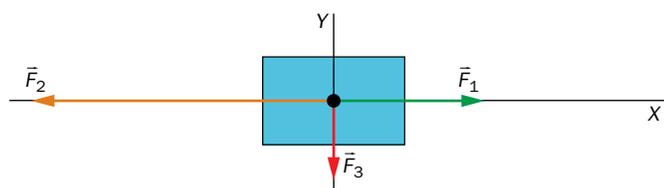
2 Magnitudes físicas y unidades

Página 16

Trabaja con la imagen

Representa, utilizando el modelo de punto material, un cuerpo sobre el que actúan tres fuerzas: una horizontal, otra de sentido contrario y de módulo doble, y otra perpendicular a ambas de módulo mitad que el de la primera.

La representación pedida es la siguiente:



Solucionario descargado de: <https://solucionarios.academy/>

Página 17

21  Se presenta a continuación un listado con algunas de las magnitudes con las que trabajarás este curso. Decide, en cada caso, si se trata de una magnitud escalar o vectorial, y explica las razones de tu elección: masa, tiempo, longitud, fuerza, velocidad, aceleración, presión, energía, trabajo y calor.

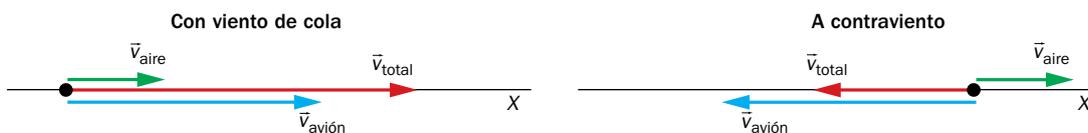
Son escalares la masa, el tiempo, la longitud, la presión, la energía, el trabajo y el calor, pues quedan definidas por un valor numérico y una unidad. Son vectoriales la fuerza, la velocidad y la aceleración, pues para describirlas hay que proporcionar, además, una dirección y un sentido.

22 Elige una de las magnitudes vectoriales de la actividad anterior y dibuja el vector que la representa, aplicado en un punto material. Describe los elementos del vector, y explica en qué consiste un punto material.

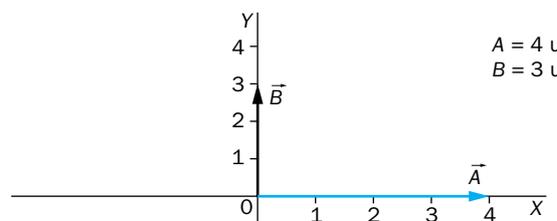
El punto material es un modelo físico en el que se considera toda la masa del cuerpo localizada en su centro de masas, que es importante que se señale en el dibujo. Las definiciones de los elementos de un vector se pueden consultar en el cuadro inferior de la página 16.

23 La velocidad crucero de un avión, con aire en calma, es de 600 km/h. ¿Qué ocurriría si volase en una corriente de aire de 10 km/h, con viento de cola? ¿Y si lo hiciese a contraviento? Dibuja, en ambos casos, los vectores que representan la velocidad del avión y la del aire.

Si el avión volase con el viento a favor las velocidades se suman, obteniendo 610 km/h. Con el viento en contra, se restan, quedando 590 km/h. Las representaciones gráficas de las velocidades en las situaciones descritas son:



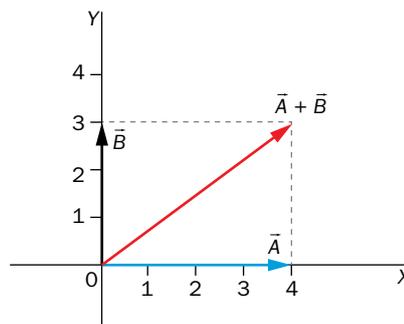
24 Sean los vectores \vec{A} y \vec{B} , que pueden representar cualquier magnitud física («u» es su unidad):



Representa $\vec{A} + \vec{B}$ y $2 \cdot \vec{A} - 3 \cdot \vec{B}$, y calcula su módulo.

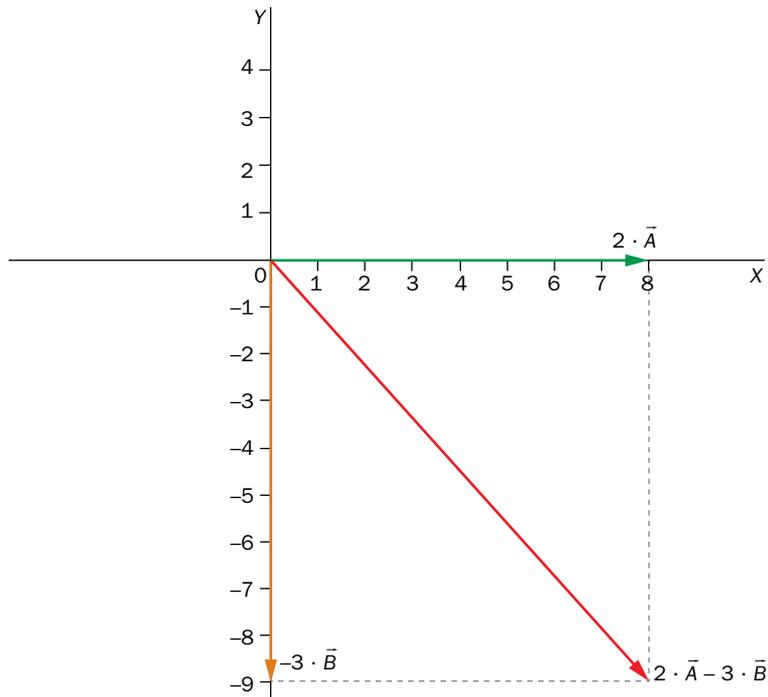
Este curso no se trabaja con las componentes de los vectores, y los módulos hay que calcularlos a partir de las representaciones gráficas:

a) En el primer caso, $\vec{u} = \vec{A} + \vec{B}$, tenemos:



$$u = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{16 + 9} = 5 \text{ u}$$

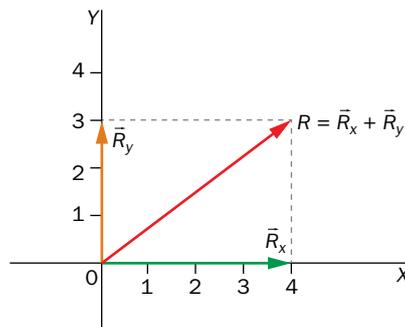
b) Para $\vec{w} = 2 \cdot \vec{A} - 3 \cdot \vec{B}$ queda:



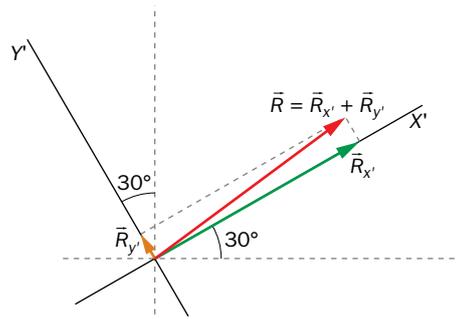
$$w = \sqrt{(2 \cdot A)^2 + (3 \cdot B)^2} = \sqrt{64 + 81} = 12 \text{ u}$$

25  Descompón el vector $\vec{A} + \vec{B}$ de la actividad anterior en dos ejes perpendiculares, uno vertical y otro horizontal, y en el mismo sistema de ejes pero girado 30° en sentido antihorario (puedes consultar la separata).

La representación gráfica de la descomposición en los ejes horizontal y vertical es:



Y la representación de la descomposición en el sistema de ejes girado 30° es:



Página 19

26  La masa de un objeto es de 750 g. Exprésala en kilogramos y en miligramos.

Conviene acostumbrar al alumnado a utilizar factores de conversión para los cambios de unidades:

$$750 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,75 \text{ kg}$$

$$750 \text{ g} \cdot \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 7,5 \cdot 10^5 \text{ mg}$$

27 Para las magnitudes escalares masa, longitud, tiempo y temperatura, propón dos unidades que no pertenezcan al Sistema Internacional, y que tampoco sean múltiplos o submúltiplos de ellas. En cada caso, relacionalas con las unidades SI.

La respuesta puede ser variada; se proponen algunos ejemplos. Masa: tonelada (1 t = 1 000 kg) y unidad de masa atómica (1 u = 1,66 · 10⁻²⁷ kg). Longitud: milla (1 milla = 1 609,3 m) y pulgada (0,0254 m). Tiempo: minuto (1 min = 60 s) y día (1 día = 86 400 s).

28 Deduce la dimensión de las magnitudes derivadas de la página anterior e indica, para cada una de ellas, dos posibles unidades.

Se presenta la solución en la siguiente tabla:

Magnitud	Dimensión	Unidades
Superficie	L ²	cm ² , km ²
Volumen	L ³	mm ³ , dam ³
Densidad	M · L ⁻³	mg/m ³ , kg/mm ³
Velocidad	L · T ⁻¹	dm/ms, cm/día
Aceleración	L · T ⁻²	m/cs ² , cm/ds ²
Fuerza	M · L · T ⁻²	g · cm/s ² , kg · mm/cs ²
Presión	M · L ⁻¹ · T ⁻²	cg/(mm · ms ²), Tg/(m · cs) ²
Energía	M · L ² · T ⁻²	Gg · mm ² /s ² , kg · m ² /s ²

29 Verifica la homogeneidad de la ecuación del espacio recorrido en un movimiento uniformemente acelerado, cuya expresión analítica es:

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Para comprobar la homogeneidad hay que verificar que las dimensiones de los dos miembros de la ecuación son iguales:

$$[\Delta s] = L$$

$$[v_0 \cdot t] = [v_0] \cdot [t] = L \cdot T^{-1} \cdot T = L$$

$$[1/2 \cdot a \cdot t^2] = [1/2] \cdot [a] \cdot [t^2] = 1 \cdot L \cdot T^{-2} \cdot T^2 = L$$

La ecuación, por tanto, es dimensionalmente homogénea, pues todos los sumandos tienen dimensión de longitud.

3 Medida de magnitudes físicas. Errores

Página 20

Trabaja con la imagen

Después de estudiar el apartado siguiente, expresa las medidas realizadas con los instrumentos de estas imágenes:



$$m = 2,1803 \pm 0,0001 \text{ kg}$$

$$V = 36 \pm 1 \text{ mL}$$

$$t = 6\,919,220 \text{ s} \pm 0,001 \text{ s}$$

Nota. Aunque en la probeta no se vean las unidades, utilizamos el mL por ser la habitual de estos instrumentos de medida.

Página 21

30 Indica la sensibilidad de instrumentos de medida habituales con los que se han podido realizar las siguientes medidas:

- $l = 71 \text{ cm}$.
- $m = 24,5 \text{ g}$.
- $t = 2,35 \text{ s}$.
- $l = 35,7 \text{ cm}$.
- $m = 1\,235 \text{ g}$.
- $t = 23,7 \text{ s}$.

La sensibilidad se extrae del propio valor de la medida, suponiendo que se usan instrumentos habituales de laboratorio. Podría ser otra, pero las que se ofrecen como soluciones son las más frecuentes.

31 Expresa las medidas anteriores, indicando el error absoluto.

Se añaden los errores absolutos (sensibilidad del instrumento) a las medidas:

- a) $l = 71 \pm 1$ cm. b) $m = 24,5 \pm 0,1$ g. c) $t = 2,35 \pm 0,01$ s.
d) $l = 35,7 \pm 0,1$ cm. e) $m = 1235 \pm 1$ g. f) $t = 23,7 \pm 0,1$ s.

32 De las medidas del alto y el ancho de la hoja de tamaño A4, ¿cuál es de mejor calidad?

Para determinar qué medida es de mayor calidad se calcula el error relativo:

– Alto: $\epsilon_r = \frac{1 \text{ mm}}{297 \text{ mm}} = 0,0034 = 0,34 \%$

– Ancho: $\epsilon_r = \frac{1 \text{ mm}}{210 \text{ mm}} = 0,0048 = 0,48 \%$

Al ser menor el error relativo en la medida del alto, es esta la de mejor calidad.

Página 23

33 Redondea a la centésima:

- a) 3,124. b) 15,357. c) 9,5850. d) 0,2350.

Es fácil llegar a los resultados sin más que aplicar las reglas de redondeo:

- a) 3,12. b) 15,36. c) 9,58 d) 0,24.

34 Indica qué medidas están mal expresadas, y exprésalas correctamente:

- a) $t = 1,236 \pm 0,15$ g. b) $m = 15,4 \pm 0,1$ g. c) $l = 3,98 \pm 0,1$ cm.

Están mal expresadas la a y la c. La primera porque el error absoluto tienen más de una cifra significativa y la segunda porque la posición de la última cifra decimal del valor de la medida (centésima) no coincide con la de la cifra significativa del error absoluto (décima). Aplicando las reglas de redondeo y el hecho de que el error absoluto solo puede tener una cifra significativa, obtenemos:

- a) $t = 1,2 \pm 0,2$ s. c) $l = 4,0 \pm 0,1$ cm.

35 Con una balanza digital de sensibilidad 1 cg se realizan las siguientes medidas de la masa de un objeto:

$$m_1 = 12,00 \text{ g} ; m_2 = 11,89 \text{ g} ; m_3 = 11,94 \text{ g} ; m_4 = 12,07 \text{ g}$$

Expresa el resultado de la medida.

Recuerda que para ello debes calcular la media aritmética y la dispersión estadística, y comprobar si es mayor o menor que la sensibilidad de la balanza; por último, has de aplicar las reglas de redondeo y expresar correctamente la medida.

Se ofrecen los cálculos en la siguiente tabla:

m (g)	$m - \bar{m}$ (g)	Δm (g)
12,00	0,025	0,03883727
11,89	-0,085	
11,94	-0,035	
12,07	0,095	
$\bar{m} = 11,975$ g		

Dado que la dispersión estadística, Δm , es mayor que la sensibilidad de la balanza (0,01 g), se toma aquella como error absoluto de la medida. Redondeada a la centésima, para que solo tenga una cifra significativa, queda:

$$\Delta m = 0,04 \text{ g}$$

Finalmente, redondeando la media aritmética a la centésima se obtiene la expresión de la medida:

$$m = 11,98 \pm 0,04 \text{ g}$$

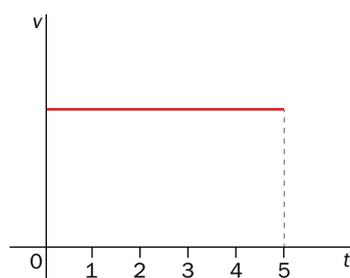
4 Análisis de datos experimentales

Página 24

Trabaja con la imagen

Representa gráficamente la velocidad de un móvil que durante cinco segundos se mueve con velocidad constante.

Aparte de las relaciones de proporcionalidad estudiadas, la constancia de una magnitud es algo a lo que la ciencia acude con frecuencia, por lo que interesa que el alumnado conozca el modo de expresarlo gráficamente. La gráfica solicitada es:



Página 25

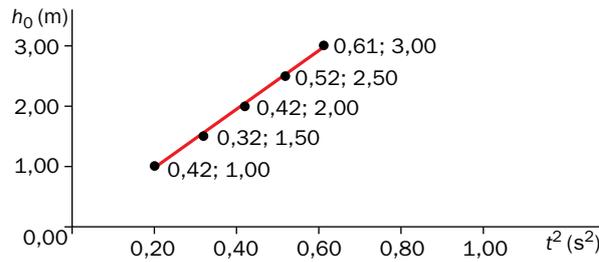
36  La ley física del ejercicio resuelto 7 también se puede expresar en los siguientes términos: «la altura es directamente proporcional al tiempo al cuadrado». Si esto es así, al representar la altura en función del tiempo al cuadrado se debería obtener una línea recta. Compruébalo.

Efectivamente, como veremos a continuación, si se representa la altura en función del tiempo al cuadrado se obtiene una línea recta con pendiente positiva, lo que nos permite asegurar que la relación obtenida en el ejercicio resuelto 7 es correcta.

Para hacerlo, en primer lugar calculamos los valores del tiempo al cuadrado:

h_0 (m)	t (s)	t^2 (s ²)
1,00	0,45	0,20
1,50	0,57	0,32
2,00	0,65	0,42
2,50	0,72	0,52
3,00	0,78	0,61

Con estos valores, representamos la altura en función del tiempo al cuadrado y comprobamos que se obtiene una línea recta:

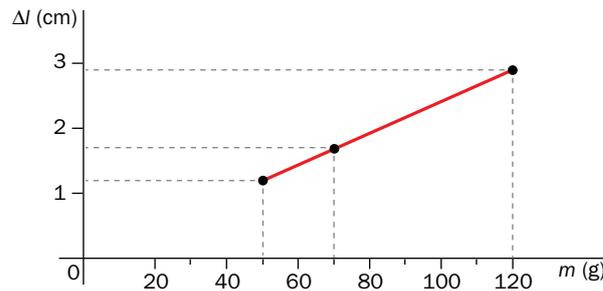


37 Se realizan tres medidas de la deformación de un muelle ($\varepsilon_a = 0,1$ cm) al colgarle pesas de distinta masa. A partir de los datos, extrae la ley física.

m (g)	Δl_1 (cm)	Δl_2 (cm)	Δl_3 (cm)
50	1,2	1,1	1,2
70	1,8	1,7	1,7
120	2,9	3,0	2,8

En primer lugar se calcula la media de cada trío de deformaciones y se representan los datos:

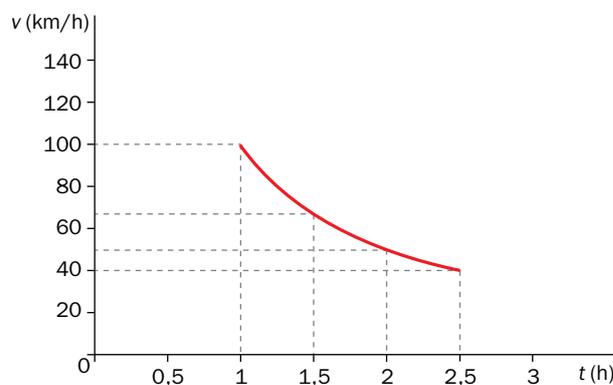
m (g)	$\Delta \bar{l}$ (cm)
50	1,2
70	1,7
120	2,9



De los datos, y la gráfica, podemos concluir que la deformación que sufre el muelle es directamente proporcional a la masa que se le cuelga. Matemáticamente: $\Delta l = k \cdot m$.

La constante k se puede obtener de la media aritmética de la obtenida para cada par de datos, obteniendo un valor $k = 0,024$ cm/g.

38 ¿Qué ley física se puede extraer de la siguiente representación gráfica? Exprésala en lenguaje verbal y matemático.



La gráfica es la característica de una relación de proporcionalidad inversa, por lo que podríamos decir que la velocidad es inversamente proporcional al tiempo. Matemáticamente: $v = k/t$.

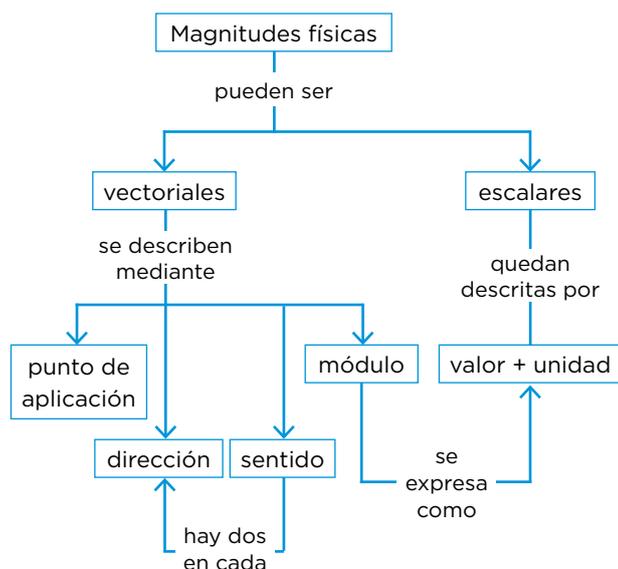
Se puede comprobar que la constante de proporcionalidad es $k = 100$ km.

Taller de ciencias

Página 34

Organizo las ideas

El mapa conceptual debe ser completado de la siguiente forma:



Trabajo práctico

Página 35

- 1 **Elabora un breve informe sobre el trabajo práctico, que contenga los apartados descritos en la unidad.**

El informe debe seguir la estructura presentada en el epígrafe 5 de esta unidad.

- 2 **¿Se ha confirmado tu hipótesis? ¿Por qué?**

Se presta atención a la contrastación con la realidad. El alumnado debe argumentar si su hipótesis ha sido contrastada o refutada.

- 3 **¿Coinciden las densidades obtenidas por los dos procedimientos? En caso negativo, ¿a qué puede deberse?**

Respuesta abierta, orientada al reconocimiento, por parte del alumnado, de los errores de medida.

- 4 **¿De qué modo se podrían minimizar los errores cometidos en las medidas individuales?**

Se podrían minimizar utilizando instrumentos de medida con mayor sensibilidad (menor resolución).

5 Las magnitudes que intervienen en la práctica, ¿son fundamentales o derivadas? Sus medidas, ¿han sido directas o indirectas?

La masa es una magnitud fundamental. El volumen y la densidad, derivadas. La medida de la masa es directa, y las del volumen y la densidad, en este caso, indirectas.

6 ¿Podrías afirmar que has participado en un experimento científico? ¿Por qué?

No se ha participado en un experimento científico, pues no ha habido control de variables. Se trata de una experiencia. Se podría transformar en experimento estudiando una variable (por ejemplo, color, o fabricante), manteniendo las otras constantes.

7 Con la densidad obtenida, ¿crees que flotará la plastilina en agua?

La densidad de la plastilina es mayor que la del agua, por lo que, a priori, no flota en ella. No obstante, depende de la forma que se le dé, pues si es, por ejemplo, una esfera, no flota, pero si se le da forma de barco sí puede flotar (ver actividad siguiente).

8  Busca en Internet «plastilina flota» y vuelve a la cuestión anterior.

Se pretende que el alumnado reflexione sobre la respuesta a la actividad anterior después de ver algún vídeo relacionado con lo comentado sobre la flotación de la plastilina.

Trabaja con lo aprendido

Página 36

Investigación científica

1 En el siguiente texto, identifica las etapas del método científico.

En la Grecia Antigua, el rey Hierón encargó una corona de oro y le quedó la duda de si el orfebre habría sustituido parte del oro por plata, o cobre. Pidió a Arquímedes que lo comprobase.

Arquímedes no sabía qué hacer. De haber sustituido oro por otros metales más ligeros la corona ocuparía más espacio, pero no sabía cómo medir su volumen.

Un día se sumergió en una tinaja y observó cómo rebosaba el agua, y en ese momento pensó que el volumen de un cuerpo coincide con el del agua que desplaza. Salió corriendo, desnudo, gritando «¡Eureka!».

Introdujo la corona en un recipiente con agua y midió el volumen de agua que desplazaba. Hizo lo mismo con un trozo de oro puro del mismo peso y... el rey ordenó ejecutar al orfebre.

Problema: ¿Había sustituido el orfebre parte del oro por otro metal? Hipótesis: De ser así, la corona ocuparía más volumen. Experimento: Comparó el agua que desplazaba la corona con la que desplazaba un trozo de oro de la misma masa. Resultados: La corona desplazaba más agua (ocupaba más volumen). Conclusiones: El orfebre había sustituido parte del oro por otro metal. (Nota. Se puede aprovechar para comentar la serendipia).

2  Repasa el método científico y describe alguna situación cotidiana en la que pienses que lo utilizas.

Pueden ser muchas. Por ejemplo, cuando algún dispositivo eléctrico no funciona, nuestra mascota enferma, o cuando encontramos en el mismo establecimiento dos productos igua-

les a distinto precio. En todos estos casos se emiten hipótesis, se contrastan y se extraen conclusiones basadas en los resultados obtenidos durante la contrastación.

3 Explica qué es una hipótesis, una ley y una teoría científicas. ¿Puede alguna de ellas convertirse en las otras? Razona tu respuesta.

Para las definiciones, repasar apartado 1.2. Las hipótesis pueden llegar a ser leyes o teorías. Las leyes no se pueden convertir en teorías, ni viceversa, por tratarse de tipos de conocimiento diferentes.

4 La ley de conservación de la energía establece que en un sistema aislado la energía se conserva. ¿Por qué se habla de «ley» y no de «teoría»?

Porque describe lo que ocurre en los fenómenos observados, pero no explica por qué ocurre.

5  Busca información sobre tu horóscopo y razona si se trata de conocimiento científico.

Es difícil encontrar la misma información en fuentes diferentes, hecho que no es acorde con el conocimiento científico. De cualquier modo, este conocimiento no es reproducible, ni sus conclusiones están basadas en pruebas, por lo que no se trata de conocimiento científico.

6 ¿Qué es «experimentar»? ¿Siempre que se utiliza un instrumento de medida se está experimentando? Razona tus respuestas.

Experimentar consiste en reproducir fenómenos con variables controladas. Medir, aunque forma parte de la experimentación, no es en sí experimentar.

7  Busca información sobre el agotamiento de recursos y analízala desde una perspectiva CTS, esto es, indica cómo intervienen la ciencia, la tecnología y la sociedad en esta problemática mundial.

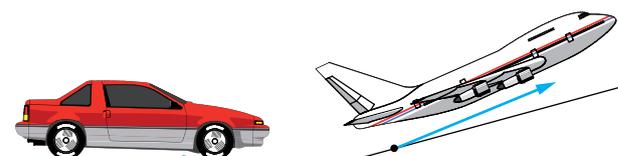
Respuesta abierta. En general, la ciencia busca nuevas formas de conseguir energía, la tecnología desarrolla dispositivos para conseguirlo y la sociedad demanda, o no, estas nuevas fuentes de energía.

Magnitudes físicas

8 Describe una situación cotidiana con la que demuestres que las fuerzas son magnitudes vectoriales.

Basta con aplicarla en direcciones y sentidos distintos y observar que sus efectos también lo son.

9 Describe los siguientes vectores.

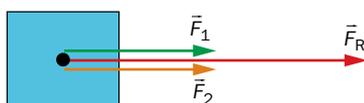


Se trata de proporcionar la dirección y sentido de cada uno, y comparar cualitativamente sus módulos.

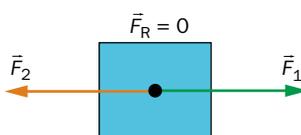
10 Dos personas empujan un objeto con sendas fuerzas del mismo módulo, $F = 90 \text{ N}$. Representa la fuerza resultante, \vec{F}_R , y calcula su módulo, si las fuerzas se ejercen en...

- a) ... la misma dirección y sentido.
- b) ... la misma dirección y sentidos contrarios.
- c) ... direcciones perpendiculares.

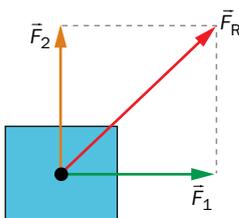
a) $F_R = F_1 + F_2 = 90 + 90 = 180 \text{ N}$



b) $F_R = F_1 - F_2 = 90 - 90 = 0$



c) $F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(90^2 + 90^2)} = 127,28 \text{ N}$



11 Indica a qué magnitudes corresponden los siguientes valores y exprésalos en el Sistema Internacional utilizando notación científica: a) 18 Gm; b) 11,6 μs ; c) 54 cg; d) 9,56 MN (si lo necesitas, consulta la separata que acompaña al libro).

- a) Longitud: $l = 18 \text{ Gm} = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ m}$.
- b) Tiempo: $t = 11,6 \mu\text{s} = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ s}$.
- c) Masa: $m = 54 \text{ cg} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$.
- d) Fuerzas: $F = 9,56 \text{ MN} = 9,56 \cdot 10^6 \text{ N}$.

12 La aceleración de la gravedad terrestre la podemos encontrar expresada en m/s^2 y en N/kg . Comprueba que en ambos casos tiene la misma ecuación de dimensiones.

Como la ecuación dimensional de la fuerza es $[F] = \text{M} \cdot \text{L} \cdot \text{T}^{-2}$ y el newton es $\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ y resulta $\text{N/kg} = \text{m/s}^2$.

13 La ecuación física que describe el comportamiento de los gases ideales es:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

en la que p es la presión; V , el volumen; n , la cantidad de sustancia, y T , la temperatura del gas. Determina la ecuación de dimensiones de la constante de los gases, R .

Si sustituimos en la expresión cada magnitud por sus dimensiones se obtiene (ver actividad 28 de los epígrafes):

$$[p] \cdot [V] = [n] \cdot [R] \cdot [T] \rightarrow \text{M} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{L}^3 = \text{N} \cdot [R] \cdot \theta \rightarrow [R] = \text{M} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{T}^{-2} \cdot \text{N}^{-1} \cdot \theta^{-1}$$

- 14** Este curso estudiarás la ecuación general de la hidrostática: $p = d \cdot g \cdot h$ (p : presión; d : densidad; g : aceleración de la gravedad; h : profundidad). Comprueba su homogeneidad dimensional.

Para comprobar la homogeneidad dimensional de la ecuación, determinamos la ecuación de dimensiones de los dos miembros:

$$[p] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

$$[d] \cdot [g] \cdot [h] = M \cdot L^{-3} \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

Los dos miembros tienen la misma ecuación de dimensiones, por lo que la ecuación general de la hidrostática es dimensionalmente homogénea.

Página 37

Medida de magnitudes físicas

- 15** Con una balanza antigua se mide la masa de una pesa que marca 50 g, obteniendo un valor $m = 53,3$ g. ¿Qué error relativo se ha cometido?

Para calcular el error relativo, en primer lugar se determina el absoluto, como diferencia entre la medida obtenida y el valor real:

$$\varepsilon_a = 53,3 \text{ g} - 50 \text{ g} = 3,3 \text{ g}$$

El error relativo se obtiene dividiendo el error absoluto entre el valor real:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{m} = \frac{3,3 \text{ g}}{50 \text{ g}} = 0,066 = 6,6 \%$$

- 16** Indica cuáles de las siguientes medidas están mal expresadas, y exprésalas correctamente: a) $t = 3,45 \pm 0,01$ s. b) $V = 123 \pm 2,5$ mL. c) $l = 3,46 \pm 0,1$ cm.

Están mal expresadas b) y c). La primera porque el error tiene más de una cifra significativa, y la segunda porque el valor de la medida tiene más cifras decimales que el error. La expresión correcta de estas medidas es:

b) $V = 123 \pm 3$ mL. c) $l = 3,5 \pm 0,1$ cm.

- 17** Se realizan tres medidas de la masa de un objeto ($\varepsilon_a = 0,1$ g): $m_1 = 45,8$ g, $m_2 = 45,6$ g; $m_3 = 46,1$ g. ¿Cuál es el resultado final de la medida?

Para obtener el resultado final de la medida se calcula la media aritmética de las medidas individuales y la dispersión estadística:

$$\bar{m} = \frac{45,8 \text{ g} + 45,6 \text{ g} + 46,1 \text{ g}}{3} = 45,8\hat{3} \text{ g}$$

$$\Delta m = 0,1453 \text{ g}$$

Como la dispersión estadística, redondeada a una cifra decimal, coincide con la sensibilidad del instrumento de medida (0,1 g), será este valor el del error a considerar, y el resultado de la medida es:

$$m = 45,8 \pm 0,1 \text{ g}$$

Análisis de datos experimentales

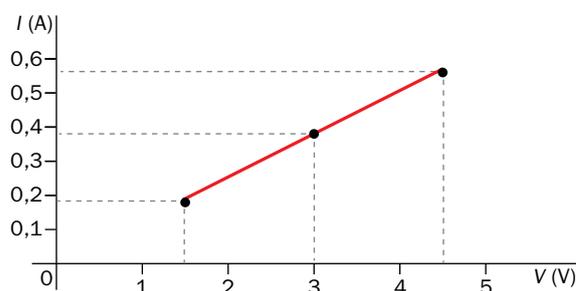
- 18** En una práctica de laboratorio se realizan, para tres voltajes distintos, tres medidas de la intensidad que circula por una lámpara incandescente. A partir de ella, extrae la ley física que relaciona estas magnitudes, y exprésala en lenguaje verbal, matemático y gráfico:

V (V)	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)
1,5	0,17	0,19	0,18
3	0,38	0,36	0,39
4,5	0,55	0,56	0,57

En primer lugar se calcula la media de las intensidades obtenidas para cada voltaje, redondeada a la centésima:

V (V)	\bar{I} (A)
1,5	0,18
3	0,38
4,5	0,56

Al representar estos datos (I - V) se obtiene una relación lineal entre la intensidad y el voltaje:



Se puede afirmar, pues, que la intensidad que circula por la lámpara es directamente proporcional al voltaje que se aplica. En lenguaje matemático:

$$I = k \cdot V$$

Conviene hacer hincapié en que la representación gráfica, el enunciado y la ecuación física son tres modos de expresar la misma ley física.

- 19** La presión es directamente proporcional a la fuerza aplicada, e inversamente proporcional a la superficie sobre la que se aplica. Expresa esta definición en lenguaje matemático y gráfico.

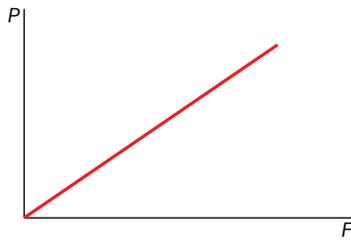
En lenguaje matemático, la expresión adopta la forma:

$$p = \frac{F}{S}$$

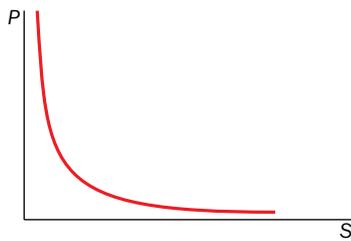
Donde p es la presión; F , la fuerza, y S , la superficie.

En lenguaje gráfico, al tratarse de dos relaciones de proporcionalidad hay que representar dos gráficas, como veremos a continuación.

a) S constante:



b) F constante:



20 ¿A qué tipo de movimiento corresponde cada una de las gráficas siguientes?

Las dos gráficas superiores corresponden a un m.r.u., y las dos inferiores, a un m.r.u.a.

Recuerda que...

Página 41

- 1 En cursos anteriores se estudiaron los aciertos y los inconvenientes actuales de la teoría atómica de Dalton. Prepara un breve trabajo acerca de ellos.**

Se trata de que el alumno elabore un resumen basado en las ideas de las imágenes sobre los inconvenientes actuales de la teoría de Dalton del curso anterior, que son: existencia de isótopos, suposición errónea de proporción 1:1 para los compuestos formados por átomos de dos elementos químicos y la posibilidad de transmutar un átomo de un elemento químico en otro.

- 2 Cuando se calcula la masa de un átomo, se suele despreciar la contribución de los electrones. Explica por qué es así, teniendo en cuenta los datos de la tabla de la página anterior.**

La masa de los electrones se desprecia porque es cuatro órdenes de magnitud inferior a la de protones y neutrones.

- 3 Repasa el recuadro de la página anterior sobre las leyes ponderales y explica lo que se observa en cada ilustración.**

En la primera figura se observa que los átomos de los reactivos se combinan para dar los productos de la reacción; por ello, la masa de reactivos es igual a la masa de productos.

En la segunda figura se observa que la proporción en la que se combinan las masas de dos reactivos es constante, y viene determinada por la composición de cada molécula o unidad fundamental de productos.

1 Los primeros modelos atómicos

Página 43

- 4 Asocia los resultados experimentales de Crookes y Thomson con las características del electrón.**

Se trata de relacionar los resultados de los experimentos con las características del electrón:

Los electrones tienen masa porque los rayos catódicos mueven un molinillo. Los electrones tienen carga eléctrica negativa porque los rayos catódicos se aproximan a una placa con carga positiva.

- 5 Según el modelo atómico de Thomson, ¿cuál es el menor valor de carga eléctrica que se puede aislar?**

El menor valor de carga eléctrica que se puede aislar es la del electrón, $1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

6  ¿Cuál de los siguientes fenómenos se puede explicar a partir del modelo atómico de Thomson?

- a) La formación de iones.
- b) La existencia de isótopos.
- c) Las reacciones nucleares.

a) La formación de iones, pues este modelo explica que los átomos puedan intercambiar electrones.

7  Explica cuál es la parte especulativa del modelo atómico de Thomson.

La parte especulativa de este modelo está relacionada con la forma en la que se reparte la carga positiva en un átomo. Thomson supuso, sin basarse en ninguna evidencia experimental, que la carga positiva estaba distribuida de manera uniforme por todo el átomo.

8  Busca información acerca del experimento de Millikan y prepara un trabajo sencillo que lo explique; acompáñalo de los dibujos que consideres más adecuados.

Se puede consultar información en http://physics-animations.com/Physics/English/mill_tmp.htm.

9  Según Rutherford, el núcleo del átomo es un lugar muy pequeño, donde se concentran todos los protones con carga positiva. Al comparar la masa de los protones con la del núcleo, se postuló que tenía que existir otra partícula, el neutrón, que fue descubierto por Chadwick en 1932. Trabaja en grupo y responde a la pregunta:

¿Por qué crees que los protones en el núcleo no se repelen unos a otros?

Con esta actividad se persigue que los grupos de alumnos y alumnas fortalezcan su pensamiento creativo. No se pretende que conozcan la interacción nuclear fuerte, sino que concluyan que tiene que existir otra interacción, a parte de la electrostática, que mantenga unidas las partículas del núcleo del átomo. Se puede complementar la información, una vez concluido el debate, con una breve exposición sobre esta interacción.

2 Los espectros atómicos y el modelo de Bohr

Página 45

Trabaja con la imagen

¿Por qué crees que se han representado los escalones de diferente altura? ¿Cuántos saltos entre escalones habría en la escalera del dibujo?

Los escalones se representan con distintas alturas porque cada salto entre dos niveles de energía en el átomo no tiene el mismo valor que los demás. El número de saltos al nivel 2 desde niveles superiores se obtiene sumando $4 + 3 + 2 + 1$, es decir, 10.

10 Explica qué significa que una órbita sea estacionaria.

Una órbita es estacionaria si en ella el electrón ni emite ni absorbe energía.

- 11**  **Relaciona cada modelo atómico con la evidencia experimental que llevó a que se propusiera.**

El modelo de Thomson se relaciona con las experiencias con tubos de rayos catódicos, de las que se concluye que existen partículas cargadas negativamente en los átomos que puede ser extraídos de estos. El modelo de Rutherford tiene su origen en los experimentos de bombardeo de partículas alfa, de los que se concluye que la mayor parte del átomo está vacía y que la carga positiva se concentra en un lugar pequeño de este. El modelo atómico de Bohr se relaciona con las líneas de los espectros atómicos, y explica que la energía que absorbe o emite un electrón al pasar de una órbita estacionaria a otra.

- 12** **Explica por qué los espectros atómicos son de líneas, es decir, por qué no son continuos.**

Los espectros atómicos son de líneas porque cada una de estas corresponde a un salto entre niveles de energía, y no es posible cualquier valor de energía, sino solo unos pocos.

- 13** **¿Podrían existir más líneas en el espectro de hidrógeno con valores de energía diferentes? En caso afirmativo, ¿a qué salto de energía corresponderían?**

Podrían existir las líneas correspondientes a los saltos al primer nivel de energía.

- 14** **Indica si esta afirmación es verdadera o falsa y explica por qué: «Para hacer que un electrón pase del nivel $n = 2$ al $n = 3$ es necesario que absorba energía».**

Es verdadera. El electrón tiene que absorber la energía correspondiente a la diferencia de energía entre esos dos niveles.

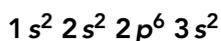
3 Modelo cuántico del átomo

Página 47

- 15**  **Explica la diferencia entre órbita y orbital.**

La órbita es la trayectoria que llevaría un electrón alrededor del núcleo, mientras que el orbital no se refiere a una línea, sino a una región del espacio donde la probabilidad de encontrar un electrón es muy alta.

- 16** **Indica cuántos electrones tiene un átomo si su configuración electrónica es:**



Sumando los superíndices tenemos 12 electrones.

- 17** **Indica cuántos orbitales quedan ocupados en el último nivel de energía de un átomo cuya configuración electrónica es: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$. ¿Qué regla has utilizado?**

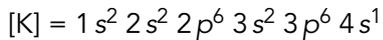
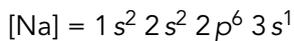
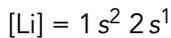
Al haber tres electrones en los orbitales p podríamos pensar que se llena uno de ellos, otro queda semilleno y el tercero queda vacío. Sin embargo, si aplicamos la regla de la máxima multiplicidad observamos que cada electrón queda en un orbital; por tanto, los tres orbitales p quedan ocupados (además del orbital s del mismo nivel).

Página 48

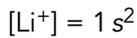
- 18**  **Explica por qué es posible tener dos electrones en un orbital $2s$ y seis en los orbitales $2p$.**

La diferencia en el número de electrones en los orbitales s y p es el número de orbitales de cada una de estas dos clases que existen. Mientras que del tipo s solo hay un orbital, del tipo p hay tres, por ello se pueden albergar hasta seis en estos últimos.

- 19** Escribe la configuración electrónica de los átomos neutros de litio ($Z = 3$), sodio ($Z = 11$) y potasio ($Z = 19$).



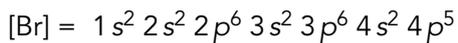
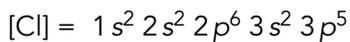
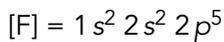
- 20** Escribe la configuración electrónica del catión Li^+ .



- 21** Explica por qué en el nivel $n = 4$ puede haber hasta 32 electrones.

Porque en este nivel hay orbitales tipo s (2 electrones), tipo p (6 electrones), tipo d (10 electrones) y tipo f (14 electrones). Sumando el número de electrones obtenemos 32 electrones.

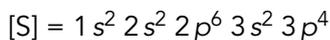
- 22**  Escribe la configuración electrónica de los átomos neutros de flúor ($Z = 9$), cloro ($Z = 17$) y bromo ($Z = 35$). Extrae conclusiones.



Todos ellos tienen la misma configuración electrónica para sus electrones de valencia.

- 23** Dibuja un diagrama representando los orbitales mediante círculos y los electrones mediante flechas en el que aparezcan los electrones de valencia del azufre ($Z = 16$).

La configuración electrónica del azufre es:



Por lo que sus electrones de valencia son:



4 El Sistema Periódico de los elementos químicos

Página 49

Trabaja con la imagen

Busca información en Internet acerca de los nombres tradicionales de algunos de los grupos de la Tabla Periódica.

Algunos de los que se pueden encontrar fácilmente son: halógenos (grupo 17), calcógenos (grupo 16), nictógenos (grupo 15), metales alcalino-térreos (grupo 2) y metales alcalinos (grupo 1, salvo el hidrógeno).

Página 50

Trabaja con la imagen

La gráfica inferior muestra el patrón de variación de AE y EI en la Tabla Periódica; sin embargo, los gases nobles no siguen este patrón, ya que no suelen formar iones y no se enlazan. Averigua por qué es así; con ello adelantarás contenidos de la siguiente unidad.

Los átomos de los gases nobles tienen completos los orbitales ocupados, lo que les confiere una gran estabilidad; esto hace que no formen iones ni se enlacen con otros átomos.

24 Indica el número de elementos que tiene cada período del Sistema Periódico.

Primer período: dos elementos; segundo período: 8 elementos; tercer período: 8 elementos; cuarto período: 18 elementos; quinto período: 18 elementos; sexto período: 32 elementos, y séptimo período: 32 elementos.

25  Clasifica los siguientes elementos en metales, no metales, semimetales o gases nobles: potasio, hierro, cromo, silicio, cloro y argón.

Potasio, hierro y cromo son metales; el silicio es un semimetal; el cloro, un no metal, y el argón, un gas noble.

26  Busca información acerca de la biografía de H. Moseley y reflexiona acerca de la implicación de la participación de científicos en conflictos bélicos.

Se puede consultar la biografía de Moseley en http://www.ecured.cu/Henry_Moseley o <http://www.fisicanet.com.ar/biografias/cientificos/m/moseley.php>, entre otras.

27 Ordena estos elementos por afinidad electrónica creciente: Ca, Se, Ga, Br y Cu.

Ca, Cu, Ga, Se, Br.

28 ¿Por qué un elemento con elevada energía de ionización no tiende a formar cationes?

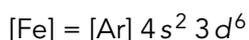
Porque debe ponerse en juego una energía elevada para conseguir la formación del catión.

Página 51

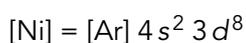
Trabaja con la imagen

Con la ayuda de la Tabla Periódica ubica los elementos Fe, Ni, Au y Hg, escribe su configuración electrónica y relaciona la configuración electrónica de sus electrones de valencia con lo predicho en la imagen.

Hierro, Fe: grupo 8, cuarto período.



Níquel, Ni: grupo 10, cuarto período.



Oro, Au: grupo 11, sexto período.



Mercurio, Hg: grupo 12, sexto período.



- 29**  Escribe la configuración electrónica de estos elementos representativos e indica su posición en la Tabla Periódica: potasio ($Z = 19$), neón ($Z = 10$), aluminio ($Z = 13$) y azufre ($Z = 16$).

[K] = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$; cuarto período, grupo 1.

[Ne] = $1s^2$; primer período, grupo 18.

[Al] = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$; tercer período, grupo 13.

[S] = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$; tercer período, grupo 16.

- 30** Escribe la configuración electrónica acortada e indica los electrones de valencia del fósforo ($Z = 15$), estaño ($Z = 50$), yodo ($Z = 53$) y francio ($Z = 87$).

[P] = [Ne] $3s^2 3p^4$, seis electrones de valencia.

[Sn] = [Kr] $5s^2 5p^2$, cuatro electrones de valencia.

[I] = [Kr] $5s^2 5p^5$, siete electrones de valencia.

[Fr] = [Rn] $7s^1$, un electrón de valencia.

- 31** De los elementos de los ejercicios anteriores, indica cuáles tenderán a formar cationes y cuáles aniones.

Estaño y francio tenderán a formar cationes, mientras que fósforo y yodo tenderán a formar aniones.

- 32**  El elemento de configuración electrónica terminada en $4s^2 3d^6$, ¿es metal, no metal o gas noble?

Se trata de un metal del grupo 8, que pertenece al cuarto período; es decir, se trata del hierro.

- 33**  Indica el nombre y el símbolo de los elementos cuyos electrones de valencia son: a) $3s^2 3p^2$, b) $2s^2$, c) $4s^2 4p^5$, d) $3s^2 3p^6$. ¿Cuáles son gases nobles?

a) Silicio, Si. b) Berilio, Be. c) Bromo, Br. d) Argón, Ar.

5 Masas atómicas

Página 52

- 34** El boro tiene dos isótopos estables, B-10 y B-11. Utilizando la definición de masa teórica del átomo, y sabiendo que las abundancias relativas de estos isótopos son 19,78% y 80,22% respectivamente, calcula la masa atómica promedio del boro.

Seguimos los pasos indicados en el *Ejercicio resuelto* 2. La masa de cada isótopo, en unidades de masa atómica, es su número másico:

$$m_{B-10} = 10 \text{ u} ; m_{B-11} = 11 \text{ u}$$

La contribución de cada isótopo a la masa atómica promedio viene dada por su abundancia relativa:

$$\text{B-10: } \frac{10 \text{ u} \cdot 19,78}{100} = 1,978 \text{ u}$$

$$\text{B-11: } \frac{11 \text{ u} \cdot 80,22}{100} = 8,8242 \text{ u}$$

La masa atómica promedio del boro es la suma de estas contribuciones:

$$m_B = 1,978 \text{ u} + 8,8242 \text{ u} = 10,8022 \text{ u}$$

35 Calcula la abundancia relativa de los isótopos del cloro sabiendo que son dos, cuyas masas atómicas reales son 34,97 u y 36,97 u, y que la masa atómica promedio del cloro es 35,45 u.

Para resolver este ejercicio debemos tener en cuenta que, al tratarse de abundancias relativas, su suma debe ser el 100%. Si llamamos A al isótopo de menor masa, y x a su abundancia relativa, y B al isótopo de mayor masa e y a su abundancia relativa, podemos escribir la ecuación para la contribución de cada isótopo a la masa atómica promedio:

$$\left. \begin{array}{l} \text{A: } \frac{34,97 \text{ u} \cdot x}{100} \\ \text{B: } \frac{36,97 \text{ u} \cdot y}{100} \end{array} \right\} \frac{34,97 \cdot x}{100} + \frac{36,97 \cdot y}{100} = 35,45 \text{ u}$$

Como $x + y = 100$, podemos despejar x y sustituir en la ecuación anterior:

$$x = 100 - y$$

$$34,97 \cdot (100 - y) + 36,97 \cdot y = 35,45 \cdot 100$$

$$3497 + y \cdot (36,97 - 34,97) = 3545$$

$$y = 24 \rightarrow x = 100 - 24 = 76$$

Las abundancias de los isótopos de 34,97 u y 36,97 u son, respectivamente, del 76% y 24%.

36 Explica por qué los valores de las masas isotópicas de la actividad anterior no son valores enteros de la unidad de masa atómica.

No se obtienen valores enteros en el cálculo de la masa atómica promedio porque se trata de una media, no de la representación de un átomo que exista en realidad.

NOTA: Se puede completar la respuesta de esta actividad mencionando la energía de enlace de los nucleones, como se ha comentado en las sugerencias metodológicas.

Las TIC te ayudan a fijar conocimientos: modelos atómicos

Página 54

- 1** Al colocar los electrones en el modelo, este no permite más de dos electrones en la primera capa, ¿a qué crees que es debido?

En el primer nivel de energía solo hay un orbital tipo *s*, por lo que únicamente se pueden albergar dos electrones.

- 2** Desactiva la visualización de toda la información de la derecha de la página e indica de qué átomo, o ion, se trata (escribiendo su símbolo, número atómico y másico y carga neta):

a) 6 protones, 8 neutrones y 6 electrones.

b) 7 protones, 8 neutrones y 8 electrones.

Comprueba tus resultados activando la información del lado derecho de la aplicación y escribe las configuraciones electrónicas de los átomos.

Trabajo individual del alumno, que puede comprobar con la aplicación.

- 3** Busca información sobre el isótopo del carbono del primer apartado de la actividad anterior y de la utilidad que tiene el hecho de que sea inestable.

Se trata del carbono 14, que se utiliza para datación de restos orgánicos. Se puede encontrar información sencilla en <http://naukas.com/2010/10/18/el-carbono-14-para-torpes/>.

Página 55

- 4** Utiliza el modelo de Bohr y selecciona la opción de luz blanca, activa las opciones *Mostrar espectro* y *Mostrar diagramas de energía*. Observa lo que ocurre cuando un fotón de energía suficiente incide sobre el electrón que está orbitando en el primer nivel de energía. Descríbelo con el detalle que puedas. Observa que puedes acelerar el proceso utilizando la barra inferior.

Se trata con esta actividad de que el estudiante relacione la absorción de un fotón con la transición electrónica de un nivel inferior a uno superior.

- 5** Reinicia el espectro que has grabado en la actividad anterior y selecciona luz monocromática. Observa y describe lo que ocurre cuando utilizas luz de estos valores de longitud de onda: 94, 440 y 700 nm.

Recuerda reajustar el espectro entre cada observación correspondiente a los distintos valores de longitud de onda.

A continuación, responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Para qué valor de longitud de onda ocurren transiciones electrónicas entre niveles de energía?
- b) ¿Cuál de los tres valores de longitud de onda corresponde al mayor valor de energía?
- c) ¿Son todos los fotones emitidos del mismo valor de energía?
- d) ¿Qué conclusiones puedes extraer?

Solo se producen transiciones electrónicas al utilizar la longitud de onda del UV. El valor señalado en el enunciado, 94 nm, corresponde al salto desde $n = 1$ a $n = 6$. Se puede com-

pletar la actividad utilizando las longitudes de onda de absorción del hidrógeno (122, 105 y 97 nm).

a) Para la menor. b) 94 nm. c) No. d) Cuando un electrón pasa desde el nivel 6 a otro nivel inferior, el fotón emitido depende de los niveles entre los que se esté efectuando el salto electrónico.

Taller de ciencias

Página 56

Organizo las ideas

A: mecanocuántico; B: orbitales; C: d; D: 6; E: 10; F: 14.

Trabajo práctico

Página 57

1 Al conectar los bornes secundarios del tubo de rayos catódicos se produce una diferencia de potencial.

a) ¿En qué otro contexto has utilizado la magnitud diferencia de potencial? ¿Cómo se relaciona con la intensidad de corriente que recorre un conductor?

b) A partir de lo observado y de los conocimientos que has utilizado para responder a la pregunta anterior, ¿qué conclusión obtienes acerca de la naturaleza de los rayos catódicos?

a) La diferencia de potencial o voltaje es una de las magnitudes que se miden en un circuito eléctrico. Se relaciona con la intensidad de corriente a través de la ley de Ohm, que indica que la intensidad de corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

b) Los rayos catódicos son una corriente eléctrica.

2 Como ya sabemos, alrededor de todo imán existe un campo magnético y, además, los campos magnéticos y las corrientes eléctricas interactúan. A partir de esta idea, explica lo que ha sucedido al acercar el imán al tubo de rayos catódicos.

Al acercar el imán al tubo los rayos se desvían, pues se trata de cargas en movimiento que pueden interactuar con un campo magnético.

3 Repasa las ideas fundamentales del modelo atómico de Bohr y responde las siguientes cuestiones:

a) ¿Qué es un átomo en estado excitado?

b) ¿Cómo crees que están los átomos de los gases encerrados en tubos de descarga al someterlos al voltaje del carrete de Ruhmkorff?

c) ¿Por qué cada gas emite una luz de diferente color?

a) Un átomo cuyos electrones no se encuentran en el mínimo nivel de energía posible.

b) Los átomos, al someterse a ese voltaje, están en estado excitado.

c) Porque los saltos electrónicos son diferentes en cada átomo.

Trabaja con lo aprendido

Página 58

Los primeros modelos atómicos

- 1 Explica cómo llegó Thomson a la conclusión de que los electrones tienen carga eléctrica y es negativa.

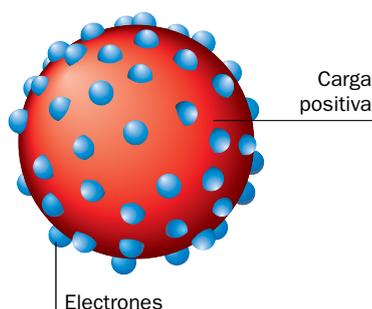
Thomson concluyó que los electrones tenían carga negativa porque los rayos catódicos, que son chorros de electrones, eran atraídos por una placa con carga positiva.

- 2 Explica cómo se llegó a la conclusión de que los electrones eran partículas constituyentes de la materia, presentes en todos los átomos.

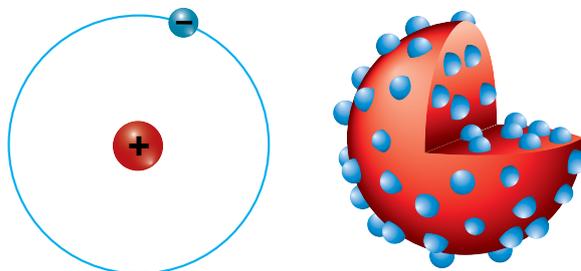
Los electrones son partículas con masa porque los rayos catódicos mueven las aspas de un molinillo.

- 3 Representa gráficamente el modelo atómico de Thomson.

El modelo atómico de Thomson se representa como una esfera maciza, con carga positiva, en la que aparecen incrustados los electrones, con carga negativa.



- 4 ¿Cuál de las siguientes representaciones del átomo corresponde al modelo atómico de Rutherford? Argumenta tu respuesta.



Se trata de la primera figura, en la que se ha representado el modelo nuclear del átomo, consistente con las observaciones realizadas por Rutherford y sus colaboradores en el experimento de bombardeo de oro con partículas alfa.

- 5 Explica cuál es la parte especulativa del modelo de Rutherford.

La parte especulativa de este modelo es el movimiento del electrón alrededor del núcleo.

- 6 Explica por qué en los experimentos que dieron como resultado el descubrimiento del electrón no se produjo la transmutación de un elemento químico en otro, mientras que en los que condujeron al descubrimiento del protón sí.**

Para que ocurra una transmutación de elemento químico es preciso que se altere el número de protones de su núcleo. En los experimentos con rayos catódicos la energía empleada es inferior a la necesaria para producir este efecto; sin embargo, en los experimentos realizados por Rutherford en el descubrimiento del protón sí se accedía al núcleo del átomo, consiguiéndose la emisión de esta partícula subatómica y la consecuente transmutación del átomo.

- 7 En el experimento de Millikan, resultó fundamental que las gotas de aceite presentaran carga negativa. Para ello se utilizó una radiación ionizante. Explica, recordando lo que sabes de cursos anteriores o buscando información, qué significa ionizante.**

Una radiación ionizante es aquella que provoca la ionización de la materia, es decir, el intercambio efectivo y permanente de electrones, para que se dé la formación de iones.

- 8 ¿Cuál es el menor valor posible de carga eléctrica que se pueda aislar? Exprésalo en un submúltiplo adecuado del coulombio.**

La carga correspondiente a un electrón: $1,6 \cdot 10^{-7}$ pC.

- 9 Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F) y explica por qué:**

a) La formación de iones es un fenómeno que solo se puede explicar con el modelo atómico de Rutherford.

b) Cualquier modelo atómico explica cualquier fenómeno relacionado con los átomos.

c) En el modelo atómico de Thomson no se contempla que el átomo tenga ninguna parte con carga positiva.

d) La radiación alfa, al igual que los electrones, está cargada eléctricamente con carga positiva.

a) Falsa. El modelo de Thomson, y los posteriores al de Rutherford, también lo explican.

b) Falsa. Cada modelo explica los fenómenos en los que se basa.

c) Falsa. En este modelo el átomo es una esfera con carga positiva en la que se encuentran incrustados los electrones.

d) Falsa. Los electrones tienen carga negativa.

- 10 Elabora una línea temporal en la que aparezcan los descubrimientos de las partículas subatómicas. Incluye en ese esquema las características más relevantes de cada una de ellas.**

En la línea temporal deben aparecer los siguientes hitos:

– 1897: Thomson descubre el electrón (partícula con masa despreciable y carga $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C).

– 1919: Rutherford descubre el protón (partícula con carga opuesta a la del electrón y masa aproximada de 1 u).

– 1932: Chadwick descubre el neutrón (partícula sin carga eléctrica y masa similar a la del protón).

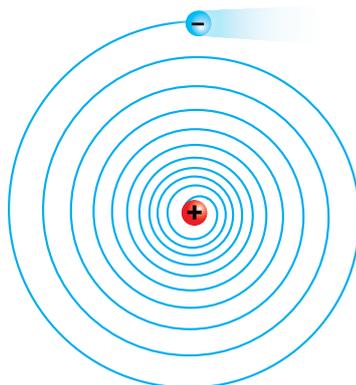
- 11 ¿Son todas las partículas subatómicas elementales? Razona tu respuesta.**

Falsa. Solo son elementales los electrones. Protones y neutrones están a su vez constituidos por otras partículas.

- 12 Indica cuál es el principal inconveniente del modelo atómico de Rutherford y cuál es su mayor aportación al conocimiento del átomo.**

El principal inconveniente de este modelo es que no es consistente, pues el electrón en su movimiento iría perdiendo energía y acabaría colisionando con el núcleo. La mayor aportación de este modelo es la existencia del núcleo atómico.

13 Indica qué representa esta figura en relación al modelo atómico de Rutherford:



Representa la inconsistencia del modelo.

Los espectros atómicos y el modelo atómico de Bohr

14 Explica cuál es la diferencia entre un espectro continuo, como el arco iris, y un espectro de líneas, como los espectros atómicos.

La diferencia se encuentra en el aspecto del espectro; en un espectro continuo no se obtiene una diferencia nítida en todo el intervalo de energía, mientras que los espectros atómicos son espectros de líneas nítidas y diferenciadas.

15 Explica qué significa la siguiente oración: «La energía en el átomo está cuantizada».

Significa que la energía no tiene cualquier valor en un intervalo continuo, sino solo unos pocos posibles.

16 Si sobre un átomo en estado fundamental, incide energía de valor superior al necesario para realizar la primera transición electrónica, ¿se producirá la transición electrónica entre esas dos órbitas? Explica tu respuesta.

No, es preciso que la energía corresponda a la diferencia de energías entre las dos órbitas.

17 Indica si las siguientes afirmaciones acerca del modelo atómico de Bohr son verdaderas (V) o falsas (F), razonando tus respuestas.

- El electrón describe un movimiento orbital alrededor del núcleo.
- En su movimiento orbital alrededor del núcleo el electrón emite energía.
- Al pasar de una órbita a otra más alejada del núcleo, el electrón siempre emite energía.
- Para que un átomo se encuentre en estado excitado debe haber absorbido previamente al menos una determinada cantidad de energía.

Según el modelo atómico de Bohr:

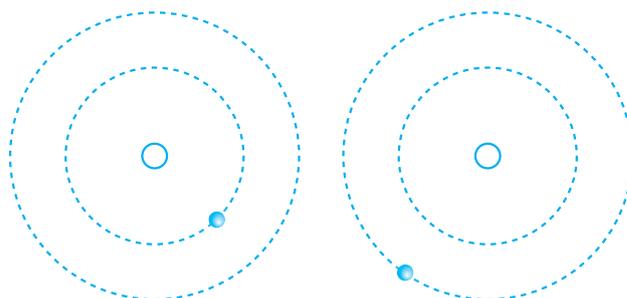
- Verdadera.
- Falsa. En una órbita estacionaria no se emite energía.
- Falsa. Para que ocurra la transición descrita el electrón ha de ganar energía.
- Verdadera.

Página 59

- 18** Explica las diferencias entre el modelo atómico de Rutherford y el de Bohr, utiliza para ello las siguientes palabras: **órbitas, energía, continuo, estacionarias.**

La principal diferencia entre estos dos modelos radica en la descripción de la energía de la corteza del átomo; en el modelo de Rutherford se suponía que la energía tenía un valor continuo, mientras que en el modelo de Bohr se asume que está cuantizada, es decir, que solo son posibles ciertas órbitas, denominadas estacionarias.

- 19** ¿Qué significa que un átomo se encuentre en estado fundamental? ¿Emitiría energía en ese estado? Indica cuál de las dos representaciones corresponde a un átomo en estado fundamental:



En su estado fundamental, los electrones se encuentran en el mínimo valor de energía posible. No se emite energía en este estado. Se trata de la primera figura.

El modelo cuántico del átomo

- 20** Responde brevemente a estas preguntas sobre el modelo cuántico del átomo:
- Nombra los tipos de orbitales que conoces.
 - ¿Cuántos orbitales diferentes se pueden encontrar en el nivel $n = 3$?
 - ¿Cuántos electrones puede albergar un orbital?
 - ¿Cuántos electrones se pueden encontrar en el nivel $n = 2$? ¿En qué orbitales está cada uno de ellos?
- a) s , p , d y f . b) Tres. c) Dos. d) Ocho: dos en el orbital s y seis en los orbitales p .
- 21** Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas y corrige las que sean falsas:
- Un orbital describe la trayectoria de un electrón con precisión.
 - En cada orbital se pueden encontrar como máximo cuatro electrones.
 - Existen tres orbitales del tipo p y nueve del tipo f .
 - Si un átomo en estado fundamental tiene el nivel 2 lleno, tiene diez electrones.
- a) Falsa, se trata de una región del espacio donde la probabilidad de encontrar un electrón es muy alta.
 b) Falsa, en cada orbital se pueden albergar dos electrones.
 c) Falsa, solo hay siete orbitales f .
 d) Verdadera.

22 Indica qué está mal en estos diagramas de cajas:

- a) $\uparrow\uparrow$ Orbital 2s.
 b) $\uparrow\uparrow\uparrow$ Orbitales 1p.
 c) $\uparrow\downarrow\uparrow$ Orbitales 2p.

- a) La representación de las flechas, ya que una de ellas se debe representar en sentido contrario.
 b) Se trata de otro nivel de energía, pues en el primero no hay orbitales tipo p.
 c) No se cumple la regla de máxima multiplicidad.

23 Corrige, si fuera necesario, las siguientes configuraciones electrónicas:

- a) $1s^2 2s^2 2p^8 3s^2$.
 b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$.
 c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4p^6$.
 d) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$.
 a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$.
 b) Es correcta.
 c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$.
 d) Es correcta.

24 Escribe la configuración electrónica de los siguientes elementos químicos:

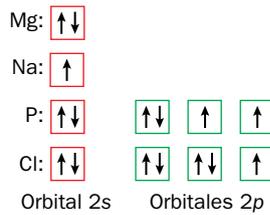
- a) Boro, $Z = 5$.
 b) Aluminio, $Z = 13$.
 c) Oxígeno, $Z = 8$.
 d) Silicio, $Z = 14$.
 a) [B] = $1s^2 2s^2 2p^1$
 b) [Al] = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
 c) [O] = $1s^2 2s^2 2p^4$
 d) [Si] = $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

25 Indica cuántos electrones de valencia tienen el litio, el sodio, el potasio y el rubidio. Escribe para ello su configuración electrónica, completando la tabla:

Elemento	Z	Configuración electrónica	Nº de electrones de valencia
Li	3		
Na	11		
K	19		
Rb	37		

Elemento	Z	Configuración electrónica	Nº de electrones de valencia
Li	3	$1s^2 2s^1$	1
Na	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	1
K	19	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	1
Rb	37	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1$	1

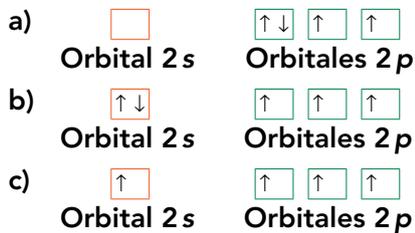
26 Dibuja un diagrama de cajas para representar los electrones de valencia del magnesio, el sodio, el fósforo y el cloro.



- 27** Indica si estas afirmaciones son verdaderas o falsas, y corrige las que sean falsas:
- Un electrón situado en un orbital $2p_x$ tiene menos energía que uno situado en un $2p_z$.
 - El llenado de los orbitales $5d$ se produce cuando se ha completado el llenado de los orbitales $4f$.
 - La energía de los orbitales del tipo s es siempre la menor dentro de un nivel principal de energía.
 - En el nivel $n = 4$ hay tres tipos de orbitales diferentes.
 - Falsa. Los electrones tienen la misma energía en todos los orbitales p de un mismo nivel.
 - Verdadera.
 - Verdadera.
 - En el nivel $n = 4$ hay cuatro tipos de orbitales.

Página 60

28 Indica cuál, o cuáles, de los siguientes diagramas de cajas corresponde a un estado excitado.



Los diagramas a y c (un estado excitado es aquel cuya configuración electrónica no corresponde al estado fundamental o de mínima energía).

29 El proceso de formación de iones pasa por la ganancia o pérdida de electrones. A partir de la configuración electrónica de los siguientes iones, indica qué carga eléctrica tendrán. En cada caso, después de la configuración electrónica de cada ion se ha indicado el elemento químico al que corresponde.

- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$; $Z_{Ca} = 20$.
 - $1s^2 2s^2 2p^6$; $Z_{Na} = 11$.
 - $1s^2 2s^2 2p^6$; $Z_{Al} = 13$.
 - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$; $Z_{Cl} = 17$.
- a) Ca^{2+} . b) Na^+ . c) Al^{3+} . d) Cl^- .

30 A partir de los resultados de la actividad anterior, indica si es posible identificar el elemento químico al que pertenece un ion por su configuración electrónica.

No es posible. Para identificar un elemento químico necesitamos conocer el número de protones de su núcleo.

El Sistema Periódico y las propiedades periódicas

31 En la tabla siguiente se recogen los grupos 13 a 16 de la Tabla Periódica. Corrige los errores que encuentres en ella.

B	Ca	Ni	O
Ga	Si	P	A
In	Sn	Ar	Se
Ta	Ge	Sb	Po
Al	Pb	Bi	Te

Consúltase el Sistema Periódico.

32 Escribe la configuración electrónica de los electrones de valencia de los elementos de la última columna de la tabla de la actividad anterior, sabiendo que el número atómico del oxígeno, O, es $Z = 8$.

Para el oxígeno, O: $2s^2 2p^4$.

Para el azufre, S: $3s^2 3p^4$.

Para el selenio, Se: $4s^2 4p^4$.

Para el telurio, Te: $5s^2 5p^4$.

Para el polonio, Po: $6s^2 6p^4$.

33 Elabora un esquema del Sistema Periódico en el que indiques la relación entre los distintos grupos de elementos y el número de electrones de valencia de cada grupo.

Consúltase la figura de la página 51 del libro del alumnado

34 Indica qué relación existe entre el número de elementos de cada período del Sistema Periódico y el número de electrones que se pueden albergar en los distintos tipos de orbitales.

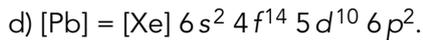
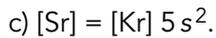
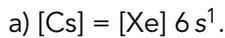
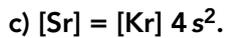
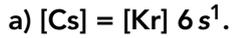
En el primer período hay dos elementos, tantos como los electrones que se puede albergar en el orbital s . En el segundo período hay 8 elementos, tantos como electrones se pueden albergar en los orbitales s y p . En el tercer período ocurre lo mismo que en el segundo. En el cuarto hay diez elementos más, tantos como electrones hay en los orbitales d , al igual que ocurre en el quinto período. En el sexto y séptimo períodos hay otros catorce más, como los electrones que se pueden albergar en los orbitales f .

35 Elabora una tabla indicando el período al que pertenece cada gas noble, su símbolo y su configuración electrónica. ¿Cuál es el grupo del Sistema Periódico al que pertenecen los gases nobles?

Los gases nobles pertenecen al grupo 18 del Sistema Periódico. La siguiente tabla recoge la información que solicita el enunciado:

Gas noble	Símbolo	Período	Configuración electrónica
Helio	He	1	$1s^2$
Neón	Ne	2	$[\text{He}] 2s^2 2p^6$
Argón	Ar	3	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$
Criptón	Kr	4	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^6$
Xenón	Xe	5	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^6$
Radón	Ra	6	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$

36 Corrige las siguientes configuraciones electrónicas acortadas:



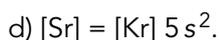
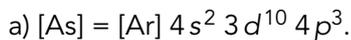
37 Escribe la configuración electrónica acortada de estos elementos químicos a partir de la información que se proporciona:

a) Elemento del grupo 15, cuarto período.

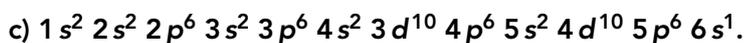
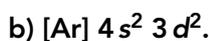
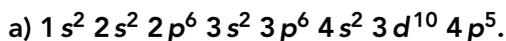
b) Elemento del grupo 8, cuarto período.

c) Segundo elemento del grupo 13.

d) Cuarto elemento del grupo 2.



38 Dadas las configuraciones electrónicas siguientes, indica el grupo y el período al que pertenece el elemento químico, la capa de valencia y el número de electrones de valencia.



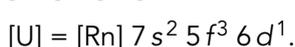
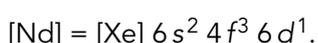
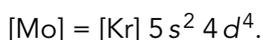
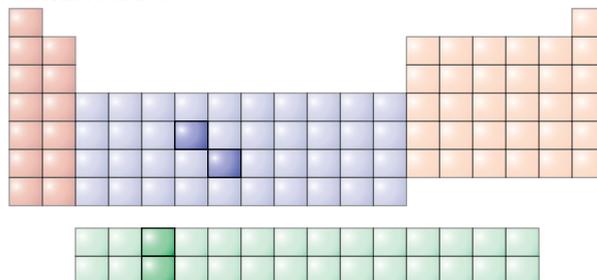
a) Período cuarto, grupo 15, nivel cuatro y siete electrones de valencia.

b) Período cuarto, grupo 4, nivel cuatro y cuatro electrones de valencia.

c) Sexto período, grupo 1, nivel seis y un electrón de valencia.

d) Quinto período, grupo 1, nivel cinco y un electrón de valencia.

39 Indica la configuración electrónica acortada de los elementos cuya posición en el Sistema Periódico hemos sombreado.



Página 61

- 40** Escribe la configuración electrónica acortada de todos los elementos del grupo 17. ¿Qué tienen en común todas ellas? ¿De qué otro modo podemos denominar a ese grupo?

Tienen en común la configuración de sus electrones de valencia, $ns^2 np^5$. A los elementos de este grupo se les denomina halógenos.

- 41** Escribe las configuraciones electrónicas de estos iones e indica qué gas noble tiene la misma configuración que cada uno de ellos.

- a) Mg^{2+} .
- b) K^+ .
- c) O^{2-} .
- d) F^- .

Los iones de los apartados a), c) y d) tienen la misma configuración que el neón, y el del apartado b) coincide con el argón.

- 42** Ordena estos elementos de menor a mayor afinidad electrónica: magnesio, silicio, sodio, azufre, aluminio, cloro y fósforo.

Sodio, magnesio, aluminio, silicio, fósforo, azufre y cloro.

- 43** Indica cuál de los elementos de la actividad anterior tendrá una mayor tendencia a formar aniones y cuál a formar cationes.

El cloro tiende a formar aniones y el sodio a formar cationes.

- 44** Tenemos dos elementos químicos, uno de ellos con mayor energía de ionización que el otro:

- a) ¿Cuál tenderá a formar cationes con mayor facilidad?
 - b) ¿Cuál de los dos tendrá una mayor afinidad electrónica?
- a) El de menor energía de ionización.
 - b) El de mayor energía de ionización.

- 45** Ordena los metales alcalinos de menor a mayor energía de ionización.

Se trata del orden reverso del grupo, empezando por el francio y terminando en el litio.

- 46** Exceptuando a los gases nobles, ¿qué elemento químico tiene una mayor afinidad electrónica y mayor energía de ionización? ¿Qué significa este hecho?

El flúor, tenderá a formar aniones.

- 47** Ordena de menor a mayor afinidad electrónica los elementos cuyas configuraciones electrónicas se muestran a continuación:

- a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.
- b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$.
- c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$.
- d) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

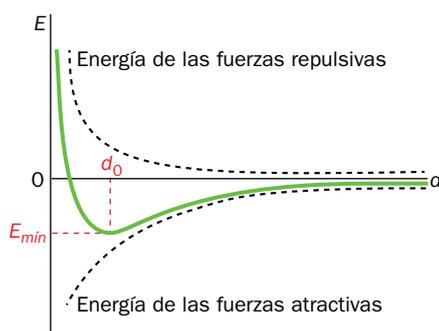
d), b), c), a).

1 El enlace químico

Página 74

Trabaja con la imagen

A partir de la imagen inferior y teniendo en cuenta lo explicado en esta página, comenta lo que indican los parámetros destacados en rojo: $E_{\text{mín}}$ y d_0 .



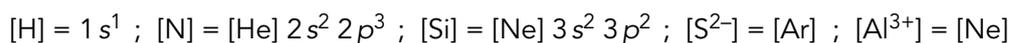
Los parámetros en rojo son las coordenadas geométricas del mínimo en el diagrama entre el nivel de energía y la distancia de separación entre los núcleos de los átomos a enlazarse. $E_{\text{mín}}$ representa el valor mínimo de energía que puede alcanzar el sistema, es decir, la energía de enlace. d_0 indica la distancia entre los átomos a la que la energía es mínima, o lo que es lo mismo, la longitud media de enlace.

Página 75

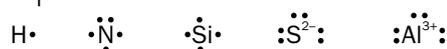
1 ¿Por qué los átomos de muchos elementos tienden a adquirir la configuración electrónica de los gases nobles?

Los átomos de los gases nobles no se enlazan con otros átomos, su configuración electrónica confiere mucha estabilidad al sistema; adquirir esta configuración equivale a ganar estabilidad alcanzando un mínimo de energía.

2 Escribe las configuraciones electrónicas acortadas y representa mediante diagramas de Lewis las siguientes especies químicas: H, N, Si, S^{2-} , Al^{3+} .



Los diagramas de Lewis correspondientes son:



3 Basándote en sus configuraciones electrónicas, representa el Be, Mg y Ca mediante diagramas de Lewis. ¿Podrías predecir cuál sería el diagrama de Lewis del Sr sin hacer su configuración electrónica?

Las configuraciones electrónicas de los elementos citados son:



Por lo que sus diagramas de Lewis son:

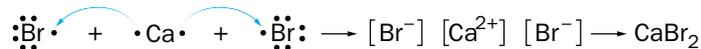


El estudiante debe deducir que, puesto que el estroncio pertenece al mismo grupo del Sistema Periódico que los otros elementos, en su diagrama de Lewis se representarán solo dos electrones:



- 4  Si el Br y el Ca se enlazan cediendo y aceptando electrones, ¿cuál sería la fórmula química del compuesto formado? Pon los diagramas de Lewis correspondientes para mostrar la transferencia de electrones.

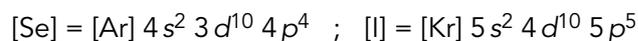
Al hacer los diagramas de Lewis el estudiante debe inferir que el calcio debe ceder dos electrones para adquirir la configuración de gas noble, mientras que el bromo solo puede aceptar uno, por lo que son necesarios dos bromos por cada calcio: CaBr_2 .



2 El enlace iónico

Página 77

- 5 Escribe las configuraciones electrónicas de los siguientes átomos e indica qué iones será más probable que formen: K, Sc, B, Se y I.



Los iones más probables son los que permiten adquirir la configuración electrónica de gas noble de número atómico anterior o posterior: K^+ , Sc^{3+} , B^{3+} , Se^{2-} , I^- .

- 6  Razona si es verdadera o falsa esta afirmación: «El enlace iónico se forma entre elementos que se encuentran muy separados en el Sistema Periódico».

Verdadera. Los átomos que deben unirse para formar un enlace iónico deben pertenecer, uno, a un elemento con baja energía de ionización, situado en la zona izquierda de la Tabla Periódica y, otro, a un elemento de alta afinidad electrónica, que se encuentra en la zona derecha de la Tabla Periódica; cuanto más separados estén, más favorable será la formación de dicho enlace.

- 7  Teniendo en cuenta que las fórmulas empíricas indican la proporción más simple de átomos distintos, ¿cuáles de estas fórmulas son empíricas: Na_2O_2 , H_2SO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, O_3 , AlCl_3 ?

Son fórmulas empíricas: H_2SO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ y AlCl_3 .

- 8 Si en una determinada cantidad de CaCl_2 existen $4 \cdot 10^{24}$ iones de calcio, ¿cuántos iones cloruro habrá?

El doble que de Ca^{2+} , es decir, $8 \cdot 10^{24}$ iones cloruro.

- 9  Busca la definición de dureza y de fragilidad. ¿Cómo puede ser un material duro y frágil a la vez?

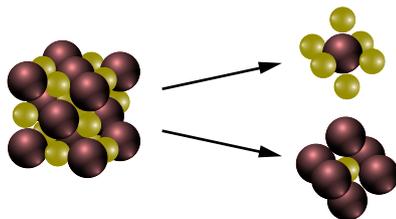
Las propiedades mecánicas de los materiales se estudian también en la asignatura de Tecnología. Sería conveniente que esta cuestión la respondieran a partir de los conocimientos adquiridos en esa materia. Si no es posible, pueden encontrar estas definiciones en una enciclopedia o en la red. Un material puede ser duro y frágil cuando presenta oposición a ser rayado pero frente a un esfuerzo brusco se rompe en vez de deformarse.

- 10**  Justifica por qué el NaCl no conduce la electricidad cuando está en nuestro salero pero sí lo hace cuando está disuelto en el agua del mar.

En el salero, los iones del NaCl están en estado sólido y, por tanto, ocupan posiciones fijas en la red cristalina, por lo que las partículas cargadas no tienen libertad de movimiento. Cuando esta sustancia está disuelta, no existe red cristalina, sus iones pueden moverse y conducir la electricidad.

- 11** En el bromuro de potasio, cada átomo de potasio está rodeado de seis átomos de bromo y viceversa.

¿Cuántos átomos de potasio piensas que puede haber por cada átomo de bromo?



Habrá tantos átomos de potasio como de bromo por lo que su proporción será KBr, lo que coincide con su fórmula química.

3 El enlace covalente

Página 78

Trabaja con la imagen

Fíjate. Representa los diagramas de Lewis correspondientes a los tres compuestos de la imagen.

$F - F$; $O = O$; $N \equiv N$. Si se desea se pueden añadir los pares solitarios de electrones a estos diagramas.

Procesa los datos. Basándote en la imagen del Sistema Periódico, ¿cuáles son los cinco elementos más electronegativos?

Coincide con los que están representados en un azul más oscuro: Br, N, Cl, O y F.

Página 79

- 12**  El hidrógeno, ¿es un metal o un no metal? ¿Por qué en algunas Tablas Periódicas está situado donde los metales alcalinos?

Es un no metal, aunque en ocasiones se comporta como un metal. La configuración electrónica del nivel de valencia de los elementos situados en la primera columna de la tabla periódica es ns^1 lo que coincide con la configuración electrónica del hidrógeno para $n = 1$.

- 13** El óxido de calcio, CaO, ¿es un compuesto covalente?

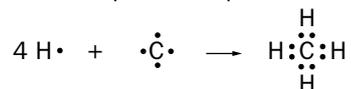
Compuesto iónico, porque está formado por un metal y un no metal.

- 14** ¿Qué compuesto covalente se forma entre los átomos de O y de F? ¿Cuál será su fórmula química?

Difluoruro de oxígeno: OF_2 . Para hallar la fórmula química es conveniente seguir el proceso mostrado en el *Ejercicio resuelto* 1.

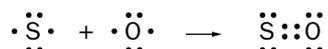
- 15**  Representa el diagrama de Lewis e indica el orden de enlace del CH₄ y del SO.

En la molécula CH₄, el átomo de C comparte un par de electrones con cada átomo de H:



Por tanto, los enlaces que se forman son todos sencillos.

En el caso del SO, ambos átomos comparten dos pares de electrones:



El orden de enlace, en este caso, es doble.

- 16**  Clasifica los compuestos de los diagramas de Lewis del epígrafe 1 como iónicos o covalentes.

Iónicos: NaCl y Na₂O; covalentes: Cl₂ y O₂.

- 17**  Razona el tipo de enlace existente en el cloruro sódico, NaCl, y en el cloruro de hidrógeno, HCl.

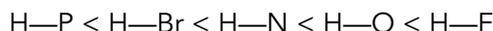
El NaCl está formado por elementos de electronegatividades muy distintas, por lo que se trata de un compuesto iónico, mientras que los elementos del HCl tienen electronegatividades parecidas, por lo que comparten electrones en un enlace covalente.

- 18**  Explica si estos compuestos presentan dipolos: N₂, CO, HBr y I₂.

Presentarán dipolos los compuestos con enlaces polares: CO, HBr.

- 19** Ordena de menor a mayor polaridad de enlace la unión del H con N, O, F, P y Br.

Presenta mayor polaridad el enlace cuanto mayor sea la diferencia entre las electronegatividades de los átomos. Por tanto:



- 20** Ordena estas moléculas de mayor a menor polaridad de enlace: H₂, H₂O, HCl.

H₂O > HCl > H₂

- 21** ¿Entre qué elementos del Sistema Periódico se formará el enlace más polar? ¿Será covalente?

Entre el F y el Fr. No será covalente.

Página 80

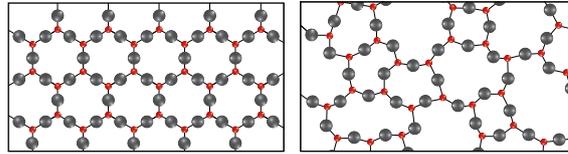
- 22**  Descubre el misterio: ¿por qué en las catedrales góticas las vidrieras antiguas son ligeramente más gruesas en la parte inferior que en la superior? Vuelve sobre esta actividad después de responder a la 24.

El vidrio ha ido deslizándose muy lentamente hacia la parte inferior puesto que se comporta como un fluido muy viscoso.

- 23** Explica por qué el cuarzo es un gran aislante eléctrico.

El cuarzo, SiO₂, no presenta cargas eléctricas y, por tanto, no conducirá la electricidad.

- 24** Tanto el vidrio como el cuarzo están compuestos mayoritariamente por sílice, SiO_2 , pero mientras que el cuarzo sí tiene una estructura cristalina, los átomos del vidrio no están ordenados en el espacio, como se muestra en la imagen. Obsérvala y comenta las diferencias que encuentres entre la estructura del cuarzo (izquierda) y del vidrio (derecha). A continuación, busca información sobre los sólidos amorfos y sus propiedades.



En el cuarzo se aprecia una estructura regular, un patrón que se repite en el espacio, en el vidrio no. En Internet se puede encontrar mucha información sobre sólidos amorfos.

- 25**  ¿Cuál es el material más duro de la naturaleza?

El material más duro es el diamante, como probablemente han visto en Tecnología.

Página 81

Trabaja con la imagen

Compara el número de átomos que aparecen en ambas imágenes; ¿crees que la imagen contiene todos los átomos de una molécula de ADN? ¿Crees que sería útil hallar la fórmula molecular de una molécula de ADN en particular?

La imagen no muestra toda la molécula de ADN. Sería poco práctico conocer su fórmula molecular porque contiene un número de átomos de cada elemento muy elevado y por tanto su número exacto no es relevante.

Fíjate bien. Sabiendo que la fórmula molecular del butano es C_4H_{10} , ¿a qué elemento representa cada bola? Observa que las bolas negras están unidas entre sí formando una cadena.

Las 10 bolas blancas representan los hidrógenos, mientras que las 4 negras, los carbonos.

- 26** ¿En qué se diferencian una sustancia covalente reticular y una molécula? Pon un ejemplo de cada tipo.

La sustancia covalente reticular se forma por repetición de un patrón y está constituido por un número indeterminado de átomos. En las moléculas, el número de átomos es fijo y no suele presentar repetición.

- 27**  Explica cuáles de las siguientes fórmulas corresponden a fórmulas moleculares: H_2O , Li_3B , Br_2 , y TiO_2 .

Son fórmulas moleculares las de las moléculas: H_2O y Br_2 .

- 28** Escribe las fórmulas empíricas correspondientes a las siguientes fórmulas moleculares: H_2O_2 , NH_3 , F_2 y C_6H_{12} .

HO , NH_3 , F y CH_2 .

- 29** Razona si es posible escribir la fórmula molecular de una sustancia covalente reticular.

Las fórmulas de las sustancias covalentes reticulares representan la proporción en que aparecen los átomos de los elementos que las componen, pero su composición exacta depende de la cantidad de sustancia y no de su estructura. Por este motivo, la fórmula de estos compuestos no es una fórmula molecular, sino una fórmula empírica.

30 Indica en cada caso si se trata de una sustancia covalente reticular o una molécula:

- a) Su temperatura de fusión es de unos 3000 K.
- b) Es un líquido a temperatura y presión ambiente.
- c) Se disuelve en etanol.
- d) Se usa en herramientas para cortar acero.

Covalente reticular: a) y d). Molécula: b) y c)

31  Un componente minoritario de la atmósfera es el CO_2 . Averigua los efectos que el aumento de su concentración provoca en el medio ambiente y propón soluciones para paliar esta situación.

Debemos prestar especial atención a que la documentación obtenida por el alumnado provenga de fuentes fiables.

4 Fuerzas intermoleculares

Página 82

Trabaja con la imagen

Basándote en los datos del gráfico superior, ¿qué molécula presentará unas fuerzas de Van der Waals más intensas, el H_2S o el HCl ? Calcula la diferencia de electronegatividades de los elementos que se enlazan en cada una de las moléculas y saca conclusiones.

El HCl presenta una fuerza de Van der Waals más intensa porque como las fuerzas intermoleculares son mayores, hay que invertir más energía para cambiar su estado físico. Diferencia de electronegatividades: $\text{H-Cl} = 0,9$; $\text{H-S} = 0,4$. Cuanto mayor sea la diferencia de electronegatividad de los átomos que forman el enlace mayor será la fuerza de Van der Waals.

Fíjate en las temperaturas de ebullición del gráfico inferior y deduce el estado físico a 0°C de los compuestos que aparecen. Teniendo en cuenta lo observado en el gráfico, ¿qué estado físico crees que presentará a 0°C el siguiente compuesto de la serie, el C_5H_{12} ?

CH_4 : gas; C_2H_6 : gas; C_3H_8 : gas; C_4H_{10} : equilibrio líquido-gas. El C_5H_{12} debe ser líquido.

32  En contraposición al término intermolecular, a los enlaces iónico, covalente y metálicos se los denomina enlaces intramoleculares; ¿por qué?

Unen átomos de la misma entidad química, ya sea una red cristalina o una molécula.

33  La temperatura de ebullición del SbH_3 es de -17°C , y la del H_2Te , de -2°C . Calcula la diferencia de electronegatividades entre el Sb y el H , y entre el H y el Te , e intenta justificar estas temperaturas.

Diferencia de electronegatividades: $\text{H-Sb} = 0,3$ y $\text{H-Te} = 0,2$. El SbH_3 debería tener mayor temperatura de ebullición. Esto no ocurre así porque estas moléculas no tienen un único enlace y la polaridad global de la molécula la determinará la suma de la polaridad de los distintos enlaces, teniendo en cuenta su disposición espacial.

- 34**  ¿Por qué el Cl_2 es un gas a temperatura ambiente y el I_2 un sólido? De este hecho, ¿puedes sacar alguna conclusión del tamaño relativo entre el Cl_2 y el I_2 ?

El I_2 es sólido porque experimenta fuerzas de Van der Waals mayores. Como estas moléculas no son polares el único factor que influirá será el tamaño, por lo que se infiere que el tamaño del I_2 es mayor que el del Cl_2 .

- 35** Como ya hemos visto, una de las propiedades de los compuestos iónicos es que se disuelven bien en agua. Razona si esta disolución sería posible si no existieran fuerzas intermoleculares entre los iones y los dipolos del agua.

Las fuerzas intermoleculares entre los dipolos y los iones debilitan la interacción entre los iones en la red cristalina permitiendo su disolución.

- 36**  Sabiendo que el átomo de oxígeno es más pequeño que el de azufre, razona qué compuesto tendrá mayor temperatura de ebullición, el dióxido de carbono, CO_2 , o el sulfuro de carbono, CS_2 ; después, busca las temperaturas en Internet y comprueba que tu respuesta es correcta.

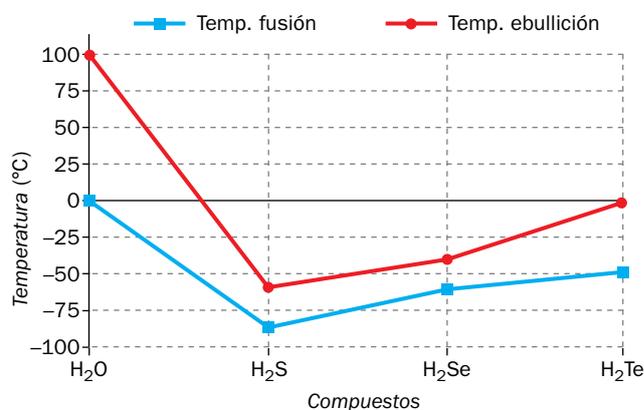
La fuerza de Van der Waals es mayor a medida que aumenta el tamaño de las moléculas. Como el tamaño del átomo de azufre es mayor que el de oxígeno, el CS_2 debería tener mayor temperatura de ebullición, lo que se verifica al comparar las temperaturas de ebullición de ambas sustancias:

Temp. ebullición $\text{CO}_2 = -78,4 \text{ }^\circ\text{C}$; temp. ebullición $\text{CS}_2 = 46,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Página 83

- 37**  Con los datos de la tabla de esta página, confecciona un gráfico temperatura-compuesto. Interpreta la tendencia que muestran los datos. ¿Por qué crees que los datos del agua son tan distintos al resto? Indica el tipo de fuerzas intermoleculares que intervienen en cada caso.

Los datos de la tabla se representan en la gráfica siguiente:



A excepción del agua, el resto de compuestos muestran la tendencia a aumentar la temperatura de fusión y de ebullición al descender por el grupo del Sistema Periódico; es decir, al aumentar el tamaño de la molécula. La divergencia de esta tendencia respecto a los datos del agua se debe a que las fuerzas intermoleculares, en el caso del agua, son enlaces de hidrógeno, mientras que en el resto son fuerzas de Van der Waals.

- 38** Explica, razonadamente, esta afirmación: «La temperatura de ebullición a 1 atm de presión del HF es de 20 °C, mientras que la del HCl es de -85 °C». ¿Qué fuerza intermolecular existe en cada caso?

La temperatura de ebullición del HCl es menor porque experimenta solo fuerzas de Van der Waals, mientras que el HF se puede unir a otras moléculas de HF también mediante enlaces de hidrógeno.

- 39** ¿Por qué no se forman enlaces de hidrógeno entre dos moléculas de H₂S?

Porque el H₂S no cumple una de las condiciones necesarias para la formación de un enlace de hidrógeno: no tiene N, O ni F.

- 40**  Además de las temperaturas de fusión y ebullición, ¿qué otras propiedades diferentes presenta el agua? ¿Han influido en la vida en la Tierra?

Entre otras fuentes se puede consultar el siguiente vídeo: www.youtube.com/watch?v=bzZhxglCqjE.

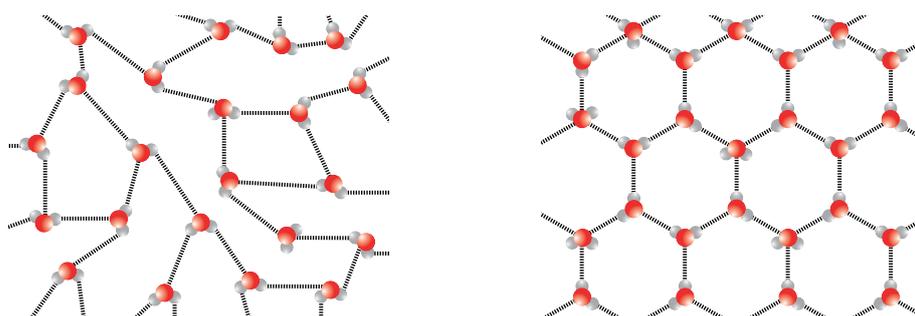
- 41**  Razona por qué, si tanto las sustancias covalentes reticulares como las moléculas unen sus átomos mediante enlaces covalentes, las primeras constituyen los sólidos más duros que existen en la naturaleza, y las segundas forman sólidos blandos.

Porque la unión entre las moléculas no se realiza a través de enlaces covalentes, sino a través de fuerzas mucho más débiles.

Página 84

Trabaja con la imagen

Asocia razonadamente cada una de estas imágenes al estado líquido o sólido del agua.



La imagen superior (izquierda en esta página) corresponde al estado líquido y la inferior (derecha) al sólido (estructura ordenada y menos densa).

- 42**  La vida en la Tierra surgió en el mar. Averigua qué propiedades del agua pudieron influir para que se produjera este fenómeno.

En www.youtube.com/watch?v=L_R_-4VEwQs se muestra un vídeo de corta duración con una de las teorías sobre la creación de vida en la Tierra. La visualización de este vídeo, junto con el que se ha comentado en el ejercicio 40, ayudarán a resolver esta cuestión.

- 43** Si el hielo fuera más denso que el agua líquida, ¿qué ocurriría con los organismos acuáticos cuando la temperatura ambiental descendiera de los 0 °C?

Los organismos acuáticos quedarían atrapados en el hielo y perecerían. No existiría vida acuática en esos lugares.

- 44**  ¿En qué grasas crees que serán más intensas las fuerzas de Van der Waals en las mantecas o en los aceites?

Las mantecas, puesto que son sólidas.

- 45** ¿Qué características tendrá que tener una biomolécula para que se pueda formar en ella un enlace de hidrógeno entre dos zonas de la misma?

Una zona de la biomolécula debe tener N, O o F, mientras que otra debe presentar un H con una carga parcial positiva.

- 46**  El ADN tiene una estructura espacial característica de doble hélice. Averigua a qué tipo de fuerza intermolecular se debe.

Enlaces de hidrógeno entre sus bases nitrogenadas.

- 47**  Rosalind Franklin, cristalógrafa, contribuyó a la elucidación de la estructura espacial del ADN. Averigua cuál fue su papel en este descubrimiento.

Se puede usar el ejemplo de Rosalind Franklin para tratar la igualdad de género en el mundo científico.

5 El enlace metálico

Página 85

- 48**  ¿En qué se diferencia la ductilidad de la maleabilidad? ¿Puede ser un material frágil y dúctil?

Estos contenidos están relacionados con los impartidos en la asignatura de Tecnología. Un material no puede ser frágil y dúctil a la vez porque son propiedades contrarias: frente a un esfuerzo, un material frágil se rompe mientras que uno dúctil se deforma.

- 49**  Explica las diferencias y semejanzas entre la conductividad eléctrica iónica y metálica.

Semejanzas: Los dos tipos de sustancias conducen la electricidad. Diferencias: La iónica conduce la electricidad por movimiento de iones, la metálica por movimiento de electrones. La iónica no se puede conducir en estado sólido porque sus iones no pueden cambiar su posición; solo es conductora la sustancia cuando está disuelta o fundida. La metálica sí conduce en estado sólido.

- 50** Basándote en la teoría cinético-molecular, TCM, que estudiaste el curso pasado, intenta explicar por qué los compuestos metálicos son buenos conductores eléctricos y térmicos.

Son buenos conductores eléctricos porque tienen partículas cargadas, electrones, con libertad de movimiento. Por ese mismo motivo transmite el calor, puesto que la temperatura está relacionada con el movimiento de las partículas.

51 ¿Por qué crees que algunas herramientas metálicas tienen un recubrimiento plástico en sus mangos?

Si la herramienta entra en contacto con una corriente eléctrica, el recubrimiento plástico, formado por una sustancia covalente y, por tanto, aislante, evitará que la persona que la manipula reciba esa corriente eléctrica.

52 ¿Qué tipo de compuesto químico elegirías si necesitaras construir un filamento que conduzca la electricidad? ¿Por qué?

Un compuesto metálico, dado que es un material conductor en estado sólido y dúctil, lo que permitirá hacer hilos.

53  Busca información sobre los materiales con los que se hacen los cables eléctricos y el motivo por el que se encuentran recubiertos de plástico.

Existen numerosas direcciones web donde se puede encontrar información al respecto; una de ellas es: <http://www.topcable.com/blog-electric-cable/?p=1676> desde donde, además, se puede acceder a un interesante vídeo sobre la fabricación de los cables eléctricos.

6 Resumen de las propiedades de los compuestos químicos

Página 86

54  Razona qué tipo de compuesto químico son las sustancias de la A a la D si:
a) A es un gas. b) B solo conduce la electricidad en determinados estados de agregación. c) C se usa como abrasivo porque es una sustancia muy dura. d) D es una lámina que conduce muy bien el calor.

- a) Las únicas sustancias que aparecen en estado gaseoso a temperatura ambiente son las moléculas.
- b) Se trata de una sustancia iónica, puesto que está compuesta por partículas cargadas que conducen la electricidad pero solo cuando no forman parte de una red cristalina.
- c) Se trata de una sustancia covalente reticular puesto que a este tipo pertenecen las sustancias más duras de la naturaleza.
- d) Se trata de una sustancia metálica, ya que es maleable. El hecho de que conduzca muy bien el calor confirma esta asignación.

55  El llamado hielo seco está constituido por CO_2 . Busca información sobre esta sustancia en Internet y deduce si es una molécula o una sustancia covalente reticular. Explica sus propiedades en función de su enlace químico.

El hielo seco sublima, es decir, las fuerzas que mantienen el CO_2 en estado sólido son tan débiles que al vencerlas la sustancia pasa directamente a gas: es una molécula.

56  Ordena razonadamente en orden creciente de temperatura de fusión las siguientes sustancias: cal viva (CaO), octano (C_8H_{18}) y el nitruro de boro (NB).

Los que presentan una menor temperatura de fusión son las moléculas, a continuación las sustancias iónicas y metálicas y por último las covalentes reticulares, por lo que el orden será: octano, cal viva y nitruro de boro (BN).

57 El grafito es el material del que están hechas las minas de los lápices; ¿se podría contener hierro fundido en un recipiente hecho de grafito o el grafito se fundiría?

El grafito, al ser una sustancia covalente reticular, contendría al hierro fundido, que es una sustancia metálica y, por tanto, tiene una temperatura de fusión menor.

Comprobación: la temperatura de fusión del hierro es de 1538 °C; para la temperatura fusión del grafito, existe cierta controversia en los datos: mientras que, por ejemplo, si se consulta la Wikipedia se encuentra un valor para el punto de fusión del grafito de 3527 °C, según el *Handbook of Chemistry and Physics* el punto de fusión propiamente dicho no existe puesto que es un punto triple y este se produce a 4489 °C a 10,3 MPa. En cualquier caso, se demuestra que cualquier cambio de estado del grafito se produce a una temperatura muy superior a la que funde el hierro.

TIC. Hojas de cálculo y recursos web

Página 88

- 1 Repite los pasos que hemos dado en esta página y confecciona la gráfica dándole un formato más elaborado. Practica con los diferentes tipos de gráfico que te ofrece el programa.

El ejercicio consiste en repetir los pasos explicados para obtener inicialmente una tabla y un gráfico similar al presentado. Se puede variar el formato de letra, el color, el tamaño de los puntos, la posición de la leyenda, los títulos de los ejes y del gráfico, etc., según se desee. Es conveniente que el estudiante practique con varios parámetros para familiarizarse con el programa.

- 2 Al poner los datos en forma de gráfica se aprecia claramente que el fluoruro de hidrógeno, HF, no sigue la tendencia del resto. ¿Por qué crees que puede ser?

El fluoruro de hidrógeno, HF, presenta unos puntos de fusión y ebullición inusualmente altos, es decir, las fuerzas intermoleculares que mantienen unidas las moléculas de HF son más intensas de lo que cabría esperar. Esto es debido a que, mientras que las fuerzas intermoleculares implicadas en la unión del resto de moléculas son las fuerzas de Van der Waals, en el caso del HF además existen enlaces de hidrógeno que son mucho más intensos.

Página 89

- 1 Cuanto mayor sea la disminución de energía entre el sistema de átomos antes y después de enlazarse, ¿más o menos estable será el compuesto final? ¿Por qué?

Cuanto mayor sea la disminución de energía tras enlazarse los átomos, más estable será el compuesto, puesto que el sistema enlazado tendrá una energía menor que la suma de las energías de los átomos antes de enlazarse.

- 2 Disminuye el parámetro fuerza de enlace, *Bond Strength*, con las flechas correspondientes, y observa lo que ocurre con la diferencia de energía, *Chemical Energy*. ¿Cómo influye la fuerza de enlace en la estabilidad?

Al disminuir la fuerza del enlace, la diferencia de energía disminuye, aumentando así la energía final del sistema; por lo tanto, se puede deducir que cuanto mayor sea la fuerza del enlace más estable será el compuesto formado.

- 3 Intenta construir el diagrama de Lewis de la molécula de N_2H_4 sobre el cuadro verde y después comprueba si lo has construido correctamente.

Para construir el diagrama de Lewis del N_2H_4 hay que seguir las indicaciones que aparecen en el texto. Destacar que para colocar los electrones, especialmente el de los H, entre los átomos que se enlazan hay que pulsar sobre el punto que representa el electrón que se quiere desplazar tantas veces como movimientos queramos que hagan. Finalmente comprobaremos que se ha hecho correctamente pulsando sobre la fórmula N_2H_4 del recuadro gris.

- 4 Pincha en la pestaña *Double Bonds*, y pulsa sobre la fórmula O_2 . ¿Cuántos electrones hay alrededor de cada oxígeno? ¿Es correcta esta estructura? Explica qué ocurre cuando pulsas una sola vez la fórmula O_2 .

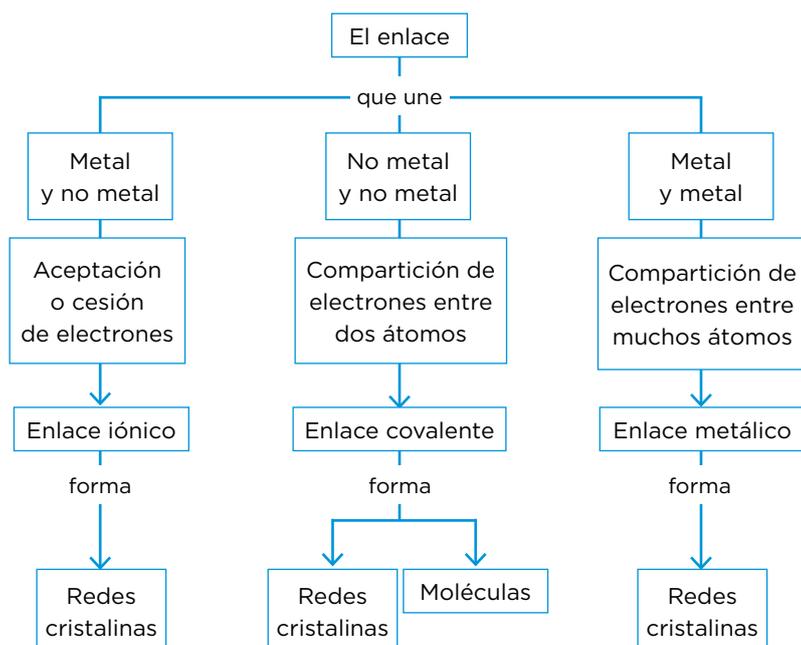
Alrededor de cada O hay seis electrones. No es correcta esta estructura porque le faltarían dos para alcanzar la configuración de gas noble. Cuando se pulsa una vez sobre la fórmula ambos oxígenos se unen compartiendo un electrón cada uno, por lo que alrededor de cada O habría 7 electrones, que sigue sin ser correcto. Al pulsar una segunda vez, los oxígenos adquieren el octeto de electrones.

Taller de ciencias

Página 90

Organizo las ideas

El esquema conceptual completo es el siguiente:



Trabajo práctico

Página 91

I ¿De qué tipo de compuesto se trata?

Si conduce la electricidad en estado sólido es una sustancia metálica.

II ¿Qué tipo de compuesto puede ser?

Si no conduce y no se disuelve es una sustancia covalente reticular.

III Indica el tipo de compuesto que cabría esperar tanto si conduce como si no lo hace.

Si conduce en disolución es una sustancia iónica y si se disuelve pero no conduce la electricidad es una sustancia covalente molecular.

1 Basándote en su aspecto, ¿podrías determinar si se trata de un compuesto metálico? Busca información sobre el brillo metálico. ¿Solo los compuestos metálicos lo poseen?

Si la sustancia presentara brillo metálico podría ser una sustancia metálica, aunque también pueden poseer brillo metálico algunos sulfuros, como la pirita, o algunos óxidos, como la hematita, siendo tanto los sulfuros como los óxidos generalmente sustancias iónicas.

- 2** Para hacer esta práctica has usado agua destilada; ¿qué diferencia el agua destilada de la del grifo? ¿Obtendrías los mismos resultados con agua del grifo? ¿Podrías beber el agua destilada?

El agua destilada no presenta prácticamente iones en disolución, mientras que el agua del grifo tiene sales disueltas. Usando agua del grifo no podríamos determinar si la disolución conduce debido a la sustancia que se ha disuelto o debido a las sales disueltas que ya incorporaba el agua del grifo. La OMS aconseja consumir agua que contenga unos niveles mínimos de ciertos minerales, evitando el consumo habitual de agua destilada debido a sus posibles efectos adversos a largo plazo.

- 3** Los compuestos iónicos también conducen la electricidad si están fundidos. Averigua la temperatura de fusión de varias sustancias iónicas y haz una lista de las ventajas e inconvenientes de plantear la práctica midiendo la conductividad de la sustancia fundida en vez de disuelta.

Ejemplos de temperatura de fusión: NaCl, 801 °C; KCl, 771 °C; NaNO₂, 271 °C, y NaNO₃, 307 °C. Las dos últimas se usan en plantas de energía solar pero no como conductores sino como acumuladores de calor cuando se funden. No es rentable usarlas de conductores debido a la alta cantidad de energía necesaria para fundirlas.

- 4** Mediante esta práctica no puedes distinguir si la sustancia problema es un compuesto covalente reticular o una molécula no polar, ¿por qué? Propón experimentos que te permitan distinguir entre los dos tipos de compuestos covalentes en función de:

- La dureza del sólido.
- La temperatura de fusión o sublimación de la sustancia a determinar.

Ambas sustancias son insolubles en agua. La molécula no polar será seguramente un gas, un líquido o un sólido muy blando.

Trabaja con lo aprendido

Página 92

El enlace químico y la regla del octeto

- 1** Explica por qué se forman los enlaces químicos entre átomos para dar compuestos.
Al enlazarse, los átomos forman entidades químicas más estables, de menos energía.
- 2** Razona si la siguiente afirmación es verdadera o falsa: «La atracción que experimentan dos átomos al acercarse provoca que aumente su energía y, por tanto, se vuelven más estables».
Falsa. Provoca que disminuya su energía.
- 3** Indica cuáles de las siguientes sustancias simples son gases monoatómicos a T ambiente:
- a) H₂. b) Cu. c) Ne.
d) Li. e) As. f) He.
c) Ne; f) He

4 Escribe la configuración electrónica acortada, indica el número de electrones de valencia y representa el diagrama de Lewis de los siguientes átomos:

- a) Ba (Z = 56). b) Al (Z = 13). c) P (Z = 15).
d) Rb (Z = 37). e) Ar (Z = 18). f) Ti (Z = 22).

a) [Ba] = [Xe] 6s². 2 electrones de valencia.



b) [Al] = [Ne] 3s² 3p¹. 3 electrones de valencia.



c) [P] = [Ne] 3s² 3p³. 5 electrones de valencia.



d) [Rb] = [Kr] 5s¹. 1 electrón de valencia.



e) [Ar] = [Ne] 3s² 3p⁶. 8 electrones de valencia.



f) [Ti] = [Ar] 4s² 3d². 4 electrones de valencia.



5 Escribe la configuración electrónica acortada, indica el número de electrones de valencia y representa el diagrama de Lewis de los siguientes iones:

- a) Be²⁺ (Z = 4). b) N³⁻ (Z = 7). c) F⁻ (Z = 9).
d) K⁺ (Z = 19). e) O²⁻ (Z = 8). f) V⁵⁺ (Z = 23).

a) [Be²⁺] = 1s². 2 electrones de valencia.



b) [N³⁻] = [He] 2s² 2p⁶. 8 electrones de valencia.



c) [F⁻] = [He] 2s² 2p⁶. 8 electrones de valencia.



d) [K⁺] = [Ne] 3s² 3p⁶. 8 electrones de valencia.



e) [O²⁻] = [He] 2s² 2p⁶. 8 electrones de valencia.



f) [V⁵⁺] = [Ne] 3s² 3p⁶. 8 electrones de valencia.



6 La regla del octeto afirma que los átomos se unen para adquirir la configuración electrónica del gas noble más cercano. ¿La configuración de qué gas noble tenderán a adquirir los siguientes elementos?

- a) H (Z = 1). b) P (Z = 15). c) I (Z = 53).
 d) Mg (Z = 12). e) Rb (Z = 37). f) Li (Z = 3).

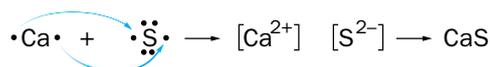
a) He; b) Ar; c) Xe; d) Ne; e) Kr; f) He.

7 Indica cuántos electrones le faltan o le sobran a estos elementos para cumplir la regla del octeto:

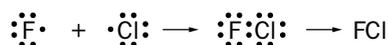
- a) S (Z = 16). b) Na (Z = 11). c) Br (Z = 35).
 d) Cs (Z = 55). e) He (Z = 2). f) Zr (Z = 40).

Electrones que le faltan o le sobran: a) le faltan 2; b) le sobra 1; c) le falta 1; d) le sobra 1; e) ninguno; f) le sobran 4.

8 El Ca y el S consiguen la configuración del gas noble más cercano aceptando o cediendo electrones entre ellos. Representa el diagrama de Lewis que refleje el movimiento de los electrones y el compuesto final que se forma.



9 El F y el Cl consiguen la configuración de gas noble cuando comparten electrones. Representa el diagrama de Lewis del compuesto final que se forma.



10 Razona si son correctos estos diagramas de Lewis y corrige los que no lo sean:

- a) $\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}$ b) $:\ddot{\text{Cl}}::\ddot{\text{Cl}}:$
 H
 c) $:\ddot{\text{H}}::\ddot{\text{F}}:$ d) $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}::\ddot{\text{O}}$

- a) Es correcto.
 b) No es correcto porque cada Cl tiene 10 electrones de valencia en vez de 8.
 c) No es correcto porque el H completa su nivel de valencia solo con dos electrones.
 d) No es correcto porque el Cl tiene 10 electrones de valencia.

El enlace iónico

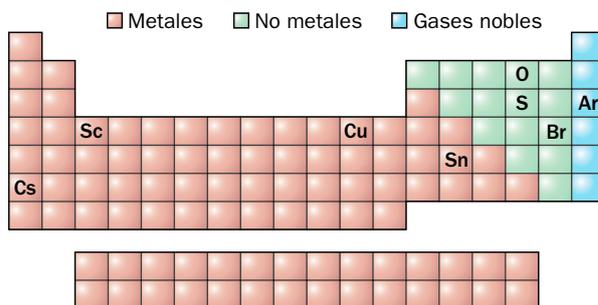
11 Explica si el cloro puede formar un enlace iónico con alguno de los átomos que se especifican a continuación. Pon la fórmula empírica de aquellos compuestos que sí se formen.

- a) S. b) Mg. c) Na. d) Li.

Como el Cl es un no metal solo formará enlaces iónicos con los elementos metálicos: Mg, Na y Li. Los compuestos son: MgCl_2 , NaCl y LiCl.

12 Fijándote en la ubicación que presentan los siguientes elementos en el Sistema Periódico, señala las parejas de átomos que pueden formar un enlace iónico:

- a) O y Sc. b) Cu y Sn. c) Br y S. d) Cs y Ar.



Solo forman enlace iónico la pareja formada por O y Sc.

13 Los compuestos iónicos, ¿se representan con diagramas de Lewis en los que se aceptan y ceden electrones o en los que se comparten?

Se representan con diagramas de Lewis en los que se aceptan y ceden electrones.

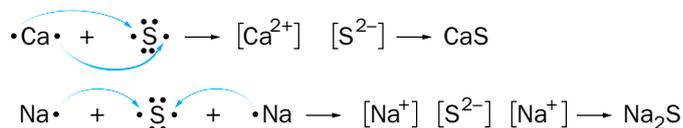
14 A continuación encontrarás una serie de instrucciones desordenadas para hacer el diagrama de Lewis de un compuesto iónico. Ordénalas de forma lógica, y cuando tengas la secuencia correcta, aplícalas a la formación del MgO.

- Haz el diagrama de Lewis de los elementos neutros.
- Indica mediante flechas la transferencia de electrones.
- Calcula los electrones que debe ceder o aceptar cada elemento para adquirir una configuración de gas noble, basándote en su diagrama de Lewis.
- Comprueba que se ceden tantos electrones como los que se aceptan. Si no es así, añade tantos iones de esos elementos como hagan falta.
- Representa el diagrama de Lewis del compuesto formado.
- Escribe la configuración electrónica acertada de los elementos.

1º: f). 2º: a). 3º: c). 4º: d). 5º: b). 6º: e).

15 Pon un ejemplo de compuesto iónico del tipo AB y otro del tipo A₂B en el que el anión sea el S²⁻. Representa sus diagramas de Lewis.

Por ejemplo, el CaS y el Na₂S:



Página 93

16 Razona si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: «Que la fórmula empírica del boruro de litio sea Li₃B no significa que solo haya 3 átomos de litio, sino que el 75% de los átomos existentes en la sustancia son átomos de litio».

Es verdadera porque al ser una fórmula empírica representa una proporción, en este caso, que cada 4 átomos totales 3 son de litio.

- 23** Compara la polaridad del enlace del flúor, F_2 , con la del fluoruro de hidrógeno, HF. ¿Alguno de estos compuestos es un dipolo?

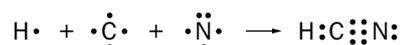
En el F_2 , al tratarse de átomos del mismo elemento, comparten los electrones por igual, pero en el HF no (dipolo).

- 24** Sabiendo que el diamante tiene una dureza de 10 en la escala de Mohs, razona si es una sustancia covalente reticular o una molécula. Sin tener en cuenta su precio, ¿crees que es práctico hacer un martillo de diamante? ¿En qué tipo de herramientas se podrían aprovechar las propiedades físicas del diamante?

Es una sustancia covalente reticular porque es un sólido muy duro. No es práctico porque es frágil. Se puede utilizar en herramientas para rayar o cortar otros materiales.

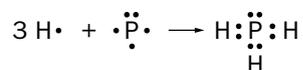
- 25** Teniendo en cuenta que uno de los enlaces del cianuro de hidrógeno, HCN, es triple, representa su diagrama de Lewis.

El diagrama de Lewis es:



- 26** Construye el diagrama de Lewis del compuesto formado por el P y el H. A partir de él, predice su fórmula y su estructura, especificando los enlaces que contiene.

El diagrama de Lewis se muestra en la figura siguiente:



La fórmula del compuesto es PH_3 .

- 27** La acetona es un disolvente líquido que, disuelto en agua, se utiliza para retirar el esmalte de las uñas. Razona si es una sustancia covalente reticular o una molécula. De ser una molécula, ¿crees que será polar o apolar?



Sabemos que es una molécula polar porque es hidrosoluble.

- 28** El cianuro de hidrógeno, HCN, es un líquido incoloro, volátil, que hierve a 26 °C y que presenta una gran toxicidad, por lo que en los recipientes que lo contienen suele aparecer el pictograma que se muestra debajo. Razona si se trata de una sustancia covalente reticular o una molécula.

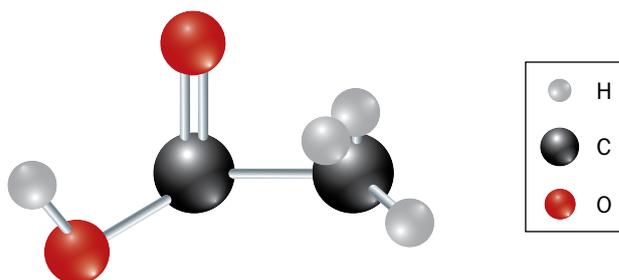


Sabemos que se trata de una molécula porque es un gas a temperatura ambiente.

- 29** La fórmula empírica del ciclohexano es CH_2 , y la fórmula molecular del sulfuro de hidrógeno es H_2S . Explica el significado del subíndice 2 en ambos casos. ¿Cuál es la fórmula empírica del H_2S ? Busca la fórmula molecular del ciclohexano.

En ambos casos, significa que 2/3 de los átomos existentes son H. La fórmula empírica es también H_2S . La fórmula molecular del ciclohexano es C_6H_{12} .

- 30** El ácido presente en el vinagre y que le da su característico olor es el ácido acético. Basándote en el modelo de la molécula de ácido acético que aparece a continuación escribe su fórmula empírica y su fórmula molecular.



Fórmula empírica: CH_2O . Fórmula molecular: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

Página 94

Fuerzas intermoleculares

- 31** Los limpiadores amoniacales que se usan para la limpieza doméstica tienen mayoritariamente gas amoníaco, NH_3 , disuelto en agua, H_2O . Aplica los conocimientos adquiridos en esta unidad para explicar alguna de las razones por las que se disuelve este gas en agua.

Se disuelve debido a las fuerzas de atracción intermoleculares que se producen entre el dipolo del amoníaco y el del agua.

- 32** Razona si las fuerzas intermoleculares existentes entre las moléculas de amoníaco y las de agua son de Van der Waals o enlaces de hidrógeno. ¿Crees que si intentáramos disolver el amoníaco en un disolvente no polar conseguiríamos retener el amoníaco en la disolución?

Son enlaces de hidrógeno entre el N del NH_3 y un H del H_2O . En un disolvente no polar seguramente no se disolvería.

33 Razona si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: «Cuanto mayores sean las fuerzas intermoleculares existentes entre las moléculas de una sustancia, mayor será su temperatura de fusión».

Verdadero. Cuanto mayores sean las fuerzas que unen a las moléculas más energía habrá que invertir para separarlas.

34 Responde a las siguientes cuestiones, relacionadas con los compuestos formados por un carbono enlazado a cuatro halógenos:

a) Determina el tipo de fuerza intermolecular que existirá entre dos moléculas de estos compuestos que sean iguales.

b) Con los datos de la siguiente tabla, confecciona un gráfico temperatura-compuesto. Indica si a 25 °C estas sustancias estarían en estado sólido o no.

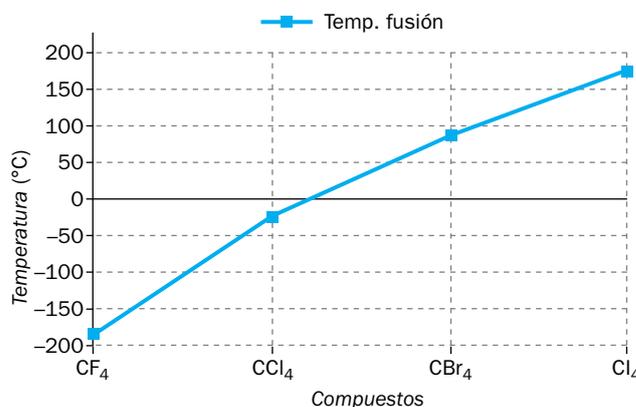
Sustancia	CF ₄	CCl ₄	CBr ₄	Cl ₄
T. ^a fusión (°C)	-183,6	-22,6	92,3	171

c) Relaciona la intensidad de las fuerzas intermoleculares con la variación de las temperaturas de fusión de los compuestos que se observa en el gráfico que has construido.

d) Con los datos de la tabla, ¿se puede saber si alguno de los compuestos estará en estado gas a 25 °C? Razona tu respuesta.

a) Fuerzas de Van der Waals.

b) La gráfica con los datos de la tabla se muestra a continuación:



Serían sólidos solo CBr₄ y Cl₄.

c) Cuanto mayores sean las fuerzas de Van der Waals, mayor será la temperatura de fusión. Las fuerzas de Van der Waals crecen debido al aumento de tamaño.

d) No se puede saber porque no existe información sobre la temperatura de ebullición.

35 La temperatura de ebullición del CH₃F es -78,4 °C, mientras que la del CH₂F₂ es de -51,6 °C. ¿Cómo explicas estos resultados sabiendo que la molécula de CH₃F es más pequeña que la de CH₂F₂?

Al aumentar el tamaño de la molécula se incrementa la fuerza de Van der Waals y, por tanto, la temperatura de fusión.

36 A medida que el agua se calienta, la energía cinética de sus moléculas aumenta, por lo que estas se separan más y la densidad del líquido disminuye. Averigua si la densidad del agua líquida a una temperatura de 100 °C ha disminuido tanto que el hielo se hundiría en ella.

No se hundiría. Densidades a 1 atm: agua líquida (100 °C), 958 kg/m³; hielo (0 °C), 917 kg/m³.

37 ¿En qué pueden influir las fuerzas intermoleculares en las sustancias de interés biológico?

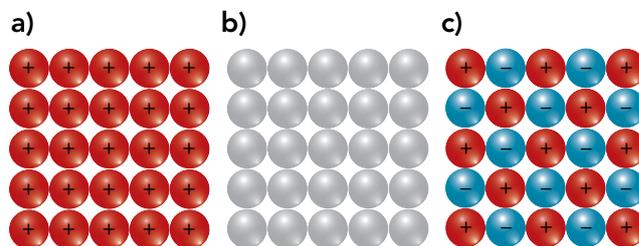
Afectan a sus propiedades físicas y la estructura que adoptan.

38 ¿Qué sustancias de interés biológico conoces en las que existan fuerzas intermoleculares?

Proteínas (estructura primaria y secundaria), ADN, etc.

El enlace metálico

39 Asigna razonadamente cada figura a un compuesto iónico, covalente o metálico.



a) Metálico: red entre restos positivos.

b) Covalentes: red entre átomos neutros.

c) Iónico: red entre iones de distintos signos.

40 Explica la naturaleza del enlace metálico utilizando la teoría de electrones libres.

En un enlace metálico los electrones se comparten, en vez de entre dos átomos, entre toda una red cristalina de restos catiónicos que está estabilizada gracias a la deslocalización de los electrones.

41 ¿Cómo explica el modelo de electrones libres que los metales no sean frágiles? Haz un dibujo.

Esto es debido a que el desplazamiento de las capas dentro de una estructura cristalina se estabiliza gracias a la deslocalización de los electrones, que siguen moviéndose libremente entre los restos catiónicos. El dibujo debe ser similar al ofrecido en la página 85 del libro del alumnado.

42 Razona por qué usamos los metales para hacer tuberías para conducir el agua corriente o el gas ciudad. ¿Qué propiedades de los metales son las que más influyen en esta elección?

La maleabilidad.

43 Razona si es verdadera o falsa esta afirmación: «Los materiales más duros de la naturaleza son los compuestos metálicos».

Falso. Los más duros son los covalentes.

44 Nombra cinco objetos que utilizamos en la vida diaria que estén hechos de materiales metálicos. A continuación, intenta explicar sus características con las propiedades de los compuestos metálicos aprendidos en esta unidad.

Ejemplos: cables, tuberías, chinchetas, tijeras, clips, grapas, etc.

45 ¿Qué tipo de material usarías para cortar un metal?

Un material covalente.

Resumen de las propiedades de los compuestos químicos

46 Completa la siguiente tabla:

Propiedades	Sustancias		
	O ₂	Fe	CaCl ₂
Estado de agregación	Gas		
Fragilidad			Sí
Solubilidad en agua			
Conductividad		Siempre	

La tabla completa se muestra a continuación:

Propiedades	Sustancias		
	O ₂	Fe	CaCl ₂
Estado de agregación	Gas	Sólido	Sólido
Fragilidad	—	Dúctil y maleable	Sí
Solubilidad en agua	Soluble	Insoluble	Soluble
Conductividad	No conductor	Conductor eléctrico y térmico	Conductor eléctrico en estado fundido o en disolución

Página 95

47 Razona cuál de estas tres sustancias puede ser un sólido, insoluble en agua y conductor de la corriente eléctrica.

a) CO. b) CuO. c) Co.

El cobalto (Co) porque es un metal.

- 48** La arena de playa no es adecuada para hacer cemento, porque su contenido en cloruro sódico, NaCl, hace que se produzca un cemento de mala calidad que posteriormente puede generar problemas en la construcción realizada. ¿Cómo separarías fácilmente la arena, SiO₂, de los granos de cloruro sódico?

Poniendo la arena sobre un filtro y lavándola con agua. La sal se disuelve al ser una sustancia iónica pero la arena al ser covalente no.

- 49** Elige un objeto de tu vida cotidiana que esté construido mayoritariamente por un solo tipo de material. Diseña un ensayo de laboratorio que te permita deducir el tipo de enlace presente en ese material y que puedas realizar en casa. Una vez realizado el experimento, expón tus conclusiones al resto de la clase.

La respuesta dependerá del material escogido. Se puede hacer en grupos.

- 50** La pirita es un mineral de sulfuro de hierro que guarda un gran parecido al oro, pudiendo llegar a confundirse con él. Debido a esto, a la pirita también se la conoce como «el oro de los tontos». ¿Qué tipo de compuesto es la pirita? ¿Cómo puedes distinguirla del verdadero oro?

La pirita es un compuesto iónico y no conduce en estado sólido mientras que el oro sí conduce.

- 51** A continuación se presentan una serie de materiales y el uso de cada uno de ellos. Basándote en esta información, razona el tipo de compuesto (iónico, covalente reticular, covalente molecular o metálico) del que se trata:

- Cinta aislante: cinta adhesiva que sirve para aislar cables eléctricos, evitando que se produzcan corrientes eléctricas indeseadas.
- Punta de diamante: material que colocado en la punta de una herramienta sirve para cortar cristales.
- Sales de baño: sustancia que se disuelve en agua con el objeto de mejorar las propiedades del agua de baño.
- Papel aluminio: lámina fina de color metálico usada para embalar los alimentos y aumentar su conservación.

a) Covalente molecular; b) covalente reticular; c) iónica; d) metálica.

1 El átomo de carbono

Página 99

- 1  Explica por qué el carbono es capaz de formar tantas moléculas distintas.

Las razones se detallan en el apartado 1.2 Características del carbono.

- 2 Las moléculas de CO y CO₂ se consideran compuestos inorgánicos. Explica este hecho basándote en la definición de química del carbono.

Se consideran compuestos inorgánicos porque no contienen hidrógeno.

- 3  El carbono y el silicio tienen unas propiedades químicas parecidas, ¿es posible la existencia de vida basada en silicio?

El silicio también forma cuatro enlaces y es relativamente abundante en la Tierra, pero posee un tamaño mayor, lo cual se deduce de su posición en la tabla periódica. Este mayor tamaño desestabiliza la formación de largas cadenas o de ciclos de átomos de silicio. (Fuente: *¿Es posible una vida de silicio? Cien preguntas básicas sobre la Ciencia*. Isaac Asimov).

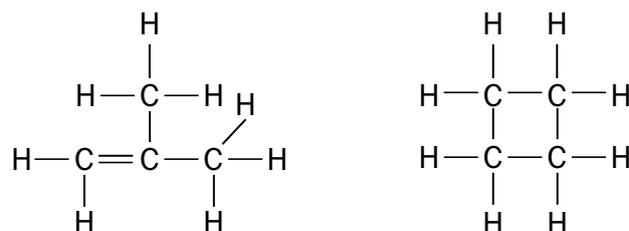
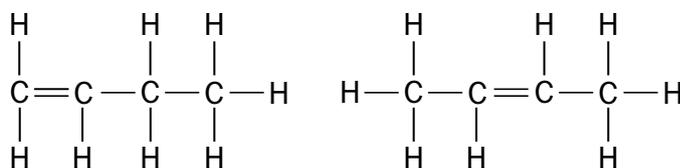
- 4  ¿Qué compuestos orgánicos derivan del petróleo? Identifica algunos de estos compuestos que uses en tu vida cotidiana.

Combustibles, plásticos, detergentes, asfalto, lubricantes, etc.

- 5  Además del nitrógeno y el oxígeno, ¿qué otros heteroátomos pueden existir en un compuesto orgánico?

Además del oxígeno y el nitrógeno, los más comunes son los halógenos, el fósforo y el azufre.

- 6 Los siguientes compuestos, de fórmula molecular C₄H₈, son isómeros. Justifica por qué.



Porque todos tienen la misma fórmula molecular. Puede ser de utilidad que cuenten los átomos de las distintas estructuras para comprobar que efectivamente presentan la misma fórmula molecular.

2 Formas alotrópicas del carbono

Página 100

Trabaja con la imagen

Compara el aspecto físico del grafito y del diamante. ¿Cómo explicas que uno sea negro y opaco y el otro transparente?

El grafito es negro debido a que tiene electrones con libertad de movimiento entre las capas de carbono, por lo que no pasa la luz.

Indica qué diferencias existen entre las dos estructuras del carbono y explica cómo crees que podría pasarse de una a otra.

Diamante: estructura tetraédrica. Grafito: estructura plana trigonal. Una de las formas de transformar grafito en diamante es emplear altas temperaturas y presiones. El diamante se convierte espontáneamente en grafito, sobre todo a altas temperaturas.

7 ¿Qué es un tetraedro? Localiza la disposición tetraédrica de los carbonos en la estructura del diamante; ¿es posible encontrar esta disposición en el grafito?

Es un cuerpo geométrico limitado por cuatro caras triangulares. No es posible encontrarlo en el grafito, que tiene una geometría plana.

8  ¿Crees que las temperaturas de fusión del diamante y del grafito serán similares o muy diferentes? Busca estos datos y razona la similitud o diferencia de los mismos.

Diamante: 4440 K a 12,4 GPa; Grafito: 4489 K a 10,3 MPa (corresponde al punto triple)
Fuente: *Handbook of Chemistry and Physics*, 2003. Son valores muy altos y parecidos porque en ambos casos es necesario romper enlaces covalentes similares.

9  ¿A qué crees que se debe que el diamante sea más duro que el grafito? Explícalo basándote en lo que sabes de sus estructuras.

Se debe a que cada carbono está unido por cuatro enlaces covalentes, lo cual determina su posición fija en la red. En el grafito se pueden desplazar una capa sobre otra.

10  Razona por qué el grafito es un gran conductor de la electricidad mientras que el diamante no lo es.

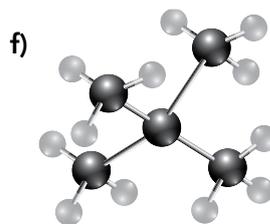
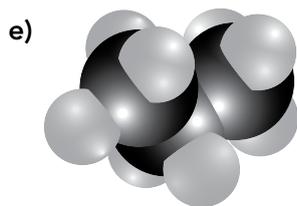
Porque tiene electrones que se mueven libremente entre las capas de carbono y son capaces de transmitir la corriente eléctrica.

3 Fórmulas y modelos moleculares

Página 102

11 ¿Cuál de los modelos moleculares descritos te parece más útil? Razona tu respuesta.

Una posible opinión podría ser: el de varillas es sencillo pero es más difícil identificar los distintos átomos; el de esferas se asemeja más a la realidad pero el orden de enlace existente entre los átomos se obtiene por extrapolación del número de esferas en la que penetra una dada (dicha visión puede ser de difícil adquisición para el alumnado). El de varillas y bolas puede ser el de más fácil identificación y de hecho es el más utilizado.



Será el mismo compuesto el que tenga, en principio, la misma fórmula desarrollada. Para hallarlas es necesario tener en cuenta que en el caso del modelo de esferas es probable que no se vean todos los átomos, teniendo que deducir su existencia; esto es lo que ocurre en el caso del compuesto c).

Los modelos que corresponden a cada tipo de compuesto son: compuesto 1: a), b) y e); compuesto 2: c) y f); compuesto 3: d).

Página 104

Trabaja con la imagen

Compara los distintos miembros de la serie homóloga; ¿qué tienen en común? ¿En qué se diferencian?

Tienen en común el grupo funcional, aldehído, y se diferencian en el número de carbonos que constituyen la cadena principal: 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Fíjate. ¿Cómo es el enlace que une los átomos de C y O en todos los casos?

Es un enlace doble carbono-oxígeno. Esta actividad les ayuda a identificar los órdenes de enlace a partir de los modelos moleculares y pone de relevancia otro tipo de enlace doble distinto al carbono-carbono.

Página 105

15 Indica el número de carbonos de la cadena principal y la familia orgánica de los siguientes compuestos:

- | | |
|--------------------------|---------------------|
| a) Pentanoato de metilo. | e) Etanol. |
| b) Butanona. | f) Ácido metanoico. |
| c) Heptanal. | g) Eteno. |
| d) Octano. | h) Propino. |

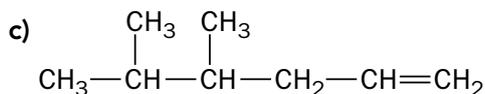
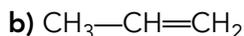
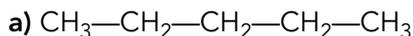
a) 5, éster; b) 4, cetona; c) 7, aldehído; d) 8, alcano; e) 2, alcohol; f) 1, ácido carboxílico; g) 2, alqueno; h) 3, alquino.

16  Reconoce el grupo funcional de los siguientes compuestos e indica a qué familia pertenecen:

- | | |
|---------------------------------|--|
| a) $\text{CH}_3\text{—CH—CH}_2$ | c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH}_2$ |
| b) CH_3OH | d) CH_4 |

a) $\text{C}=\text{C}$, alqueno; b) —OH , alcohol; c) —NH_2 , amina; d) C—C , alcano.

17 Nombra los siguientes compuestos:



a) pentano; b) propeno o prop-1-eno; c) 2,3-dimetilhex-1-eno.

18  **Formula los siguientes compuestos:**

a) Metano.

d) 3-metilbut-1-ino.

b) But-1-ino.

e) 3,3-dimetilbut-1-ino.

c) But-2-ino.

f) 3-etil-2,4-dimetilpent-2-eno.

a) CH_4 ; b) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH=CH}_2$; c) $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH}_3$; d) $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)—CH=CH}_2$;

e) $\text{CH}_3\text{—C(CH}_3\text{)}_2\text{—CH=CH}_2$; f) $\text{CH}_3\text{—CH(CH}_3\text{)—CH(CH}_2\text{—CH}_3\text{)—C(CH}_3\text{)=CH}_2$.

Página 106

Trabaja con la gráfica

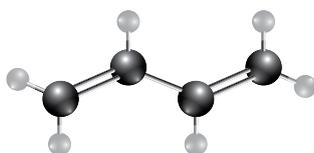
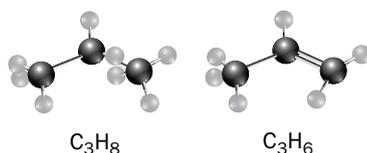
¿A qué se debe que aumente la temperatura de ebullición con el tamaño de las moléculas?
¿Por qué crees que las temperaturas son tan parecidas entre los tres tipos de compuestos?

Las distintas moléculas de hidrocarburos se unen mediante fuerzas de Van der Waals, que aumentan con el tamaño de la molécula. Los puntos de ebullición son similares porque las polaridades de las moléculas también lo son.

Página 107

Trabaja con la imagen

En la imagen, ¿cuáles serán hidrocarburos insaturados? Nombra los compuestos. ¿Cuántos hidrógenos les faltan para ser hidrocarburos saturados? Propón un alquino que sea isómero del compuesto de abajo y nómbralo.



Son hidrocarburos insaturados los dos últimos. Nombres: propano, propeno y buta-1,3-dieno, respectivamente. Al propeno le faltan 2 hidrógenos para ser saturado y al buta-1,3-dieno, 4 hidrógenos. Un alquino isómero del buta-1,3-dieno es, por ejemplo, el but-1-ino, $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—C}\equiv\text{CH}$.

19 ¿Cuántos hidrógenos le faltarían a un hidrocarburo insaturado que tuviera tres enlaces dobles para ser saturado? ¿Y a un alquino con un único enlace triple?

Alqueno: Dos por cada enlace doble, es decir, 6 hidrógenos en total. Alquino: 4 hidrógenos por cada enlace triple, es decir, 4 en total.

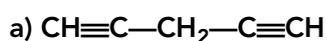
20  Busca información sobre las principales consecuencias medioambientales que tiene la quema de combustibles fósiles.

Respuesta libre en función de la información encontrada. Es importante conectarlo con los contenidos de Biología y Geología.

21  Describe las aplicaciones que tienen el etano, el eteno y el etino.

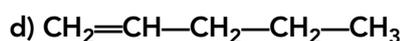
Algunas posibles respuestas se pueden consultar en el texto del epígrafe.

22 Formula o nombra, según corresponda, los siguientes compuestos:



b) hex-1,3,5-trieno.

c) 2-metilbut-1,3-dieno.

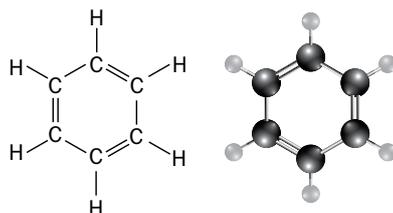


a) pent-1,4-diino; b) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$; c) $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$;
d) pent-1-eno.

Página 108

Trabaja con la imagen

Basándote en las representaciones del benceno, determina su fórmula molecular. Existe otra forma de representar el benceno con otro tipo de fórmula estructural. ¿Cuál es? Dibújala en tu cuaderno y coméntala con el resto de la clase.



C_6H_6 . El benceno también se puede representar como un hexágono con una circunferencia inscrita en su interior que hace referencia a la naturaleza anular de la disposición de sus electrones.

Página 109

Trabaja con la imagen

Construye las fórmulas semidesarrolladas de estos compuestos y nómbralos.

$\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$, propano-1,2,3-triol; $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, propilamina;
 $\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, etilmetilamina; $\text{N}(\text{CH}_3)_3$, trimetilamina.

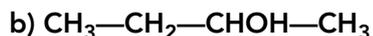
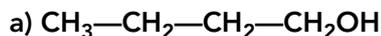
Indica si las aminas son primarias, secundarias o terciarias.

En el orden en el que aparecen: primaria, secundaria y terciaria.

- 23**  Busca información sobre la importancia y las aplicaciones del propano-1,2,3-triol o glicerol.

Algunas de las posibles aplicaciones del glicerol son como base en la fabricación de productos cosméticos, como cremas hidratantes y jabones, medicamentos, explosivos, barnices, lubricantes y anticongelantes. También es muy usado en la industria tabacalera y textil.

- 24** Formula o nombra los siguientes alcoholes:



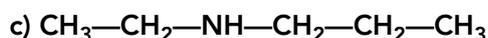
c) Pentan-3-ol.

a) butan-1-ol; b) butan-2-ol; c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHOH—CH}_2\text{—CH}_3$.

- 25** Formula o nombra, según corresponda, las siguientes aminas:

a) Butilamina.

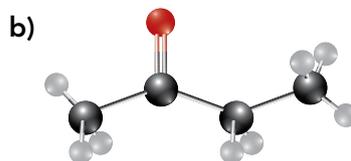
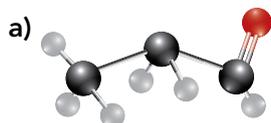
b) Butilpropilamina.



a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$; b) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$; c) etilpropilamina; d) tripropilamina.

Página 110

- 26** Obtén la fórmula semidesarrollada y el nombre de los compuestos representados en los siguientes modelos moleculares:



a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO}$, propanal; b) $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_3$, butanona.

- 27** Formula los siguientes aldehídos y cetonas:

a) Etanal.

d) Hexan-2-ona.

b) Pentanal.

e) Hexan-3-ona.

c) Propanodial.

f) Butanodiona.

a) $\text{CH}_3\text{—CHO}$; b) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$; c) $\text{CHO—CH}_2\text{—CHO}$; d) $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$; e) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$; f) $\text{CH}_3\text{—CO—CO—CH}_3$.

- 28**  Lo que se conoce como azúcar es un disacárido llamado sacarosa y está formado por glucosa y fructosa, dos azúcares simples. Busca la fórmula lineal tanto de la glucosa como de la fructosa e identifica los grupos funcionales que contienen.

Glucosa: $\text{CHO—CHOH—CHOH—CHOH—CHOH—CH}_2\text{OH}$; grupos funcionales: un aldehído y 5 grupos hidroxilos procedentes de alcoholes. Fructosa: $\text{CH}_2\text{OH—CO—CHOH—CHOH—CHOH—CH}_2\text{OH}$; grupos funcionales: una cetona y 5 grupos hidroxilos procedentes de alcoholes.

Página 111

- 29** Explica por qué las temperaturas de fusión del etanal y del ácido acético, $-123,4^{\circ}\text{C}$ y $16,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente, son tan diferentes.

La temperatura de fusión del ácido acético es mucho más alta debido a que sus moléculas además de estar unidas por fuerzas de Van der Waals también están unidas por enlaces de hidrógeno que son interacciones más intensas.

- 30** Nombra o formula, según corresponda, los siguientes compuestos:

a) Ácido pentanoico.

b) Ácido 3-metilpentanoico.

c) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$

d) $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—COOH}$

a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$; b) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}_2\text{—COOH}$; c) ácido butanoico; d) ácido 2,3-dimetilbutanoico

- 31**  El ácido metanoico está presente en el líquido de defensa que expulsan algunas hormigas. Formula este ácido, averigua qué otro nombre tiene y por qué.

HCOOH . Ácido fórmico. El nombre procede del término hormiga en latín: formica.

- 32** Nombra o formula los siguientes compuestos, según corresponda:

a) Propanoato de metilo.

b) Metanoato de propilo.

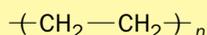
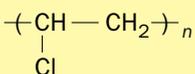
c) $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_2\text{—CH}_3$

a) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COO—CH}_3$; b) $\text{HCOO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$; c) etanoato de etilo, también conocido como acetato de etilo.

Página 113

Trabaja con la imagen

Los polímeros mostrados a la izquierda (véase la página 113 del libro del alumnado) se pueden representar mediante su fórmula condensada; indica cuál de las siguientes corresponde a cada uno:



La primera fórmula condensada correspondería con el policloruro de vinilo o PVC, y la segunda, con el polietileno.

TIC. Las TIC te ayudan a fijar conocimientos

Página 115

- 1 **Construye el modelo del 2-metilpentano mediante un modelo de bolas y varillas y transfórmalo en un modelo de varillas y en otro de esferas interpenetradas pulsando las correspondientes opciones en *Preferencias de Pantalla*.**

La estructura inicial se puede construir usando cualquiera de los modelos, aunque el de más fácil comprensión es el de bolas y varillas. Para empezar a construir la estructura hay que pulsar sobre el icono del lápiz.

- 2 **Rota el modelo con la herramienta de navegación hasta que la gires 180°.**

Para rotar la estructura será necesario usar la herramienta de navegación.

- 3 **En el modelo del 2-metilpentano construido selecciona uno de los carbonos terminales y los tres hidrógenos unidos a él y suprímelos.**

La herramienta de selección que se necesita para realizar esta actividad se activa pulsando el icono de la flecha negra.

Taller de ciencias

Página 116

Organizo las ideas

A: Hidrocarburos. B: Sencillos (alcanos). C: Triples (alquinos). D: Alcoholes. E: Aminas. F: Aldehídos. G: Cetonas. H: Ácidos carboxílicos. I: Ésteres.

Trabajo práctico

Página 117

- 1 **¿Qué conclusiones has obtenido al hacer este experimento? Compara tu propuesta con la ofrecida en estas páginas y con los resultados obtenidos.**

La conclusión obtenida es que no todos los líquidos disuelven igual al poliestireno. En este caso es el disolvente menos polar el que tiene un mayor efecto.

- 2 **Cuando se introduce una pequeña cantidad de poliestireno expandido en acetona, este parece que desaparece. ¿Es realmente así? Explica con tus propias palabras lo que ha sucedido.**

No desaparece, se disuelve en la acetona.

- 3** Al poner en contacto la acetona con el poliespán aparece en el líquido un burbujeo continuo. ¿De dónde crees que proceden esas burbujas?

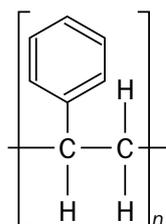
Las burbujas proceden del aire que estaba retenido dentro del poliestireno y que se libera al disolverse este. Es debido a todo ese aire a que el poliestireno sea tan poco denso.

- 4** Si intentas hacer este experimento con la acetona (usada como quitaesmaltes) es muy probable que el resultado no sea tan espectacular; ¿por qué crees que el poliespán no se disuelve igual en la acetona de laboratorio y en la acetona comercial?

En el producto comercial la acetona está menos concentrada, hay menos cantidad de acetona por unidad de volumen.

- 5**  Busca información en Internet sobre el poliestireno: estructura química, monómero del que procede y usos más comunes.

El poliestireno es un polímero que se puede representar mediante su fórmula condensada:



Se obtiene por polimerización del estireno monómero, $\text{C}_6\text{H}_5\text{---C}=\text{CH}_2$.

Se utiliza para fabricar envases y embalajes, y tiene también gran aplicación como aislante térmico y acústico, así como protector contra impactos.

- 6**  Diseña un experimento para determinar si un material de plástico blanco y ligero está hecho o no de poliestireno expandido.

Podemos añadir una gota de acetona en una zona que no importe que se estropee y observar el efecto.

- 7**  El poliestireno es un polímero muy estable que no se degrada fácilmente en la naturaleza, pudiendo permanecer en el medio ambiente durante cientos de años. Por eso, es muy importante su recogida y reciclaje. Haz una relación de las ventajas e inconvenientes que podría suponer utilizar la disolución en acetona para su reciclaje.

Ventajas: 1) retirada de un producto contaminante del medio ambiente; 2) el poliestireno disuelto ocupa mucho menos volumen por lo que es más fácil transportarlo; 3) se recupera la materia prima de la que está compuesto el poliestireno y se puede volver a reutilizar porque es muy fácil retirar la acetona.

Inconvenientes: 1) gastos económicos derivados de la utilización de la cetona; 2) peligro de incendio al ser un disolvente inflamable; 3) posibles fugas de vapor de acetona al medio ambiente.

Trabaja con lo aprendido

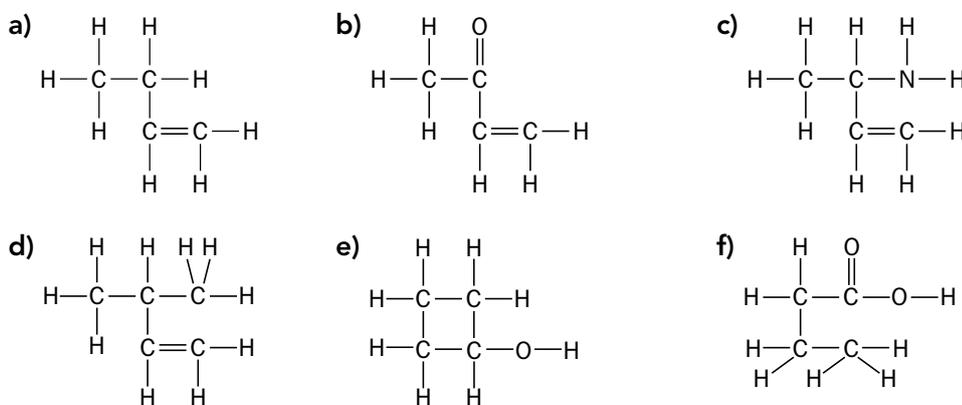
Página 118

El átomo de carbono

1 Razona si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

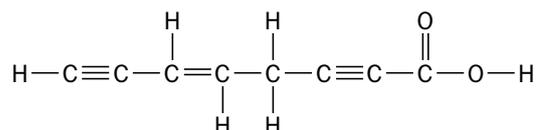
- La química del carbono se encarga de estudiar todos los compuestos que contengan carbono.
 - Existen muchos más compuestos orgánicos que inorgánicos.
 - El carbono forma tantos compuestos porque es capaz de enlazarse a cuatro átomos distintos.
 - Aunque los compuestos de carbono también se llaman compuestos orgánicos no solo se encuentran en los seres vivos.
- Falsa. Se encarga de estudiar todos los compuestos que contengan carbono e hidrógeno.
 - Verdadero, debido a la gran diversidad estructural de los compuestos de carbono.
 - Falsa. No es exclusivamente por eso, también puede formar distintos tipos de enlaces, sencillos, dobles y triples y las cadenas que forma pueden ser lineales o cíclicas y ramificadas o no.
 - Verdadero. Por ejemplo, los fullerenos.

2 Clasifica las cadenas carbonadas de los siguientes compuestos en lineales, ramificadas o cíclicas y señala los heteroátomos que existan.

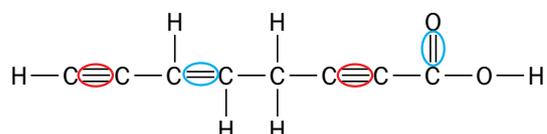


- a) Lineal, sin heteroátomos. b) Lineal, O. c) Lineal, N. d) Ramificada, sin heteroátomos. e) Cíclica, O. f) Lineal, 2 O.

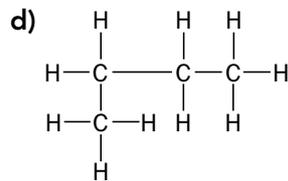
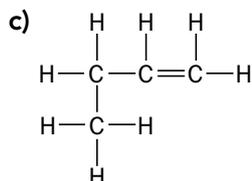
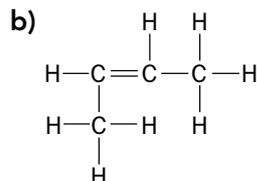
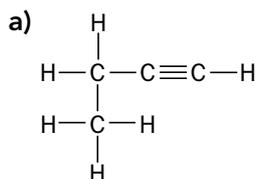
3 Rodea, con distintos colores, los enlaces de la siguiente molécula según sean sencillos, dobles o triples.



En la siguiente figura se rodean con un círculo de color azul los enlaces dobles, y con color rojo los triples. El resto son todos enlaces sencillos:



4 Escribe la fórmula molecular de los siguientes compuestos e indica cuáles de ellos son isómeros.



a) C_4H_6 ; b) C_4H_8 ; d) C_4H_8 ; e) C_4H_{10} .

Son isómeros los compuestos b) y d).

Formas alotrópicas del carbono

5 ¿Qué es un alótropo? Pon distintos ejemplos.

Un alótropo es una sustancia constituida por un mismo elemento pero cuyos átomos se ordenan formando una estructura distinta a la de otro compuesto de la misma composición. Por ejemplo, el oxígeno que respiramos (O_2) y el ozono (O_3) que nos protege de la radiación ultravioleta (aunque es tóxico).

6 Enumera las semejanzas y diferencias entre las propiedades del diamante y del grafito. Después, explícalas basándote en la estructura que presenta cada uno.

Semejanzas: Ambos presentan altas temperaturas de fusión y no son solubles en casi ningún disolvente debido a que los fuertes enlaces covalentes impiden que se desmorone la red cristalina.

Diferencias: El diamante es transparente y no conduce la electricidad y el grafito es negro y sí lo hace, porque los electrones que circulan libremente entre las capas de grafito impiden que pase la luz. El diamante es muy duro y el grafito es blando, porque todos los átomos del diamante están fuertemente unidos a los demás y en el grafito unas capas deslizan sobre otras.

7 Asocia, razonadamente, cada una de estas características al diamante, al grafito o a ambos:

- Es conductor.
- Es transparente.
- No es soluble en ningún disolvente.
- En su estructura, cada átomo de carbono está unido a otros cuatro átomos de carbono por enlaces covalentes.
- En su estructura, cada átomo de carbono está unido a otros tres átomos de carbono por enlaces covalentes.
- Es el material más duro de la naturaleza.
- Tiene un punto de fusión muy alto.

Diamante: b), d), f). Grafito: a), e). Ambos: c), g).

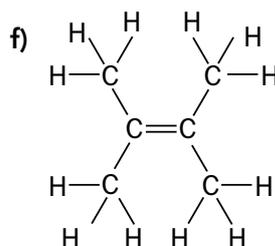
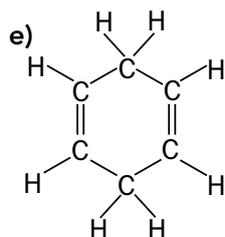
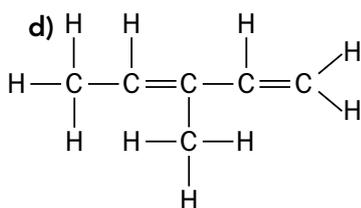
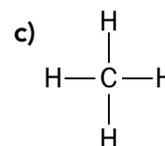
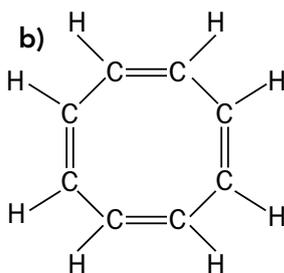
8 ¿Qué formas alotrópicas del carbono conoces? Elige una que no sea ni el diamante ni el grafito, y busca información sobre ella.

Grafito, diamante, fullereno, nanotubos, grafeno, etc. Respuesta libre.

Fórmulas y modelos moleculares

9 Identifica el tipo de fórmula utilizada para cada uno de estos compuestos y escribe su fórmula semidesarrollada.

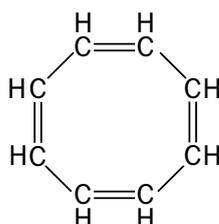
a) C_3H_8



g) C_2H_2

a) Es una fórmula molecular. La fórmula semidesarrollada es $CH_3-CH_2-CH_3$.

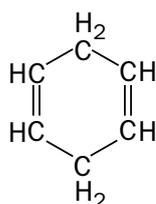
b) Es una fórmula desarrollada; la semidesarrollada es:



c) Es una fórmula desarrollada. Su fórmula semidesarrollada es CH_4 .

d) Es una fórmula desarrollada. La fórmula semidesarrollada es $CH_3-CH=C(CH_3)-CH=CH_2$.

e) Es una fórmula desarrollada. La fórmula semidesarrollada es:

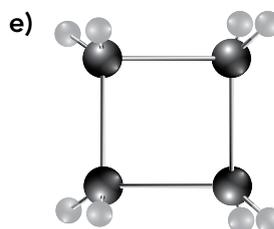
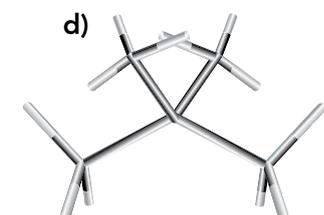
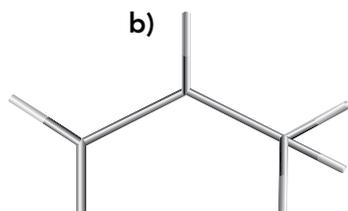


f) Es una fórmula desarrollada. La fórmula semidesarrollada es $(CH_3)_2C=C(CH_3)_2$.

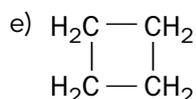
g) Es una fórmula molecular. La fórmula semidesarrollada es $CH\equiv CH$.

Página 119

10 Deduce, a partir de los siguientes modelos moleculares, la fórmula semidesarrollada de los siguientes compuestos:



a) $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$; b) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$; c) $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$; d) $\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_3$;



11 Ordena de forma creciente los siguientes compuestos según el número de carbonos de la cadena principal: butino, octano, eteno, 3-metilhexano, 2,2 dimetilpropano, metano, pentino.

Metano < eteno < 2,2-dimetilpropano < butino < pentino < 3-metilhexano < octano.

12 Indica la familia orgánica a la que pertenecen los compuestos:

- | | | |
|-----------------|--------------------|-----------------------|
| a) Pentilamina. | b) Ácido etanoico. | c) Hex-2-eno. |
| d) Nonano. | e) Butan-2-ol. | f) Etanoato de etilo. |
| g) Propanal. | h) Pent-2-ino. | i) Heptan-3-ona. |

a) Amina; b) ácido carboxílico; c) alqueno; d) alcano; e) alcohol; f) éster; g) aldehído; h) alquino; i) cetona.

13 Escribe el nombre y las fórmulas molecular, desarrollada y semidesarrollada de:

- Un alcohol de cuatro átomos de carbono.
- Un alqueno de cinco átomos de carbono.
- Un ácido carboxílico de dos átomos de carbono.

d) Una cetona de tres átomos de carbono.

e) Un aldehído de un carbono.

Algunas posibles respuestas son:

a) butan-1-ol, $C_4H_{10}O$, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$; b) pent-2-eno, C_5H_{10} , $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_3$; c) ácido etanoico o acético, $C_2H_4O_2$, CH_3-COOH ; d) propanona o acetona, C_3H_6O , $CH_3-CO-CH_3$; e) metanal, CH_2O , $HCHO$.

Hidrocarburos

14 Nombra los siguientes hidrocarburos:

a) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$.

b) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$.

c) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$.

d) $CH_2=CH_2$.

e) $CH_3-CH=CH-CH_3$.

f) $CH_2=CH-CH_2-CH=CH-CH_3$.

g) $CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH_3$.

h) $CH\equiv C-CH_3$.

a) butano; b) 2-metilpropano o metilpropano; c) 2,3-dimetilpentano; d) eteno; e) but-2-eno; f) hexa-1,4-dieno; g) 2-metilbut-1-eno; h) propino.

15 Formula los siguientes hidrocarburos:

a) Etano.

b) 2-metilpentano.

c) 2,4-dimetilpentano.

d) 3-etilpentano.

e) Propeno.

f) Hexa-1,3,5-trieno.

g) 2-metilbut-1-eno.

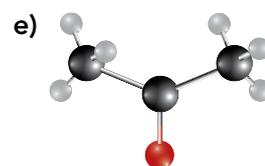
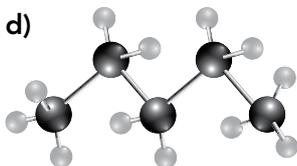
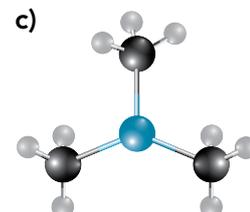
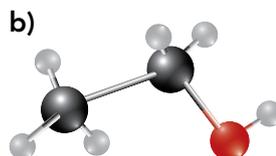
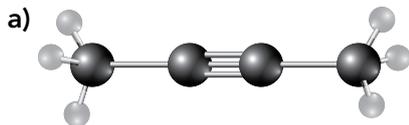
h) But-2-ino.

i) Pent-1,3-diino.

j) 2-metilpropino.

a) CH_3-CH_3 ; b) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$; c) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$; d) $CH_3-CH_2-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_3$; e) $CH_3-CH=CH_2$; f) $CH_2=CH-CH=CH-CH=CH_2$; g) $CH_2=CH(CH_3)-CH_2-CH_3$; h) $CH_3-C\equiv CH$; i) $CH\equiv C-C\equiv C-CH_3$; j) este compuesto no existe.

16 Identifica cuáles de los siguientes modelos moleculares corresponden a hidrocarburos:



Corresponden a hidrocarburos aquellos que no presentan heteroátomos; es decir, a) y d), but-2-ino y pentano, respectivamente.

Página 120

17 Tanto el propano como el butano se usan como combustibles en el ámbito doméstico. Aunque ambos combustibles son muy similares, tienen algunas propiedades distintas. Averigua cuál de ellos sería más adecuado para usar en un calentador con las botellas de combustible al aire libre y conociendo que durante el invierno se alcanzan temperaturas bajo cero. Explica tu respuesta.

El más adecuado sería el propano porque su temperatura de ebullición es menor y, por lo tanto, cuando la temperatura exterior es muy baja el propano es capaz de pasar a gas mientras que el butano permanece líquido y no sale del recipiente contenedor.

18 El eteno, además de como combustible, se usa para madurar ciertos tipos de frutas. Busca información en Internet que explique este comportamiento.

El eteno es una sustancia que emiten de forma natural algunas frutas y hortalizas y provocan la maduración de las mismas.

19 En la soldadura oxiacetilénica se usa etino, también llamado acetileno, como combustible. Razona por qué se usa el acetileno y no otro hidrocarburo, como el butano por ejemplo, para soldar metales.

Porque la temperatura que alcanza la llama en la combustión del acetileno es mucho más alta y permite fundir metales.

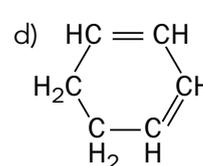
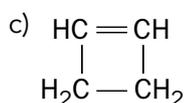
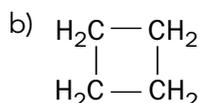
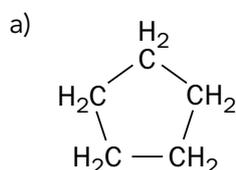
20 Formula los siguientes hidrocarburos cíclicos:

a) Ciclopentano.

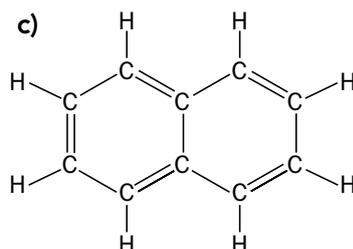
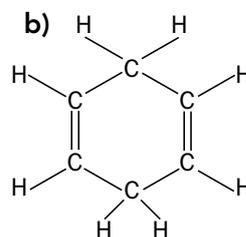
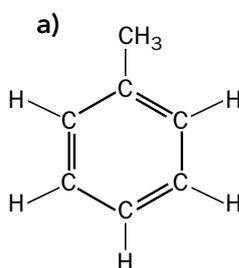
c) Ciclobuteno.

b) Ciclobutano.

d) Ciclohexa-1,3-dieno.



21 ¿Cuáles de los siguientes compuestos son hidrocarburos aromáticos?



Aquellos en los que todos los carbonos de los ciclos formen parte de un doble enlace; es decir, el a) y el c).

- 22** Documentate sobre las reservas actuales de petróleo que existen en el mundo y su localización geográfica.

Respuesta libre.

- 23** ¿Qué problemas medioambientales se derivan de la quema de combustibles procedentes del petróleo? ¿Qué medidas podrías adoptar tú en tu entorno para paliar esta situación?

Respuesta libre.

- 24** Normalmente, la fracción de petróleo que contiene los compuestos que formarán las gasolinas es inferior a la demanda existente de este combustible. Investiga sobre los procesos que se llevan a cabo en las refinerías para producir más gasolina a partir de otras fracciones del petróleo.

Buscar información sobre el craqueo y reformado del petróleo.

Compuestos de carbono oxigenados y nitrogenados

- 25** Nombra los siguientes compuestos, rodea su grupo funcional principal y clasifícalos por familias orgánicas:

- $\text{CH}_3\text{—NH}_2$.
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO}$.
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH}$.
- $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COOH}$.
- $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_3$.
- $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_3$.
- $(\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2)_3\text{N}$.
- $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—COOH}$.

En cada apartado primero se menciona el nombre, a continuación, los átomos que componen el grupo funcional y finalmente la familia orgánica. a) Metilamina, —NH_2 , amina; b) propanal, —CHO , aldehído; c) etanol, —OH , alcohol; d) ácido propanoico, —COOH , ácido carboxílico; e) butanona, —CO— , cetona; f) etanoato de metilo, —COO— , éster; g) tributilamina, —N— , amina; h) ácido 2-metilpropanoico, —COOH , ácido carboxílico. a) y g) por un lado y d) y h) por otro son de la misma familia.

- 26** Formula los siguientes compuestos y clasifícalos por familias:

- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| a) Metanal. | i) Dietilamina. |
| b) Metanol. | j) Octan-4-ona. |
| c) Ácido metanoico. | k) Ácido etanoico. |
| d) Metanoato de metilo. | l) Butilmetilamina. |
| e) Trimetilamina. | m) Butanodiol. |
| f) Propilamina. | n) Propan-1,2,2-triol. |
| g) Propanona. | ñ) Ácido 3-metilbutanoico. |
| h) Propan-1,2-diol. | o) Hexanal. |

a) HCHO ; b) CH_3OH ; c) HCOOH ; d) HCOOCH_3 ; e) $(\text{CH}_3)_3\text{N}$; f) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH}_2$;
 g) $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_3$; h) $\text{CH}_2\text{OH—CHOH—CH}_3$; i) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—NH—CH}_2\text{—CH}_3$;
 j) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$; k) $\text{CH}_3\text{—COOH}$;
 l) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—NH—CH}_3$; m) $\text{CHO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$;
 n) $\text{CH}_2\text{OH—C}(\text{OH})_2\text{—CH}_3$; ñ) $\text{CH}_3\text{—CH}(\text{CH}_3)\text{—CH}_2\text{—COOH}$;
 o) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$. Alcohol: b), h) y n); amina: e), f), i), l); aldehído: a), m), o); cetona: g), j); ácido carboxílico: c), k), ñ); éster: d).

Moléculas de especial interés

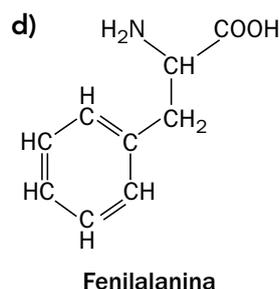
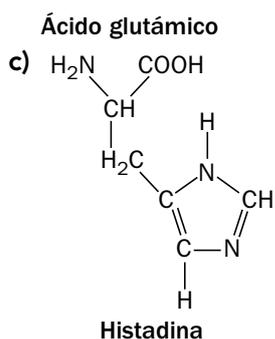
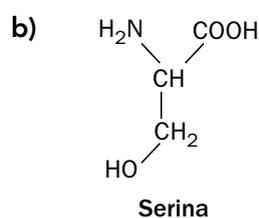
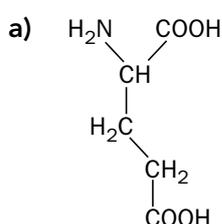
32 ¿En qué se diferencia una grasa saturada de otra insaturada? ¿Cuáles son más perjudiciales para la salud?

La grasa saturada no presenta ningún doble enlace mientras que la insaturada tiene al menos un doble enlace entre dos de sus carbonos. Las más perjudiciales, en general, son las saturadas.

33 Averigua cuáles son los aminoácidos esenciales y en qué alimentos se suelen encontrar.

Aminoácidos esenciales: valina (semillas de girasol, sésamo), leucina (carne roja), isoleucina (huevos), fenilalanina (garbanzos), treonina (aguacate), lisina (espárragos), arginina (carne de pollo), triptófano (plátano), histidina (legumbres) y metionina (soja).

34 Reconoce los grupos funcionales presentes en los siguientes aminoácidos:



a) Amina primaria y 2 ácidos carboxílicos; b) amina primaria, ácido carboxílico y alcohol; c) amina primaria, ácido carboxílico, amina secundaria, dobles enlaces; d) amina primaria, ácido carboxílico y anillo aromático.

1 Cambios químicos

Página 124

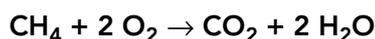
Trabaja con la imagen

A partir de la información de la ilustración, deduce qué enlaces se han roto y cuáles se han formado en el cambio químico que se representa.

Los enlaces que se rompen son los que unen a los átomos que forman reactivos: el enlace del nitrógeno con el oxígeno, en el caso de las moléculas NO, y el del oxígeno con el oxígeno, en la molécula de O₂. Los enlaces que se forman son los que unen a cada átomo de nitrógeno con dos de oxígeno, para obtener las moléculas de NO₂ como producto.

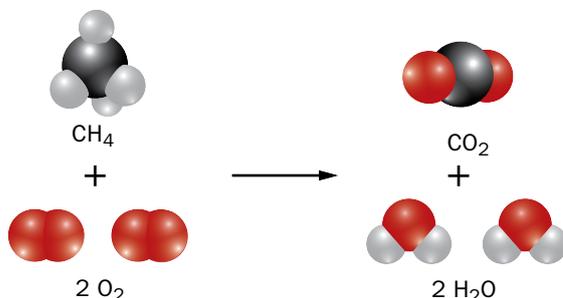
Página 125

1  Dibuja un esquema como el anterior para la siguiente reacción:



¿Cuántos y cuáles son los enlaces que se han roto y cuántos y cuáles son los que se han formado?

El esquema pedido es:

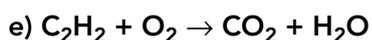
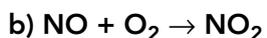
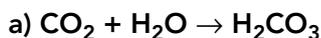


Se rompen dos enlaces O–O y cuatro enlaces C–H. Se forman dos enlaces C–O y cuatro enlaces O–H.

2  Indica qué significan los coeficientes estequiométricos en la reacción del ejercicio anterior.

Los coeficientes estequiométricos indican el número de moléculas de cada reactivo y producto que intervienen en la reacción; en este caso, una molécula de metano, dos de oxígeno, una de dióxido de carbono y dos de agua.

3 Ajusta las siguientes reacciones químicas:

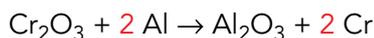


a) La reacción ya está ajustada, pues se cumple que el número de átomos de cada elemento es el mismo en reactivos y productos.

b) Tenemos un átomo de oxígeno más en reactivos que en productos, podemos ajustar esta ecuación química de dos modos diferentes:



c) Comenzamos por los coeficientes estequiométricos de los compuestos, que son 1, y por tanto no se escriben, y por último escribimos los de las sustancias simples:

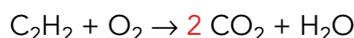


d) Ajustamos el H: $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$

Ajustamos el O: $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$

Ajustamos el N: $3 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HNO}_3 + \text{NO}$, observamos que ya está ajustado.

e) Ajustamos primero el H y el C, que aparecen en los compuestos:



Ajustamos ahora el oxígeno, para lo cual tenemos dos opciones:



2 Velocidad de reacción

Página 126

Trabaja con la imagen

Supón que el lado del cuadrado de la figura mide 1 cm. Calcula cuánto valdría la superficie disponible en los tres casos. Obtén una regla general en función del número de divisiones.

- En el cuadro «Efecto del grado de división» no se aprecia bien el porqué del aumento de superficie, y con ello, de la velocidad de reacción. Tenemos que recordar que un cubo, al ser una figura con volumen, al dividirlo se obtienen más cubos de los que aparecen representados en esta imagen. Es decir, si se divide cada arista del cubo en dos partes iguales, se obtienen 8 cubos, el doble de los que aparecen en la imagen. Y si fuera en tres partes iguales, serían 27 cubos, tres veces más de los que vemos representados. Así, el área total en cada caso será:

– Caso 1: $A_T = (1 \cdot 1) \cdot 6 \cdot 1 = 6 \text{ cm}^2$

– Caso 2: $A_T = (1/2 \cdot 1/2) \cdot 6 \cdot 8 = 12 \text{ cm}^2$

– Caso 3: $A_T = (1/3 \cdot 1/3) \cdot 6 \cdot 27 = 18 \text{ cm}^2$

Por tanto, una regla general para esto puede ser:

$$A_T = (l/n)^2 \cdot 6 \cdot n^3 = 6 \cdot l \cdot n$$

Siendo l la medida del lado del cubo de partida y n el número de divisiones iguales que se quieren hacer.

- Puede proponerse que, con esta fórmula, se recalculen estos ejemplos y que lo hagan, también, para otras divisiones del cubo, y ver si se cumple de forma general.

Página 127

- 4  Si mezclamos una disolución de ácido sulfúrico concentrado con agua, siempre se ha de añadir, gota a gota, el ácido en el recipiente que contiene el agua, y no al revés.

Teniendo en cuenta que estas dos sustancias reaccionan violentamente, explica por qué tomamos esta precaución. ¿Con qué factor físico que afecta a la velocidad de reacción lo relacionarías?

Debemos añadir el ácido sobre el agua, y no al revés, puesto que la concentración de los reactivos aumenta la velocidad de reacción. Si añadiéramos el agua sobre el ácido, la concentración de ácido sería muy elevada, mientras que si lo hacemos al revés la concentración del ácido, del cual solo tenemos una gota en todo el volumen de agua, es mucho menor.

- 5  Indica cuál es el motivo de que la carne picada se estropee antes que un trozo de carne de las mismas características que no se haya picado. ¿Con qué factor físico lo relacionas?

El motivo por el cual la carne picada se estropea antes es la superficie libre del reactivo sólido, en este caso la carne, que es mucho mayor si esta está picada que si tenemos un trozo entero.

- 6 ¿Qué crees que ocurriría si las reacciones químicas que se producen en el interior de nuestro cuerpo no se llevaran a cabo con enzimas catalíticas?

Las enzimas, como otros catalizadores, aceleran la velocidad de la reacción que catalizan, que es específica para cada una de ellas. Si no existieran, podrían ocurrir reacciones no esperadas en el organismo, porque fueran más rápidas que las reacciones que catalizan las enzimas y, además, se requeriría de elevadas temperaturas para compensar la lentitud de muchas de estas reacciones catalizadas por enzimas.

- 7  Busca imágenes de diferentes enzimas que existan en nuestro organismo. Dibújalas en tu cuaderno y explica las diferencias y semejanzas en sus formas y tamaños. ¿A qué crees que se debe esto?

La estructura tridimensional de las enzimas está relacionada con su función. Podemos encontrar imágenes de enzimas en <http://www.bionova.org.es/biocast/tema14.htm>.

- 8  Busca información sobre la lactasa y la razón por la que algunas personas no digieren bien la leche. ¿Conoces algún otro tipo de enzima que si no funciona repercute en la no digestión de alimentos? ¿Cómo pueden remediarse estos hechos?

La lactasa es una enzima que desdobra el azúcar doble de la leche (lactosa) en dos azúcares sencillos (glucosa y galactosa). Este proceso permite que el organismo absorba los azúcares sencillos. Otros enzimas que actúan en la digestión son la lipasa (grasas) y la amilasa (almidón).

Podemos encontrar información sobre la lactasa en <http://www.lactosa.org/saber.html>.

3 Cantidad de sustancia

Página 129

- 9  Calcula la masa molar del amoníaco, el cloruro de hidrógeno y el hidróxido de calcio.

Para calcular las masas molares de las sustancias pedidas, debemos conocer las masas atómicas de los elementos que las componen, que buscaremos en el Sistema Periódico y redondearemos.

N: 14 u; H: 1 u; Cl: 35,5 u; Ca: 40 u; O: 16 u.

A partir de la fórmula de cada sustancia, calculamos su masa molar:

- Amoníaco: NH_3 ; $M = 14 \cdot 1 + 1 \cdot 3 = 17 \text{ g/mol}$
- Cloruro de hidrógeno: HCl ; $M = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 35,5 = 36,5 \text{ g/mol}$
- Hidróxido de calcio: Ca(OH)_2 ; $M = 40 \cdot 1 + 2 \cdot (1 \cdot 16 + 1 \cdot 1) = 74 \text{ g/mol}$

10 ¿Cuál de las sustancias de la actividad anterior contendrá mayor cantidad de sustancia en un kilogramo de masa?

La sustancia que contendrá mayor cantidad de sustancia, es decir, mayor número de unidades fundamentales, será la de menor masa molar, es decir, aquella cuya unidad fundamental sea de menor masa; se trata, por tanto, del amoníaco.

11  Busca información acerca de la determinación del número de Avogadro y elabora un pequeño informe.

Se puede acudir a la investigación de Jean Perrin o al experimento de Millikan.

12 Calcula la cantidad de sustancia que hay en 250 mL de una disolución 2 M de NaOH. ¿Variará el resultado si la disolución es de Ca(OH)_2 ?

Para calcular la cantidad de sustancia que tenemos acudimos a la definición de molaridad, o concentración molar:

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}}$$

Observamos que si multiplicamos la molaridad de la disolución por el volumen de esta, expresado en litros, obtenemos la cantidad de sustancia:

$$M \cdot V \text{ (L)} = n \text{ (mol)}$$

Sustituyendo los datos del enunciado, en las unidades adecuadas:

$$2 \text{ mol/L} \cdot 0,250 \text{ L} = 0,500 \text{ mol}$$

Obtendríamos el mismo resultado para la otra sustancia.

4 Cálculos estequiométricos

Página 130

13  Calcula la masa de cloruro de potasio que se obtiene en la reacción del ejemplo.

Utilizamos los datos del ejemplo resuelto y seguimos los mismos pasos:

– Identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita** y anotamos la información del enunciado:



– Calculamos las masas molares de las sustancias dato e incógnita:

$$M_{\text{KClO}_3} = 122,6 \text{ g/mol} \quad ; \quad M_{\text{KCl}} = 74,6 \text{ g/mol}$$

– Calculamos la cantidad de sustancia de la sustancia dato a partir de su masa molar:

$$n_{\text{KClO}_3} = 86,8 \text{ g de KClO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol de KClO}_3}{122,6 \text{ g de KClO}_3} = 0,708 \text{ mol de KClO}_3$$

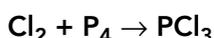
– Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{KCl}} = 0,708 \text{ mol de KClO}_3 \cdot \frac{2 \text{ mol de KCl}}{2 \text{ mol de KClO}_3} = 0,708 \text{ mol de KCl}$$

– Por último, calculamos la masa de la sustancia incógnita a partir de su masa molar:

$$m_{\text{KCl}} = 0,708 \text{ mol de KCl} \cdot \frac{74,6 \text{ g de KCl}}{1 \text{ mol de KCl}} = 52,82 \text{ g de KCl}$$

14  **Calcula la cantidad de sustancia de PCl_3 que se obtiene si reaccionan 426 g de Cl_2 según la reacción:**



Escribimos y ajustamos la ecuación química:



Identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**, y anotamos la información del enunciado:



$$m_{\text{Cl}_2} = 426 \text{ g}$$

Calculamos la masa molar de la sustancia dato:

$$M_{\text{Cl}_2} = 71 \text{ g/mol}$$

Calculamos la cantidad de sustancia de la sustancia dato a partir de su masa molar:

$$n_{\text{Cl}_2} = 426 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol de Cl}_2}{71 \text{ g}} = 6 \text{ mol de Cl}_2$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{PCl}_3} = 6 \text{ mol de Cl}_2 \cdot \frac{4 \text{ mol de PCl}_3}{6 \text{ mol de Cl}_2} = 4 \text{ mol de PCl}_3$$

15 **Calcula la cantidad de sustancia de P_4 que es necesaria en la reacción de la actividad anterior.**

Escribimos y ajustamos la ecuación química:



Identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**, y anotamos la información del enunciado:



$$m_{\text{Cl}_2} = 426 \text{ g}$$

Calculamos la masa molar de la sustancia dato:

$$M_{\text{Cl}_2} = 71 \text{ g/mol}$$

Calculamos la cantidad de sustancia de la sustancia dato a partir de su masa molar:

$$n_{\text{Cl}_2} = 426 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol de Cl}_2}{71 \text{ g}} = 6 \text{ mol de Cl}_2$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$6 \text{ mol de Cl}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol de P}_4}{6 \text{ mol de Cl}_2} = 1 \text{ mol de P}_4$$

- 16**  Se hace reaccionar carbonato de calcio con ácido clorhídrico según la siguiente reacción:



Calcula la masa de cloruro de calcio que se obtiene a partir de 350 g de carbonato de calcio.

Escribimos y ajustamos la ecuación química:



Identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**, y anotamos la información del enunciado:



$$m_{\text{CaCO}_3} = 350 \text{ g}$$

Calculamos la masa molar de la sustancia dato y de la incógnita:

$$M_{\text{CaCO}_3} = 100 \text{ g/mol} \quad M_{\text{CaCl}_2} = 111 \text{ g/mol}$$

Calculamos la cantidad de sustancia de la sustancia dato a partir de su masa molar:

$$n_{\text{CaCO}_3} = 350 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{100 \text{ g}} = 3,5 \text{ mol de CaCO}_3$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{CaCl}_2} = 3,5 \text{ mol de CaCO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol de CaCl}_2}{1 \text{ mol de CaCO}_3} = 3,5 \text{ mol de CaCl}_2$$

Por último, calculamos la masa de la sustancia incógnita a partir de su masa molar:

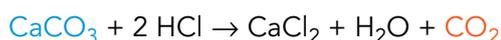
$$m_{\text{CaCl}_2} = 3,5 \text{ mol de CaCO}_3 \cdot \frac{111 \text{ g}}{1 \text{ mol de CaCl}_2} = 388,5 \text{ g de CaCl}_2$$

- 17** ¿Qué volumen de ácido clorhídrico se necesita en la reacción anterior suponiendo condiciones normales?

Escribimos y ajustamos la ecuación química:



Identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**, y anotamos la información del enunciado:



$$m_{\text{CaCO}_3} = 350 \text{ g}$$

Calculamos la masa molar de la sustancia dato:

$$M_{\text{CaCO}_3} = 100 \text{ g/mol}$$

Calculamos la cantidad de sustancia de la sustancia dato a partir de su masa molar:

$$n_{\text{CaCO}_3} = 350 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol de CaCO}_3}{100 \text{ g}} = 3,5 \text{ mol de CaCO}_3$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

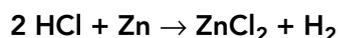
$$n_{\text{HCl}} = 3,5 \text{ mol de CaCO}_3 \cdot \frac{2 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de CaCO}_3} = 7 \text{ mol de HCl}$$

Para calcular el volumen de gas que corresponde a 7 mol utilizamos la ecuación de los gases ideales, o bien la equivalencia en condiciones normales de p y T , que indica que 1 mol de cualquier gas ocupa un volumen de 22,4 L. Tendremos, por tanto:

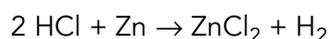
$$V_{\text{HCl}} = 7 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 156,8 \text{ L}$$

Página 131

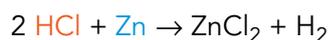
- 18**  **Calcula el volumen necesario de una disolución de ácido clorhídrico 2,5 M para que reaccionen 0,2 mol de cinc según esta reacción:**



Escribimos y ajustamos la ecuación química:



Identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**, y anotamos la información del enunciado:



$$n_{\text{Zn}} = 0,2 \text{ mol} \quad ; \quad \text{molaridad de disolución HCl} = 2,5 \text{ M}$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{HCl}} = 0,2 \text{ mol de Zn} \cdot \frac{2 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de Zn}} = 0,4 \text{ mol de HCl}$$

Por último, calculamos el volumen de disolución necesario para tener 0,4 mol de HCl a partir de la molaridad de la disolución:

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} \quad ; \quad V \text{ (L)} = \frac{n \text{ (mol)}}{M} = \frac{0,4 \text{ mol}}{2,5 \text{ mol/L}} = 0,16 \text{ L} = 160 \text{ mL}$$

- 19** **Infórmate sobre otras formas de expresar la concentración de una disolución. ¿Qué ventaja tiene usar la molaridad frente a otras para realizar cálculos estequiométricos?**

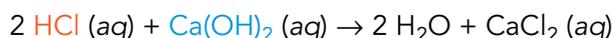
Las formas habituales de expresar la concentración son: % en masa o riqueza (masa de soluto en g por cada 100 g de disolución), % en volumen (volumen de soluto, en mL, por cada 100 mL de disolución) y concentración en masa de soluto, en gramos, por cada litro de disolución. La ventaja de utilizar la molaridad en los cálculos estequiométricos es que una vez tengamos el volumen de disolución, podemos calcular la cantidad de sustancia fácilmente; el valor de esta magnitud es el necesario para llevar a cabo los cálculos.

- 20** **¿Qué volumen de una disolución 2 M de una sustancia A será necesario para hacer reaccionar completamente 3 mL de otra disolución 2 M de una sustancia B si sabemos que los coeficientes estequiométricos de A y B son iguales?**

Si la molaridad de ambas disoluciones es la misma, y la relación entre los coeficientes estequiométricos es 1:1, el volumen de disolución será el mismo, pues contendrá la misma cantidad de sustancia, que es la requerida para que reaccione completamente la cantidad de sustancia dato.

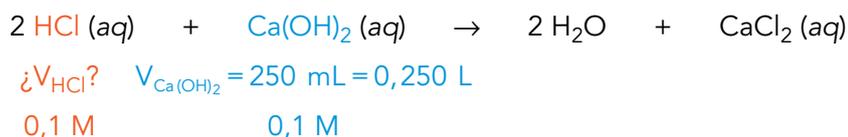
21 Calcula el volumen de disolución de ácido clorhídrico del ejercicio resuelto de esta página si la concentración de este reactivo fuera 0,1 M. ¿Cuál es la relación entre ambos resultados?

Partiremos de la ecuación química ajustada e identificaremos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**:



Observa que el agua es aquí, además del disolvente, un producto de la reacción.

Anotamos los datos del enunciado junto con la ecuación química:



Calculamos la cantidad de sustancia dato a partir de la definición de molaridad:

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} ; n \text{ (mol)} = M \cdot V \text{ (L)}$$

En nuestro caso:

$$n_{\text{Ca(OH)}_2} = 0,1 \text{ M} \cdot 0,250 \text{ L} = 0,025 \text{ mol de Ca(OH)}_2$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{HCl}} = 0,025 \text{ mol de Ca(OH)}_2 \cdot \frac{2 \text{ HCl}}{1 \text{ mol de Ca(OH)}_2} = 0,050 \text{ mol de HCl}$$

Calculamos el volumen de la disolución incógnita a partir de la definición de molaridad:

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} ; V \text{ (L)} = \frac{n \text{ (mol)}}{M}$$

En nuestro caso:

$$n_{\text{HCl}} = 0,050 \text{ mol} ; M = 0,1 \text{ mol/L}$$

por tanto:

$$V \text{ (L)} = \frac{0,050 \text{ mol}}{0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,500 \text{ L} = 500 \text{ mL de disolución HCl}$$

Observamos que necesitamos el doble de volumen de la disolución de ácido clorhídrico que en el caso del ejercicio resuelto, ya que ahora la concentración de la disolución de este reactivo es la mitad.

Página 132

22 Calcula la cantidad de gas metano que hay en un recipiente de 3 litros si $p = 1,2 \text{ atm}$ y $T = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Si enfriamos el recipiente hasta los $10 \text{ }^\circ\text{C}$, ¿cuál será el nuevo valor de la presión?

Los datos del problema son:

Estado inicial del gas	Estado final del gas
$V_1 = 3 \text{ L}$	$V_2 = 3 \text{ L}$
$p_1 = 1,2 \text{ atm}$	¿ p_2 ?
$T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 300\text{K}$	$T_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$

Calculamos en primer lugar la cantidad de sustancia, como se pide en el enunciado. Para ello utilizaremos la ecuación de los gases ideales, donde despejaremos el valor de la cantidad de sustancia:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

Tendremos en cuenta el valor de la constante $R = 0,082 \text{ (atm} \cdot \text{L)/(K} \cdot \text{mol)}$ y que debemos expresar la temperatura en kelvin:

$$n = \frac{1,2 \text{ atm} \cdot 3 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 300 \text{ K}} \simeq 0,146 \text{ mol}$$

Para calcular el nuevo valor de presión, aplicamos las leyes de los gases, que nos indican que la presión y la temperatura varían de forma proporcional si el volumen y la cantidad de gas no se alteran. Por ello:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

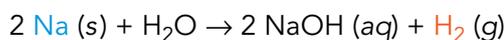
Despejando la presión y sustituyendo los datos, tenemos:

$$\frac{p_1}{T_1} \cdot T_2 = p_2 \rightarrow p_2 = \frac{1,2 \text{ atm} \cdot 300 \text{ K}}{283 \text{ K}} = 1,13 \text{ atm}$$

23 Calcula el volumen de hidrógeno (H_2), medido a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y $0,98 \text{ atm}$, que se desprende al hacer reaccionar $41,4 \text{ g}$ de sodio con agua:



Partiremos de la ecuación química ajustada e identificamos la **sustancia dato** y la **sustancia incógnita**:



Anotamos los datos del enunciado:

$$m_{\text{Na}} = 41,4 \text{ g}$$

Condiciones para el gas:

$$¿V_{\text{H}_2}?$$

$$p_{\text{H}_2} = 0,98 \text{ atm}$$

$$T_{\text{H}_2} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

Calculamos la cantidad de sustancia del sodio a partir del dato de la masa molar del sodio (23 g/mol):

$$n_{\text{Na}} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = \frac{41,4 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 1,8 \text{ mol de Na}$$

Calculamos la cantidad de sustancia incógnita correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{H}_2} = 1,8 \text{ mol de Na} \cdot \frac{1 \text{ mol de H}_2}{2 \text{ mol de Na}} = 0,9 \text{ mol de H}_2$$

Calculamos el volumen de hidrógeno desprendido a partir de la ecuación de los gases ideales:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T ; V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,9 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{0,98 \text{ atm}} = 22,44 \text{ L}$$

- 24** Comprueba que el valor de la constante de los gases, expresado en unidades del SI, es $8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Utilizando factores de conversión:

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot \frac{101\,325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ L}} \simeq 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

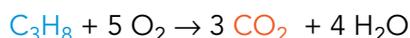
- 25** Comprueba que un mol de cualquier gas medido en c.n. (273 K y 1 atm) ocupa un volumen de 22,4 L.

Para ello despejamos el volumen en la ecuación del gas ideal y sustituimos los valores de las magnitudes:

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 273 \text{ K}}{1 \text{ atm}} \simeq 22,4 \text{ L}$$

- 26** Calcula el volumen de CO_2 desprendido en c.n. al quemarse 5 mol de propano.

Escribimos la reacción de combustión del propano:



Anotamos los datos de la **sustancia dato**, que en este caso es el propano: $n_{\text{propano}} = 5 \text{ mol}$.

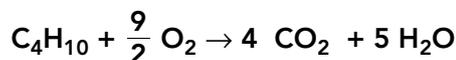
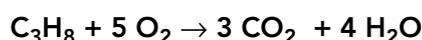
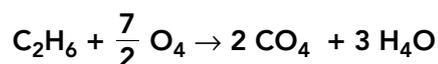
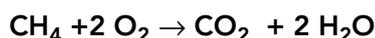
Calculamos la cantidad de **sustancia incógnita** correspondiente a partir de los coeficientes estequiométricos:

$$n_{\text{CO}_2} = 5 \text{ mol de propano} \cdot \frac{3 \text{ mol de CO}_2}{1 \text{ mol de propano}} = 15 \text{ mol de CO}_2$$

Calculamos el volumen de dióxido de carbono desprendido en condiciones normales, sabiendo que 1 mol de cualquier gas en estas condiciones ocupa un volumen de 22,4 L:

$$V_{\text{CO}_2} = 15 \text{ mol} \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 336 \text{ L}$$

- 27** A partir de las reacciones de combustión de los cuatro primeros alcanos, indica el volumen y la masa de CO_2 que se desprende al quemarse un litro de cada uno de ellos, medido en c.n.



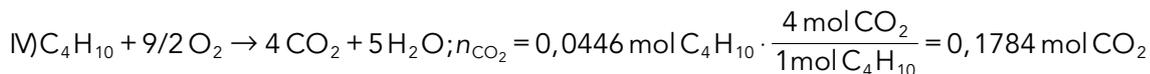
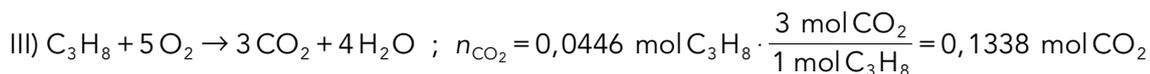
Para calcular el volumen de CO_2 desprendido a partir de un litro de cada combustible, medido en c.n., en primer lugar calculamos la cantidad de sustancia que corresponde al volumen del combustible sabiendo que 1 mol de cualquier gas en estas condiciones ocupa un volumen de 22,4 L:

$$n_{\text{combustible}} = 1 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = 0,0446 \text{ mol}$$

A partir de las ecuaciones químicas obtenemos la relación entre la cantidad de sustancia del combustible y la del CO_2 producido:

$$\text{I) } \text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \quad ; \quad n_{\text{CO}_2} = 0,0446 \text{ mol CH}_4 \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CH}_4} = 0,0446 \text{ mol CO}_2$$

$$\text{II) } \text{C}_2\text{H}_6 + 7/2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \quad ; \quad n_{\text{CO}_2} = 0,0446 \text{ mol C}_2\text{H}_6 \cdot \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} = 0,0892 \text{ mol CO}_2$$



Transformamos las cantidades anteriores en volumen de dióxido de carbono, medido en c.n., utilizando la relación 22,4 L/mol, y obtenemos:

$$\text{I) } V_{\text{CO}_2} = 0,0446 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 1 \text{ L}$$

$$\text{II) } V_{\text{CO}_2} = 0,0892 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 2 \text{ L}$$

$$\text{III) } V_{\text{CO}_2} = 0,1338 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 3 \text{ L}$$

$$\text{IV) } V_{\text{CO}_2} = 0,1784 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 4 \text{ L}$$

Transformamos las cantidades de dióxido de carbono en masa utilizando la masa molar del dióxido de carbono (44 g/mol):

$$\text{I) } m_{\text{CO}_2} = 0,0446 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 1,96 \text{ g}$$

$$\text{II) } m_{\text{CO}_2} = 0,0892 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 3,93 \text{ g}$$

$$\text{III) } m_{\text{CO}_2} = 0,1338 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 5,90 \text{ g}$$

$$\text{IV) } m_{\text{CO}_2} = 0,1784 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 7,86 \text{ g}$$

5 La energía en las reacciones químicas

Página 134

28 Si tocamos un vaso donde está ocurriendo una reacción endotérmica, ¿qué sensación tendremos?

Tendremos una sensación de frío, pues parte de la energía de nuestra mano se transmitirá al sistema donde ocurre esta reacción endotérmica.

29  Busca ejemplos de reacciones exotérmicas y endotérmicas y sus aplicaciones en productos cotidianos.

Se puede aludir a compresas de frío instantáneo, en las que se lleva a cabo la hidratación del nitrato de amonio, y a las bebidas autocalentables, a las que dedicamos la lectura del final de la unidad, en las que reacciona óxido de calcio con agua.

30  ¿Qué puedes decir de una reacción química, si $Q_r = -287,9 \text{ kJ/mol}$? ¿Y si fuera de signo contrario?

Se trata de una reacción exotérmica; si el signo fuese contrario sería una reacción endotérmica.

31 La presencia de un catalizador, ¿altera el valor de Q_r ?

No altera el valor de la energía de activación.

32 Dibuja un esquema en el que representes las situaciones de intercambio de energía tanto en reacciones endotérmicas como exotérmicas.

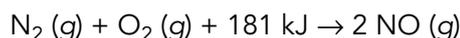
El esquema de una reacción exotérmica representará una salida de energía desde el sistema reaccionante hacia el exterior, mientras que en el caso de una reacción endotérmica el sentido de la representación del flujo energético será el contrario.

Página 135**33  Razona si una reacción es endotérmica o exotérmica si el calor de reacción en su ecuación termoquímica es de signo positivo sumado en los reactivos.**

Si se trata de una reacción endotérmica, el calor aparecerá sumado a los reactivos, pues el estado energético de los productos es mayor; por el contrario, el calor aparece sumado a los productos si se trata de una reacción exotérmica, pues se trata de energía que abandona el sistema.

34 Calcula la energía necesaria para la formación de 75 g de monóxido de nitrógeno según la reacción:

Partimos de la ecuación termoquímica, que nos informa de la energía necesaria para la formación de dos moles de monóxido de nitrógeno:



A continuación, debemos calcular la cantidad de sustancia que corresponde a 75 g de monóxido de nitrógeno; para ello, necesitaremos la masa molar de esta sustancia, $M_{\text{NO}} = 30 \text{ g/mol}$:

$$n_{\text{NO}} = \frac{m_{\text{NO}}}{M_{\text{NO}}} = \frac{75 \text{ g}}{30 \text{ g/mol}} = 2,5 \text{ mol}$$

Haciendo una proporción calculamos la energía puesta en juego:

$$Q = 2,5 \text{ mol} \cdot \frac{181 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = 226,25 \text{ kJ}$$

35  El calor de combustión del ácido benzoico es $-26,42 \text{ kJ/g}$:

a) ¿Es una reacción endotérmica o exotérmica?

b) ¿Qué cantidad de energía en forma de calor se desprende en la combustión de 3 mol de ácido benzoico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$)?

a) El calor de reacción es negativo, por lo que se trata de una reacción exotérmica.

b) Para calcular la energía desprendida nos fijamos en las unidades del calor de combustión, que en este caso viene dado por gramo de sustancia. Como partimos de un dato de cantidad de sustancia, 3 mol de ácido benzoico, debemos calcular la masa en gramos a la que corresponde la cantidad de sustancia anterior; para ello, utilizamos la masa molar del ácido benzoico, 122 g/mol:

$$n (\text{mol}) = \frac{m (\text{g})}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; m (\text{g}) = n (\text{mol}) \cdot M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 3 \text{ mol} \cdot 122 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 366 \text{ g}$$

A partir de la masa de ácido benzoico calculamos la energía desprendida, utilizando para ello el calor de combustión del enunciado:

$$\text{Energía desprendida} = 26,45 \text{ kJ/g} \cdot 366 \text{ g} = 9680,7 \text{ kJ}$$

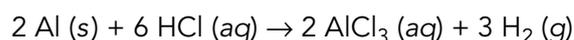
Debemos expresar esta energía con signo negativo para indicar que se trata de energía desprendida.

6 Orientaciones para la resolución de problemas

Página 137

- 36**  Calcula la masa de cloruro de aluminio que se ha formado a partir de la reacción química del primer ejemplo resuelto. Dato: $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$.

La ecuación química ajustada es:



En este caso, la sustancia dato y la sustancia incógnita, y sus datos, son:

– Sustancia dato:

Ácido clorhídrico: $V_{\text{HCl}} = 150 \text{ mL}$, $M = 5 \text{ M} = 5 \text{ mol/L}$

– Sustancia incógnita:

Cloruro de aluminio: $\text{¿}m_{\text{AlCl}_3}\text{?}$

Calculamos la cantidad de HCl:

$$n_{\text{HCl}} = 5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,15 \text{ L} = 0,75 \text{ mol de HCl}$$

Y a partir de la relación entre coeficientes estequiométricos calculamos la cantidad de cloruro de aluminio:

$$n_{\text{AlCl}_3} = 0,75 \text{ mol de HCl} \cdot \frac{2 \text{ mol de AlCl}_3}{6 \text{ mol de HCl}} = 0,25 \text{ mol de AlCl}_3$$

Por último, calculamos la masa de cloruro de aluminio a partir de su masa molar, $62,5 \text{ g/mol}$:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; m \text{ (g)} = n \text{ (mol)} \cdot M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 0,25 \text{ mol} \cdot 62,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 15,6 \text{ g}$$

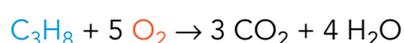
- 37**  Calcula el volumen de hidrógeno desprendido del primer ejemplo resuelto si se mide a 25°C . ¿Será mayor o menor que el del ejemplo?

Utilizando el resultado parcial de cantidad de hidrógeno del ejemplo resuelto, $0,375 \text{ mol}$, y utilizando la ecuación de los gases ideales, para las condiciones de $p = 1 \text{ atm}$ y $T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$, calculamos el volumen pedido:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T ; V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,375 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}} \approx 9,16 \text{ L}$$

- 38**  Calcula la cantidad de oxígeno necesaria para la combustión completa de la cantidad de propano del segundo ejemplo.

Reaccionan 440 g de propano, que es la **sustancia dato**; la **sustancia incógnita** es el oxígeno. La ecuación química ajustada es:



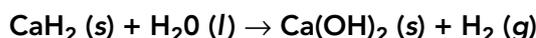
Calculamos la cantidad de sustancia dato; para ello, necesitamos la masa molar del propano, que calculamos a partir de las masas atómicas de carbono e hidrógeno, y es 44 g/mol:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; n_{\text{propano}} = \frac{440 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 10 \text{ mol}$$

A partir de la relación entre coeficientes estequiométricos, calculamos la cantidad de sustancia incógnita:

$$n_{\text{O}_2} = 10 \text{ mol de propano} \cdot \frac{5 \text{ mol de oxígeno}}{1 \text{ mol de propano}} = 50 \text{ mol de oxígeno}$$

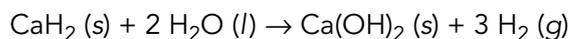
39 El hidruro de calcio reacciona con agua según la siguiente reacción química:



- Ajusta la ecuación química.
- Calcula la cantidad de hidruro de calcio que reaccionarán con 3,6 mol de agua.
- Calcula la masa de hidróxido de calcio que se forma con la misma cantidad de agua.
- ¿Qué volumen de hidrógeno, medido a 300 K y 1,2 atm, se desprende a partir del agua que reacciona?

Datos: $M \text{ (Ca)} = 40 \text{ g/mol}$; $M \text{ (O)} = 16 \text{ g/mol}$; $M \text{ (H)} = 1 \text{ g/mol}$.

a) La ecuación química ajustada es:



b) Para calcular la cantidad de hidruro de calcio que reacciona con 3,6 mol de agua utilizamos la proporción que nos dan los coeficientes estequiométricos de la sustancia dato (agua) y la sustancia incógnita (hidruro de calcio):

$$\frac{1 \text{ mol de CaH}_2}{2 \text{ mol de H}_2\text{O}} = \frac{x \text{ mol de CaH}_2}{3,6 \text{ mol de H}_2\text{O}}$$

despejando x , tenemos que reaccionan 1,8 mol de CaH_2 .

c) Observamos que el coeficiente estequiométrico del hidróxido de calcio es el mismo que el del hidruro; por tanto, partiendo de la misma cantidad de agua obtendremos la misma cantidad de hidróxido de calcio que la correspondiente al hidruro de calcio que reacciona, 1,8 mol.

Para calcular la masa a partir de la cantidad de sustancia, necesitamos conocer la masa molar de la sustancia; en este caso, el hidróxido de calcio. Utilizamos las masas atómicas del calcio (40 u), oxígeno (16 u) e hidrógeno (1 u) y obtenemos que la masa molar del Ca(OH)_2 es 74 g/mol.

Calculamos ahora la masa a partir de la relación entre cantidad de sustancia y masa:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; m \text{ (g)} = n \text{ (mol)} \cdot M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 1,8 \text{ mol} \cdot 74 \text{ g/mol} = 133,2 \text{ g}$$

d) Calculamos, en primer lugar, la cantidad de hidrógeno a partir de la información de la ecuación química ajustada:

$$\frac{3 \text{ mol de H}_2}{2 \text{ mol de H}_2\text{O}} = \frac{x \text{ mol de H}_2}{3,6 \text{ mol de H}_2\text{O}}$$

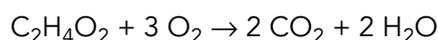
Utilizamos ahora la ecuación de los gases ideales para calcular el volumen medido a 300 K y 1,2 atm:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T ; V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{5,4 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 300 \text{ K}}{1,2 \text{ atm}} = 110,7 \text{ L}$$

40 ¿Qué energía se desprende cuando reaccionan 330 g de $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ con la cantidad suficiente de oxígeno? Si la reacción se diera en c.n., ¿qué volumen de CO_2 se formaría? ¿Y de agua? $Q_c = -875,4 \text{ kJ/mol}$.

Datos: $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$.

Comenzamos escribiendo la reacción de combustión ajustada:



Para calcular la energía que se desprende debemos calcular la cantidad del combustible que reacciona, lo que hacemos utilizando la masa molar del combustible:

$$M_{\text{combustible}} = 12 \cdot 2 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 60 \text{ g/mol}$$

Calculamos ahora la cantidad de sustancia a partir de la relación entre cantidad de sustancia y masa:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} ; n(\text{mol}) = \frac{330 \text{ g}}{60 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,5 \text{ mol}$$

A partir del dato del calor de combustión calculamos la energía que se desprende:

$$\text{Energía desprendida} = 875,4 \text{ kJ/mol} \cdot 5,5 \text{ mol} = 4814,7 \text{ kJ}$$

que debemos expresar con signo negativo, puesto que es energía desprendida, $-4814,7 \text{ kJ}$.

Para calcular el volumen de dióxido de carbono calculamos primero la cantidad de esta sustancia producida:

$$n_{\text{CO}_2} = 5,5 \text{ mol de combustible} \cdot \frac{2 \text{ mol de CO}_2}{1 \text{ mol de combustibe}} = 11 \text{ mol de CO}_2$$

A partir de la ecuación de los gases ideales, o considerando la relación entre volumen y cantidad de gas en c.n., obtenemos el volumen de dióxido de carbono producido:

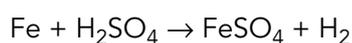
$$11 \text{ mol de CO}_2 \cdot \frac{22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 246,4 \text{ L}$$

El volumen de agua producido será igual al de CO_2 , puesto que la cantidad de estas dos sustancias es igual por cada mol de combustible que reacciona.

41 Una muestra de hierro se mezcla con 200 mL de ácido sulfúrico, H_2SO_4 , de concentración 3,5 M. En esta reacción se forman: hidrógeno en estado gaseoso y sulfato de hierro (II). ¿Qué masa tenía la muestra de hierro? ¿Qué volumen de hidrógeno se desprende medido a 30 °C y 0,95 atm?

Datos: $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g/mol}$; $M(\text{S}) = 32 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$.

Comenzamos escribiendo la ecuación química:



La sustancia dato en este caso es el ácido sulfúrico, pues conocemos el volumen de la disolución de esta sustancia y su concentración. A partir de estos datos podemos calcular la cantidad de ácido sulfúrico que reacciona:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,200 \text{ L} = 0,7 \text{ mol de H}_2\text{SO}_4$$

La relación entre los coeficientes estequiométricos en esta reacción química es 1:1 para todas las sustancias; por ello, concluimos que la cantidad de hierro y la de hidrógeno es de 0,7 mol, en ambos casos.

Para calcular la masa de hierro a partir de la cantidad de sustancia necesitamos el dato de masa molar del hierro, que es de 55,8 g/mol:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; m \text{ (g)} = n \text{ (mol)} \cdot M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 0,7 \text{ mol} \cdot 55,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 39,06 \text{ g}$$

Para calcular el volumen de hidrógeno desprendido medido a 30 °C (303 K) y 0,95 atm utilizamos la ecuación de los gases ideales:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T ; V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,7 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 303 \text{ K}}{0,95 \text{ atm}} \simeq 18,31 \text{ L}$$

TIC. Ajuste de reacciones

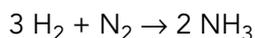
Página 138

- 1 **Explica por qué el último coeficiente que se debe ajustar es el que corresponde a sustancias elementales o sustancias simples.**

El coeficiente de las sustancias simples solo altera el valor de los átomos de un elemento químico, por ello debemos ajustarlo en último lugar.

- 2 **Del mismo modo que cuando tenemos cuatro rebanadas de pan y una sola loncha de queso, este ingrediente «limita» la preparación de dos bocadillos (solo se puede hacer uno), en estequiometría se utiliza el concepto de «reactivo limitante», que estudiarás en profundidad en cursos posteriores. Si tomamos como ejemplo la reacción de formación del amoníaco y tenemos dos mol de nitrógeno (N₂) y tres de hidrógeno (H₂), ¿cuál es el reactivo limitante?**

La ecuación química ajustada es la siguiente:



Por cada tres moles de H₂ necesitamos un mol de N₂. Si tenemos tres moles de H₂ y dos moles de N₂, sobrarán un mol de N₂; por tanto, el reactivo limitante es el hidrógeno.

Página 139

- 1 **Realiza varios experimentos con una sola colisión variando la energía y el ángulo de lanzamiento. Extrae conclusiones acerca de la probabilidad de que se produzca una colisión efectiva y los factores de los que depende.**

Esperamos respuestas que argumenten acerca de la orientación relativa de los reactivos y de la energía de la colisión.

- 2 **Realiza un experimento de velocidad de reacción con la primera reacción química de las ofrecidas variando la cantidad de moléculas de los dos reactivos.**

Activa la visualización del cronómetro y el diagrama de evolución de la reacción para cronometrar el tiempo que tarda en estabilizarse la reacción.

Recoge tus resultados en una tabla y extrae conclusiones acerca de la influencia de la concentración de reactivos. ¿Por qué decimos que el equilibrio químico es un equilibrio dinámico?

Con esta actividad pretendemos por una parte atender el estándar de aprendizaje 2.2 del bloque 3: Los cambios, en el que se alude al análisis del efecto de la concentración de reactivos, utilizando, entre otras, aplicaciones virtuales. Por otra parte, destacamos el carácter dinámico del equilibrio químico, con el objetivo que ya se ha mencionado.

- 3 **Realiza la misma experiencia variando ahora la temperatura. Extrae conclusiones.**

Al igual que en el caso anterior, se pretende atender al estándar de aprendizaje 2.2.

Taller de ciencias

Página 140

Organizo las ideas

A: reactivos; B: forman; C: ecuación química; D: proporción entre reactivos y productos; E: positiva.

Trabajo práctico

Página 141

- 1 **Elabora una tabla en la que recojas las condiciones de cada experiencia junto con las observaciones que hayas realizado y extrae conclusiones.**

Con esta actividad se trata de que el alumnado sea consciente de la necesidad de llevar a cabo un adecuado control de variables en la experiencia, como única forma de extraer conclusiones a partir de un trabajo práctico.

- 2 **A partir de la experiencia 3, realiza un experimento añadiendo solo el catalizador, el cobre y el ácido. ¿Qué observas?**

Es esperable que la reacción no tenga lugar, pues falta uno de los reactivos. Se trata de diferenciar el papel de los reactivos al del catalizador.

- 3 **¿Obtendríamos resultados análogos a la experiencia 3 si en vez de utilizar cobre usáramos un compuesto de cobre, como el sulfato de cobre? ¿Podríamos decir que el sulfato de cobre cataliza la reacción? Explica tu respuesta.**

No se esperan los mismos resultados, pues la sustancia que cataliza es el cobre, no la presencia de iones cobre en la disolución.

Trabaja con lo aprendido

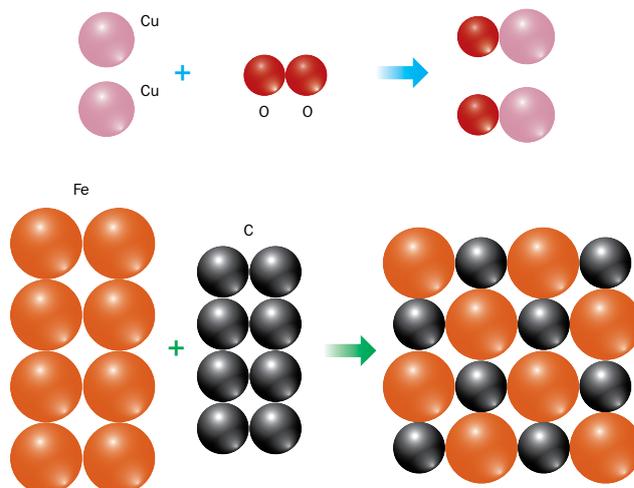
Página 142

Los cambios químicos

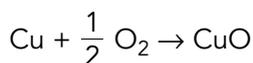
- 1 **Enumera cinco cambios químicos de los que seas consciente en tu día a día.**

Cocinado de alimentos, formación de herrumbre, combustión, respiración celular, entre otros.

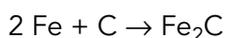
- 2 Escribe la ecuación química que representan estos cambios químicos, descritos a nivel molecular:



Para el primer proceso, podemos escribir:



Para el segundo:



- 3 Ajusta estas ecuaciones químicas:

- $\text{MgCl}_2 + \text{Li}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{LiCl}$
- $\text{P}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_3$
- $\text{MgI}_2 + \text{Mn}(\text{SO}_3)_2 \rightarrow \text{MgSO}_3 + \text{MnI}_4$
- $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{SeCl}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SeO}_2 + \text{Cl}_2$

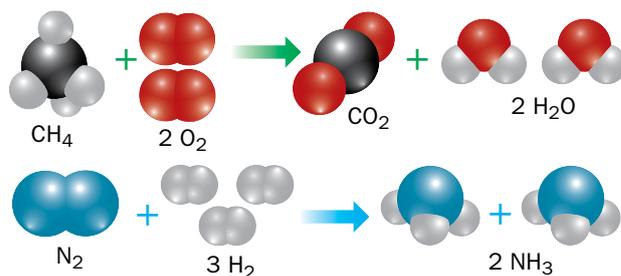
Las ecuaciones químicas ajustadas son:

- $\text{MgCl}_2 + \text{Li}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MgCO}_3 + 2 \text{LiCl}$
- $\text{P}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{P}_2\text{O}_3$
- $2 \text{MgI}_2 + \text{Mn}(\text{SO}_3)_2 \rightarrow 2 \text{MgSO}_3 + \text{MnI}_4$
- $\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 4 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{SeCl}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SeO}_2 + 3 \text{Cl}_2$

- 4 Comprueba que se cumple la ley de conservación de la masa en las reacciones químicas anteriores considerando la masa de los átomos que forman las sustancias presentes en las mismas.

La ley de conservación de masa se cumple en todas las reacciones. Esto lo podemos comprobar haciendo un balance de átomos de cada elemento en reactivos y productos, lo que nos indicará que tenemos el mismo número de átomos de cada elemento antes y después del cambio. Como la masa de los átomos no varía en una reacción química, podemos concluir que la masa de los reactivos es igual a la masa de los productos.

5 A partir de la información del enunciado, indica qué enlaces se rompen y se forman en estos cambios químicos:



En el primer cambio químico, se rompen cuatro enlaces C-H y dos enlaces O-O; se forman dos enlaces C-O y cuatro enlaces O-H.

En el segundo, se rompen un enlace N-N y tres H-H; se forman 6 enlaces N-H.

Velocidad de reacción

6 Explica cómo afecta la concentración de los reactivos a la velocidad de reacción, utilizando para ello la teoría de las colisiones.

Cuanto mayor es la concentración de los reactivos, mayor es la probabilidad de que se produzca una colisión efectiva; por tanto, mayor es la velocidad de la reacción.

7 Medimos la concentración de una sustancia que interviene en una reacción química y obtenemos los siguientes datos:

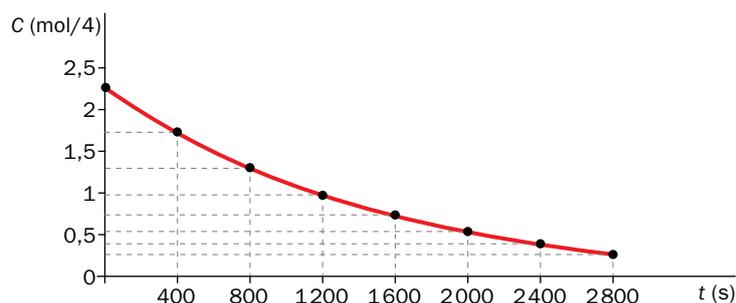
Tiempo (s)	Concentración (mol/L)	Tiempo (s)	Concentración (mol/L)
0	2,32	1600	0,73
400	1,72	2000	0,54
800	1,3	2400	0,39
1200	0,98	2800	0,28

a) ¿Se trata de un reactivo o de un producto?

b) Representa los datos de concentración frente al tiempo. La pendiente del gráfico en cada punto es una medida de la velocidad de reacción. ¿Aumenta o disminuye la velocidad de reacción según avanza la reacción? Explica tu observación.

a) Se trata de un reactivo, pues su concentración va disminuyendo.

b) En la gráfica se observa que la pendiente del gráfico va decreciendo, lo que indica que la velocidad de la reacción va siendo cada vez menor.



8 Explica cómo afecta la temperatura a la velocidad de una reacción química según la teoría cinética de la materia.

Un aumento de temperatura implica que ha ocurrido un aumento de la energía cinética de las partículas; por tanto, al producirse un choque entre varias partículas, con la orientación adecuada, la probabilidad de que la energía sea suficiente para que este sea un choque efectivo aumenta. Por ello, aumenta la velocidad de reacción.

9 Explica cuáles son las ventajas de utilizar catalizadores en reacciones que requieran de condiciones extremas de presión y/o temperatura.

Los catalizadores rebajan la energía de activación, la necesaria para que un choque sea efectivo. Por ello, se pueden dar choques efectivos en presencia de un catalizador a menor temperatura.

Cantidad de sustancia

10 Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) En un mol de agua hay el mismo número de moléculas que en un mol de butano.
- b) En un mol de agua hay el mismo número de átomos de hidrógeno que en un mol de butano.
- c) En un mol de agua hay un mol de átomos de oxígeno y dos mol de átomos de hidrógeno.
- d) En un mol de agua hay $1,8066 \cdot 10^{24}$ átomos.
- e) En un mol de agua hay $1,8066 \cdot 10^{24}$ moléculas.

a) Verdadero. b) Falso; en un mol de butano hay 5 veces más átomos de hidrógeno que en un mol de agua. c) Verdadero. d) Verdadero. e) Falso; en un mol de agua hay $6,022 \cdot 10^{23}$ moléculas.

11 Completa la tabla con las cantidades que hay en 20 mol de agua:

	Cantidad de sustancia (mol)	Átomos o moléculas	Masa (g)	Masa molar (g/mol)
H ₂ O	20			18
H				1
O				16

En 20 mol de agua hay:

	Cantidad de sustancia (mol)	Átomos o moléculas	Masa (g)	Masa molar (g/mol)
H ₂ O	20	$1,2044 \cdot 10^{25}$	360	18
H	40	$2,4088 \cdot 10^{25}$	40	1
O	20	$1,2044 \cdot 10^{25}$	320	16

Página 143

12 Indica el número de átomos que hay en una muestra de 360 g de cobre.

Para calcular la cantidad de átomos calculamos, en primer lugar, la cantidad de cobre que hay en 360 g de este metal. Para ello necesitaremos la masa molar del cobre, que es 63,5 g/mol:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; n \text{ (mol)} = \frac{360 \text{ g}}{63,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \simeq 5,67 \text{ mol de Cu}$$

Calculamos ahora el número de átomos utilizando la constante de Avogadro ($6,022 \cdot 10^{23}$):

$$N = 5,67 \text{ mol} \cdot \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol}} \simeq 3,41 \cdot 10^{24} \text{ átomos}$$

13 Calcula las masas molares de estas sustancias a partir de los datos de masas atómicas promedio que se recogen en la Tabla Periódica. Recuerda que debes escribir la fórmula de cada una de ellas:

a) Cloruro de calcio.

e) Dicloro.

b) Plata.

f) Tricloruro de aluminio.

c) Trióxido de dihierro.

g) Ácido sulfhídrico.

d) Ozono.

h) Ácido sulfúrico.

a) CaCl_2 : 111 g/mol.e) Cl_2 : 71 g/mol.b) Ag : 107 g/mol.f) AlCl_3 : 133,5 g/mol.c) Fe_2O_3 : 160 g/mol.g) H_2S : 34 g/mol.d) O_3 : 48 g/mol.h) H_2SO_4 : 98 g/mol.**14** Calcula la molaridad de las siguientes disoluciones utilizando los datos de masas atómicas promedio que puedes encontrar en la Tabla Periódica.

a) 200 g de hidróxido de sodio en un volumen total de 500 mL.

b) 20 g de nitrato de sodio en agua hasta completar un volumen de 250 mL.

c) Una disolución de ácido nítrico en agua cuya densidad es $1,12 \text{ g/cm}^3$ y riqueza (% en masa) del 80%.

d) Una disolución preparada a partir de 200 mL de una disolución 2 M de ácido clorhídrico y agua hasta completar un volumen de 500 mL.

a) Calculamos la molaridad a partir de la cantidad de sustancia y el volumen de la disolución. Para calcular la cantidad de sustancia a partir de la masa, 200 g, necesitamos la masa molar del soluto, en este caso NaOH , que es 40 g/mol:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; n_{\text{NaOH}} \text{ (mol)} = \frac{200 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 5 \text{ mol}$$

Aplicamos ahora la definición de concentración molar, o molaridad, sustituyendo el valor de volumen expresado en litros (0,5 L):

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} = \frac{5 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 10 \text{ M}$$

b) Procediendo de forma análoga a la del apartado anterior, pero teniendo en cuenta que ahora la sustancia es nitrato de sodio (NaNO_3), cuya masa molar es 85 g/mol, obtenemos una concentración de 0,94 M.

c) En este caso la sustancia es ácido nítrico (HNO_3), cuya masa molar es 63 g/mol.

Para obtener la concentración molar, o molaridad, necesitamos conocer la cantidad de sustancia de soluto que contiene la disolución:

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HNO}_3}}{M_{\text{HNO}_3}}$$

La masa de soluto no la conocemos, pero sabemos que es el 80% (riqueza) de la masa de la disolución:

$$m_{\text{HNO}_3} = \frac{80}{100} \cdot m_{\text{disolución}}$$

La masa de la disolución, para un volumen dado, podemos obtenerla a partir del dato de la densidad de la disolución:

$$d = \frac{m_{\text{disolución}}}{V_{\text{disolución}}} = 1,12 \text{ g/cm}^3 = 1120 \text{ g/L} \rightarrow m_{\text{disolución}} = 1120 \text{ g/L} \cdot V_{\text{disolución}} \text{ (L)}$$

Por tanto:

$$n_{\text{HNO}_3} = \frac{0,8 \cdot m_{\text{disolución}}}{M_{\text{HNO}_3}} = \frac{0,8 \cdot 1120 \text{ g/L}}{63 \text{ g/mol}} \cdot V_{\text{disolución}} \text{ (L)}$$

Para un volumen dado de disolución, la concentración molar resulta:

$$M = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{disolución}} \text{ (L)}} = \frac{0,8 \cdot 1120 \text{ g/L}}{63 \text{ g/mol}} \cdot \frac{V_{\text{disolución}} \text{ (L)}}{V_{\text{disolución}} \text{ (L)}} \simeq 14,2 \text{ M}$$

d) En este caso se trata de una dilución. Calculamos la cantidad de HCl presente en la disolución de partida, cuyo volumen es de 200 mL (0,2 L) y su concentración molar 2 M:

$$n_{\text{HCl}} = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,200 \text{ L} = 0,4 \text{ mol de HCl}$$

Calculamos ahora la nueva molaridad considerando que el volumen total de la disolución es de 500 mL (0,5 L)

$$M = \frac{0,4 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,8 \text{ M}$$

15 Calcula la cantidad de sustancia de ácido clorhídrico que presenta la disolución del apartado (d) del ejercicio anterior y la que había antes de que se llevara a cabo el proceso de dilución; ¿qué observas?

Para calcular la cantidad de sustancia multiplicamos el volumen, expresado en litros, por la molaridad: $0,2 \text{ L} \cdot 2 \text{ M} = 0,4 \text{ mol}$. Esta es la misma cantidad de sustancia que hay en la segunda disolución.

16 Se ha medido la concentración de una disolución utilizando un procedimiento de análisis, obteniéndose los datos siguientes:

Medida	Concentración (mol/L)
1	0,012
2	0,015
3	0,017
4	0,020
5	0,023
6	0,014

Expresa el valor medio de la concentración, indicando su error absoluto.

Calculamos la media aritmética de los datos de la tabla:

$$\bar{C} = \frac{0,012 + 0,015 + 0,017 + 0,020 + 0,023 + 0,014}{6} \simeq 0,017 \text{ mol/L}$$

Para calcular el error absoluto aplicamos:

$$(\Delta C)^2 = \frac{(0,017 - 0,012)^2 + (0,017 - 0,015)^2 + (0,017 - 0,017)^2 + (0,017 - 0,020)^2}{6 \cdot (6 - 1)} + \frac{(0,017 - 0,023)^2 + (0,017 - 0,014)^2}{6 \cdot (6 - 1)} = 2,8 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta C = \sqrt{2,8 \cdot 10^{-6}} = 0,002 \text{ mol/L}$$

17 Calcula el número de átomos de hidrógeno que contiene una muestra de un gramo de amoníaco, cloruro de hidrógeno e hidróxido de calcio. ¿Qué masa de hidrógeno contiene cada una de las muestras?

Calculamos la cantidad de sustancia que hay en un gramo de cada sustancia del enunciado. Para ello, necesitaremos las masas molares, que son:

- Masa molar del amoníaco (NH_3): $M = 17 \text{ g/mol}$.
- Masa molar del cloruro de hidrógeno (HCl): $M = 36,5 \text{ g/mol}$.
- Masa molar del hidróxido de calcio (Ca(OH)_2): $M = 74 \text{ g/mol}$.

Calculamos la cantidad de sustancia dividiendo la masa, 1 g para todas las sustancias, entre la masa molar:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}$$

obtenemos:

$$n_{\text{NH}_3} \simeq 0,059 \text{ mol} ; n_{\text{HCl}} \simeq 0,027 \text{ mol} ; n_{\text{Ca(OH)}_2} \simeq 0,014 \text{ mol}$$

Multiplicando por la constante de Avogadro y el número de átomos de hidrógeno presentes en una unidad fundamental de cada sustancia obtenemos el número de átomos de hidrógeno en cada muestra:

- Para el NH_3 : $N = 3 \cdot n_{\text{NH}_3} \cdot N_A \simeq 1,062 \cdot 10^{23}$ átomos de hidrógeno.
- Para el HCl : $N = n_{\text{HCl}} \cdot N_A \simeq 1,65 \cdot 10^{22}$ átomos de hidrógeno.
- Para el Ca(OH)_2 : $N = 2 \cdot n_{\text{Ca(OH)}_2} \cdot N_A \simeq 1,63 \cdot 10^{22}$ átomos de hidrógeno.

La masa de hidrógeno en cada muestra, teniendo en cuenta que $1 \text{ u} = 1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, resulta:

- Para el NH_3 : $m_{\text{H}} = 1,062 \cdot 10^{23} \text{ u} \simeq 0,17 \text{ g}$.
- Para el HCl : $m_{\text{H}} = 1,65 \cdot 10^{22} \text{ u} \simeq 0,027 \text{ g}$.
- Para el Ca(OH)_2 : $m_{\text{H}} = 1,63 \cdot 10^{22} \text{ u} \simeq 0,027 \text{ g}$.

18 Calcula la molaridad de una disolución de 70 g de cloruro de amonio en 500 mL de agua. ¿Cuántos átomos de H contiene?

Calculamos la cantidad de sustancia dividiendo la masa, 70 g, entre la masa molar, que para el cloruro de amonio, NH_4Cl , es de 53,5 g/mol:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; n \text{ (mol)} = \frac{70 \text{ g}}{53,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \simeq 1,31 \text{ mol}$$

Aplicamos ahora la definición de concentración molar, o molaridad, sustituyendo el valor del volumen expresado en litros (0,5 L):

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} = \frac{1,31 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} \simeq 2,62 \text{ M}$$

Multiplicando la cantidad de sustancia por la constante de Avogadro y por el número de átomos de hidrógeno presentes en una unidad fundamental de la sustancia, que son 4, obtenemos el número total de átomos de hidrógeno:

Para el NH_4Cl : $N = n \cdot N_A \cdot 4 \simeq 3,15 \cdot 10^{24}$ átomos de hidrógeno.

Cálculos estequiométricos

19 El carbonato de calcio se descompone por la acción del calor en óxido de calcio y dióxido de carbono.

a) Escribe la ecuación química ajustada.

b) Calcula qué cantidad de dióxido de carbono se forma si reaccionan 150 g de carbonato de calcio.

a) Escribimos la ecuación química:



b) Calculamos la cantidad de sustancia dato, CaCO_3 , a partir de su masa, 150 g. Para ello, necesitamos su masa molar, que calculamos a partir de las masas atómicas de carbono, calcio y oxígeno, y es 100 g/mol. Por tanto, la cantidad de sustancia vale:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; n \text{ (mol)} = \frac{150 \text{ g}}{100 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,5 \text{ mol}$$

Como la relación entre coeficientes estequiométricos es 1:1, la cantidad de óxido de calcio formado será igual a la cantidad de carbonato de calcio que reacciona; es decir, 1,5 mol.

20 El hidróxido de litio reacciona con bromuro de hidrógeno para dar bromuro de litio y agua.

a) Escribe la ecuación química ajustada.

b) Calcula la cantidad de bromuro de hidrógeno que es necesaria para que reaccionen 5 mol de hidróxido de litio.

c) ¿A qué masa corresponden los resultados obtenidos en el apartado anterior?

d) Calcula las masas de productos que se obtiene a partir de los 5 mol de hidróxido de litio.

e) Verifica, con los datos del ejercicio, que se cumple la ley de conservación de la masa.

a) $\text{LiOH} + \text{HBr} \rightarrow \text{LiBr} + \text{H}_2\text{O}$ es la ecuación ajustada.

b) Como la proporción entre coeficientes estequiométricos es 1:1, la cantidad de HBr es igual a la de LiOH, es decir, 5 mol.

c) Para calcular la masa de cada sustancia necesitamos la masa molar de cada una de ellas, que obtenemos utilizando las masas atómicas del litio (6,9 u), oxígeno (16 u), hidrógeno (1 u) y bromo (79,9 u). Las masas molares son:

Para el LiOH: $M = 23,9 \text{ g/mol}$.

Para el HBr: $M = 80,9 \text{ g/mol}$.

La masa de cada sustancia es:

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} ; m_{\text{LiOH}} \text{ (g)} = n_{\text{LiOH}} \text{ (mol)} \cdot M_{\text{LiOH}} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 5 \text{ mol} \cdot 23,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \simeq 120 \text{ g de LiOH}$$

$$m_{\text{HBr}} \text{ (g)} = n_{\text{HBr}} \text{ (mol)} \cdot M_{\text{HBr}} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 5 \text{ mol} \cdot 80,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \simeq 404 \text{ g de HBr}$$

- d) Calculamos la masa de los productos, teniendo en cuenta que la relación entre coeficientes estequiométricos es 1:1 y calculando previamente las masas molares de las sustancias:

Para el LiBr: $M = 86,8 \text{ g/mol}$.

Para el H_2O : $M = 18 \text{ g/mol}$.

La masa de cada sustancia es:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}; m_{\text{LiBr}}(\text{g}) = n_{\text{LiBr}}(\text{mol}) \cdot M_{\text{LiBr}}\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 5 \text{ mol} \cdot 86,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \simeq 434 \text{ g de LiBr}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}}(\text{g}) = n_{\text{H}_2\text{O}}(\text{mol}) \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) = 5 \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \simeq 90 \text{ g de H}_2\text{O}$$

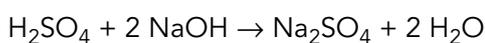
- e) Para comprobar que se cumple la ley de conservación de la masa sumamos las masas de los reactivos y las de los productos y las comparamos:

$$120 \text{ g} + 404 \text{ g} = 434 \text{ g} + 90 \text{ g}$$

$$524 \text{ g} = 524 \text{ g}$$

21 Se tienen 250 mL de una disolución de ácido sulfúrico 3 M. Calcula el volumen de disolución de hidróxido de sodio 1,5 M necesario para que reaccione por completo la disolución de ácido sulfúrico.

Escribimos la ecuación química:



Calculamos la cantidad de ácido sulfúrico presente en la disolución (0,25 L, 3 M, sustancia dato):

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,250 \text{ L} = 0,75 \text{ mol de H}_2\text{SO}_4$$

Como la relación entre los coeficientes estequiométricos es 1:2, necesitaremos el doble de NaOH, es decir, 1,5 mol.

Para calcular la cantidad de disolución necesaria de concentración 1,5 M utilizamos la definición de molaridad:

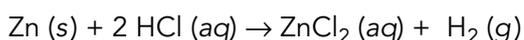
$$M = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})}; V(\text{L}) = \frac{n(\text{mol})}{M} = \frac{1,5 \text{ mol}}{1,5 \text{ M}} = 1 \text{ L}$$

Página 144

22 Los metales reaccionan con los ácidos liberando hidrógeno.

- Escribe la reacción entre el cinc y el ácido clorhídrico.
- Calcula el volumen necesario de una disolución de ácido clorhídrico 3 M para que reaccionen 60 g de cinc.
- Calcula el volumen de hidrógeno que se desprenderá si lo medimos a 1 atm y 298 K.
- Calcula las masas de todas las sustancias implicadas en esta reacción y verifica que se cumple la ley de conservación de la masa.

- a) La ecuación química ajustada es:



Solucionario descargado de: <https://solucionarios.academy/>

- b) Calculamos la cantidad de cinc que va a reaccionar a partir de la relación entre cantidad de sustancia y masa, donde tendremos en cuenta la masa molar del cinc, de 65,4 g/mol:

$$n_{\text{Zn}} \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = \frac{60 \text{ g}}{65,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \simeq 0,92 \text{ mol}$$

La cantidad de ácido clorhídrico necesaria la obtenemos a partir de la proporción en la que reacciona con el cinc:

$$\frac{2 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de Zn}} = \frac{x \text{ mol de HCl}}{0,92 \text{ mol de Zn}}$$

de donde resulta que necesitamos 1,84 mol de HCl.

Calculamos el volumen de la disolución de HCl a partir de la definición de molaridad:

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} ; V \text{ (L)} = \frac{n \text{ (mol)}}{M}$$

En nuestro caso, $n_{\text{HCl}} = 1,84 \text{ mol}$ y $M = 3 \text{ mol/L}$; por tanto:

$$V \text{ (L)} = \frac{1,84 \text{ mol}}{3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \simeq 0,612 \text{ L} = 612 \text{ mL de disolución de HCl}$$

- c) Para calcular el volumen de hidrógeno desprendido necesitamos conocer la cantidad de sustancia, que coincide con la de cinc, puesto que la relación entre coeficientes estequiométricos es 1:1, es decir, 0,92 mol.

Utilizamos ahora la ecuación de los gases ideales para calcular el volumen medido a 298 K y 1 atm:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T ; V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{0,92 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}} \simeq 22,5 \text{ L}$$

- d) A partir de la cantidad de cada sustancia, y teniendo en cuenta sus respectivas masas molares, calculamos la masa de cada una de ellas:

$$m_{\text{Zn}} = 60 \text{ g}$$

$$n_{\text{HCl}} = 1,84 \text{ mol} \rightarrow m_{\text{HCl}} = 1,84 \text{ mol} \cdot 36,5 \text{ g/mol} \simeq 67,2 \text{ g}$$

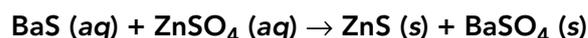
$$n_{\text{ZnCl}_2} = 0,92 \text{ mol} \rightarrow m_{\text{ZnCl}_2} = 0,92 \text{ mol} \cdot 136,4 \text{ g/mol} \simeq 125,5 \text{ g}$$

$$n_{\text{H}_2} = 0,92 \text{ mol} \rightarrow m_{\text{H}_2} = 0,92 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g/mol} \simeq 1,84 \text{ g}$$

Comprobamos que se cumple la ley de conservación de la masa:

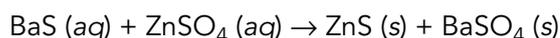
$$60 + 67,2 - 125,5 - 1,84 \simeq 0$$

23 El blanco litopón o blanco de bario ($\text{ZnS} + \text{BaSO}_4$) es un pigmento que se utiliza en acuarelas y que se prepara por precipitación de sales solubles a partir de sus disoluciones, según esta reacción química:



- Nombra todos los compuestos que aparecen en esta reacción química. ¿Cuáles son los reactivos y cuáles los productos?
- Calcula la masa de litopón que se obtiene cuando se hacen reaccionar 300 mL de una disolución de sulfato de cinc 0,2 M con la cantidad suficiente de una disolución 0,3 M de sulfuro de bario.
- Calcula el volumen de la disolución de sulfuro de bario que ha sido necesario.
- Busca información acerca del motivo por el cual no se puede utilizar este pigmento en pinturas al óleo.

a) La ecuación química ajustada es:



Por orden, las sustancias son: sulfuro de bario, sulfato de cinc, sulfuro de cinc y sulfato de bario; las dos primeras son reactivos y las otras dos, productos.

b) La cantidad de litopón vendrá dada por la suma de las masas de los productos de la reacción. Para poder calcularlas tendremos que calcular, en primer lugar, la cantidad de cada una de las sustancias que se produce, para lo que partiremos de la cantidad de la sustancia dato, que es, en este caso, sulfato de cinc (300 mL, es decir, 0,300 L; 0,2 M).

$$n_{\text{ZnSO}_4} = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,300 \text{ L} = 0,06 \text{ mol de ZnSO}_4$$

Como la proporción entre coeficientes estequiométricos es 1:1 para todas las sustancias, concluimos que:

$$n_{\text{ZnS}} = 0,06 \text{ mol} \quad n_{\text{BaSO}_4} = 0,06 \text{ mol}$$

Para calcular la masa de cada uno de los productos necesitamos conocer su masa molar, que calculamos a partir de las masas atómicas del Zn (65,4 u), S (32 u), Ba (137 u) y O (16 u):

$$\text{Masa molar de ZnS: } M = 97,4 \text{ g/mol}$$

$$\text{Masa molar de BaSO}_4: M = 233 \text{ g/mol}$$

Calculamos ahora la masa de cada sustancia a partir de la definición de masa molar:

$$m_{\text{ZnS}} = 0,06 \text{ mol} \cdot 97,4 \text{ g/mol} = 5,84 \text{ g}$$

$$m_{\text{BaSO}_4} = 0,06 \text{ mol} \cdot 233 \text{ g/mol} = 13,98 \text{ g}$$

Por tanto, la masa de litopón producida es $5,84 \text{ g} + 13,98 \text{ g} \simeq 19,8 \text{ g}$

c) Para calcular el volumen necesario de disolución de BaS, de concentración molar 0,3 M, calculamos el volumen de esta disolución necesario para tener los 0,06 mol que reaccionan. Para ello utilizamos la definición de molaridad:

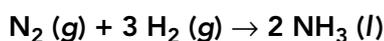
$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} \quad ; \quad V \text{ (L)} = \frac{n \text{ (mol)}}{M}$$

En nuestro caso, $n_{\text{HCl}} = 0,06 \text{ mol}$ y $M = 0,3 \text{ mol/L}$; por tanto:

$$V \text{ (L)} = \frac{0,06 \text{ mol}}{0,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,2 \text{ L} = 200 \text{ mL de disolución de BaS}$$

d) No se utiliza este pigmento en pinturas al óleo porque se trata de un pigmento hidrosoluble.

24 Calcula el volumen de amoníaco, medido a 68 °C y 704 mmHg, que se obtiene si reaccionan 27,4 L de nitrógeno, medidos en las mismas condiciones, con el suficiente hidrógeno según la reacción:



¿Qué cantidad de hidrógeno sería necesaria para que se produjera la reacción?

Partimos de la ecuación química, que nos indica que la proporción entre las cantidades de reactivos y productos es:

$$n_{\text{NH}_3} : n_{\text{H}_2} : n_{\text{N}_2} = 2 : 3 : 1$$

La sustancia dato es el nitrógeno y la sustancia incógnita es el amoníaco, que se encuentran en la proporción:

$$n_{\text{NH}_3} : n_{\text{N}_2} = 2 : 1$$

Esta proporción se mantiene entre los volúmenes de las sustancias si se miden en las mismas condiciones de presión y temperatura, de lo que deducimos que:

$$V_{\text{NH}_3} = 2 \cdot V_{\text{N}_2} = 2 \cdot 27,4 \text{ L} = 54,8 \text{ L}$$

Para calcular la cantidad de hidrógeno partimos del volumen de gas medido en las condiciones del enunciado ($p = 704 \text{ mmHg} \approx 0,926 \text{ atm}$; $T = 68 \text{ }^\circ\text{C} = 341 \text{ K}$). Este volumen se puede calcular utilizando la proporción entre amoníaco e hidrógeno, o entre nitrógeno e hidrógeno; utilizando esta última, tenemos que:

$$V_{\text{H}_2} = 3 \cdot V_{\text{N}_2} = 3 \cdot 27,4 \text{ L} = 82,2 \text{ L}$$

Aplicando la ecuación de los gases ideales, tenemos:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad ; \quad n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,926 \text{ atm} \cdot 82,2 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 341 \text{ K}} \approx 2,8 \text{ mol}$$

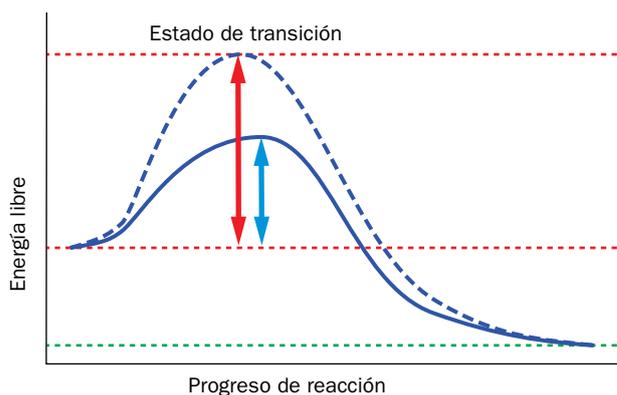
La energía en las reacciones químicas

25 Explica por qué las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- La energía asociada a los enlaces químicos y a las fuerzas intermoleculares es energía cinética.
- La variación de energía que se produce en una reacción endotérmica es positiva.
- La energía de activación es la diferencia de energía entre los reactivos y los productos de una reacción química.
- El calor de reacción siempre es positivo.
- Todas las reacciones necesitan superar una barrera de energía para iniciarse.
- La energía del complejo activado es mayor que la energía de los reactivos y que la de los productos.

- Falsa; es energía química.
- Verdadera.
- Falsa; es la diferencia de energía entre los reactivos y el estado de transición.
- Falsa; puede ser positivo o negativo.
- Verdadera.
- Verdadera.

26 Indica en el diagrama cuál es la representación de la reacción catalizada. ¿Se trata de una reacción endotérmica o exotérmica?



La reacción catalizada es la que se representa en línea continua, pues es la que tiene menor energía de activación. Se trata de una reacción exotérmica, pues la energía de los productos es menor que la de los reactivos.

27 Se ha medido el calor de combustión de un combustible y se han obtenido los siguientes datos:

Medida	Calor combustión (kJ/mol)
1	-2190,3
2	-2202,7
3	-2180,5
4	-2144,6
5	-2210,1
6	-2165,2

Calcula el valor del calor de combustión y su error absoluto.

Calculamos la media aritmética de los datos de la tabla:

$$\bar{E} = \frac{-2190,3 - 2202,7 - 2180,5 - 2144,6 - 2210,1 - 2165,2}{6} \simeq -2182,2 \text{ kJ}$$

Para calcular el error absoluto aplicamos:

$$(\Delta E)^2 = \frac{(2190,3 - 2182,2)^2 + (2202,7 - 2182,2)^2 + (2180,5 - 2182,2)^2}{6 \cdot (6 - 1)} +$$

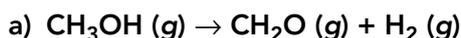
$$+ \frac{(2144,6 - 2182,2)^2 + (2210,1 - 2182,2)^2 + (2165,2 - 2182,2)^2}{6 \cdot (6 - 1)} = 246,3$$

$$\Delta E = \sqrt{246,3} = 15,69 \simeq 20$$

Por tanto, el calor de combustión es 2180 ± 20 kJ.

Página 145

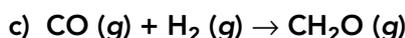
28 A partir de estas ecuaciones termoquímicas:



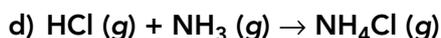
$$Q_r = 54,5 \text{ kJ}$$



$$Q_r = -3119,6 \text{ kJ}$$



$$Q_r = 21,3 \text{ kJ/mol}$$



$$Q_r = -175,9 \text{ kJ}$$

Indica cuáles de ellas son endotérmicas y cuáles exotérmicas.

Las reacciones exotérmicas son la b) y la d), pues su calor de reacción es negativo.

29 A partir de los datos de la actividad anterior, calcula el calor que se desprende al reaccionar 71 g de HCl (g) según la reacción del apartado d).

Para calcular la energía en forma de calor que se desprende debemos calcular la cantidad de sustancia que reacciona (HCl) a partir de la masa, 71 g, y de su masa molar, que calculamos a partir de las masas atómicas del hidrógeno (1 u) y del cloro (35,5 u):

$$M = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$n \text{ (mol)} = \frac{m \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = \frac{71 \text{ g}}{36,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 1,94 \text{ mol}$$

Multiplicando por el calor de reacción, $-175,9 \text{ kJ/mol}$, obtenemos:

$$Q = -175,9 \text{ kJ/mol} \cdot 1,94 \text{ mol} \approx 342,16 \text{ kJ}$$

30 El calor de combustión de algunos hidrocarburos saturados es el que se muestra en la tabla:

	PC (kJ/mol)
Metano	879
Propano	2 192
Butano	2 850
Octano	5 438
Hexadecano	10 663

FE DE ERRATAS DE LA PRIMERA EDICIÓN DEL LIBRO DEL ALUMNADO: La tabla de los calores de combustión correcta es la que se ofrece en este solucionario.

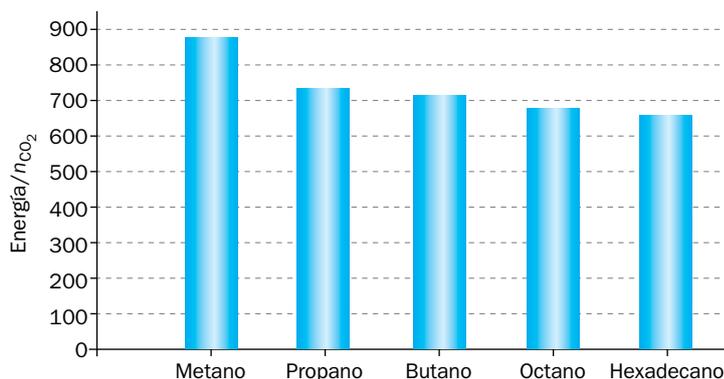
- Calcula la cantidad de dióxido de carbono desprendido en la combustión de un mol de cada hidrocarburo.
 - Calcula la energía en forma de calor que se libera en la combustión de un mol de cada hidrocarburo y realiza un gráfico en el que compares la cantidad de dióxido emitido con la energía liberada. ¿Qué observas?
- a) Para calcular el dióxido de carbono desprendido necesitamos ajustar las ecuaciones químicas de combustión; en este ajuste observamos que se producen tanta cantidad de dióxido de carbono como carbonos posea la sustancia combustible:

	n de CO ₂ (mol)
Metano	1
Propano	2
Butano	4
Octano	8
Hexadecano	16

b) Dividimos la energía producida entre la cantidad de dióxido de carbono emitida y tenemos:

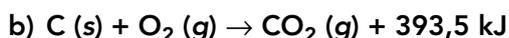
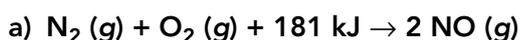
	PC (kJ/mol)	n de CO ₂ (mol)	Energía/n de CO ₂
Metano	879	1	879,17
Propano	2 192	2	730,56
Butano	2 850	4	712,50
Octano	5 438	8	679,69
Hexadecano	10 663	16	666,41

Representamos gráficamente estos valores para la serie de hidrocarburos:



Se observa que cuanto mayor es la cantidad de dióxido de carbono emitido en la reacción de combustión de 1 mol de cada combustible, menor es la energía liberada por cada mol de CO₂. Esto significa que la combustión de metano produce mayor cantidad de energía por cada mol de CO₂ liberado a la atmósfera que el resto de combustibles.

31 Escribe el calor de reacción a partir de esta información:



¿Son reacciones endotérmicas o exotérmicas?

La primera reacción es endotérmica y la segunda es exotérmica. Por tanto, los calores de reacción son:

a) $Q_r = +181 \text{ kJ/mol}$.

b) $Q_r = -393,5 \text{ kJ/mol}$.

1 Ácidos y bases

Página 149

- 1  Explica por qué los hidróxidos se comportan como bases. Utiliza para ello la teoría de Arrhenius.

Los hidróxidos son sustancias iónicas formadas por un catión y un ion poliatómico, el ion hidróxido (OH^-). Si están en disolución acuosa, los iones se separan, alterándose la concentración de OH^- en el agua respecto a su equilibrio de autoionización.

- 2  Relaciona las concentraciones de protones con los valores de pH. Indica cuáles corresponden a disoluciones ácidas y cuáles a básicas.

- a) $[\text{H}^+] = 0,01 \text{ M}$ 1) $\text{pH} = 0$
b) $[\text{H}^+] = 0,001 \text{ M}$ 2) $\text{pH} = 1$
c) $[\text{H}^+] = 1 \text{ M}$ 3) $\text{pH} = 2$
d) $[\text{H}^+] = 0,1 \text{ M}$ 4) $\text{pH} = 3$

c) y 1); d) y 2); a) y 3); b) y 4). Se trata en todos los casos de disoluciones ácidas.

- 3  Los ejemplos que hemos puesto en el texto se refieren a electrolitos fuertes, sustancias ácidas o básicas que están completamente disociadas. Busca información sobre los electrolitos débiles.

Los electrolitos débiles son los que no están completamente disociados en agua. Un ejemplo de electrolito débil es el ácido acético, presente en el vinagre.

- 4 Utilizando la teoría de Arrhenius, indica si las siguientes sustancias serán ácidas o bases: H_2SO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2S , KOH .

H_2SO_4 y H_2S son ácidos, pues liberan H^+ en disolución acuosa. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y KOH son bases, pues liberan OH^- en disolución acuosa.

- 5 ¿Es posible tener varias disoluciones de la misma sustancia, por ejemplo HCl , en las que el valor del pH sea diferente? Explica tu respuesta.

Sí es posible, basta con variar la concentración de la sustancia.

Página 151

- 6 Calcula el valor de pH de una disolución de ácido clorhídrico cuya concentración es 0,02 M. Considera para ello que el ácido es fuerte, es decir, que está completamente disociado.

Si consideramos que está completamente disociado, ocurre que $[\text{H}^+] = 0,02 \text{ M}$; por tanto:

$$\text{pH} = -\log 0,02 \approx 1,70$$

- 7 Indica qué color adquiere la disolución anterior si añadimos unas gotas de:

- a) Fenolftaleína.
b) Azul de timol.
a) Incoloro. b) Amarillo.

- 8** Tenemos una disolución de un ácido fuerte en agua. Medimos su pH con un pH-metro digital y obtenemos un valor de $\text{pH} = 2$, ¿cuál es la molaridad de la disolución?

Si $\text{pH} = 2$, $[\text{H}^+] = 10^{-2} = 0,01 \text{ M}$.

- 9**  Busca información acerca de otros indicadores ácido-base y el valor de pH para el cual cambian de color (intervalo de viraje). Elabora una tabla con esta información, en la que se muestre la escala completa de pH.

Se puede encontrar esta información en diversas páginas de Internet; la mayoría de ellas con figuras procedentes de textos de química general.

- 10**  El pH de la orina humana varía entre 4,6 y 8. Busca información sobre cómo se mide este parámetro en la orina y qué significa un pH mayor que 8 en una muestra de orina.

Podemos encontrar información en <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003583.htm>. Se utilizan métodos colorimétricos. Un pH algo superior a 8 puede indicar infección en el tracto urinario.

- 11**  Busca información sobre los antiácidos más utilizados en la vida cotidiana. ¿Por qué no es recomendable su uso prolongado?

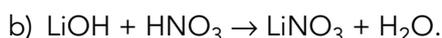
Normalmente son inhibidores de la bomba de protones (IBP) y se relacionan con riesgo de fracturas según estudios recientes. Ver: <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2008/08/14/medicina/1218711030.html>.

- 12** Escribe las ecuaciones químicas de estas reacciones de neutralización:

a) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ con HCl .

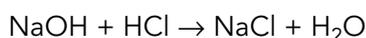
b) HNO_3 con LiOH .

c) HClO_4 con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



- 13** Calcula la concentración de una disolución de HCl si 30 mL de la misma han consumido 12,3 mL de una disolución 0,02 M de NaOH hasta el punto de viraje.

Escribimos la reacción de neutralización y los datos de los que partimos:



Disolución a valorar: HCl ; $V = 30 \text{ mL} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ L}$.

Disolución valorante: NaOH ; $V = 12,3 \text{ mL} = 0,0123 \text{ L}$; 0,02 M.

De la reacción deducimos que la relación entre cantidad de sustancia de valorante y disolución a valorar es 1:1. A partir de la cantidad de NaOH que reacciona podremos calcular la cantidad de HCl presente:

$$\frac{0,02 \text{ mol de NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot 0,0123 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de NaOH}} = 2,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol de HCl}$$

A partir de la definición de concentración molar calculamos este parámetro para la disolución de HCl :

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} = \frac{2,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{3 \cdot 10^{-2} \text{ L}} = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

- 14**  Describe el procedimiento de realización de una volumetría ácido-base para determinar la concentración de una disolución de hidróxido de litio.

Para realizar la volumetría debemos elegir primero la disolución valorante, que será una disolución ácida, por ejemplo de HCl. Colocamos un volumen conocido de disolución de hidróxido de litio en el matraz Erlenmeyer y llenamos la bureta con el valorante. Añadimos unas gotas de indicador al matraz y poco a poco vamos añadiendo pequeños volúmenes desde la bureta al matraz, hasta que observemos el cambio de color del indicador. Una vez conocido el volumen de valorante necesario, repetiremos el procedimiento, pero esta vez añadiendo gota a gota la disolución valorante cuando nos acerquemos a los valores próximos al punto de viraje, para evitar un error por exceso.

2 Reacciones de combustión

Página 152

- 15** Busca información sobre el índice de octano, y di por qué es importante este parámetro.

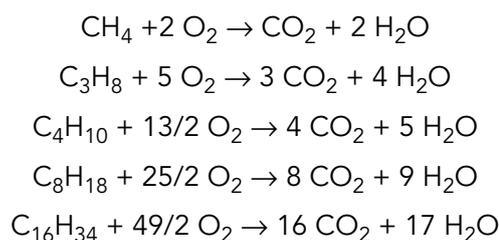
Se puede encontrar información en <http://www.ref.pemex.com/octanaje/que.htm>.

- 16**  Realiza una comparación entre la combustión del metano, propano, butano, octano y hexadecano. Para ello:

- Escribe las fórmulas químicas de cada combustible.
- Escribe las ecuaciones químicas de sus reacciones de combustión.
- Elabora un gráfico en el que representes la masa de CO₂ liberada por cada kilojulio de energía producido en la combustión de cada combustible.
- Extrae conclusiones.

a) Metano: CH₄; propano: C₃H₈; butano: C₄H₁₀; octano: C₈H₁₈; hexadecano: C₁₆H₃₄.

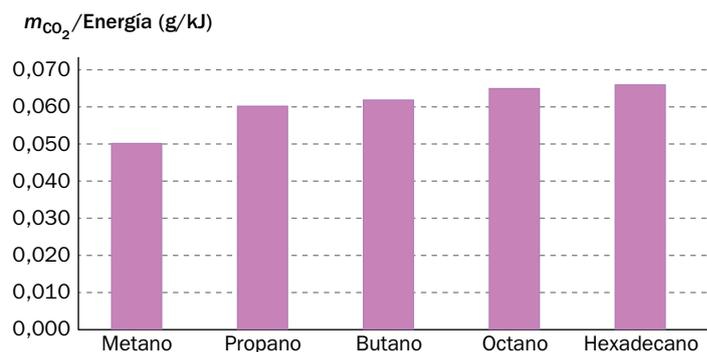
b) Las reacciones de combustión quedan descritas por las siguientes ecuaciones químicas:



- c) Para hallar la masa de CO₂ producida en la reacción de combustión de 1 mol de cada combustible, tenemos en cuenta la cantidad de CO₂ producida en cada reacción y la energía que se libera en cada una de ellas. Rellenamos la siguiente tabla, en la que hemos utilizado el dato de la masa molar del CO₂, de 44 g/mol.

Combustible	n _{CO₂} (mol)	m _{CO₂} (g)	E (kJ) = PC · n _{combustible}	$\frac{m_{\text{CO}_2}}{E}$ (g/kJ)
Metano	1	44	879	879
Propano	3	132	2192	730,7
Butano	4	176	2850	712,5
Octano	8	352	5438	679,8
Hexadecano	16	704	10663	666,4

Con estos valores, representamos el gráfico que nos piden:



- d) El combustible cuya combustión emite una mayor cantidad de CO_2 por kJ de energía generada es el hexadecano.

3 Importancia de las reacciones de combustión

Página 153

Trabaja con la imagen

¿De qué formas crees que podría reducirse la emisión de CO_2 a la atmósfera en los coches y las centrales térmicas?

Se trata de provocar la reflexión del alumnado acerca de la necesidad de hacer que las transformaciones energéticas que tienen lugar en las centrales térmicas y en los vehículos propulsados por motor de combustible tengan un rendimiento mayor, minimizándose la degradación de energía.

Página 154

Trabaja con la imagen

En esta imagen se muestra una fotografía de una célula eucariota. Identifica el orgánulo en el que se realiza la respiración celular. ¿En qué zona de la célula procariota se lleva a cabo esta acción?

La respiración celular en las células eucariotas tiene lugar en las mitocondrias. En las células procariotas, en la parte interna de la membrana celular o en el citoplasma.

- 17  Busca información sobre las bacterias que realizan una respiración anaerobia. ¿Podemos considerar este proceso como una reacción de combustión? Justifica tu respuesta.

No se puede considerar una reacción de combustión porque el oxígeno no es uno de los reactivos. Las bacterias anaerobias están presentes en diversos ámbitos; uno de ellos es el sistema gastrointestinal.

- 18  ¿Qué diferencia una célula procariota de una eucariota? La respiración aerobia, ¿se dará de la misma forma en ambos casos? Razona tu respuesta.

Una célula procariota carece de núcleo y el único orgánulo que tiene son los ribosomas. Por el contrario, una célula eucariota es una estructura mucho más compleja, con núcleo y una serie de orgánulos; en uno de ellos, las mitocondrias, es donde tiene lugar la respiración celular.

- 19**  En la reacción global de la respiración celular aparece un compuesto formado por carbono, hidrógeno y oxígeno. Identifícalo y di cómo lo adquiere el ser humano.

Se trata de la glucosa, que se ingiere en la alimentación.

- 20** En España hay un gran número de centrales térmicas repartidas por su geografía. Haz una lista con las más importantes, sitúalas en un mapa y clasifícalas según el combustible que utilicen.

Se puede consultar esta información en <http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvertir/mapas/centralestermicas.htm>.

- 21** Haz una línea cronológica de la evolución del motor desde su descubrimiento hasta la actualidad. ¿Se han utilizado siempre los mismos combustibles? ¿Por qué? Justifica tu respuesta.

En la línea cronológica pueden aparecer los siguientes acontecimientos:

1816: Motor de aire caliente o motor Stirling.

1859: J. E. Lenoir fabrica el primer motor de combustión con bujía para encendido de mezcla.

1864: S. Marcus fabrica el primer coche con motor de gasolina

1867: Otto y Langen fabrican un motor que aprovecha el movimiento del pistón libre.

1876: Otto fabrica el primer motor de cuatro tiempos.

1893-1898: Motor Diesel, R. Diesel fabrica el motor que utiliza aire caliente para el encendido de la mezcla.

1957: Wankel fabrica el primer motor de combustión interna rotativo.

Página 155

- 22**  Además de utilizando una combustión, ¿de qué otra forma crees que podría conseguirse la energía térmica para producir energía eléctrica? ¿Afectaría a la contaminación atmosférica?

Se puede transformar energía nuclear en energía térmica, o bien utilizar la energía térmica de la radiación solar. En ninguno de los dos casos anteriores se afectaría a la contaminación atmosférica.

- 23**  Detener el cambio climático es un reto de los tiempos que vivimos. Investiga sobre las acciones que se están llevando a cabo para ello y reflexiona junto con tus compañeros y compañeras sobre las acciones individuales que podéis realizar ahora y en un futuro próximo, como estudiantes de ciencias.

Las acciones que pueden frenar el cambio climático pasan necesariamente por la reducción drástica de las emisiones de gases de efecto invernadero, en concreto de CO₂.

Estas acciones pueden ir encaminadas a reducir las emisiones con las tecnologías que ya tenemos en uso, es decir, mejorar el rendimiento de las mismas: reducir emisiones en motores de combustión interna, mejorar los sistemas de aislamiento térmico de edificios para ahorrar calefacción, y con ello emisiones, entre otras muchas.

Otro tipo de acciones son aquellas que sustituyen tecnología ya existente por otra absolutamente diferente que no provoca la emisión de CO₂. Por ejemplo, la transformación de energía en electricidad en una central térmica se puede sustituir por la transformación que ocurre en una central termosolar.

El alumnado puede hacer una relación de acciones individuales y colectivas de mejora o sustitución de tecnología o de costumbres y usos de esa tecnología.

- 24**  El uso de biomasa en reacciones de combustión se considera una energía respetuosa con el medio ambiente. Busca información sobre el ciclo del carbono y valora si realmente se puede considerar una forma limpia de conseguir energía térmica.

La biomasa como fuente de energía se plantea como respetuosa para el medio ambiente porque no altera el ciclo del carbono, ya que la cantidad de dióxido de carbono que se produce en la combustión se ha consumido previamente por el vegetal, cuyo residuo se quema, mientras estaba vivo. No obstante, en algunos lugares se están produciendo problemas locales de contaminación por partículas en suspensión por una elevada concentración de calderas de biomasa. Se puede consultar información, por ejemplo, en <http://www.energiasrenovablesinfo.com/biomasa/biomasa-ventajas-desventajas/>.

- 25** Uno de los efectos más catastróficos del aumento de la temperatura es el retroceso de los glaciares. Infórmate sobre este hecho, elabora un informe y coméntalo con el resto de la clase, proponiendo alguna medida para retrasar este efecto.

Una fuente de información de partida puede ser este reportaje de National Geographic: <http://www.nationalgeographic.es/noticias/medio-ambiente/calentamiento-global/1112-melting-glaciers-mean-double-trouble-for-water-supplies>.

4 Reacciones de síntesis

Página 156

Trabaja con la imagen

Busca información sobre el uso del amoníaco en la industria química y la relevancia que tuvo el proceso de Haber-Bosch en la fabricación de fertilizantes. Elabora un informe.

Respecto del uso del amoníaco en la industria química destacamos su uso en máquinas frigoríficas, como materia prima en la obtención de fertilizantes y explosivos. Además, podemos encontrarlo en la formulación de muchos productos de limpieza.

Página 157

Trabaja con la imagen

Prepara un breve escrito en el que resumas el proceso de síntesis del ácido sulfúrico.

A continuación infórmate acerca de las toneladas de ácido sulfúrico producido en España a lo largo de las últimas décadas y relaciónalo con el desarrollo del sector industrial en nuestro país.

La producción de ácido sulfúrico es indicador del desarrollo económico de un país, pues este producto químico es materia prima de otros muchos.

La producción de ácido sulfúrico se puede encontrar en «Estadísticas Históricas de España» (A. Carreras y X. Tafunell, Fundación BBVA, 2005).

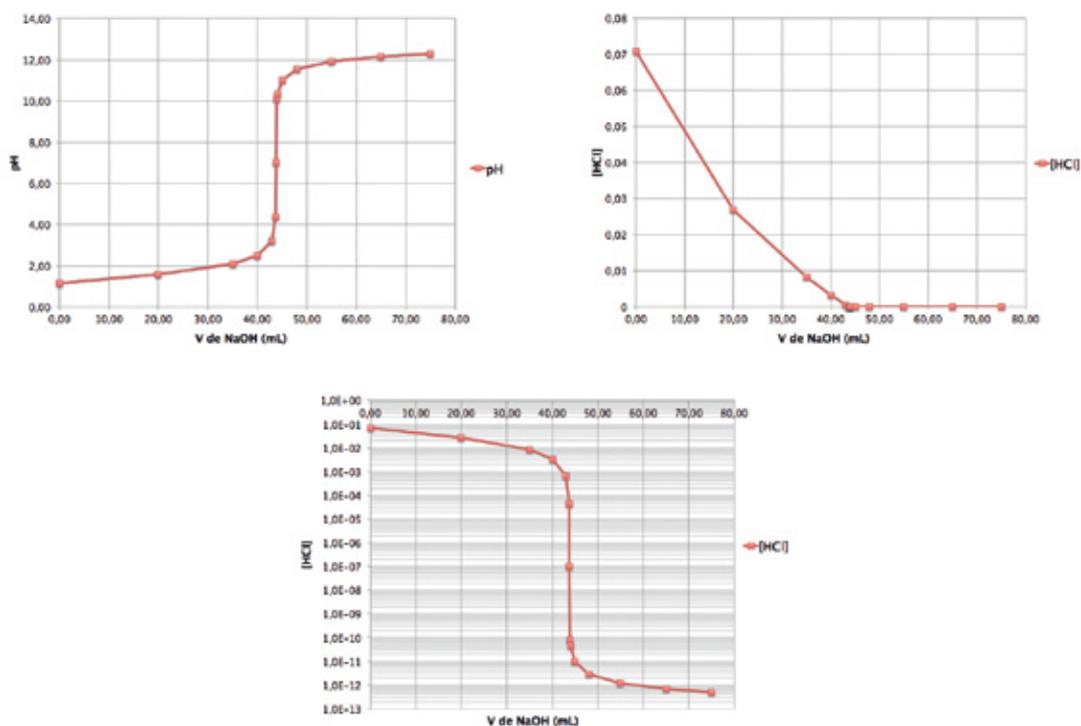
TIC. Representaciones gráficas

Página 161

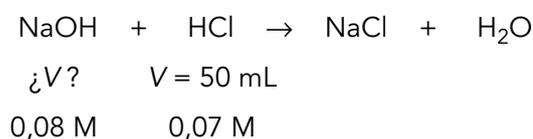
- 1 Practica la representación de este tipo de curvas de valoración y la representación en escala logarítmica con estos datos de una volumetría de 50 mL de HCl 0,07 M con NaOH 0,08 M y establece el volumen añadido de valorante en el punto de equivalencia.

V_{NaOH} (mL)	pH	V_{NaOH} (mL)	pH
0,00	1,15	43,90	10,11
20,00	1,57	44,00	10,33
35,00	2,08	45,00	11,02
40,00	2,48	48,00	11,54
43,00	3,19	55,00	11,93
43,70	4,37	65,00	12,17
43,75	7,00	75,00	12,30

Procediendo como se ha explicado en el libro del alumnado, se obtienen estas representaciones gráficas:



El volumen de valorante en el punto de equivalencia se obtiene realizando los cálculos estequiométricos correspondientes a esta reacción, con estos datos:



Teniendo en cuenta que la relación estequiométrica entre el NaOH y el HCl en la reacción anterior es 1:1, reacciona la misma cantidad de ambas sustancias.

En el volumen de 50 mL de disolución 0,07 M de HCl tenemos:

$$n_{\text{HCl}} = M \text{ (mol/L)} \cdot V \text{ (L)} = 0,07 \text{ mol/L} \cdot 0,05 \text{ L} = 0,0035 \text{ mol}$$

Necesitamos la misma cantidad de sustancia de NaOH. Como disponemos de una disolución 0,08 M de NaOH, el volumen necesario de disolución es:

$$V = \frac{n_{\text{NaOH}} \text{ (mol)}}{M \text{ (mol/L)}} = \frac{0,0035 \text{ mol}}{0,08 \text{ mol/L}} = 0,04375 \text{ L} = 43,75 \text{ mL}$$

Taller de ciencias

Página 162

Organizo las ideas

El esquema debe completarse de la siguiente forma: A: ácidos; B: liberan OH⁻; C: aumentar.

Página 163

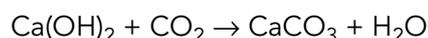
Trabajo práctico

- 1 Repite las experiencias variando la cantidad de papel quemado y el combustible a utilizar (astillas de madera, por ejemplo). Extrae conclusiones acerca de la cantidad de dióxido de carbono emitido en un determinado intervalo de tiempo en cada uno de los experimentos. Recuerda conservar los tubos de ensayo en los que has provocado la precipitación del carbonato de calcio para que te sirvan de comparación entre las experiencias que realices.

Con esta actividad pretendemos relacionar el efecto del factor de grado de división de un reactivo sólido sobre la velocidad de reacción. Así conseguimos que el alumnado relacione los aprendizajes adquiridos en unidades diferentes.

- 2 ¿Qué reacción ha ocurrido en la primera experiencia? Escribe y ajusta la ecuación química correspondiente.

La reacción química es:



- 3 ¿Para qué sirve la disolución de referencia? ¿Por qué es necesario en este caso? Justifica tus respuestas.

Utilizamos un método subjetivo para la identificación del dióxido de carbono, a través de la turbidez de la reacción. La disolución de referencia no contiene precipitado de carbonato de calcio, por ello nos sirve de referencia, ya que comparando con esta disolución podremos saber si la turbidez se ha incrementado, dándonos así una medida cualitativa del dióxido de carbono producido.

- 4 El agua carbonatada, o agua con gas, tiene burbujas por la presencia de dióxido de carbono. Toma una muestra de agua carbonatada y añádele fenolftaleína, ¿cuál es el color resultante? Explica tu respuesta.

Se espera color correspondiente al intervalo ácido; en el caso de la fenolftaleína, incoloro.

- 5** Realiza una nueva experiencia sustituyendo la reacción de combustión por el aire que expulsas al soplar. ¿Qué conclusiones puedes extraer de lo que has observado?

Se produce dióxido de carbono, pues la disolución se enturbia.

- 6**  La reacción entre vinagre y bicarbonato desprende CO_2 . Compruébalo utilizando lo que has aprendido en esta práctica.

Realizaríamos el mismo montaje, pero, en esta ocasión pondríamos en el vaso de precipitados vinagre y bicarbonato, tapándolo de inmediato para evitar excesivas pérdidas de dióxido de carbono, que no detectaríamos en la disolución.

Trabaja con lo aprendido

Página 164

Ácidos y bases

- 1** Define estos términos:

- a) Electrolito. d) Ion hidronio.
b) Ion. e) Ácido.
c) Protones. f) Base.

- a) Electrolito: iones disueltos en agua.
b) Ion: especie química que consta de uno o más átomos con exceso o defecto de electrones, y, por tanto, carga neta distinta de cero.
c) Protones: iones H^+ .
d) Ion hidronio: molécula de agua con un protón.
e) Ácido: sustancia que libera iones H^+ en disolución acuosa.
f) Base: sustancia que libera iones OH^- en disolución acuosa.

- 2** Indica si estas afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Una disolución de hidróxido de bario 10^{-4} M tiene un pH inferior a 7.
b) Una disolución de hidróxido de bario 10^{-4} M siempre tiene el mismo valor de pH.
c) Una disolución de HCl 0,3 M tendrá un pH mayor que otra 0,1 M.
d) Todas las disoluciones de HCl tienen un pH menor que 7.
- a) Falso; una disolución acuosa de hidróxido de bario a esa concentración tiene carácter básico, por lo que su pH será mayor que 7.
b) Verdadero, siempre que se trate de una disolución acuosa a la concentración señalada.
c) Falso; una disolución acuosa de HCl 0,3 M tiene $\text{pH} = 0,523$, y otra de concentración 0,1 M tiene $\text{pH} = 1$.
d) Falso; si la concentración de HCl en disolución acuosa es muy baja, no altera el pH neutro del agua, por lo que el pH no sería menor que 7.

3 Razona si es posible tener disoluciones con un pH menor que 1 o mayor que 14.

Matemáticamente un pH menor que 1 implica que $[H^+] > 10^{-1}$ M, lo que sería posible. Si $pH > 14$, implica que $[H^+] < 10^{-14}$ M, lo que también sería posible. Sin embargo, estas situaciones carecen de significado químico, ya que en la práctica $[H^+] > 10^{-1}$ M representa un ácido tan fuerte que es indistinguible de otro de concentración mayor; y $[H^+] < 10^{-14}$ M, un ácido de concentración tan baja que no afecta al pH neutro del agua. Por este motivo, la escala de pH se fija entre 1 y 14.

4 Completa la siguiente afirmación con la opción adecuada: «Un valor de pH negativo...»

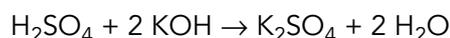
- ... no es posible porque la escala comienza en 1».
- ... significa que la concentración de protones es mayor que 1 M».
- ... corresponde a una disolución que no tiene carácter ácido ni carácter básico».
- ... significa que la concentración de protones es menor que 1 M».

Un valor de pH negativo significa que la concentración de iones hidronio es mayor que 1 M.

5 Escribe la reacción de neutralización entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de potasio y calcula:

- La cantidad de hidróxido de potasio presente en una disolución de concentración 2,5 mol/L en una muestra de 100 mL.
- El volumen de una disolución de ácido sulfúrico 2,87 M necesario para neutralizar la disolución de hidróxido de potasio del apartado anterior.

La ecuación química de la reacción de neutralización es:



- Calculamos la cantidad de hidróxido de potasio multiplicando el volumen, expresado en litros, por la molaridad, obteniéndose 0,25 mol de KOH.
- Primero calculamos la cantidad de ácido sulfúrico requerida utilizando la información dada por la ecuación química:

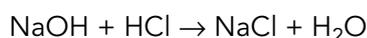
$$0,25 \text{ mol de KOH} \cdot \frac{1 \text{ mol de } H_2SO_4}{2 \text{ mol de KOH}} = 0,125 \text{ mol de } H_2SO_4$$

A continuación calculamos el volumen de disolución dividiendo la cantidad de sustancia entre la molaridad de la disolución; así tenemos que el volumen es:

$$V = \frac{n \text{ (mol)}}{M \text{ (mol/L)}} = \frac{0,125 \text{ mol}}{2,87 \text{ mol/L}} = 0,0436 \text{ L} = 43,6 \text{ L}$$

- Calcula la concentración de ácido clorhídrico en una disolución cuyo pH es igual a 3.
- Calcula el volumen de una disolución de NaOH 0,02 M necesario para que el pH de 50 mL de la disolución anterior sea igual a 7. Escribe la reacción de neutralización.

- Una disolución de HCl con $pH = 3$ significa que $-\log [H^+] = 3$; por tanto: $[H^+] = 10^{-3}$ M.
- La reacción de neutralización es:



Tenemos que calcular el volumen de disolución de NaOH necesario para neutralizar los 50 mL de la disolución 0,001 mol/L de HCl. Para ello, calculamos en primer lugar, la cantidad de HCl presente en 50 mL de disolución:

$$n \text{ (mol)} = M \text{ (mol/L)} \cdot V \text{ (L)} = 0,001 \text{ mol/L} \cdot 0,05 \text{ L} = 0,00005 \text{ mol}$$

Teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción, vemos que necesitamos la misma cantidad de NaOH, 0,000 05 mol. Por tanto, el volumen de disolución 0,02 M de NaOH necesario es:

$$V \text{ (L)} = \frac{n \text{ (mol)}}{M \text{ (mol/L)}} = \frac{0,000 05 \text{ mol}}{0,02 \text{ mol/L}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 2,5 \text{ mL}$$

- 7** Calcula del valor del pH de una disolución 0,08 M de ácido clorhídrico. ¿Cuál será el color de la disolución anterior si le añadimos unas gotas de fenolftaleína?

Si $[H^+] = 0,08 \text{ M}$, el pH es:

$$\text{pH} = -\log 0,08 \approx 1,1 \text{ mol /L}$$

La fenolftaleína será incolora.

- 8** ¿Cuál de los erlenmeyer de la fotografía corresponde al inicio de las siguientes volumetrías de neutralización?

- a) Disolución a valorar HCl, disolución valorante NaOH 0,1 M.
b) Disolución a valorar Ca(OH)_2 , disolución valorante HNO_3 .



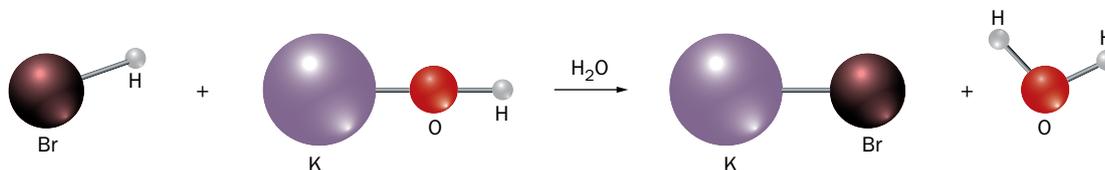
La primera fotografía corresponde al apartado a) puesto que colocaríamos en el matraz la disolución a valorar, en este caso ácida, por lo que la fenolftaleína aparece incolora. La segunda imagen corresponde al apartado b), ya que la disolución a valorar es básica, por lo que la fenolftaleína aparece coloreada.

- 9** Busca información sobre el pH de los diferentes jugos que hay en el interior de nuestro cuerpo (saliva, bilis, sangre, etc.). ¿Por qué crees que toman valores tan diferentes?

pH de saliva: 7-7,4; pH de bilis: entre 5,5 y 7; pH de sangre: entre 7,36 y 7,44; pH de los jugos gástricos: entre 0,9 y 1,5. Los valores de pH del organismo están relacionados con la función que tienen los distintos jugos en el organismo.

- 10** Representa con el modelo de bolas y varillas la reacción de neutralización del ácido bromhídrico con hidróxido de potasio.

La representación de la reacción se muestra a continuación:



- 11** En el calibrado de un pH-metro digital se han realizado las siguientes medidas del pH para una disolución estándar cuyo pH es de 5,500:

Medida	pH
1	5,500
2	5,400
3	5,600
4	5,100
5	5,200
6	5,500

- a) Calcula el valor medio de las medidas de pH.
b) Calcula los errores absoluto y relativo de este conjunto de medidas.

- a) Calculamos la media de las medidas a partir de los datos de la tabla:

$$\overline{\text{pH}} = \frac{5,500 + 5,400 + 5,600 + 5,100 + 5,200 + 5,500}{6} = 5,3833$$

- b) A partir del valor medio calculamos la dispersión de los datos, que será el valor del error absoluto:

$$E_a^2 = \frac{(5,500 - 5,3833)^2 + (5,400 - 5,3833)^2 + (5,600 - 5,3833)^2 + (5,100 - 5,3833)^2}{6 \cdot (6 - 1)} + \frac{(5,200 - 5,3833)^2 + (5,500 - 5,3833)^2}{6 \cdot (6 - 1)} = 0,006278$$

$$E_a = \sqrt{0,006278} = 0,079 \simeq 0,08$$

Para calcular el error relativo dividimos el error absoluto entre el valor de la media:

$$E_r = \frac{0,08}{5,38} \simeq 0,01$$

Página 165

- 12** Se realiza la valoración de neutralización de 50,00 mL de ácido clorhídrico 0,100 M con una disolución valorante de hidróxido de sodio 0,200 M. Calcula el pH de la disolución del matraz cuando se han añadido los siguientes volúmenes de la disolución valorante:

- a) 0 mL.
b) 12,0 mL.
c) 24,0 mL.
d) 25,0 mL (punto de equivalencia).

Supón que el volumen de disolución en el matraz es igual a la suma de los volúmenes adicionados.

Siguiendo el esquema del ejercicio resuelto de la página 158 obtenemos las siguientes cantidades:

$$n_0 = 0,05 \text{ L} \cdot 0,100 \text{ mol/L} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- a) Como no hay disolución valorante, tenemos:

$$[\text{H}^+] = 0,1 \text{ M} \rightarrow \text{pH} = 1$$

b) En este caso, tenemos:

$$n_a = 0,012 \text{ L} \cdot 0,200 \text{ mol/L} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0 - n_a = (5 - 2,4) \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Por tanto:

$$[\text{H}^+] = [\text{HCl}_{\text{sobranante}}] = \frac{2,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{(0,05 + 0,012) \text{ L}} \simeq 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

Por lo que el pH es:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 4,2 \cdot 10^{-2} \simeq 1,38$$

c) Para el volumen de 24,0 mL, tenemos:

$$n_a = 0,024 \text{ L} \cdot 0,200 \text{ mol/L} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_0 - n_a = (5 - 4,8) \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{(0,05 + 0,024) \text{ L}} \simeq 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log 2,7 \cdot 10^{-3} \simeq 2,57$$

d) Se trata del punto de equivalencia, por lo que $\text{pH} = 7$.

13 Se sospecha que la concentración de una disolución de ácido clorhídrico está en torno a 0,02 M. Para realizar una volumetría de neutralización con 50,00 mL de esta disolución, ¿qué disolución valorante utilizarías?

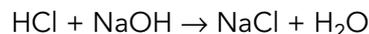
- Una disolución de NaOH 0,10 M.
- Una disolución de NaOH 0,20 M.
- Una disolución de NaOH 0,02 M.

Justifica tu respuesta con los cálculos que consideres necesarios. Ten en cuenta que las buretas de laboratorio suelen tener una capacidad máxima de 50 mL.

Elegiremos la disolución de valorante que requiera mayor volumen para neutralizar la disolución de HCl, ya que de este modo podremos agregar gota a gota el valorante con mayor precisión, minimizando el riesgo de cometer error por exceso. Vamos a calcular el volumen de valorante necesario en cada caso. La cantidad de HCl en la disolución 0,02 M es:

$$n_{\text{HCl}} = M \cdot V = 0,02 \text{ mol/L} \cdot 0,05 \text{ L} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

La reacción de neutralización es:



Como la proporción estequiométrica es 1:1, necesitamos la misma cantidad de NaOH:

$$n_{\text{NaOH}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

El volumen necesario de disolución valorante en cada caso es:

$$\text{a) } V = \frac{n_{\text{NaOH}}}{M} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,10 \text{ mol/L}} = 0,01 \text{ L} = 10 \text{ mL}$$

$$\text{b) } V = \frac{n_{\text{NaOH}}}{M} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,20 \text{ mol/L}} = 0,005 \text{ L} = 5 \text{ mL}$$

$$\text{c) } V = \frac{n_{\text{NaOH}}}{M} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,02 \text{ mol/L}} = 0,05 \text{ L} = 50 \text{ mL}$$

Elegiríamos la opción c), pues en las otras dos cada gota de valorante añadida de más implica un error mayor, al ser el volumen a determinar menor.

- 14** Cuando establecemos la concentración de una disolución de un ácido o de una base de concentración desconocida mediante una volumetría de neutralización, solemos repetir el experimento varias veces; ¿a qué crees que es debido?

Si se desconoce el valor de la concentración, se desconoce por completo el volumen de valorante que será necesario, por lo que es probable que no se obtenga con suficiente precisión el punto de viraje del indicador, cometiéndose un error por exceso. Por ello, solemos realizar una primera volumetría para establecer el punto de viraje de forma aproximada, y una segunda en la que al acercarnos al punto de viraje, disminuimos el flujo de valorante, añadiéndolo gota a gota para tener más precisión.

- 15** Se realiza la volumetría de neutralización de una muestra de 50,00 mL de ácido clorhídrico con una disolución 0,02 M de NaOH en repetidas ocasiones, obteniéndose los siguientes resultados:

Medida	V de NaOH (mL)
1	33
2	35
3	32
4	34
5	31
6	35

¿Sería correcto afirmar que la concentración de ácido es $0,0133 \pm 0,0003$ mol/L? Justifica tu respuesta.

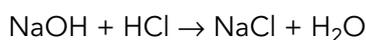
Para responder al ejercicio debemos calcular la concentración de ácido a partir del valor medio de la cantidad de valorante consumido a partir de los datos de la tabla, en este caso una disolución 0,02 M de NaOH:

$$\bar{V} = \frac{33 + 35 + 32 + 34 + 31 + 35}{6} \simeq 33,3 \text{ mL} = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

Y el error absoluto de este conjunto de medidas:

$$E_a = \sqrt{\frac{(33 - 33,3)^2 + (35 - 33,3)^2 + (32 - 33,3)^2 + (34 - 33,3)^2 + (31 - 33,3)^2 + (35 - 33,3)^2}{6 \cdot (6 - 1)}} \simeq \\ \simeq 0,67 \text{ mL} \simeq 7 \cdot 10^{-4} \text{ L}$$

Para calcular la concentración del ácido utilizamos el dato anterior teniendo en cuenta la reacción de neutralización:



De esta reacción deducimos que la relación entre cantidad de sustancia de valorante y disolución a valorar es 1:1. A partir de la cantidad de NaOH que reacciona podremos calcular la cantidad de HCl presente:

$$\frac{0,02 \text{ mol de NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot 0,0333 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de NaOH}} = 6,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol de HCl}$$

A partir de la definición de concentración molar calculamos este parámetro para la disolución de HCl, sabiendo que la muestra de ácido tenía un volumen de 50,00 mL = $5 \cdot 10^{-2}$ L:

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (mol)}} = \frac{6,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ L}} = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Procediendo de forma análoga con el error absoluto tenemos:

$$\frac{0,02 \text{ mol de NaOH}}{1 \text{ L}} \cdot 0,0007 \text{ L} \cdot \frac{1 \text{ mol de HCl}}{1 \text{ mol de NaOH}} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol de HCl}$$

$$M = \frac{n \text{ (mol)}}{V \text{ (L)}} = \frac{1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}{5 \cdot 10^{-2} \text{ L}} \simeq 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \simeq 0,0003 \text{ mol/L}$$

Por lo tanto, concluimos que la afirmación es correcta.

Reacciones de combustión

- 16** Se realiza la combustión completa de 10,00 L de un alcano gaseoso medidos a 0,97 atm y 323 K. Se analizan los gases de la combustión y se observa que se han formado 30,00 L de CO₂ medidos en las mismas condiciones y 1,46 mol de H₂O. ¿De qué alcano gaseoso se trata?

Siguiendo el esquema planteado en la página 159 observamos que el coeficiente estequiométrico del dióxido de carbono corresponde al número de carbonos del alcano. En este caso, se obtiene un volumen de dióxido de carbono que es el triple que el del alcano medido en las mismas condiciones de presión y temperatura; por ello, el número de carbonos del alcano será 3, y se tratará del propano.

- 17** Comprueba el resultado del ejercicio anterior verificando la cantidad de sustancia de agua formada.

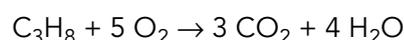
Siguiendo los pasos dados en la página 159, obtenemos la cantidad de sustancia del alcano utilizando la ecuación de los gases ideales:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{0,97 \text{ atm} \cdot 10,00 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 323 \text{ K}} = 0,366 \text{ mol}$$

Haciendo una proporción entre las cantidades de alcano y agua, obtenemos que la cantidad de agua es cuatro veces la cantidad de alcano. Observando el coeficiente estequiométrico del agua (página 159), concluimos que $n + 1 = 4$ y, por tanto, $n = 3$, siendo n el número de átomos de carbono. Se trata del propano.

- 18** Calcula el volumen de aire necesario para la combustión del alcano del ejercicio 16, medido en las mismas condiciones de presión y temperatura, sabiendo que el aire tiene un 21 % de oxígeno.

Se trata de estudiar la combustión del propano, cuya ecuación química es:



Tenemos que calcular el volumen de aire necesario para esta combustión, para lo cual tendremos que calcular previamente el volumen de oxígeno necesario y considerar que solo un 21 % de aire es oxígeno. Para obtener el volumen de oxígeno debemos calcular previamente la cantidad de oxígeno necesaria para que se forme 1,46 mol de agua, como se indica en el enunciado del ejercicio 16.

A partir de la relación entre los coeficientes del agua y del oxígeno de la ecuación química concluimos:

$$1,46 \text{ mol de H}_2\text{O} \cdot \frac{5 \text{ mol de O}_2}{4 \text{ mol de H}_2\text{O}} = 1,83 \text{ mol de O}_2$$

Utilizando la ecuación de los gases ideales calculamos el volumen de oxígeno que corresponde a la cantidad anterior, medido a 0,97 atm y 323 K:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad ; \quad V_{\text{O}_2} = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1,83 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 323 \text{ K}}{0,97 \text{ atm}} = 50,0 \text{ L}$$

Calculamos por último el volumen de aire a que corresponde:

$$V_{\text{aire}} = 50,0 \text{ L} \cdot \frac{100 \text{ L de aire}}{21 \text{ L de O}_2} = 238,1 \text{ L de aire}$$

19 Compara la cantidad de sustancia de dióxido de carbono emitida en la combustión de un kilogramo de:

- a) Metano.
- b) Propano.
- c) Butano.
- d) Octano.
- e) Hexadecano.

Calculamos para ello la cantidad de sustancia contenida en 1 kg de cada compuesto, utilizando la masa molar de cada sustancia. Al multiplicar esta cantidad por el número de carbonos de la molécula de cada compuesto obtendremos la cantidad de dióxido de carbono emitida. Recogemos los resultados en esta tabla:

Compuesto	M (g/mol)	n (mol)	n de CO ₂ (mol)
Metano	16	62,5	62,5
Propano	44	22,7	68,2
Butano	58	17,2	69,0
Octano	114	8,8	70,2
Hexadecano	226	4,4	70,8

- 20** a) Calcula la cantidad de combustible que se debe quemar para obtener 10⁶ kJ en el caso de que el combustible sea gasolina y en el caso de que sea gasóleo.
- b) Calcula, además, la cantidad de dióxido de carbono que se genera en cada uno de los dos casos anteriores. Extrae conclusiones.
- a) Para calcular la cantidad de combustible necesario para obtener 10⁶ kJ de energía utilizamos los datos de poder calorífico del octano, como representativo de la gasolina, y del hexadecano, como representativo del gasóleo.

$$PC (\text{octano}) = 5438 \text{ kJ/mol}$$

$$PC (\text{hexadecano}) = 10663 \text{ kJ/mol}$$

Para calcular la cantidad de combustible dividimos la energía que queremos obtener entre el poder calorífico de cada uno de ellos:

$$\text{Para la gasolina (octano): } 10^6 \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{5438 \text{ kJ}} \simeq 184 \text{ mol}$$

$$\text{Para el gasóleo (hexadecano): } 10^6 \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{10663 \text{ kJ}} \simeq 94 \text{ mol}$$

- b) Para calcular la cantidad de dióxido de carbono que se produce en cada uno de los dos casos debemos considerar que por cada mol de combustible se producen tantas veces más de dióxido de carbono como átomos de carbono tenga una molécula de combustible:

Para la gasolina (octano, 8 carbonos): $184 \cdot 8 = 1470$ mol de CO_2 .

Para el gasóleo (hexadecano, 16 carbonos): $94 \cdot 16 = 1500$ mol de CO_2 .

Podemos concluir que se produce una cantidad similar de dióxido de carbono en ambos casos.

Página 166

Importancia de las reacciones de combustión

21 Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- El proceso de respiración consiste en una única reacción química.
- Los dos tipos de respiración celular requieren de la presencia de oxígeno.
- En la respiración celular aerobia no se produce agua.
- La respiración es un proceso exotérmico.

a), b) y c) son falsas, y d) verdadera.

22 Busca información acerca de las diferencias en el funcionamiento de un motor diésel y uno gasolina. ¿Qué gases contaminantes emiten los motores diésel?

Se puede encontrar información en <http://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/MOTOR%20DE%20COMBUSTION.htm>.

Los motores diésel no llevan bujías para la explosión de combustible, sino que esta se hace por compresión. Los diésel funcionan con una variedad mayor de combustibles.

Además de dióxido de carbono e hidrocarburos no quemados, los diésel emiten partículas en suspensión y óxidos de nitrógeno.

23 Una de las alternativas que se han propuesto desde la industria del automóvil para reducir la contaminación es el uso de vehículos híbridos.

- Busca información sobre su funcionamiento.
- La transformación de energía necesaria para recargar la batería de este tipo de vehículos, ¿es origen de contaminación por emisión de gases de efecto invernadero?
- ¿Crees que puede ser una solución a largo plazo al problema de las emisiones de dióxido de carbono?

a) Se puede encontrar información en <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/como-funciona-un-coche-hibrido>.

- b) Si proviene de centrales térmicas, sí.
- c) Respuesta abierta. El alumnado puede argumentar su respuesta entorno a conceptos como el ahorro de energía, procesos más eficientes y energías alternativas, como la solar térmica y la eólica.

24 Haz un esquema en el que representes las transformaciones de energía que tienen lugar en una central térmica.

El esquema debe constar de las siguientes transformaciones: Energía química → energía térmica → energía cinética → energía eléctrica.

25 Explica las diferencias entre una central térmica de turbina de gas y una de turbina de vapor.

En una central de turbina de gas la turbina se mueve por acción, en parte, del gas generado en la combustión. En una de turbina de vapor lo que mueve a la turbina es vapor de agua sobrecalentado que se obtiene utilizando el calor liberado en la combustión para llevar a cabo el cambio de estado del agua que no entra en contacto directo con los gases de la combustión.

26 ¿En qué consiste la contaminación térmica? ¿Está presente en las centrales térmicas? ¿Y en las nucleares?

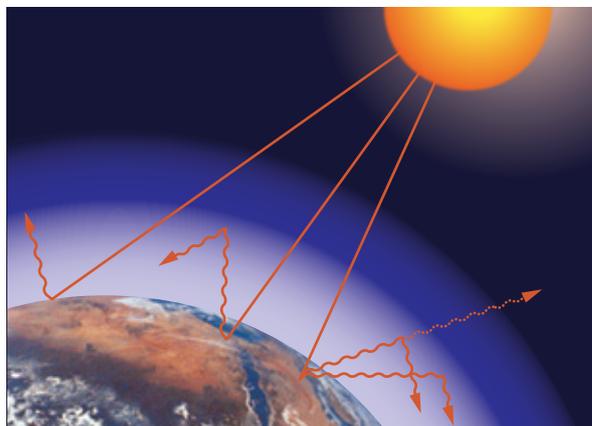
La contaminación térmica consiste en el vertido de aguas a temperatura superior a la del ecosistema en el que se vierten. Esta circunstancia afecta a la solubilidad del oxígeno, que disminuye, causando que la concentración de este gas en el medio acuático sea menor. Se afecta así a la fauna acuática, que puede perecer por falta de oxígeno.

Esta contaminación está presente en las centrales térmicas y en las nucleares, pues ambos tipos de centrales utilizan agua como refrigerante y como elemento de transmisión de energía térmica que se transforma en energía cinética en la turbina.

27 a) Realiza un dibujo en el que expliques en qué consiste el efecto invernadero. Incluye información acerca de la radiación solar y la radiación que es capaz de absorber el dióxido de carbono.

b) Busca información sobre los detectores de dióxido de carbono. ¿Guarda relación con la información de tu respuesta al apartado anterior?

- a) En el dibujo realizado se debe diferenciar entre las características de la radiación solar que llega a la Tierra y las de la radiación IR que esta emite, que es la retenida por el dióxido de carbono.



- b) Los detectores de dióxido de carbono se basan en la capacidad de absorción de este gas de la radiación IR, el mismo tipo de radiación que emite un cuerpo en función de su temperatura.

28 ¿Por qué decimos que el efecto invernadero es necesario para la vida en nuestro planeta?

Si no existiera el efecto invernadero, la temperatura de la parte del planeta en la que es de noche disminuiría mucho, haciendo inhabitable nuestro planeta.

29 Documentate acerca de cuántas cumbres sobre el clima se han celebrado, los lugares y años en los que han tenido lugar, y si se alcanzaron acuerdos entre los países participantes.

Se puede encontrar información al respecto en <https://sustentabilidadydesarrollo.com/2015/01/30/el-cambio-climatico-cronologia-de-negociaciones/>.

30 Explica las diferencias y las semejanzas entre el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono. Para ello, busca información y realiza un dibujo.

Las diferencias entre estos dos problemas ambientales son enormes; solo tienen en común que afectan a la atmósfera en una escala planetaria. Podemos destacar que el efecto invernadero se produce por la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono, y se produce por absorción de la radiación IR que emite la Tierra. Por otra parte, la destrucción de la capa de ozono está causada por la emisión de CFC, en cuya composición hay átomos de cloro, que consumen en parte el ozono estratosférico, impidiendo así que la capa de ozono se regenere y absorba la radiación UV que proviene del Sol.

Una diferencia adicional es que la destrucción de la capa de ozono es un problema al que se han impuesto soluciones, mientras que la emisión de gases de efecto invernadero todavía está por resolver.

31 Algunas de nuestras acciones cotidianas conllevan la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, aunque no seamos conscientes de ello.

Investiga acerca de la forma en la que se genera la electricidad que llega a tu casa y argumenta acerca de si se trata de una energía limpia o no.

Para saber el origen de la energía eléctrica de los hogares se ha de consultar el Boletín Estadístico del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, en el apartado consumo de energía primaria.

Reacciones de síntesis

32 El amoníaco es una sustancia muy volátil que se detecta por su olor incluso a concentraciones muy bajas. En los productos de limpieza se encuentra combinado con el agua formando hidróxido de amonio. ¿Cuál será el pH de este tipo de productos? Investiga para responder a la pregunta.

El pH de los productos de limpieza basados en amoníaco será básico, en torno a un valor de 12.

33 El proceso de síntesis del amoníaco fue motivado por un desabastecimiento de fertilizantes de origen natural. Busca información sobre las circunstancias que motivaron este desarrollo y el uso que se hizo a posteriori del amoníaco sintetizado.

Se puede encontrar información al respecto en http://elpais.com/elpais/2015/01/06/opinion/1420564961_437539.html.

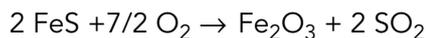
34 Las síntesis de amoníaco y ácido sulfúrico se basan en procesos catalíticos. ¿Qué catalizadores utilizan? Según lo que has estudiado en la unidad anterior, ¿podrían llevarse a cabo estas reacciones si utilizáramos otro catalizador distinto? Argumenta tu respuesta.

Los catalizadores utilizados son: para la síntesis de amoníaco un catalizador de hierro con óxidos de aluminio y potasio, y para la síntesis del sulfúrico pentaóxido de vanadio.

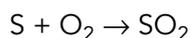
Los catalizadores son específicos para la reacción que catalizan, aunque es posible que se investigue acerca de la idoneidad de otro catalizador para cada proceso que sea susceptible de aumentar su rendimiento.

35 Escribe las dos reacciones descritas en la primera etapa de síntesis del ácido sulfúrico, sabiendo que la pirita está compuesta por FeS.

La reacción de tostación de la pirita es:



Si partimos de azufre la reacción será:



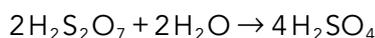
36 La absorción, que se utiliza en la obtención del ácido piro-sulfúrico en el proceso de síntesis del ácido sulfúrico por el método de contacto, pone en contacto una fase líquida con una gaseosa y ocurre una reacción química entre ellas. ¿Qué otros procesos conoces en los que se ponga en contacto un líquido con un gas y ocurra una reacción química? Para responder a esta pregunta, busca información sobre la lluvia ácida.

La lluvia ácida se produce cuando los óxidos de nitrógeno y de azufre reaccionan con el agua produciéndose ácido nítrico y sulfúrico. Este es un ejemplo de reacción entre gases y líquidos.

Página 167

37 Calcula la cantidad de ácido sulfúrico que se puede obtener a partir de 10 mol de dióxido de azufre, suponiendo que el proceso tenga un rendimiento del 100%.

Siguiendo las etapas descritas en la página 157, observamos que por cada 2 mol de SO_2 se obtienen 4 mol de H_2SO_4 :



Por tanto:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 10 \text{ mol de SO}_2 \cdot \frac{4 \text{ mol de H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol de SO}_2} = 20 \text{ mol de H}_2\text{SO}_4$$

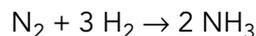
38 El principal riesgo de contaminación por ácido sulfúrico es de origen industrial, bien en plantas de producción del mismo o por industrias que lo utilicen como materia prima, pero también de uso más cotidiano en la sustitución de baterías gastadas. Busca información acerca de:

- Los efectos a corto plazo de un vertido de ácido sulfúrico.
 - Los efectos de la denominada lluvia ácida y las medidas que se han puesto en las últimas décadas para minimizarla.
- a) Un vertido de ácido sulfúrico hará disminuir drásticamente el pH de las aguas residuales, pudiendo afectar nocivamente a la carga bacteriana de las estaciones de tratamiento de aguas.

b) Los principales efectos son la acidificación de bosques, ríos y lagos, lo que afecta nocivamente a la flora y fauna de los mismos y la destrucción de fachadas y esculturas. Entre las medidas destacamos la desulfuración de combustibles y el uso de catalizadores de tres vías en los escapes de los vehículos a motor.

39 Calcula el volumen de amoníaco que se puede producir a partir de 3 L de nitrógeno molecular, todo ello medido en condiciones normales.

Partimos de la ecuación química ajustada:



De la que concluimos que por cada mol de nitrógeno se producen 2 mol de amoníaco.

Al tratarse de una reacción en fase gas, la relación entre las cantidades de sustancias y los volúmenes son iguales, si se mide el volumen de cada sustancia en las mismas condiciones de presión y temperatura, como es el caso del enunciado. Por ello, concluimos que se producirá un volumen doble de amoníaco respecto del volumen del nitrógeno; es decir, 6 litros.

40 Repite el cálculo de la actividad anterior, pero suponiendo en este caso que el volumen de amoníaco se mide a 1 atm y 350 K. Extrae conclusiones.

En primer lugar, necesitamos conocer la cantidad de sustancia de partida:

$$n_{\text{N}_2} = \frac{V}{V_m} = \frac{3 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} = 0,13 \text{ mol de N}_2$$

Como por cada mol de nitrógeno se producen 2 mol de amoníaco, la cantidad de amoníaco producida es:

$$n_{\text{NH}_3} = 0,13 \text{ mol} \cdot \frac{2 \text{ mol de NH}_3}{1 \text{ mol de N}_2} = 0,26 \text{ mol de NH}_3$$

El volumen de amoníaco es:

$$V = n \cdot \frac{R \cdot T}{p} = 0,26 \text{ mol} \cdot \frac{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 350 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 7,5 \text{ L}$$

41 a) Normalmente asociamos este tipo de imagen con las centrales nucleares, ¿es correcta esta asociación?

b) ¿Es la energía nuclear una energía limpia? Valora de forma personal el uso de este tipo de transformación energética, sus riesgos y beneficios. Aplica el principio de prudencia.

- a) Se trata de torres de refrigeración que podemos encontrar también en otro tipo de centrales eléctricas, como las térmicas.
- b) A corto plazo, sí. Sin embargo, se generan residuos radiactivos de alta actividad cuya estabilización es muy costosa en tiempo; el riesgo de la custodia de estos residuos se traspasa de generación en generación.

1 Sistema de referencia

Página 170

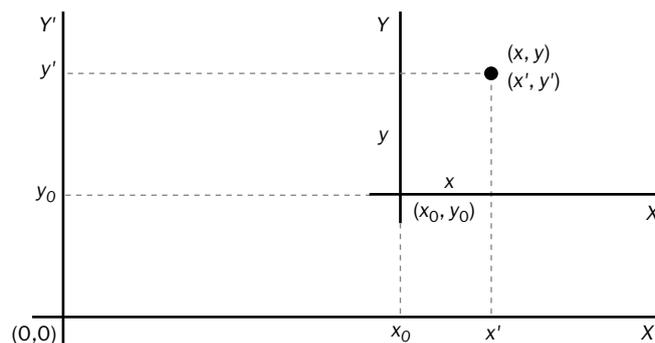
Trabaja con la imagen

Representa un sistema cartesiano situado en el suelo del aula, y localiza en él tu mesa.

Comprueba si el origen de tu sistema coincide con el de tus compañeros y compañeras, y vuelve a localizar la mesa en alguno que tenga un origen distinto al tuyo. ¿Cómo se relacionan las localizaciones en los dos sistemas?

La actividad se plantea para comprobar que la posición (coordenadas) depende del sistema de referencia. La relación entre coordenadas se puede apreciar sin más que representar dos sistemas de referencia, como se muestra en la siguiente imagen, en la que se puede apreciar que la relación entre coordenadas es:

$$x = x' - x_0 \quad ; \quad y = y' - y_0$$



Página 171

- 1  Reflexiona y responde: en este momento, ¿te estás moviendo? Justifica tu respuesta.

Como el movimiento, o el reposo, depende del sistema de referencia que se considere, nos estaremos moviendo, o no, según el que se elija. Conviene enunciar al alumnado el principio de relatividad de Galileo, según el cual no se puede hablar de la velocidad absoluta de un móvil.

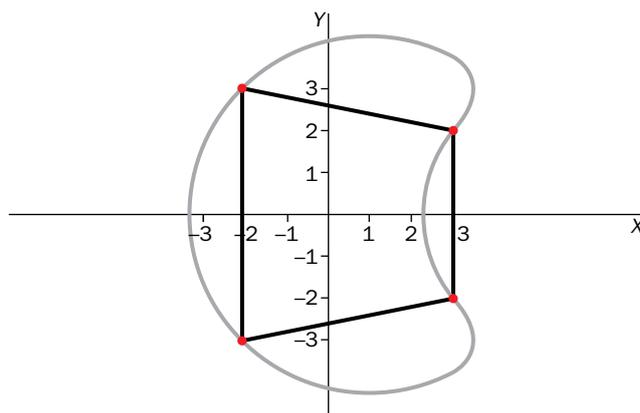
- 2  En un sistema cartesiano, representa las posiciones $(3, 2)$, $(3, -2)$, $(-2, -3)$ y $(-2, 3)$.

Si un móvil parte de la primera y va pasando a las siguientes, en línea recta, hasta volver a la inicial, ¿qué forma tiene la trayectoria que describe?

Dibuja otra trayectoria que, pasando por las mismas posiciones en el mismo orden, incluya tramos curvilíneos y circulares.

En la figura de la página siguiente se muestran las coordenadas del enunciado junto con las dos trayectorias que se solicitan.

Obsérvese que la primera de ellas tiene forma de trapecio.



- 3  Localiza en Internet algún vídeo con los términos «movimiento del sistema solar» e identifica en él dos sistemas de referencia en los que las trayectorias de los planetas tienen formas diferentes.

Se pueden encontrar varios vídeos en los que se observa que si tomamos como referencia el Sol, las trayectorias de los planetas son elípticas (prácticamente circulares, en muchos casos), pero, si tomamos como referencia el centro de la galaxia, las trayectorias son helicoidales. Es un buen ejemplo para mostrar que la trayectoria depende del sistema de referencia.

2 Magnitudes del movimiento

Página 172

Trabaja con la imagen

Representa los vectores posición y el vector desplazamiento si en la imagen se intercambian las posiciones A y B, esto es, el móvil se desplaza hacia la izquierda.

La actividad se plantea para que el alumnado se vaya acostumbrando a representar los vectores que intervienen en un desplazamiento. Una vez realizada, interesa reforzar la idea de que la dirección del vector desplazamiento, así como su módulo, son los mismos que en la situación anterior, aunque el sentido del vector sea el contrario.

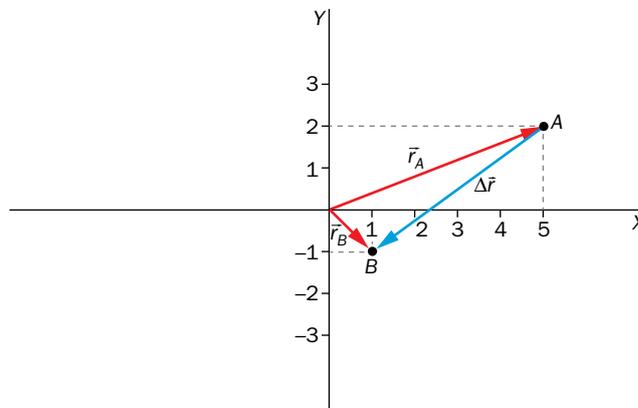
Página 173

- 4 Indica al menos tres unidades en las que puedas expresar las magnitudes estudiadas en estas páginas. ¿Cuál es su unidad SI?

La actividad se plantea para reforzar el significado de la dimensión de una magnitud. Al tratarse de magnitudes con dimensión de longitud, L, se pueden expresar en cualquier unidad de longitud. Se pueden proponer los múltiplos y submúltiplos del metro, m, unidad de esta magnitud en el SI, y otras como el pie, la milla o la pulgada.

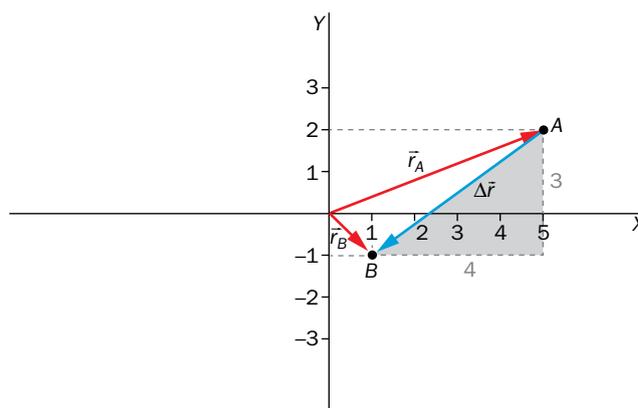
- 5**  Un móvil pasa de la posición A, de coordenadas (5, 2), a la B (1, -1), medidas en el SI. Representa los vectores posición y el vector desplazamiento.

Los vectores solicitados son los representados en la siguiente figura:



- 6** A partir del diagrama de vectores de la actividad anterior, calcula el módulo del vector desplazamiento.

El módulo del vector desplazamiento se calcula aplicando el teorema de Pitágoras al triángulo sombreado en la figura:



$$|\Delta \vec{r}| = \sqrt{(4 \text{ m})^2 + (3 \text{ m})^2} = \sqrt{25 \text{ m}^2} = 5 \text{ m}$$

- 7** En un movimiento rectilíneo, ¿puede ser $\Delta s > |\Delta \vec{r}|$? Razona tu respuesta.

En los movimientos rectilíneos, el vector desplazamiento queda sobre la trayectoria, de modo que su módulo, $|\Delta \vec{r}|$, siempre coincide con el desplazamiento sobre esta, Δs .

Pero en caso de que hubiese un cambio de sentido, para calcular el espacio recorrido habría que ir sumando el de los sucesivos tramos sin cambio de sentido que describiese el móvil. Esto daría como resultado que el espacio recorrido sería mayor que el módulo del vector desplazamiento: $\Delta s > |\Delta \vec{r}|$

- 8** Si un móvil recorre una circunferencia completa de radio $R = 5 \text{ m}$, calcula el espacio recorrido y el módulo del vector desplazamiento.

El espacio recorrido coincide con la longitud de la circunferencia ($e = 2 \cdot \pi \cdot 5 \text{ m} \approx 31,42 \text{ m}$). El vector desplazamiento, al terminar el movimiento en la posición inicial, es cero, y su módulo también lo es.

Página 175

9 Atendiendo a la ecuación de dimensiones, ¿cuál es la unidad SI de la velocidad?

Dado que la ecuación de dimensiones de la velocidad es $[v] = L \cdot T^{-1}$, la unidad de velocidad resulta de dividir una unidad de longitud entre una de tiempo. Si utilizamos las del SI, la resultante es m/s.

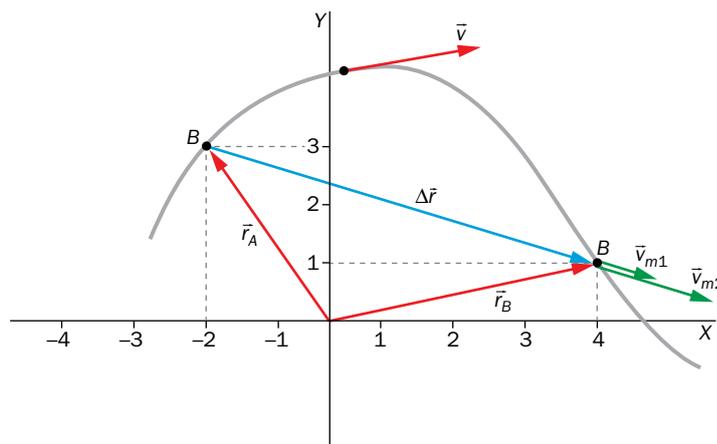
10 La luz, en el vacío, recorre 300 000 km cada segundo. Este dato, ¿es de velocidad, o de celeridad? Exprésalo en notación científica y unidades SI.

El dato es de celeridad, pues no informa de la dirección y el sentido del movimiento. Su expresión en notación científica y unidades SI es:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

11  **Un móvil pasa de la posición (-2, 3) a la (4, 1), en unidades SI. Representa dos posibles vectores de la velocidad media, e indica en qué caso se ha invertido menos tiempo. Después, sobre una trayectoria curvilínea, elige un punto y representa la velocidad instantánea.**

Se invierte menos tiempo en el caso en que el módulo del vector velocidad media es mayor; en la figura, corresponde al vector \vec{v}_{m2} :



Se representa también el vector velocidad instantánea sobre la trayectoria curvilínea.

12 Un vehículo recorre una recta de 100 m en 5 s, y después una semicircunferencia de 30 m de radio en 4 s. ¿En qué tramo es mayor la velocidad media? ¿Y la celeridad media?

Para resolver esta actividad se calculan la velocidad media y la celeridad media en cada tramo.

En el tramo rectilíneo, el espacio recorrido coincide con el módulo del vector desplazamiento, por lo que el módulo de la velocidad media es igual que la celeridad media:

$$v_m = c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En el caso del movimiento circular, el espacio recorrido es la longitud de una semicircunferencia, y el módulo del vector desplazamiento, el diámetro de la circunferencia:

$$v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{60 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad ; \quad c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{92,25 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 23,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

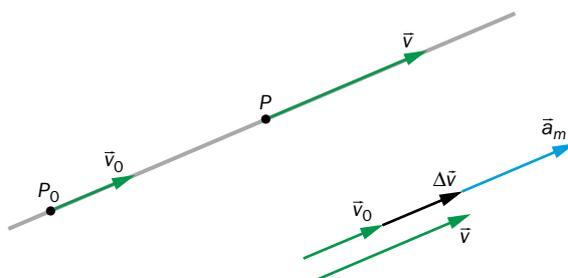
Por tanto, la celeridad media es mayor en el tramo circular, y el módulo de la velocidad media, en el rectilíneo.

Página 176

Trabaja con la imagen

Representa el vector aceleración media en un movimiento rectilíneo en el que no hay cambio de sentido.

La actividad se plantea como modo de transferencia de conocimiento. En la figura se muestra el vector aceleración media en un movimiento curvilíneo, y aquí se pide la transferencia de esta información al movimiento rectilíneo. La figura solicitada debe ser similar a la siguiente:



También sirve para adelantar contenidos que se estudian en la siguiente página, como el hecho de que en los movimientos rectilíneos la aceleración solo tiene componente tangencial.

Página 177

13 A partir de la ecuación de dimensiones de la aceleración, indica al menos tres unidades en las que se puede expresar esta magnitud, entre ellas la del SI.

La ecuación de dimensiones de la aceleración nos informa de que las unidades de esta magnitud derivada se obtienen dividiendo una unidad de longitud entre el cuadrado de una de tiempo. En el SI, es el m/s^2 , aunque podrían usarse, tanto en el numerador como en el denominador, múltiplos o submúltiplos de estas.

14  En un movimiento rectilíneo, la celeridad se reduce de 90 km/h a 72 km/h en 2 s. Calcula la aceleración media.

Al tratarse de un movimiento rectilíneo, todos los vectores tienen la misma dirección y podemos trabajar con los módulos. En primer lugar se expresan los datos en unidades del SI, para después calcular la aceleración media del trayecto:

$$v_0 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad ; \quad v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a_m = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{-5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \text{ s}} = -2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

15 Razona si las componentes intrínsecas de la aceleración en los siguientes movimientos serán iguales a cero o no:

- a) Un móvil describe una circunferencia con celeridad constante.
 - b) En una recta, el móvil reduce la celeridad.
- a) En el primer caso la celeridad es constante, por lo que la aceleración tangencial es cero; no así la normal, pues la trayectoria se curva continuamente.
- b) En el segundo caso, la trayectoria es rectilínea, por lo que la aceleración normal es nula; como la celeridad disminuye, la aceleración tangencial es distinta de cero.

- 16**  En el siguiente enlace puedes repasar lo que has estudiado en relación con la representación de las magnitudes vectoriales del movimiento: <https://www.geogebra.org/material/simple/id/1041835>.

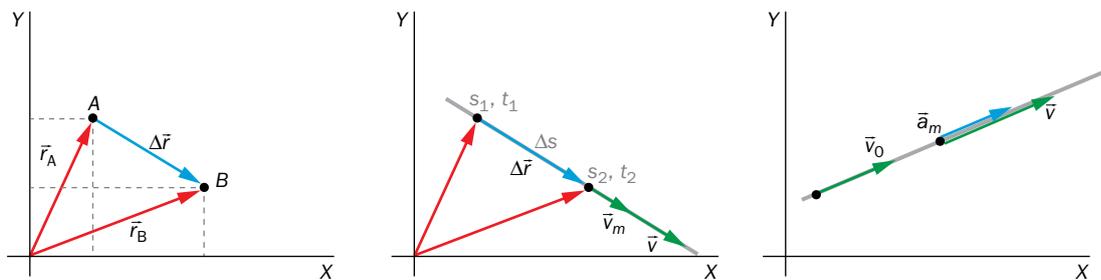
Si existe la posibilidad de proyectar el interactivo, conviene hacerlo para afianzar los contenidos, destacando el hecho de que la aceleración tangencial siempre es tangente a la trayectoria y la componente normal apunta hacia la parte interior de esta. Se pueden proponer actividades de predicción, señalando un punto de la trayectoria y pidiendo que representen los vectores implicados.

3 Tipos de movimientos

Página 179

- 17**  Utilizando como referente las gráficas de la página anterior, representa las correspondientes a trayectos de movimientos rectilíneos.

Las gráficas solicitadas son las siguientes:

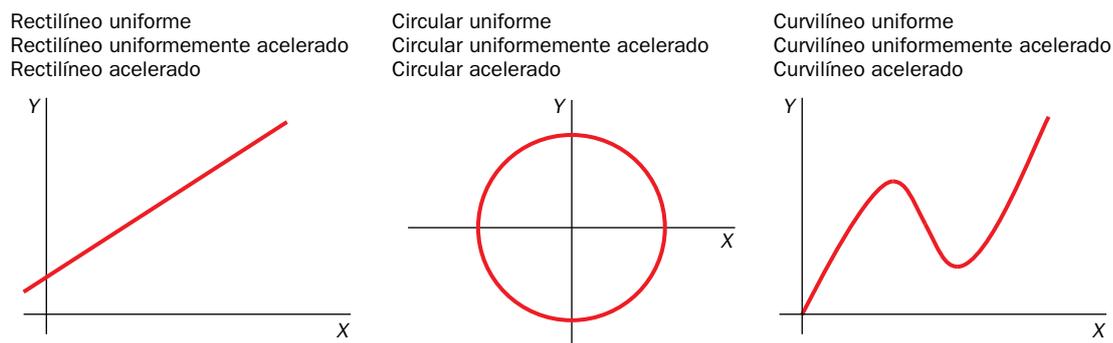


- 18** Propón un ejemplo cotidiano de cada tipo de movimiento estudiado y representa su trayectoria en un sistema de referencia cartesiano.

La actividad se plantea para conectar lo estudiado con la vida cotidiana. Algunos ejemplos de movimientos de cada tipo son:

- M.r.u. Un vehículo circulando por carretera recta con celeridad constante; una persona andando en línea recta con paso constante.
- M.r.u.a. Vehículo o persona anteriores acelerando constantemente; caída de un objeto.
- M.r.a. Vehículo o persona anteriores acelerando de forma no constante; movimientos vibratorios.
- M.c.u. Movimiento de satélites; cuerpo atado a una cuerda girando con celeridad constante, CD en régimen estacionario.
- M.c.u.a. Piedra en honda al comenzar a girar; CD al arrancar; rueda de coche al arrancar.
- M.c.a. Rueda de coche que acelera y frena; cuerpo atado a una cuerda que se gira modificando la celeridad de forma aleatoria.
- Curvilíneo uniforme. Vehículo con celeridad constante por carretera sinuosa (y movimientos similares).
- Curvilíneo uniformemente acelerado. Como el caso anterior, pero acelerando de modo constante; tiro parabólico.
- Curvilíneo acelerado. Vuelo de cometa; caída de hoja.

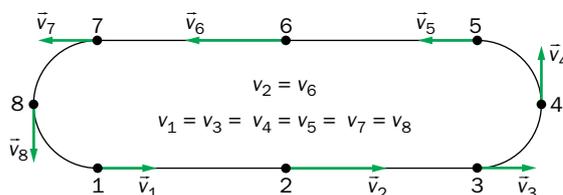
La representación de trayectorias se recoge en las figuras siguientes:



19 Elige un punto de cada trayectoria de la actividad anterior y representa en él la velocidad, la aceleración y sus componentes intrínsecas.

La actividad se plantea para acostumbrar al alumnado a la representación de vectores. Las respuestas pueden ser muy diversas, tanto como las trayectorias representadas. Conviene afrontarla consultando la tabla resumen de magnitudes. Es importante resaltar el hecho de que la velocidad solo tiene componente tangencial, por lo que su dirección coincide con la de la componente tangencial de la aceleración. También que la componente normal es perpendicular a las anteriores en cada punto de la trayectoria.

20 Describe el movimiento de la siguiente figura, y razona qué tipos de movimiento se observan en ella.



En la figura se observan dos movimientos rectilíneos y dos circulares. En cada uno de los rectilíneos se pueden apreciar dos tramos con aceleración: en el primero, la celeridad aumenta hasta llegar al punto medio de las rectas, a partir del cual comienza a disminuir hasta alcanzar la misma celeridad con la que comenzaron. Los dos circulares son uniformes y se describen con celeridad igual a la final de las rectas. Se observan, pues, los siguientes tipos de movimiento: m.r.u.a. con aceleración positiva al comenzar las rectas, m.r.u.a. con aceleración negativa entre el punto medio de cada una y el final de estas y m.c.u. en las dos curvas.

4 Movimientos rectilíneos

Página 180

Trabaja con la imagen

Describe el movimiento correspondiente a los trazos azules de las gráficas inferiores.

La actividad se plantea para acostumbrar al alumnado a interpretar gráficas del movimiento. En las gráficas, los trazos azules corresponden a un movimiento en el que el móvil se desplaza hacia

la izquierda (la posición disminuye con el tiempo). Por ello, la velocidad es negativa, y como se mantiene constante durante el trayecto, el móvil recorre espacios iguales en tiempos iguales con aceleración nula.

En estas explicaciones utilizamos «hacia la derecha» y «hacia la izquierda» pues suponemos que el móvil se mueve en la horizontal y utilizamos el convenio de signos que se acaba de presentar (se podría utilizar «hacia arriba» y «hacia abajo»). Podría ser diferente si se eligiese otro sistema de referencia.

Página 181

21 Analiza las gráficas del ejercicio resuelto 4:

- ¿Por qué la gráfica $y-t$ tiene pendiente negativa, y la $e-t$ la tiene positiva?
- ¿Se recorren espacios iguales en tiempos iguales?
- ¿Cuánto vale la aceleración normal? ¿Por qué?
- ¿Por qué la velocidad es negativa?
- ¿Dónde se encuentra la gota en $t = 60$ s? Responde usando la gráfica y la ecuación.

Las respuestas a cada uno de los apartados son las siguientes:

- En el sistema de referencia en el que se trabaja, la posición disminuye con el tiempo (pendiente negativa). Sin embargo, el espacio recorrido siempre es positivo y aumenta con el tiempo (pendiente positiva).
- Sí. Una vez alcanzada la velocidad límite, esta se mantiene constante.
- La aceleración normal es cero, pues se trata de un movimiento rectilíneo.
- Que la velocidad sea negativa se debe al convenio de signos, en el que movimientos hacia abajo se corresponden con velocidades negativas.
- En la gráfica se observa que cuando $t = 60$ s, $y = 500$ m. Matemáticamente:

$$y = y_0 + v \cdot t = 800 \text{ m} - 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 60 \text{ s} = 500 \text{ m}$$

22 Un vehículo recorre una recta a 108 km/h. Si a las 13:00 pasa por el punto kilométrico 5, ¿cuánto tardará en llegar al punto kilométrico 6? ¿Dónde estará a las 13:05? Representa las gráficas del movimiento.

El tiempo que tarda un vehículo en recorrer 1000 m (del p.k. 5 al p.k. 6) cuando se mueve a 30 m/s (108 km/h) es:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{1000 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} = 33,33 \text{ s}$$

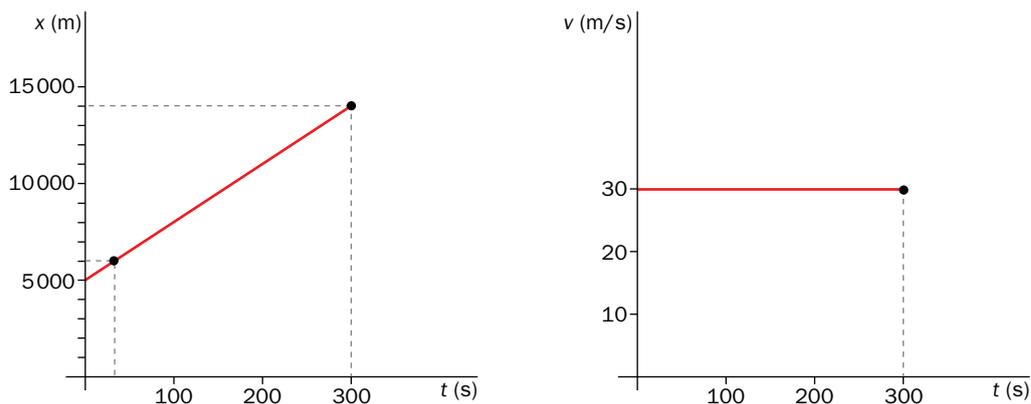
A 30 m/s, en 300 s (5 min) recorre:

$$\Delta x = v \cdot \Delta t = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 300 \text{ s} = 9000 \text{ m}$$

Como $x_0 = 5000$ m (p.k. 5), al cabo de este tiempo el vehículo se encuentra en:

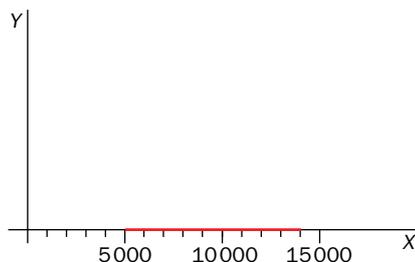
$$x = x_0 + \Delta x = 14000 \text{ m} \rightarrow \text{p.k. 14}$$

Las gráficas del movimiento son las siguientes:



23 Representa la trayectoria de la actividad 22 en un sistema de referencia cartesiano, y compárala con la gráfica posición-tiempo.

En la actividad 22 hemos considerado que el móvil, que describe un m.r.u., se desplaza sobre el eje x. Por tanto, la gráfica de la trayectoria es una recta contenida en este eje, con $x_0 = 5000$ m.



Página 182

Trabaja con la imagen

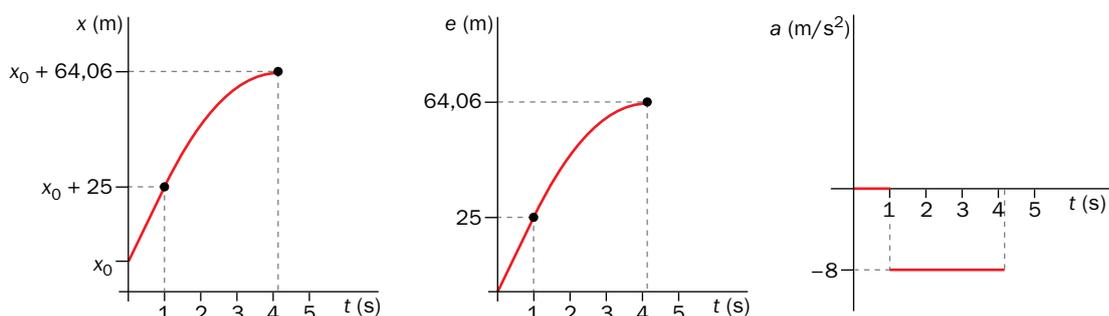
Describe el movimiento correspondiente a los trazos rojos de las gráficas.

Los trazos rojos corresponden a un movimiento en el que el móvil se mueve hacia la derecha (x_A aumenta con el tiempo), recorriendo distancias cada vez mayores a intervalos de tiempo iguales (la línea se curva hacia arriba), porque va acelerando (v_A va aumentando); por tanto, la aceleración ha de tener el mismo sentido que la velocidad, esto es, signo positivo (como $v_A > 0$, $a_A > 0$).

Página 183

24 Representa las gráficas de posición, espacio recorrido y aceleración en función del tiempo.

Las gráficas solicitadas, relativas al ejercicio resuelto 5, son las siguientes:



25  **Calcula la celeridad media del trayecto total, y en cada tramo.**

La celeridad media en cada tramo se calcula mediante el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo invertido en recorrerlo.

En el primer tramo:

$$c_m(I) = \frac{25 \text{ m}}{1 \text{ s}} \simeq 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En el segundo:

$$c_m(II) = \frac{39,06 \text{ m}}{3,12 \text{ s}} \simeq 12,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La celeridad media en el trayecto total es:

$$c_m = \frac{64,06 \text{ m}}{4,12 \text{ s}} \simeq 15,55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

26  **El hecho de que la celeridad media tenga ese valor, ¿significa que el coche ha mantenido constante la velocidad durante todo el trayecto?**

No. En cada momento la celeridad puede ser menor, mayor o igual que la celeridad media.

27  **Calcula el espacio que recorre un móvil en 4,12 s si circula por una recta con celeridad constante de 15,55 m/s.**

El espacio recorrido es:

$$e = v \cdot t = 15,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4,12 \text{ s} = 64,07 \text{ m}$$

28  **Basándote en los resultados de las actividades anteriores, explica el significado de la velocidad media en un m.r.u.a.**

En un m.r.u.a., la velocidad media es la velocidad constante a la que debería haber circulado el vehículo para recorrer el mismo espacio en el mismo tiempo. Esta definición, realmente, es independiente del tipo de movimiento.

29  **En la gráfica velocidad-tiempo, representa la celeridad media de cada tramo. En el caso del tramo con m.r.u.a., relaciónala con las celeridades inicial y final.**

En el tramo con m.r.u. la celeridad media coincide con el módulo de la velocidad media, esto es, 25 m/s. En el tramo con m.r.u.a. la celeridad media es la media aritmética de las celeridades inicial y final, relación característica de los m.r.u.a.

Página 185**30** **Calcula la velocidad media en la caída libre del ejercicio resuelto 6, y en la ascensión libre del 7 hasta que alcanza la altura máxima.**

Para el caso de la caída libre:

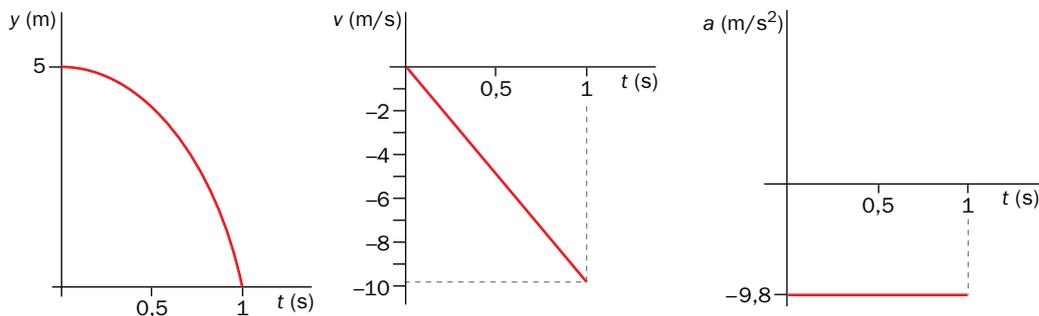
$$v_m = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y - y_0}{t} = \frac{-5 \text{ m}}{1,01 \text{ s}} = -4,95 \text{ m/s}$$

Para el caso de la ascensión libre:

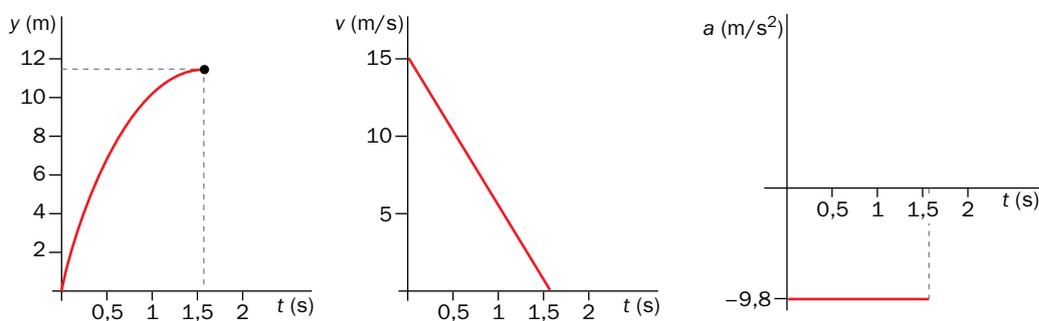
$$v_m = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y - y_0}{t} = \frac{11,48 \text{ m}}{1,53 \text{ s}} = 7,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

31 Representa las gráficas de posición, velocidad y aceleración, en función del tiempo, de los ejercicios resueltos en esta página.

Las gráficas solicitadas, para el ejercicio resuelto 6, son:



Y para el 7:



32 Partiendo de las ecuaciones del m.r.u.a., deduce la siguiente expresión para la velocidad media, válida solo para estos movimientos:

$$v_m = \frac{v_0 + v}{2}$$

De acuerdo con la definición de velocidad media, y las ecuaciones del m.r.u.a.:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot (\Delta t)^2}{\Delta t} = v_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t$$

En un m.r.u.a. la aceleración es constante, de valor:

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} \rightarrow a \cdot \Delta t = v - v_0$$

Sustituyendo esta expresión en la anterior:

$$v_m = v_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t = v_0 + \frac{1}{2} \cdot (v - v_0) \rightarrow v_m = \frac{v_0 + v}{2}$$

33 Comprueba que las ecuaciones del m.r.u.a. son dimensionalmente homogéneas.

Para las ecuaciones de velocidad y espacio recorrido:

Velocidad:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$L \cdot T^{-1} = L \cdot T^{-1} + L \cdot T^{-2} \cdot T = L \cdot T^{-1}$$

La ecuación de la velocidad es dimensionalmente homogénea, pues todos los sumandos tienen dimensión de velocidad.

Espacio:

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$L = L + L \cdot T^{-1} \cdot T + L \cdot T^{-2} \cdot T^2 = L$$

La ecuación del espacio recorrido también es dimensionalmente homogénea, pues todos los sumandos tienen dimensión de longitud.

5 Movimientos circulares

Página 187

34 A partir de la definición de velocidad angular, indica al menos tres unidades en las que se podría expresar, entre ellas la correspondiente al SI.

Serviría cualquier unidad de medida de ángulos ($^{\circ}$, $'$, $''$, rad, vuelta, revolución) dividida entre cualquier unidad de tiempo. La unidad SI es el radián partido por segundo (rad/s).

35 Justifica que el ángulo que corresponde a una revolución o vuelta completa es de $2 \cdot \pi$ rad, y que $1 \text{ rad} \approx 57,3^{\circ}$.

De la definición de radián, como ángulo para el que se verifica que el arco es igual al radio, se deduce que cuando el arco es la longitud de la circunferencia ($L = 2 \cdot \pi \cdot R$), el ángulo es $2 \cdot \pi$ rad ($\Delta\phi = L/R$). En base a esto, y teniendo en cuenta que una circunferencia tiene 360° , el valor de 1 rad en grados es:

$$\frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{360^{\circ}} = \frac{1 \text{ rad}}{x} \rightarrow 1 \text{ rad} = 57,3^{\circ}$$

36  La distancia media entre el centro de la Tierra y el de la Luna es de 384 000 km. Suponiendo que la Luna describe un movimiento circular alrededor del centro de la Tierra, y que tarda aproximadamente 28 días en completar una vuelta, ¿con qué velocidad media se desplaza el satélite?

En primer lugar, recomendamos advertir al alumnado de que en este ejercicio se utiliza el término «velocidad media» como sinónimo de «celeridad media». Es algo frecuente en la vida cotidiana, aunque no correcto en términos estrictos del vocabulario científico. Aclarado esto, la celeridad media es:

$$c_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\Delta t} = 997,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

37  ¿Cómo crees que se define la aceleración angular media? ¿Cuál será su ecuación dimensional? ¿Y su unidad SI?

La aceleración angular media se define como la variación de la velocidad angular en la unidad de tiempo. Matemáticamente:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{t - t_0}$$

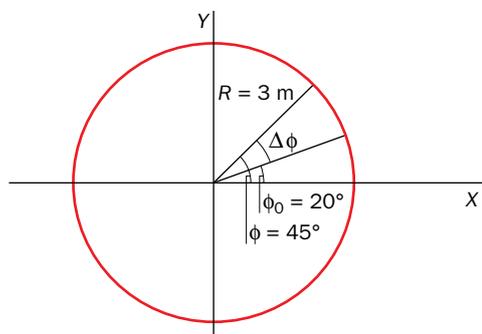
La ecuación dimensional es:

$$[\alpha] = \frac{[\omega]}{[t]} = \frac{T^{-1}}{T} = T^{-2}$$

La unidad en el SI es el rad/s^2 .

38  En la imagen siguiente se representa un trayecto de movimiento circular que se describe en 2 segundos. A partir de ella, calcula:

- La velocidad media.
- La velocidad angular media, en rpm.



En primer lugar, se calcula la velocidad angular media:

$$\omega_m = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{25^\circ \cdot \frac{\pi \cdot \text{rad}}{180^\circ}}{2 \text{ s}} = 0,22 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}{2 \cdot \pi \frac{\text{rad}}{\text{rev}}} = 2,1 \text{ rpm}$$

A partir de este resultado, conocido el radio de la circunferencia, se calcula la velocidad (celeridad) media:

$$c_m = \omega_m \cdot R = 0,66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Página 188

Trabaja con la imagen

Describe el movimiento correspondiente a los trazos azules de las gráficas.

Los trazos azules corresponden a un m.c.u. en el que la posición angular disminuye ($\phi_1 < \phi_0$, giro horario), el ángulo barrido es negativo ($\Delta\phi = \phi_1 - \phi_0 < 0$) y, por tanto, la velocidad angular es negativa ($\omega_2 = \Delta\phi/\Delta t < 0$). Como la variación de posición es la misma para intervalos de tiempo iguales, la velocidad angular es constante ($\omega = \omega_2$).

Página 189

39 La ecuación de dimensiones de la velocidad angular coincide con la de la frecuencia. ¿Significa esto que se trata de la misma magnitud? Razona tu respuesta.

Las ecuaciones de dimensiones de ambas magnitudes coinciden porque el radián es una magnitud adimensional. No obstante, son magnitudes distintas, aunque muy relacionadas, pues la velocidad angular nos informa del ángulo barrido en la unidad de tiempo, y la frecuencia, del número de vueltas que el móvil completa en la unidad de tiempo.

40 La distancia media Tierra-Sol es de una unidad astronómica (1 UA = $1,5 \cdot 10^8$ km). Calcula las velocidades angular y lineal del planeta.

En esta actividad hay un dato que no se proporciona: el período del movimiento, T , que consideraremos igual a 365 días, o 31 536 000 s. Considerando un m.c.u., la velocidad angular del movimiento del planeta es:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{31\,536\,000 \text{ s}} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Con este valor de la velocidad angular y el del radio de la trayectoria ($R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$), la velocidad lineal es:

$$v = \omega \cdot R = 2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} = 3 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 41**  Los LP de vinilo giran a 33 rpm. Calcula el período y la frecuencia de giro, y la velocidad lineal, de un punto que se encuentra a 10 cm del centro.

En primer lugar expresamos la velocidad angular en unidades del SI:

$$\omega = 33 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 3,46 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

El período se obtiene a partir de su relación con la velocidad angular, y la frecuencia a partir de aquel:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} ; T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{3,46 \text{ rad/s}} \simeq 1,82 \text{ s} ; f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,82 \text{ s}} = 0,55 \text{ Hz}$$

La velocidad lineal de un punto situado a $r = 10 \text{ cm}$ (0,1 m) del centro es:

$$v = \omega \cdot r = 3,46 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,1 \text{ m} \simeq 0,35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 42** En algunos textos se define el m.c.u. como «aquel en el que la velocidad se mantiene constante». ¿Es esto cierto? ¿Por qué?

La expresión no es correcta desde un punto de vista científico, pues realmente lo que se mantiene constante es la celeridad, ya que la dirección de la velocidad varía constantemente. No obstante, en la vida cotidiana los términos «velocidad» y «celeridad» se utilizan como sinónimos, por lo que podría usarse la expresión siempre que se sea consciente del contexto en el que se habla, o bien se aclare que se está utilizando «velocidad» como sinónimo de «celeridad».

6 Interpretación de representaciones gráficas

Página 191

- 43** A partir de la gráfica $v-t$ del ejercicio resuelto 10, ¿se puede deducir sin operaciones que el móvil no cambia de sentido? Razona tu respuesta.

Sí se puede deducir, pues en la gráfica no se observan velocidades negativas.

- 44** En el ejercicio resuelto 10, ¿coincide la celeridad media con el módulo de la velocidad media? Argumenta tu respuesta.

Al tratarse de un movimiento rectilíneo sin cambio de sentido, el módulo del vector desplazamiento coincide con el espacio recorrido. Por tanto, la celeridad media coincide con el módulo de la velocidad media.

- 45**  Calcula c_m y v_m para el trayecto total del ejercicio resuelto 11.

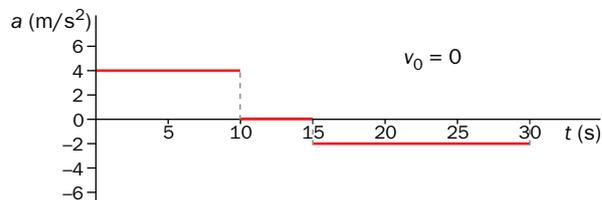
Para calcular el módulo de la velocidad media se tiene en cuenta el módulo del vector desplazamiento:

$$v_m = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{150 \text{ m}}{35 \text{ s}} \simeq 4,29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para la celeridad media se tiene en cuenta el espacio recorrido:

$$c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{350 \text{ m}}{35 \text{ s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

46  **Calcula, a partir de la gráfica siguiente, las celeridades final y media del trayecto rectilíneo.**



Se procede a calcular la celeridad final y el espacio recorrido en cada tramo, teniendo en cuenta que la celeridad final de un tramo es la inicial del siguiente.

Tramo 1 (unidades SI):

$$v = v_0 + a \cdot t = 4 \cdot 10 = 40 \text{ m/s}$$

$$e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 100 = 200 \text{ m}$$

Tramo 2 (unidades SI):

$$e = v \cdot t = 40 \cdot 5 = 200 \text{ m}$$

Tramo 3 (unidades SI):

$$v = v_0 + a \cdot t = 40 - 2 \cdot 15 = 10 \text{ m/s}$$

$$e = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 40 \cdot 15 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 225 = 375 \text{ m}$$

La celeridad final del recorrido es la final del tramo 3, y la celeridad media se calcula dividiendo el espacio recorrido (775 m) entre el tiempo invertido (30 s). Por tanto:

$$v = 10 \text{ m/s}$$

$$c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{775 \text{ m}}{30 \text{ s}} = 25,83 \text{ m/s}$$

TIC. Hojas de cálculo para estudio de movimientos

Página 194

1 Representa con la hoja de cálculo la gráfica h_0-t .

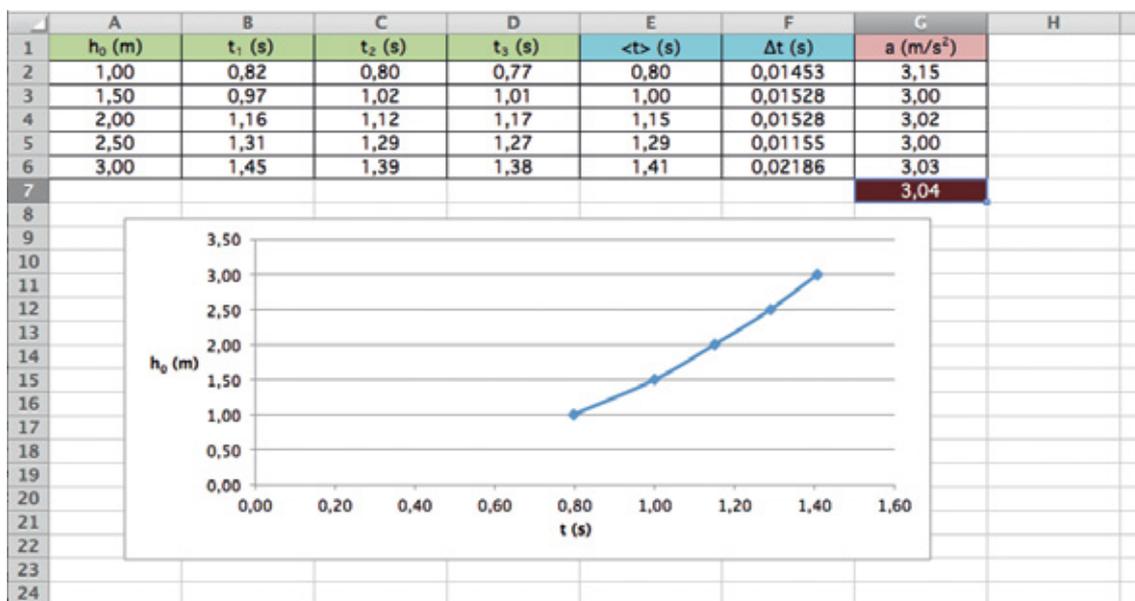
Para representar la gráfica solicitada se procede como sigue:

- En cualquier celda de la hoja se inserta una gráfica de dispersión con líneas suavizadas y marcadores (menú Insertar → Gráficos).
- Con el botón derecho, se pulsa sobre el área del gráfico y se selecciona «Seleccionar datos».
- En «Entrada de leyenda», seleccionar «Agregar».
- En «Valores X de la serie», se introducen los valores de tiempo (pulsando sobre el cuadro derecho de la celda y seleccionando las celdas de la hoja correspondientes a las medias de tiempo).
- En «Valores Y de la serie» se introducen los valores de altura (igual que antes, pero con los datos de altura).
- Finalmente, se añaden títulos a los ejes (en Herramientas de gráficos → Presentación).

2 Lo importante de la hoja de cálculo es que, si modificas los datos, automáticamente cambia el contenido de las celdas con fórmulas. Pruébalo con los datos de la siguiente tabla, y determina la aceleración del movimiento.

Δs (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)
1,00	0,82	0,80	0,77
1,50	0,97	1,02	1,01
2,00	1,16	1,12	1,17
2,50	1,31	1,29	1,27
3,00	1,45	1,39	1,38

Al cambiar los datos por los del enunciado, la hoja de cálculo actualiza automáticamente los cálculos y la gráfica. El resultado se recoge en la imagen siguiente:

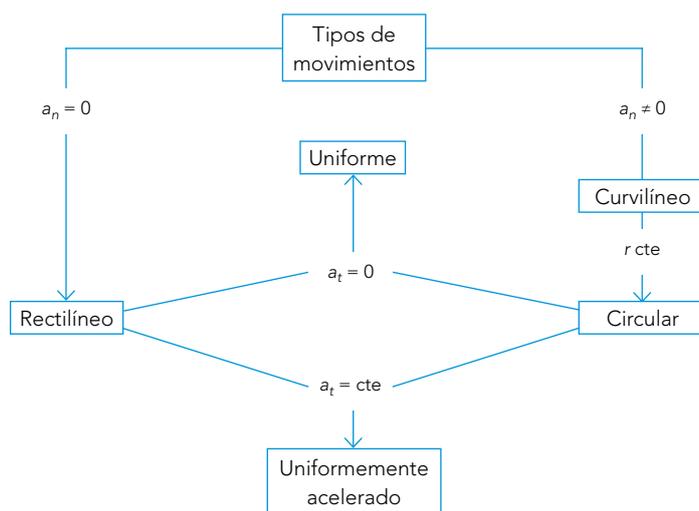


Taller de ciencias

Página 196

Organizo las ideas

El mapa debe ser completado de esta forma:



Trabajo práctico

Página 197

- 1 **Elabora un informe científico, que contenga tablas de datos y gráficas, sobre la práctica realizada.**

El informe debe seguir la estructura presentada en el epígrafe 5 de la unidad inicial del libro.

- 2 **En qué casos los errores cometidos son mayores, ¿en las distancias cortas, o en las largas? ¿A qué crees que puede deberse?**

Los errores suelen ser mayores en las distancias cortas debido al tiempo de reacción a la hora de poner en marcha el cronómetro y pararlo.

- 3 **Compara los errores cometidos, a igualdad de distancia, con los de otros compañeros o compañeras que hayan inclinado el tablero más, o menos, de lo que tú lo has hecho. ¿En qué caso son mayores? ¿Cómo podrías explicarlo?**

A igualdad de distancias, los errores suelen ser mayores para inclinaciones grandes, por los motivos expuestos en la actividad anterior.

- 4  **Busca información sobre los experimentos realizados por Galileo con planos inclinados, y explica por qué decidió trabajar con estos planos para estudiar lo que él denominaba la caída de graves (caída libre).**

Galileo decidió trabajar con planos inclinados para aumentar los tiempos, pues en la caída libre son pequeños y los errores cometidos aumentan.

- 5 Añade en el informe un apartado de «Reflexiones finales» con las conclusiones a las que hayas llegado en las tres últimas actividades.**

Respuesta abierta, en la que debe resumirse lo relativo a los errores en la medida de tiempos. Se puede concluir argumentando la necesidad de realizar más de tres medidas para minimizar los errores.

Trabaja con lo aprendido

Página 198

Sistema de referencia

- 1 Pon algún ejemplo, diferente al del texto, en el que un objeto esté en reposo para un observador y en movimiento para otro.**

Se pueden encontrar multitud de ejemplos, todos basados en el movimiento relativo de los sistemas de referencia considerados.

- 2 Si en un sistema de referencia cartesiano la posición de un objeto viene dada por las coordenadas $(-2, 5)$, ¿cuáles serían estas en otro sistema de referencia cuyo origen, O' , se sitúa en el punto $(1, 3)$ del anterior?**

Al desplazar el origen del sistema una posición hacia la derecha y tres hacia arriba, las coordenadas del punto se ven afectadas en estas cantidades, por lo que pasan a ser $(-3, 2)$.

- 3 Enumera algunos ejemplos de movimiento rectilíneo, y otros tantos de movimiento curvilíneo, de entre los que puedes observar en tu entorno. Descríbelos mediante un dibujo, indicando el sistema de referencia que has utilizado.**

Respuesta abierta, que depende del movimiento elegido. Es importante prestar atención al sistema de referencia elegido. Si es posible, comparar las respuestas de alumnos que, ante el mismo movimiento, hayan elegido sistemas de referencia distintos.

- 4 En relación con la actividad anterior, ¿se te ocurre algún sistema de referencia en el que las trayectorias fuesen distintas?**

La intención de esta actividad es mostrar al alumnado que la trayectoria depende del sistema de referencia. Por ejemplo, el movimiento de una barquilla de noria es circular si se mira de frente, ovalado si se mira con cierto ángulo, y vibratorio si se hace de perfil.

- 5 ¿Cómo se vería «de perfil» una trayectoria circular? Responde con un dibujo.**

Se vería rectilínea, y el móvil describiría movimientos ascendentes y descendentes sucesivos.

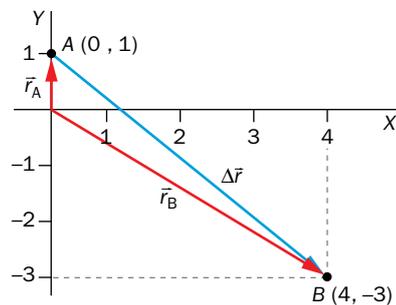
Magnitudes del movimiento

- 6 Explica por qué se necesitan magnitudes vectoriales para el estudio del movimiento.**

Los movimientos se pueden producir en direcciones distintas, y dentro de cada una en sentidos distintos. De ahí que se necesiten magnitudes vectoriales para describirlos.

- 7** Un móvil parte de la posición (0, 1) y se desplaza hasta la posición (4, -3). Dibuja los vectores posición inicial y final, y el vector desplazamiento.

Los vectores solicitados son los siguientes:



- 8** A partir del dibujo de la actividad anterior, representa otros cuatro con trayectorias que cumplan las siguientes condiciones:

- El módulo del vector desplazamiento es igual al espacio recorrido.
- El módulo del vector desplazamiento es menor que el espacio recorrido.
- El módulo del vector desplazamiento es mayor que el espacio recorrido.
- Trayectoria rectilínea, y el módulo del vector desplazamiento menor que el espacio recorrido.

Algunas trayectorias que cumplen las condiciones de cada apartado son:

- Trayecto rectilíneo sin cambio de sentido.
- Trayecto curvilíneo.
- No es posible.
- Trayecto rectilíneo con cambio de sentido.

- 9** El espacio recorrido, ¿es una magnitud escalar o vectorial? ¿Y la velocidad media?

El espacio recorrido es una magnitud escalar, pues se trata de una distancia medida sobre la trayectoria. La velocidad media es vectorial, pues resulta de dividir un vector (el vector desplazamiento) entre un escalar (el tiempo invertido en pasar de la posición inicial a la final).

- 10** ¿Es igual hablar de velocidad media que de celeridad media? ¿Cómo se relacionan?

No, pues la celeridad media se calcula a partir del espacio recorrido, y la velocidad media a partir del vector desplazamiento. La primera, pues, es una magnitud escalar, y la segunda, vectorial. En movimientos rectilíneos sin cambio de sentido, la celeridad media coincide con el módulo de la velocidad media.

- 11** Argumenta la veracidad o falsedad de la siguiente frase: «En todo movimiento rectilíneo, la celeridad media es igual al módulo de la velocidad media».

Falso. Solo ocurre en movimientos rectilíneos sin cambio de sentido.

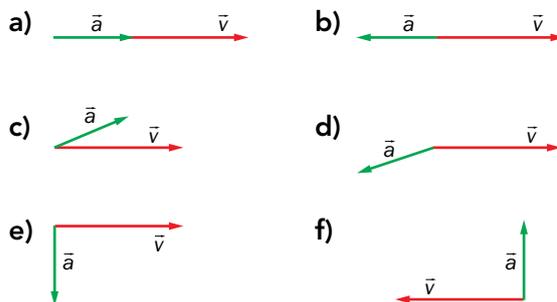
- 12** En un viaje tardas dos horas y media en recorrer 300 km. Con estos datos, ¿se puede calcular la velocidad media? ¿Y la celeridad media? Calcula lo que puedas y exprésalo en unidades SI.

Con los datos proporcionados se puede calcular la celeridad media:

$$c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{300 \text{ km}}{2,5 \text{ h}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \approx 33,33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para calcular la velocidad media se debería conocer la forma de la trayectoria para poder determinar las posiciones inicial y final.

13 Argumenta, en los siguientes diagramas de vectores, si la celeridad aumenta o disminuye, y si la velocidad cambia o no de dirección. En caso de que ocurra esto último, indica si el móvil se dirigirá hacia arriba o hacia abajo:



Caso	Celeridad	Dirección
a)	Aumenta	No varía
b)	Disminuye	No varía
c)	Aumenta	Hacia arriba
d)	Disminuye	Hacia abajo
e)	No varía	Hacia abajo
f)	No varía	Hacia arriba

Tipos de movimientos

14 Razona la veracidad o la falsedad de las siguientes afirmaciones:

- a) En un movimiento rectilíneo, la componente normal de la aceleración es nula.
- b) Si la aceleración normal es constante, el movimiento es circular.
- c) Cuando la aceleración tangencial es cero, el movimiento es rectilíneo.
- d) En un m.c.u., la aceleración es cero.

Los argumentos son los siguientes:

- a) Verdadero, pues que la aceleración normal sea nula significa que la dirección de la velocidad no varía, y el movimiento es rectilíneo.
- b) Falso. Para que el movimiento sea circular lo que tiene que permanecer constante es el radio de la trayectoria.
- c) Falso. Si la aceleración tangencial es cero lo que no varía es la celeridad, pero puede hacerlo la dirección de la velocidad.
- d) Falso. En un m.c.u. es cero la componente tangencial de la aceleración, pero no la componente normal.

Movimientos rectilíneos

- 15** Una moto circula por una recta a 100 km/h. Si mantiene la celeridad constante, ¿cuánto tardará en recorrer 0,5 km? ¿Qué espacio recorrerá en 10 s? Expresa los resultados en unidades SI.

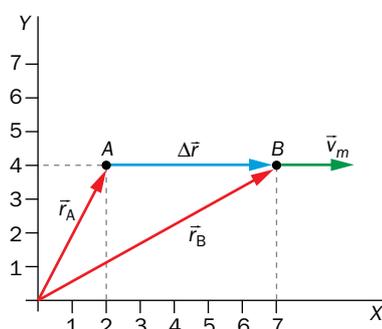
Se trata de un m.r.u. con celeridad 100 km/h (27,78 m/s). Por tanto:

$$e = 0,5 \text{ km} = 500 \text{ m} \rightarrow t = \frac{e}{v} = \frac{500 \text{ m}}{27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \simeq 18 \text{ s}$$

$$t = 10 \text{ s} \rightarrow e = v \cdot t = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 277,8 \text{ m}$$

- 16** Un móvil se desplaza con m.r.u. desde la posición (2, 4) hasta la (7, 4) en 5 s. Representa la trayectoria y el vector velocidad media, y calcula el módulo de este último. ¿Coincide, en este caso, con la celeridad media?

La gráfica de la trayectoria y la velocidad media es la siguiente:

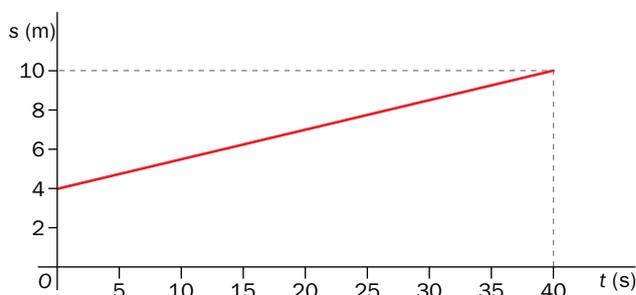


Como se trata de un m.r.u. sin cambio de sentido, la celeridad media coincide con el módulo de la velocidad media, de valor:

$$v_m = c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{5 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Página 199

- 17** A partir de la siguiente gráfica posición-tiempo, determina la celeridad del movimiento. De continuar con este movimiento, ¿en qué posición se encontraría el móvil en $t = 100 \text{ s}$? ¿Qué espacio habría recorrido en ese tiempo?



De la gráfica se obtiene que el móvil recorre 6 m ($s_0 = 4 \text{ m} \rightarrow s = 10 \text{ m}$) en 40 s. La velocidad es, pues:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{6 \text{ m}}{40 \text{ s}} = 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

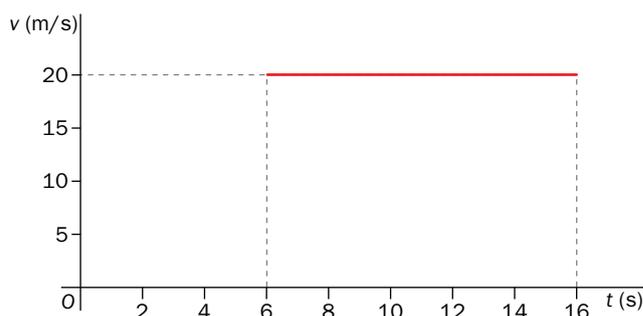
La posición en $t = 100$ s en ese tiempo valdría:

$$s = s_0 + v \cdot t = 4 \text{ m} + 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 100 \text{ s} = 19 \text{ m}$$

El espacio recorrido, Δs , es:

$$\Delta s = s - s_0 = 19 \text{ m} - 4 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

- 18** A partir de la siguiente gráfica velocidad-tiempo, determina el espacio que recorre el móvil durante el trayecto representado, y en qué instante pasaría por el punto medio. Con los datos disponibles, ¿se podría conocer la posición del móvil en cualquiera de esos instantes? Razona tu respuesta.



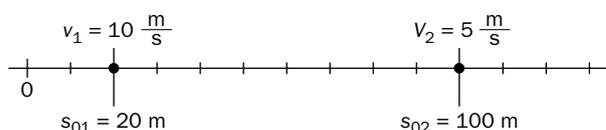
Durante 10 s (desde $t = 6$ s hasta $t = 16$ s) el móvil se desplaza a 20 m/s. El espacio recorrido en este tiempo es:

$$e = v \cdot t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 200 \text{ m}$$

Al tratarse de un movimiento uniforme, el móvil recorre espacios iguales en tiempos iguales, y pasa por el punto medio del trayecto en el instante medio del intervalo de tiempo, esto es, a los 5 s de comenzar a estudiar el movimiento ($t = 11$ s).

Con los datos disponibles no se podría conocer la posición del móvil en cualquier instante de tiempo, pues no se conoce la posición de partida.

- 19** La siguiente imagen muestra las posiciones iniciales y celeridades de dos móviles que describen sendos m.r.u.:



A partir de ella, determina los lugares e instantes en que los móviles ocupan la misma posición si...

- ... los dos se desplazan hacia la derecha.
- ... los dos se desplazan hacia la izquierda.
- ... el 1 se desplaza hacia la derecha, y el 2, hacia la izquierda.

Se trata de dos m.r.u., de ecuaciones:

$$s_1 = s_0 + v_1 \cdot t = 20 \text{ m} + v_1 \cdot t$$

$$s_2 = s_{02} + v_2 \cdot t = 100 \text{ m} + v_2 \cdot t$$

Los dos móviles coinciden cuando $s_1 = s_2$:

$$20 \text{ m} + v_1 \cdot t = 100 \text{ m} + v_2 \cdot t$$

$$t = \frac{80 \text{ m}}{v_1 - v_2}$$

Teniendo en cuenta el convenio de signos, se resuelve esta ecuación en los tres casos:

a) $v_1 = 10 \text{ m/s}$ y $v_2 = 5 \text{ m/s}$

$$t = \frac{80 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 16 \text{ s} \rightarrow s_1 = s_2 = 180 \text{ m}$$

b) $v_1 = -10 \text{ m/s}$ y $v_2 = -5 \text{ m/s}$

$$t = \frac{80 \text{ m}}{-15 \text{ m/s}} = -5,33 \text{ s} \rightarrow \text{Nunca coinciden}$$

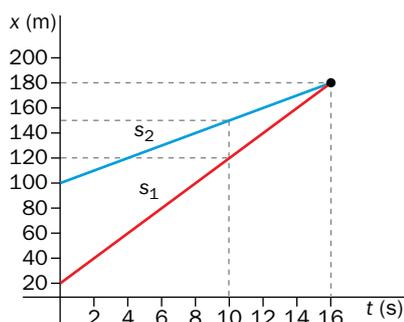
c) $v_1 = 10 \text{ m/s}$ y $v_2 = -5 \text{ m/s}$

$$t = \frac{80 \text{ m}}{15 \text{ m/s}} = 5,33 \text{ s} \rightarrow s_1 = s_2 = 73,3 \text{ m}$$

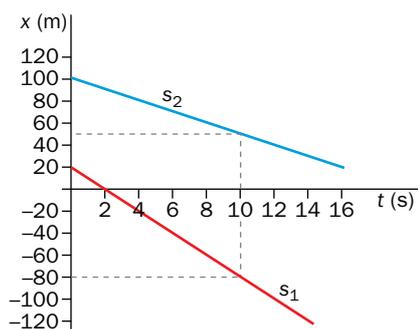
20 Resuelve la actividad anterior de modo gráfico (si lo necesitas, repasa el ejercicio resuelto en el último epígrafe de la unidad, en el apartado de orientaciones para la resolución de problemas).

Para resolverlo de modo gráfico hay que representar las posiciones de los móviles en función del tiempo y localizar el punto de corte. Las ecuaciones y gráficas en cada caso son, en unidades del SI:

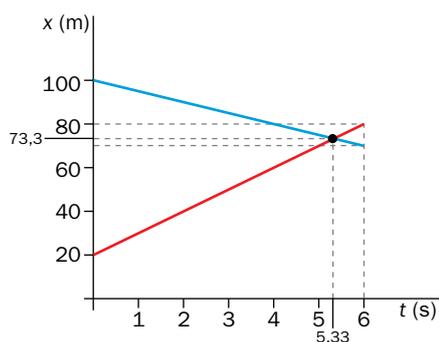
a) $s_1 = 20 + 10 \cdot t$; $s_2 = 100 + 5 \cdot t$



b) $s_1 = 20 - 10 \cdot t$; $s_2 = 100 - 5 \cdot t$



c) $s_1 = 20 + 10 \cdot t$; $s_2 = 100 - 5 \cdot t$



21 Si una celeridad constante de 2 m/s significa que el móvil recorre 2 m cada segundo, ¿qué significa una aceleración constante de 2 m/s²?

Una aceleración constante de 2 m/s² significa que la velocidad aumenta 2 m/s cada segundo.

22 Demuestra que las ecuaciones del m.r.u. se pueden obtener a partir de las del m.r.u.a., imponiendo la condición de que la aceleración sea cero.

Las ecuaciones del m.r.u.a. son las siguientes:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Si en estas ecuaciones hacemos $a = 0$ queda:

$$v = v_0 \rightarrow v \text{ constante}$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t$$

Que corresponden a las ecuaciones del m.r.u.

23 En 2013, en el circuito de Montmeló, el coche de Fernando Alonso alcanzó 287 km/h en 11 s, partiendo del reposo. Suponiendo un m.r.u.a., ¿qué espacio recorrió en ese tiempo? ¿Cuánto tardó en recorrer la primera mitad? ¿Qué velocidad llevaba en ese instante? Representa las gráficas del movimiento.

Se trata de un m.r.u.a., de ecuaciones:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Partiendo del reposo ($v_0 = 0$), el coche alcanzó 287 km/h (79,72 m/s) en 11 s. La aceleración fue (en unidades del SI):

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{79,72}{11} = 7,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

El espacio recorrido en ese tiempo fue (unidades SI):

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,25 \cdot 11^2 = 438,63 \text{ m}$$

En recorrer la primera mitad ($v_0 = 0$ y $\Delta s = 219,31$ m) se invirtió un tiempo (unidades SI):

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 219,32}{7,25}} = 7,78 \text{ s}$$

En ese instante, la velocidad era (unidades SI):

$$v = a \cdot t = 7,25 \cdot 7,78 = 56,41 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

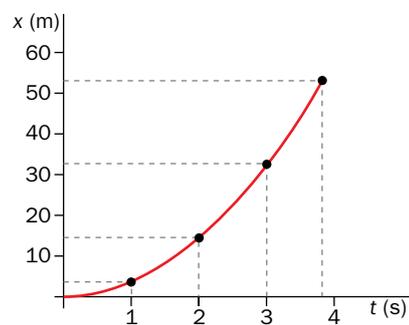
24 ¿Qué tiempo tarda el coche de la actividad anterior en pasar de 0 a 100 km/h? ¿Qué espacio recorre durante ese tiempo? Representa el resultado que obtengas en la gráfica posición-tiempo.

Con la aceleración obtenida en la actividad anterior, el tiempo invertido en pasar de 0 a 100 km/h (27,78 m/s) es (unidades SI):

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{27,78}{7,25} = 3,83 \text{ s}$$

En ese instante, el espacio recorrido es (unidades SI):

$$\Delta s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 7,25 \cdot 3,83^2 = 53,17 \text{ m}$$



25 Desde un balcón, a 30 m de altura, se cae un objeto. ¿Cuánto tarda en llegar al suelo? ¿Con qué celeridad impacta?

Se trata de una caída libre, de ecuaciones:

$$v = -g \cdot t$$

$$y = y_0 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

En impactar con el suelo ($y = 0$) invierte un tiempo (unidades SI):

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot y_0}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30}{9,8}} = 2,47 \text{ s}$$

La velocidad en ese instante es (unidades SI):

$$v = -g \cdot t = -9,8 \cdot 2,47 = -24,21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El signo negativo significa que el sentido es descendente. La celeridad, o módulo de la velocidad, tiene el mismo valor, pero positivo.

26 Desde un acantilado de 60 m se lanza un objeto, verticalmente hacia arriba, a 10 m/s. ¿Cuánto tardará en llegar a la base del acantilado?

Se trata de un ascensión libre con velocidad inicial $v_0 = 10 \text{ m/s}$ y altura inicial $y_0 = 60 \text{ m}$. La ecuación de posición del movimiento es:

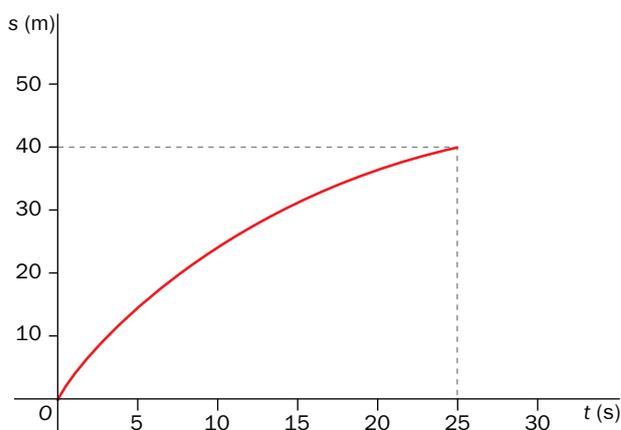
$$y = y_0 + v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

Cuando impacta con el suelo, la posición es $y = 0$, por lo que (unidades SI):

$$0 = 60 + 10 \cdot t - 4,0 \cdot t^2 \rightarrow \begin{cases} t = -2,62 \text{ s} \\ t = 4,67 \text{ s} \end{cases}$$

Se toma el valor positivo del tiempo.

27 A partir de la siguiente gráfica posición-tiempo de un m.r.u.a., determina la celeridad media y la aceleración del movimiento.



FE DE ERRATAS. En la primera edición del libro del alumnado se indicaba en el enunciado que el móvil parte del reposo, lo que es erróneo.

En la gráfica se observa que el móvil recorre 40 m en 25 s. La celeridad media es (unidades SI):

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{40}{25} = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para calcular la aceleración necesitaríamos conocer el valor de la velocidad inicial del movimiento (el móvil no parte del reposo porque en la gráfica se observa que es un movimiento de frenado, ya que se recorre cada vez menos distancia a intervalos iguales de tiempo), para poder sustituir en la ecuación del espacio recorrido y despejar el valor de la aceleración:

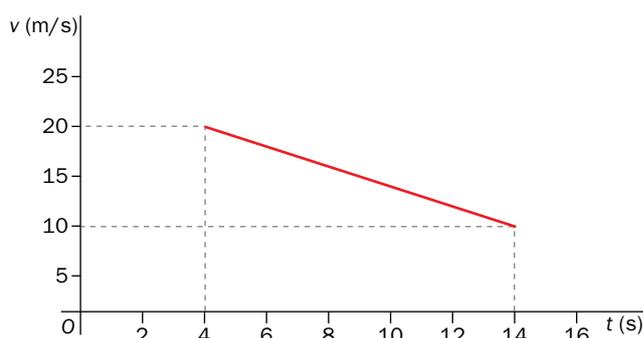
$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

También podríamos obtener el valor de la velocidad inicial si conociésemos la velocidad final del tramo (tampoco es nula, ya que la pendiente de la curva en ese punto no es horizontal), utilizando el valor calculado para la celeridad media.

Lo que sí podemos deducir de la forma de la gráfica es que la aceleración es negativa, pues el móvil recorre cada vez menos espacio a intervalos iguales de tiempo, por lo que se trata de un movimiento de frenado.

Página 200

28 A partir de la siguiente gráfica de un m.r.u.a., determina el espacio que recorre el móvil en el trayecto representado.



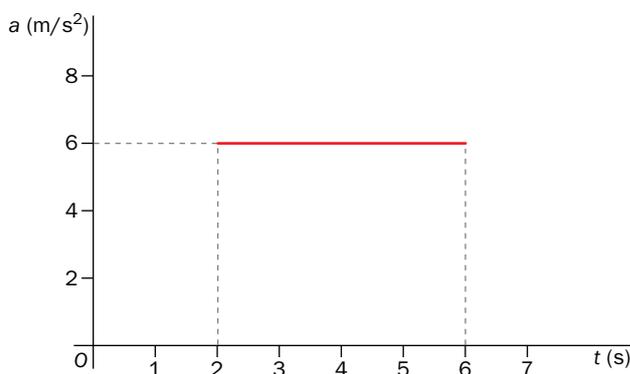
En la gráfica se observa que la celeridad se reduce de 20 m/s a 10 m/s en 10 s. La aceleración es (unidades SI):

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{-10}{10} = -1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Con este valor de la aceleración, y los datos anteriores, el espacio que recorre en ese intervalo es (unidades SI):

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 20 \cdot 10 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^2 = 150 \text{ m}$$

29 Se empieza a estudiar un m.r.u.a. cuando la celeridad del móvil es de 90 km/h. A partir de la siguiente gráfica, calcula la celeridad al final de trayecto, expresada en unidades SI.



La gráfica muestra una aceleración constante de 6 m/s² durante 4 s. Como la celeridad inicial del móvil es 90 km/h (25 m/s), la final del trayecto es (unidades SI):

$$v = v_0 + a \cdot t = 25 + 6 \cdot 4 = 49 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

30 Según la DGT, el tiempo de reacción ante una frenada de emergencia oscila entre 1 s y 1,5 s. Por su parte, la aceleración de un coche de gama media, en buenas condiciones de asfalto, frenos y neumáticos, ronda los 7 m/s². Calcula, en estas condiciones, la distancia de detención (espacio necesario para detenerse) para los dos valores extremos del tiempo de reacción si el coche circula a...

a) ... 60 km/h.

b) ... 120 km/h.

Para calcular la distancia de detención se han de tener en cuenta dos tipos de movimiento. Durante el tiempo de reacción, el vehículo se mueve con m.r.u., y desde que se pisa el freno, con m.r.u.a. Así, si utilizamos subíndice «r» para el intervalo de reacción, y «f» para el frenado, el espacio recorrido antes de detener el vehículo es:

$$\Delta s = v_0 \cdot t_r + v_0 \cdot t_f + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_f^2$$

El tiempo de frenado se calcula a partir de la ecuación de velocidad del m.r.u.a., con velocidad final nula:

$$v = v_0 + a \cdot t_f \rightarrow t_f = \frac{-v_0}{a}$$

Con estos datos, y los proporcionados en el enunciado para el tiempo de reacción, las distancias de detención son, en cada caso:

a) $v_0 = 60 \text{ km/h} = 16,67 \text{ m/s}$ (unidades SI):

$$t_f = \frac{-16,67}{-7} = 2,38 \text{ s}$$

$$t_r = 1 \text{ s} \rightarrow \Delta s = 16,67 \cdot 1 + 16,67 \cdot 2,38 - \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 2,38^2 = 36,52 \text{ m}$$

$$t_r = 1,5 \text{ s} \rightarrow \Delta s = 16,67 \cdot 1,5 + 16,67 \cdot 2,38 - \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 2,38^2 = 44,85 \text{ m}$$

b) $v_0 = 120 \text{ km/h} = 33,33 \text{ m/s}$

$$t_f = \frac{-33,33}{-7} = 4,76 \text{ s}$$

$$t_r = 1 \text{ s} \rightarrow \Delta s = 33,33 \cdot 1 + 33,33 \cdot 4,76 - \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 4,76^2 = 112,68 \text{ m}$$

$$t_r = 1,5 \text{ s} \rightarrow \Delta s = 33,33 \cdot 1,5 + 33,33 \cdot 4,76 - \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 4,76^2 = 129,35 \text{ m}$$

31 En el siguiente relato, identifica las etapas del método científico:

En muchas ocasiones, habrás observado que no todos los cuerpos caen con la misma rapidez. Así, si dejamos caer desde la misma altura una pluma y una piedra, la piedra llegará antes al suelo.

En el siglo IV a. C., Aristóteles explicó el fenómeno basándose en el peso de los cuerpos, estableciendo que los cuerpos pesados caen más rápido que los ligeros.

Nadie cuestionó esta explicación hasta que Galileo, en el siglo XVI, se planteó la posibilidad de que la diferencia de rapidez pudiera deberse a que los cuerpos, en su movimiento, tenían que ir apartando el aire, y a los ligeros les costaba más hacerlo que a los pesados.

Para comprobarlo, utilizó rampas inclinadas por las que dejó rodar esferas de distinto peso, midiendo el tiempo de caída con relojes de agua (clepsidras). Observó que, salvo en los casos de cuerpos muy ligeros, todos recorrían el mismo espacio en el mismo tiempo, con lo que pudo asegurar, en contra de la explicación de Aristóteles, que la rapidez con la que caían no dependía de su peso.

Problema: ¿Caen los cuerpos pesados más rápido que los ligeros? **Hipótesis:** la velocidad de caída no depende del peso. **Experimento:** se dejan caer esferas de distinto peso por rampas inclinadas. **Resultado:** todas las esferas caen a la vez. **Conclusión:** la velocidad de caída no depende del peso.

Movimientos circulares

32 Comprueba que las ecuaciones del m.c.u. son dimensionalmente homogéneas.

Para comprobar la homogeneidad hay que ver si los dos miembros de la ecuación tienen la misma ecuación de dimensiones:

$$\theta = \theta_0 + \omega \cdot t$$

$$[\theta] = 1 \text{ (el radián es una unidad sin dimensiones)}$$

$$[\theta_0 + \omega \cdot t] = [\theta_0] + [\omega] \cdot [t] = 1 + T^{-1} \cdot T$$

Todos los sumandos del segundo miembro son adimensionales, al igual que el primer miembro, luego la ecuación es dimensionalmente homogénea.

- 33** Una noria tarda 15 s en dar una vuelta completa. ¿Cuál es su velocidad angular, en rpm? ¿Qué ángulo barre una barquilla en 2 s? Si las barquillas se encuentran a 10 m del eje de giro, ¿cuál es su celeridad? ¿Qué espacio recorren en 10 s?

Como el período del movimiento es $T = 15$ s, la velocidad angular es:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{15 \text{ s}} = 0,42 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2 \cdot \pi \text{ rad}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 4 \text{ rpm}$$

El ángulo barrido en 2 s es:

$$\Delta\phi = \omega \cdot t = 0,42 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 2 \text{ s} = 0,84 \text{ rad}$$

A una distancia $R = 10$ m del eje de giro, la celeridad es:

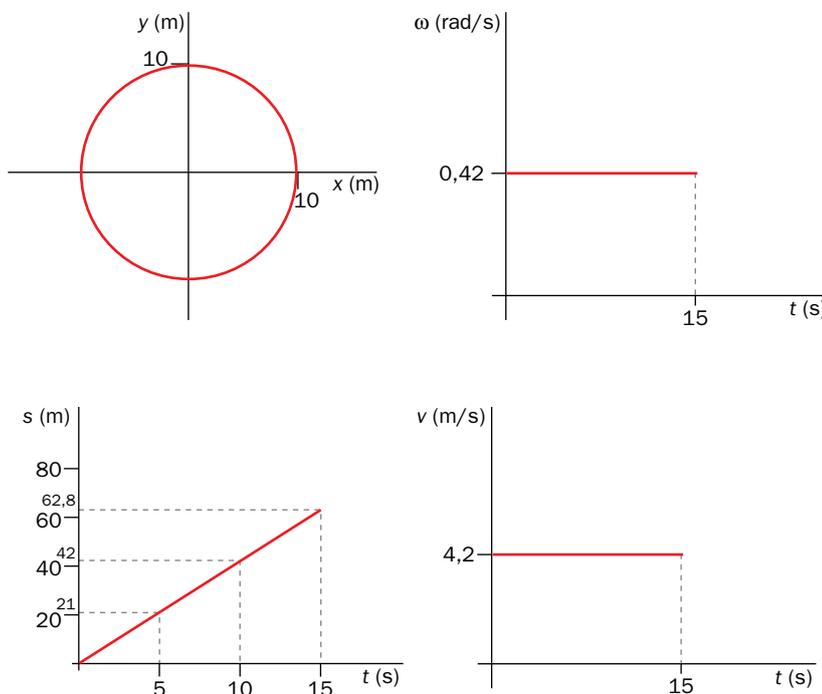
$$v = \omega \cdot R = 0,42 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ m} = 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con esta celeridad, constante, el espacio recorrido en 10 s es:

$$\Delta s = v \cdot t = 4,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 42 \text{ m}$$

- 34** Representa las gráficas del movimiento de una barquilla de la noria de la actividad anterior.

Las gráficas solicitadas son:



- 35** Si en un m.c.u. el móvil recorre 7,5 m cada 5 s, ¿cuál es la frecuencia del movimiento?

Con los datos proporcionados podemos calcular la celeridad:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{7,5 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con este dato, y las expresiones que relacionan la velocidad angular con la lineal y con la frecuencia, se puede calcular la magnitud solicitada:

$$\omega = \frac{v}{R} = 2 \cdot \pi \cdot f \rightarrow f = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{1,5 \text{ m/s}}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{0,24 \text{ m/s}}{R}$$

Para obtener la frecuencia en hercios, Hz, R se ha de expresar en metros, m.

36 Si un móvil describe un m.c.u. a 20 rpm, ¿cuál es el período de su movimiento? ¿Y la frecuencia?

En primer lugar, expresamos la velocidad angular en unidades del SI:

$$\omega = 20 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2,09 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

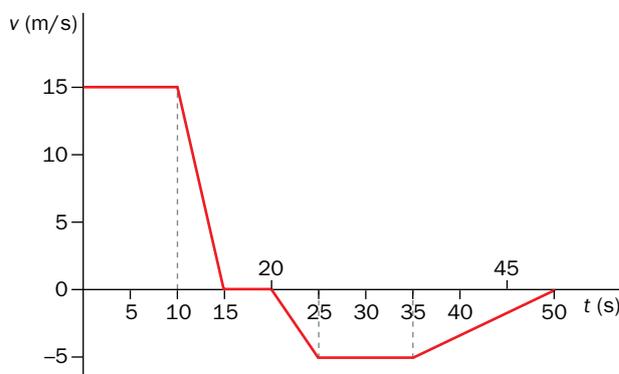
Con este valor de la velocidad angular se obtienen los del período y la frecuencia:

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = \frac{2 \cdot \pi}{2,09 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 3,01 \text{ s} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3,01 \text{ s}} = 0,33 \text{ Hz}$$

Página 201

Interpretación de representaciones gráficas

37 A partir de la siguiente gráfica, calcula la variación de posición y la celeridad media.



El movimiento consta de seis tramos, que se estudian por separado. Considerando movimientos rectilíneos sobre el eje X (la forma de la trayectoria no influye en los resultados), y unidades del SI:

Tramo 1: m.r.u. ($v = 15 \text{ m/s}$; $\Delta t = 10 \text{ s}$).

$$\Delta x = v \cdot \Delta t = 15 \cdot 10 = 150 \text{ m}$$

Tramo 2: m.r.u.a. ($v_0 = 15 \text{ m/s}$; $v = 0$; $\Delta t = 5 \text{ s}$).

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{-15}{5} = -3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 15 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 5^2 = 37,5 \text{ m}$$

Tramo 3: Reposo ($\Delta t = 5 \text{ s}$).

Tramo 4: m.r.u.a. ($v_0 = 0$; $v = -5$ m/s; $\Delta t = 5$ s).

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{-5}{5} = -1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = -\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 5^2 = -12,5 \text{ m}$$

Tramo 5: m.r.u. ($v = -5$ m/s; $\Delta t = 10$ s).

$$\Delta x = v \cdot \Delta t = -5 \cdot 10 = -50 \text{ m}$$

Tramo 6: m.r.u.a. ($v_0 = -5$ m/s; $v = 0$; $\Delta t = 15$ s).

$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{5}{15} = 0,33 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = -5 \cdot 15 + \frac{1}{2} \cdot 0,33 \cdot 15^2 = -37,88 \text{ m}$$

La variación de posición total es la suma de las correspondientes a cada tramo:

$$\Delta x_T = 150 + 37,5 - 12,5 - 50 - 37,88 = 87,12 \text{ m}$$

La celeridad media se calcula dividiendo el espacio recorrido (suma de los valores absolutos de los desplazamientos) entre el tiempo total invertido:

$$e = 150 + 37,5 + 12,5 + 50 + 37,88 = 287,88 \text{ m}$$

$$c_m = \frac{e}{\Delta t} = \frac{287,88}{50} = 5,76 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

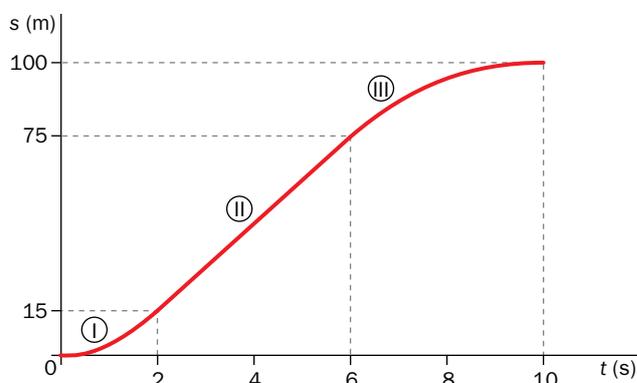
38 En la actividad anterior, ¿en qué tramos el móvil...

- a) ... se mueve hacia la derecha? c) ... acelera?
- b) ... se mueve hacia la izquierda? d) ... frena?

La respuesta a cada uno de los apartados es:

- a) Tramos 1 y 2 ($\Delta x > 0$).
- b) Tramos 4, 5 y 6 ($\Delta x < 0$).
- c) Tramo 4 (a y v con el mismo signo).
- d) Tramos 2 y 6 (a y v de distinto signo).

39 A partir de la siguiente gráfica, describe el movimiento y representa las gráficas de velocidad y aceleración.



La gráfica consta de tres tramos. El primero corresponde a un movimiento uniformemente acelerado, con aceleración positiva, a_1 , en el que el móvil aumenta la velocidad desde v_0 hasta v_1 en dos segundos. En el segundo tramo la velocidad permanece constante, con valor v_1 , durante cuatro segundos. Finalmente, en el tercer tramo el móvil describe un mo-

movimiento uniformemente acelerado con aceleración negativa, a_2 , durante cuatro segundos, en los que la velocidad disminuye de v_1 a v_2 .

Como en el segundo tramo el móvil recorre 60 m en 4 s, la velocidad a la que lo describe es $v_1 = 15$ m/s. Como este es el valor final de la celeridad del tramo 1, se puede calcular el valor inicial y la aceleración de este tramo:

$$v_1 = v_0 + a_1 \cdot t$$

$$\Delta s_1 = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot t^2$$

Sustituyendo datos, en unidades SI:

$$15 = v_0 + a_1 \cdot 2$$

$$15 = v_0 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot 4 = v_0 \cdot 2 + 2 \cdot a_1$$

De estas ecuaciones se deduce que $v_0 = 0$ y $a_1 = 7,5$ m/s².

Procediendo del mismo modo para el tercer tramo:

$$v_2 = v_1 + a_2 \cdot t$$

$$\Delta s_2 = v_1 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_2 \cdot t^2$$

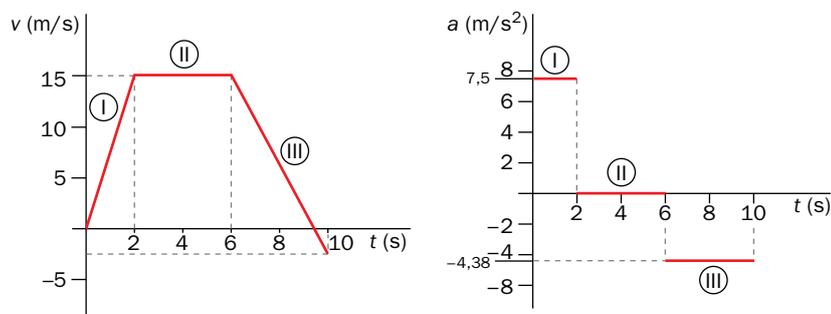
Sustituyendo datos en unidades SI:

$$v_2 = 15 + a_2 \cdot 4$$

$$25 = 15 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot a_2 \cdot 16 = 60 + 8 \cdot a_2$$

Por tanto, $a_2 = -4,38$ m/s², y la velocidad final del movimiento es $v_2 = -2,52$ m/s.

Con estos valores, las gráficas solicitadas son:



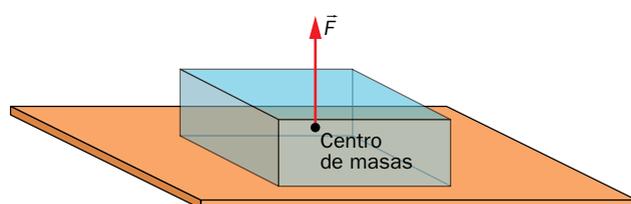
1 Fuerzas

Página 204

Trabaja con la imagen

Dibuja en tu cuaderno un bloque como los de la imagen y representa una fuerza que aplicada sobre el mismo en dirección vertical pueda producir movimiento.

Para que una fuerza aplicada en la vertical pueda producir movimiento ha de tener sentido hacia arriba. El dibujo solicitado ha de ser similar al siguiente:



Página 205

- 1 Propón una situación cotidiana en la que una fuerza produzca solo cambio en el movimiento, otra en la que produzca solo deformación y otra en la que se aprecien ambos efectos.

Son muchas las situaciones que se pueden proponer para cada uno de los casos que se piden en el enunciado, por lo que las respuestas pueden ser muy diversas. En general, siempre que la fuerza se aplique sobre un cuerpo rígido podrá producir movimiento sin deformación. En cambio, si se aplica sobre un cuerpo elástico, o plástico, que está sujeto a otro cuerpo, podremos producir deformación sin movimiento. Por último, si el objeto anterior no está sujeto a nada, se podrán observar los dos efectos.

- 2  Elabora un dibujo de las situaciones anteriores en el que se representen los vectores correspondientes a cada fuerza.

La respuesta a esta pregunta depende de las situaciones propuestas en la actividad anterior. La actividad no tiene otra finalidad que la de acostumbrar al alumnado a representar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

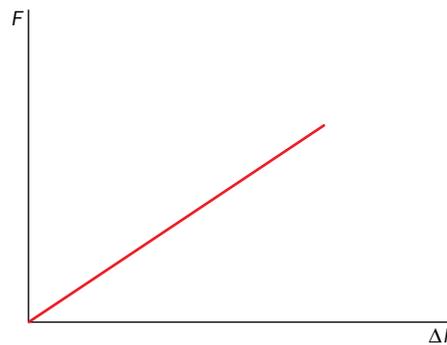
- 3 Las deformaciones elásticas quedan descritas por la *ley de Hooke*, que establece que *la fuerza aplicada es directamente proporcional a la deformación que produce*. Expresa esta ley en lenguaje matemático y gráfico, y deduce la ecuación de dimensiones de la constante de proporcionalidad, k , denominada constante elástica, o recuperadora.

La ley de Hooke, en lenguaje matemático, adopta la forma:

$$\vec{F} = k \cdot \Delta \vec{l}$$

expresión en la que \vec{F} es la fuerza aplicada y $\Delta \vec{l}$ la deformación del sistema elástico (positiva si hay alargamiento, y negativa si se acorta).

La gráfica correspondiente a esta relación de proporcionalidad directa es:



Si en lugar de utilizar la fuerza aplicada se quiere trabajar con la fuerza recuperadora, hay que incluir un signo menos en la ecuación, pues esta fuerza tiene sentido contrario a la deformación.

Para determinar la ecuación de dimensiones de la constante recuperadora se trabaja con módulos:

$$F = k \cdot \Delta l \rightarrow k = \frac{F}{\Delta l} \rightarrow [k] = \frac{[F]}{[\Delta l]} = \frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{L} = M \cdot T^{-2}$$

- 4**  **Propón un ejemplo de fuerza de contacto y otro de fuerza a distancia, diferentes a los estudiados.**

Las fuerzas de contacto que el alumnado ha estudiado en cursos pasados son la fuerza de rozamiento, la normal y la fuerza elástica. También serviría cualquiera aplicada sobre un cuerpo para moverlo o deformarlo. Ejemplos de fuerzas a distancia, diferentes a la magnética y la gravitatoria, son las fuerzas eléctricas.

- 5**  **Propón dos ejemplos de pares de magnitudes tales que, al multiplicarlas o dividir las, se obtenga una magnitud con dimensiones de fuerza (si lo necesitas, consulta la tabla de dimensiones en la separata que acompaña al libro).**

Las que seguramente encuentre el alumnado son los pares masa-aceleración y presión-superficie.

- 6** **Imagina que alguien te dice que puede mover un objeto a distancia, pues basta con coger otro objeto, por ejemplo un palo largo, y empujar con este al primero. ¿Realmente está hablando de fuerzas a distancia? ¿Qué le responderías?**

No se trata de fuerzas a distancia, pues existe contacto indirecto entre quien ejerce la fuerza y el objeto sobre el que se ejerce.

- 7**  **Busca información sobre las «teorías de unificación» en física, y relaciónala con lo que has estudiado en estas páginas.**

Las teorías de unificación buscan unificar las interacciones en una sola. Por el momento, la electromagnética y la nuclear débil quedan descritas por el modelo electrodébil, a la que se une la nuclear fuerte en la cromodinámica cuántica. Solo queda, pues, unificar con la gravitatoria, unificación para la que la teoría de cuerdas parece ser una buena candidata.

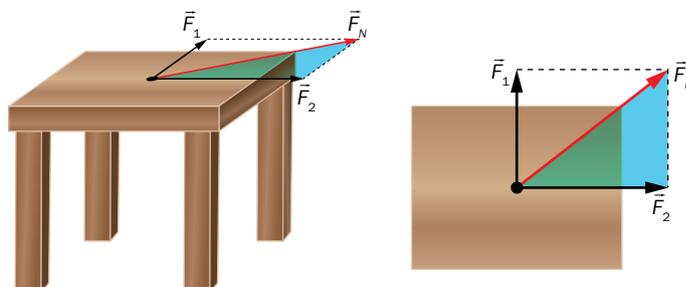
- 8**  **¿Qué partículas subatómicas conoces? Busca información en Internet y descríbelas brevemente. ¿Has encontrado alguna que desconocías?**

El mundo de las partículas subatómicas es amplio, y el alumno seguramente conocerá protones, neutrones y electrones (quizá haya oído hablar de quarks, o del recientemente descubierto bosón de Higgs). La actividad se plantea para resaltar el carácter cambiante de la ciencia, que está en continua evolución, en la que nos encontramos inmersos.

Página 207

- 9 Dos personas aplican sendas fuerzas de 50 N sobre una mesa, en direcciones horizontales perpendiculares entre sí. ¿Cuánto vale el módulo de la resultante de estas dos fuerzas? Ilustra tu respuesta con un dibujo.

El dibujo de la situación descrita es el siguiente:

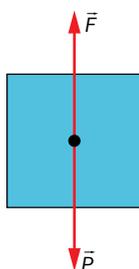


La resultante se obtiene aplicando el teorema de Pitágoras al triángulo rectángulo sombreado en la figura (unidades SI):

$$\vec{F}_N = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow F_N = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{50^2 + 50^2} = 70,71 \text{ N}$$

- 10 Representa en un dibujo las fuerzas que actúan sobre un objeto cuando lo sujetas sin moverlo, y calcula la fuerza neta que actúa sobre él.

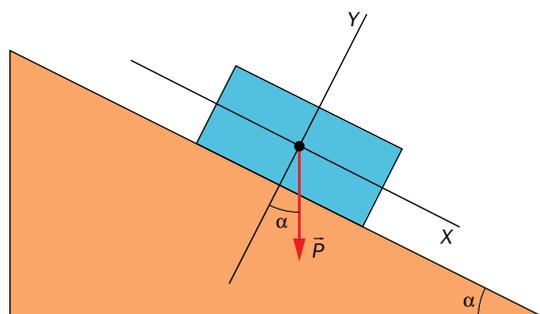
El dibujo solicitado es el siguiente:



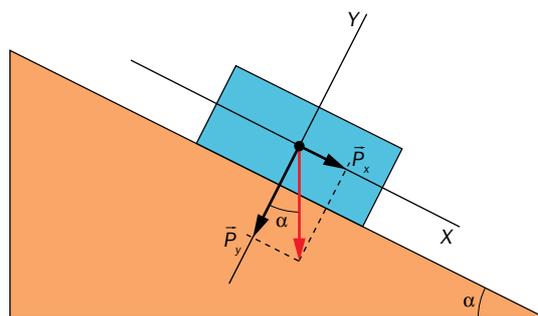
La resultante de esta fuerza es:

$$\vec{F}_N = \vec{F} + \vec{P} \rightarrow F_N = F - P = 0$$

- 11  A partir de la siguiente figura, obtén las componentes de la fuerza peso en las direcciones de los ejes del sistema de referencia.



Las componentes de la fuerza peso en las direcciones de los ejes del sistema de referencia son:



Los módulos de estas componentes son:

$$P_x = P \cdot \operatorname{sen} \alpha$$

$$P_y = P \cdot \operatorname{cos} \alpha$$

Conviene advertir al alumnado que no siempre la función seno acompaña a la componente Y, y el coseno a la componente X, o viceversa, pues esto depende de la configuración del problema particular.

2 Fuerzas cotidianas

Página 208

Trabaja con la imagen

A partir de las imágenes, ¿cuál es el valor de los módulos de la fuerza normal en cada caso? Razona tu respuesta.

En el caso del plano horizontal, el módulo de la normal coincide con el del peso ($N = m \cdot g$). En el plano inclinado, con la componente normal del peso ($N = P_y = P \cdot \operatorname{sen} \alpha = m \cdot g \cdot \operatorname{sen} \alpha$).

Página 209

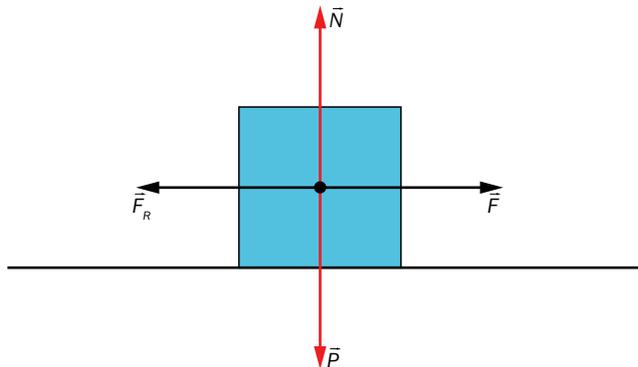
12  Ejercemos fuerzas cada vez mayores sobre un cuerpo hasta que conseguimos que deslice sobre el suelo. A partir de la gráfica del cuadro superior, describe el comportamiento del módulo de la fuerza de rozamiento.

En la gráfica se observa que, conforme aumentamos la fuerza aplicada, sin llegar a mover el cuerpo, el módulo de la fuerza de rozamiento también aumenta de modo que en cada momento coincide con el de la fuerza que se aplica. Cuando el módulo de la fuerza aplicada alcanza el valor del producto del coeficiente estático por la normal, el cuerpo empieza a deslizar, y a partir de este momento el módulo de la fuerza de rozamiento es el producto del coeficiente cinético por la normal.

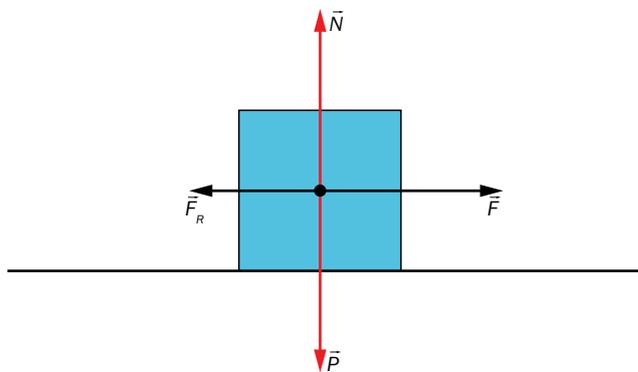
13  Representa las fuerzas que actúan sobre una caja cuando, sobre un suelo horizontal:

- La empujamos pero no somos capaces de moverla.
- La deslizamos sobre el suelo.

En el primer caso, las fuerzas que actúan son el peso, la normal (de módulo igual al del peso), la fuerza aplicada y la fuerza de rozamiento, de módulo igual al de la fuerza aplicada. La resultante de todas ellas es cero.



En el segundo caso actúan las mismas fuerzas, pero en este caso el módulo de la fuerza de rozamiento es menor que el de la fuerza aplicada, lo que da como resultado una resultante no nula:



3 Leyes de Newton

Página 210

Trabaja con la imagen

¿Qué ocurriría con los pasajeros si el autobús tomara una curva, por ejemplo, hacia la derecha?

Cuando el autobús toma una curva hacia la derecha todos los pasajeros, por inercia, tienden a seguir rectos. Desde el interior del autobús la sensación es que todos se desplazan hacia su lado izquierdo.

Página 211

14  Si las tres personas se mueven con m.r.u. ¿quién cogerá la pelota cuando el primero la lance hacia arriba? ¿Por qué?



Los alumnos tienden a pensar que la pelota caerá en manos de la segunda persona, o de la tercera, según la celeridad a la que estas se muevan, sin tener en cuenta que la pelota, por inercia, mantiene la velocidad horizontal a la que se desplacen las personas y, en consecuencia, describe un movimiento parabólico para caer en manos de quien la lanza.

- 15**  ¿Qué fuerza mínima, horizontal, se ha de aplicar para deslizar una caja de 60 kg por un suelo horizontal si el coeficiente de rozamiento estático es $\mu_e = 0,15$? ¿Qué aceleración se obtendría con una fuerza doble, si $\mu_d = 0,1$?

Para comenzar a deslizar la caja, se ha de aplicar una fuerza mínima cuyo módulo es igual al valor máximo que puede alcanzar el módulo de la fuerza de rozamiento estático. Al tratarse de un plano horizontal, el módulo de la normal es igual al del peso, y, por tanto:

$$F_{min} = \mu_e \cdot N = \mu_e \cdot m \cdot g = 0,15 \cdot 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 88,2 \text{ N}$$

Al aplicar una fuerza doble (176,4 N) el cuerpo desliza sobre el suelo y se habrá de tener en cuenta el coeficiente de rozamiento cinético. En este caso, como la fuerza aplicada y la de rozamiento tienen sentido contrario, aplicando la segunda ley de Newton:

$$F - F_R = F - \mu_d \cdot m \cdot g = m \cdot a$$

$$a = \frac{F - \mu_d \cdot m \cdot g}{m} = \frac{176,4 \text{ N} - 0,1 \cdot 60 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{60 \text{ kg}} = 1,96 \text{ m/s}^2$$

- 16** ¿Qué expresión se obtiene para la aceleración del ejercicio resuelto 3 si consideramos $\alpha = 90^\circ$? Interpreta el resultado.

Si en el ejercicio resuelto 3 se toma $\alpha = 90^\circ$, la aceleración es:

$$a = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (1 - \mu \cdot 0) = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta aceleración coincide con la aceleración de la gravedad, pues suponer un ángulo de 90° equivale a considerar una caída libre.

- 17** Calcula la aceleración con la que desciende un bloque de 20 kg si desliza sobre un plano inclinado 40° con coeficiente de rozamiento 0,2.

Siguiendo el mismo razonamiento que el utilizado en el ejercicio resuelto, la aceleración toma el valor:

$$a = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) =$$

$$= 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen } 40^\circ - 0,2 \cdot \text{cos } 40^\circ) =$$

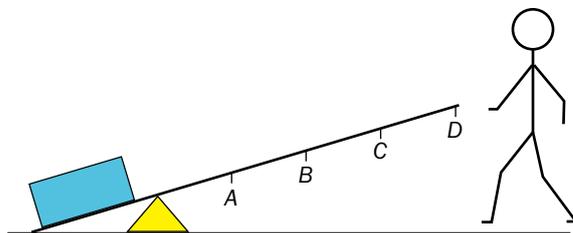
$$= 4,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Al resolver este ejercicio hay que destacar dos cuestiones:

- La aceleración no depende de la masa. Solo depende del coeficiente de rozamiento, del ángulo de inclinación y de la aceleración de la gravedad del lugar en el que se realiza la experiencia.
- Al resolver los ejercicios con los símbolos de las magnitudes, sin sustituir los datos hasta el final, se obtienen expresiones que son válidas para situaciones similares y no es necesario razonarlas de nuevo.

Página 213

- 18** Para levantar el objeto con la palanca, ¿en qué punto tendrás que aplicar menos fuerza? Razona tu respuesta.



Para levantar el objeto hay que ejercer una fuerza cuyo momento venza al del peso del objeto. Como el módulo del momento de la fuerza que aplicamos se calcula multiplicando el módulo de esta por su brazo (distancia al fulcro), la fuerza será mínima cuando el brazo sea máximo, esto es, en el punto D.

- 19**  Cuando giramos un volante con una mano, este gira sin desplazarse. ¿Dónde está la otra fuerza del par de fuerzas? ¿Cuánto vale en este caso el momento del par?

La otra fuerza del par se encuentra aplicada en el eje de giro del volante, y el momento del par de fuerzas, en este caso, es el módulo de la fuerza por el radio del volante.

- 20**  De cada pareja de fuerzas del ejercicio resuelto 5, ¿cuál es la acción y cuál la reacción?

Ninguna de las fuerzas de cada interacción es, «por derecho», la acción ni la reacción. Podemos, pues, en cada pareja, llamar acción a la que queramos, y la reacción, a partir de ese momento, será la otra.

En este ejercicio hay que prestar atención a una cuestión que se suele presentar en las aulas con frecuencia. Cuando se apoya un libro sobre una mesa, el alumnado tiende a pensar que la normal es la reacción del peso, con lo que se anularían, sin pensar que si el peso es la fuerza que ejerce la Tierra sobre el libro su reacción ha de ser una fuerza que ejerza el libro sobre la Tierra. Además, la normal es de naturaleza electromagnética y el peso de naturaleza gravitatoria, por lo que nunca podrá ser una la reacción de la otra. Es una cuestión que se comenta también en el texto principal y a la que debemos prestar atención.

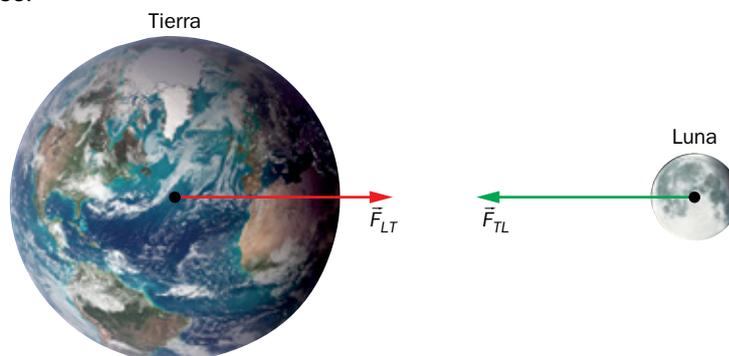
- 21**  ¿Verdadero o falso? Si a toda acción le corresponde una reacción, ¿cómo podemos mover un cuerpo empujándolo si ambas fuerzas deberían anularse entre sí y, por tanto, producir reposo?

El enunciado es falso, pues las fuerzas de acción y reacción actúan (simultáneamente) sobre cuerpos distintos y, por tanto, nunca pueden anularse. Esta actividad se relaciona con el comentario final de la actividad anterior.

- 22**  Copia una imagen similar en tu cuaderno y representa sobre ella la fuerza que la Tierra ejerce sobre la Luna, y la que esta ejerce sobre la Tierra.



El alumnado tiende a representar el vector de la fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna con mayor longitud que el vector de la fuerza que ejerce la Luna sobre la Tierra, pues al tener la Tierra más masa que la Luna piensan que la fuerza que ejerce la Tierra es mayor. Esto contradice el enunciado de la ley de acción y reacción, según la cual los dos módulos han de ser iguales.



4 Las leyes de Newton en movimiento cotidianos

Página 215

- 23**  Se arrastra un cajón de 35 kg tirando de él con una fuerza de 200 N que forma 30° con la horizontal. ¿Qué aceleración se le comunica si el coeficiente de rozamiento es $\mu = 0,25$?

Si se sigue el mismo razonamiento que en el estudio general del plano horizontal, se llega a que el valor de la aceleración, en función de las variables implicadas, es:

$$a = \frac{F \cdot \cos \alpha - \mu \cdot (m \cdot g - F \cdot \sin \alpha)}{m}$$

Sustituyendo los datos del enunciado se obtiene el valor de la aceleración, que en este caso resulta:

$$a = \frac{200 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ - 0,25 \cdot (35 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 - 200 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ)}{35 \text{ kg}} = 3,21 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- 24**  En lo más alto de un plano inclinado 25° con la horizontal se deja un cuerpo de 35 kg, que desciende deslizando con una aceleración $a = 1,5 \text{ m/s}^2$. Calcula el coeficiente de rozamiento.

La expresión obtenida para el caso de un cuerpo que desliza por su propio peso por un plano inclinado es:

$$a = g \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$$

A partir de esta expresión se puede obtener la que nos permite calcular el coeficiente de rozamiento en función de los datos del enunciado:

$$\mu = \frac{g \cdot \sin \alpha - a}{g \cdot \cos \alpha}$$

Sustituyendo los datos del enunciado:

$$\mu = \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \sin 25^\circ - 1,5 \text{ m/s}^2}{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 25^\circ} = 0,3$$

Tanto en esta actividad como en la anterior, aunque aquí se haya partido de las expresiones obtenidas en los estudios generales de estos movimientos, en el aula conviene repetir el razonamiento para llegar a ellas.

Página 216

- 25**  Un móvil de 300 kg recorre, con una rapidez constante de 90 km/h, una circunferencia de 100 metros de radio. Calcula la aceleración y la fuerza que actúa sobre él.

Como el móvil realiza un m.c.u. con rapidez 90 km/h (25 m/s), la componente tangencial de la aceleración es nula y solo existe componente centrípeta, o normal, de valor (unidades SI):

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{100 \text{ m}} = 6,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta aceleración se debe a una fuerza, de la misma dirección y sentido (apunta hacia el centro de la circunferencia), de valor (unidades SI):

$$F_c = m \cdot a_c = 300 \text{ kg} \cdot 6,25 \text{ m/s}^2 = 1875 \text{ N}$$

- 26** La Luna, satélite natural de la Tierra, se encuentra a una distancia media del planeta de 348 000 km. Si la masa del satélite es de $7,35 \cdot 10^{22}$ kg y suponemos que describe un m.c.u., ¿qué fuerza ejerce la Tierra sobre ella?

Tomando un período de 28 días (2 419 200 s), y siguiendo el mismo razonamiento que el utilizado en el ejercicio resuelto en el apartado del movimiento circular uniforme, se obtiene la fuerza con la que la Tierra atrae a la Luna:

$$F_{TL} = m_L \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot R$$

Sustituyendo los datos del enunciado (unidades SI):

$$F_{TL} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg} \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{(2\,419\,200 \text{ s})^2} \cdot 348\,000\,000 \text{ m} = 1,73 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

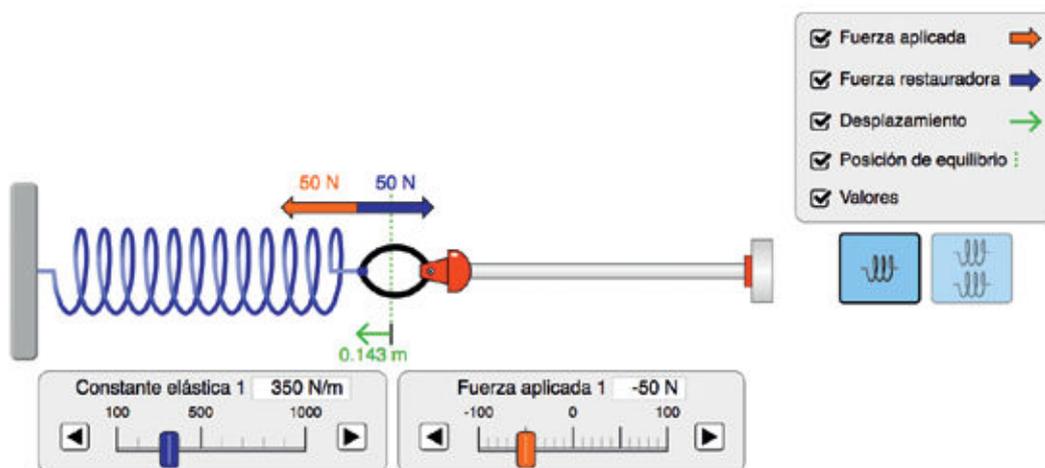
Al resolver esta actividad conviene recordar que, según la ley de acción y reacción, la fuerza que ejerce la Tierra sobre la Luna es, en módulo, igual a la que ejerce la Luna sobre la Tierra, y que ambas actúan en la misma dirección y sentidos contrarios.

TIC. Simuladores de fenómenos físicos

Página 220

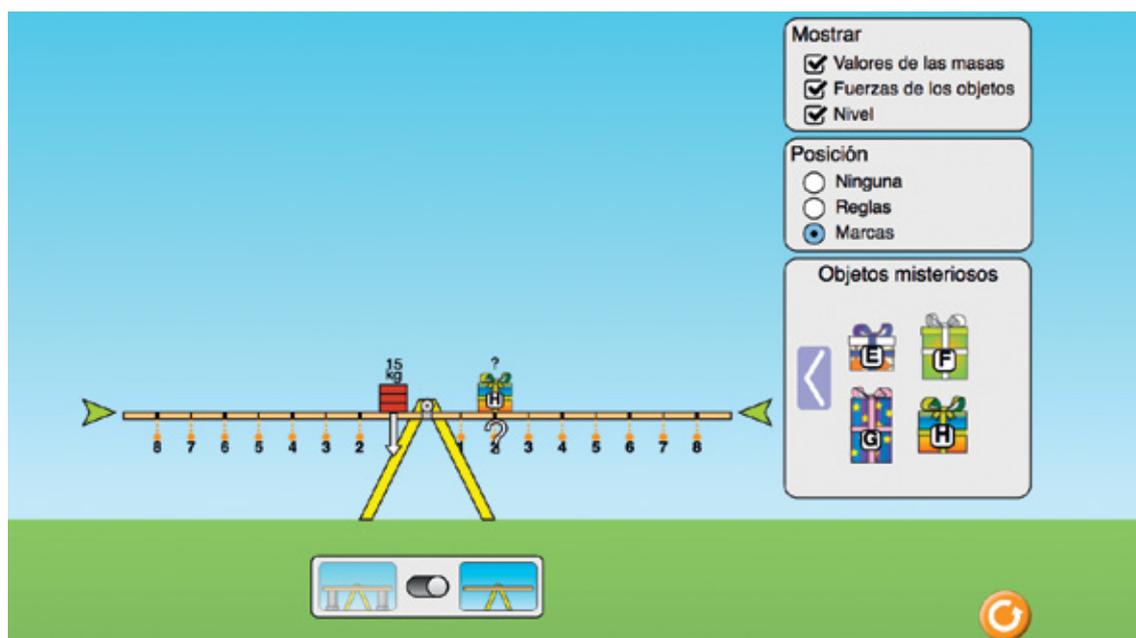
- 1 ¿Cuánto se comprime un muelle de constante elástica 350 N/m al aplicarle una fuerza de 50 N?

La situación queda descrita en la siguiente captura de pantalla:



- 2 En el applet del balancín, en el cuadro donde están los ladrillos, hay una flecha que apunta hacia la derecha. Púlsala hasta que encuentres la caja misteriosa H, y determina el valor de su masa.

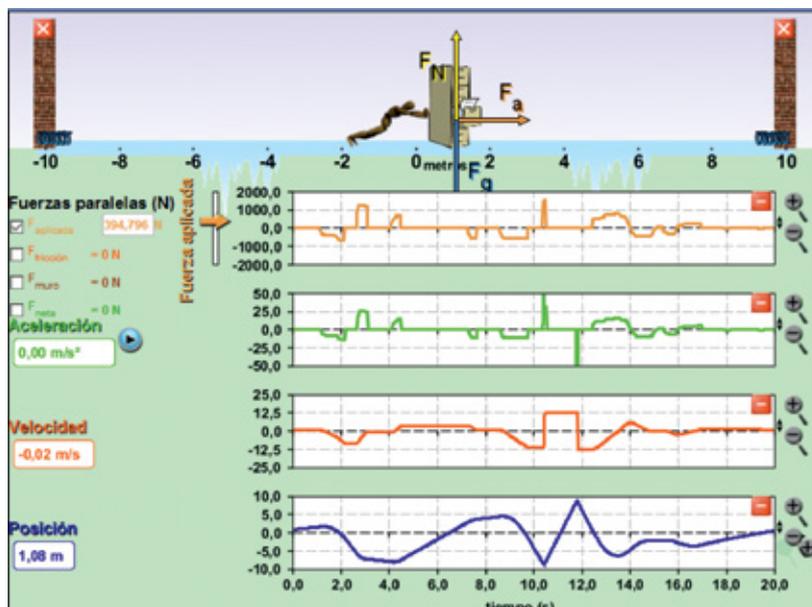
En la siguiente imagen se muestra el balancín equilibrado:



Para equilibrar la caja H en la posición 2 de la derecha hace falta una masa de 15 kg en la posición 1 de la izquierda, por lo que la masa de la caja es la mitad de la de los ladrillos, esto es, 7,5 kg. Se puede conseguir con otros objetos y configuraciones.

- 3 En el simulador de movimiento, pestaña «Gráficas», elimina el rozamiento, pon muelles en los extremos y empuja el objeto y tira de él varias veces. ¿Cuándo aparece aceleración? Compara las gráficas con las que has estudiado.

Si se siguen las instrucciones se obtiene una imagen similar a la siguiente:



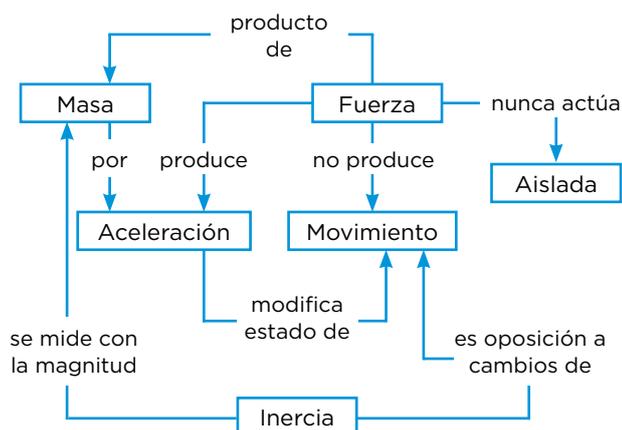
Se puede observar, por ejemplo, que la gráfica de la aceleración y la de la fuerza tienen la misma forma, o que la celeridad es constante en ausencia de fuerza. También se identifican las gráficas posición-tiempo estudiadas en la unidad. En cuanto a la pregunta que se hace en la actividad, la aceleración aparece cuando hay fuerza.

Taller de ciencias

Página 222

Organizo las ideas

El mapa conceptual queda de la siguiente forma:



Trabajo práctico

Página 223

1 **Elabora un breve informe científico sobre la experiencia realizada.**

El informe debe estructurarse según los apartados que se estudiaron en la unidad introductoria. Si es posible, se puede plantear que se realice en formato de presentación de diapositivas con posterior exposición, ya que de este modo se da importancia a la comunicación de resultados, etapa fundamental en la investigación científica, además de participar en el desarrollo de la competencia digital.

2 **Compara tus resultados con los de otros compañeros que hayan utilizado un procedimiento distinto al tuyo.**

De las comparaciones deben surgir valores próximos de coeficiente de rozamiento en los grupos que hayan utilizado los mismos materiales. Las diferencias, que seguramente existirán, se analizan en la siguiente actividad.

3 **Si hay diferencias, ¿a qué pueden deberse?**

Las diferencias pueden deberse a distintas calidades de las superficies de contacto, pese a trabajar con los mismos materiales, o al propio proceso de medida. Si son muy grandes, se puede pedir a los grupos implicados que repitan la experiencia para intentar localizar las causas, que seguramente se puedan atribuir a errores sistemáticos (error de cero y de paralaje), al cuidado que se tenga a la hora de ir aplicando fuerzas mayores con el dinamómetro, o levantando el tablero, o a situaciones relacionadas con la lectura de la medida en escalas graduadas (recordar que, por convenio, si la medida queda entre dos marcas de la escala se toma la de menor valor).

Trabaja con lo aprendido

Página 224

Fuerzas

1 **Propón un ejemplo de frase que oigas en tu vida cotidiana en la que el término «fuerza» se utilice de modo incorrecto desde el punto de vista del vocabulario científico. ¿Qué debería decirse, en ese caso?**

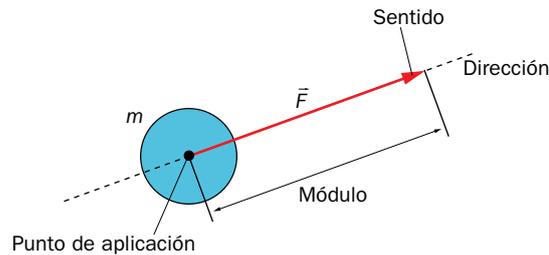
Respuesta abierta. Las frases que se esperan son aquellas que hacen referencia a que las fuerzas se tienen, cuando debería decirse que se aplican, o se ejercen.

2 **¿Qué situación utilizarías para demostrar a alguien que las fuerzas son magnitudes vectoriales?**

Se le podría preguntar, por ejemplo, ¿qué ocurre si se ejerce una fuerza de 10 N sobre una puerta? La respuesta a esta pregunta depende de la dirección y el sentido de la fuerza, con lo que queda caracterizada como magnitud vectorial.

3 Representa una fuerza aplicada a una partícula material e indica en el dibujo los elementos del vector.

El dibujo solicitado ha de ser similar al siguiente:



4 Pon dos ejemplos de fuerzas por contacto y otros dos de fuerzas a distancia. En cada caso, indica si se trata de interacciones gravitatorias o electromagnéticas.

Las fuerzas por contacto (por ejemplo, normal, rozamiento, o la que se ejerce para mover o sujetar objetos) son de naturaleza electromagnética. Las fuerzas a distancia pueden ser de naturaleza electromagnética (las que ejercen los imanes o las cargas eléctricas) o gravitatoria (el peso, o la que hace que unos astros orbiten alrededor de otros).

5 Si sobre un cuerpo se aplican dos fuerzas, una de 40 N y otra de 30 N, ¿podemos asegurar que sobre él actúa una fuerza de 70 N? ¿Puede ser mayor de 70 N? ¿Y menor? Razona tus respuestas, e ilústralas con dibujos.

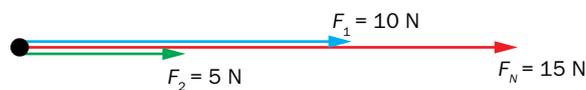
El módulo de la resultante de las dos fuerzas proporcionadas es de 70 N solo en el caso de que actúen en la misma dirección y sentido. En cualquier otra situación, el módulo será menor de 70 N, hasta el caso extremo en que las fuerzas tengan la misma dirección y sentidos contrarios, en el que el módulo es 10 N.

6 Sobre un cuerpo actúan dos fuerzas, de módulos $F_1 = 10\text{ N}$ y $F_2 = 5\text{ N}$. Calcula y representa el módulo de la resultante si las fuerzas...

- a) ... se aplican en la misma dirección y sentido.
- b) ... se aplican en la misma dirección y sentidos contrarios.
- c) ... se aplican en direcciones perpendiculares.

Las soluciones a los distintos apartados son las siguientes:

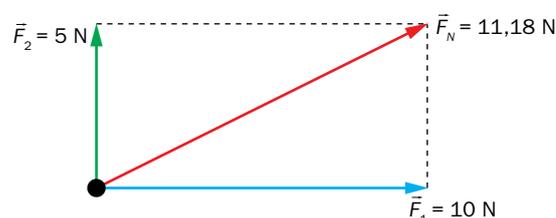
a) $F_N = F_1 + F_2 = 15\text{ N}$



b) $F_N = F_1 - F_2 = 5\text{ N}$



c) $F_N = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 11,18\text{ N}$



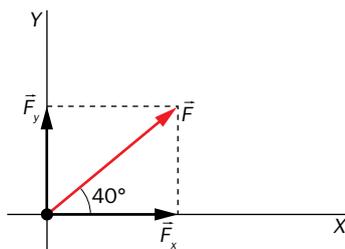
- 7** El módulo de la resultante de dos fuerzas perpendiculares que actúan sobre el mismo cuerpo es de 25 N. Si el módulo de una de ellas es de 24 N, ¿cuál es el de la otra?

Al tratarse de fuerzas perpendiculares, el módulo de la resultante se obtiene a partir del teorema de Pitágoras (unidades SI):

$$F_N^2 = F_1^2 + F_2^2 \rightarrow F_2 = \sqrt{F_N^2 - F_1^2} = \sqrt{25^2 - 24^2} = 7 \text{ N}$$

- 8** Calcula el valor de las componentes cartesianas de una fuerza de módulo 40 N que forma un ángulo de 30° con el eje X.

La fuerza y sus componentes cartesianas quedan representadas en la siguiente figura:



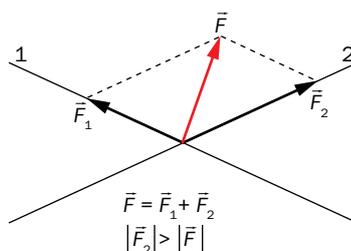
Las componentes cartesianas son:

$$F_x = F \cdot \cos \alpha = 40 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 34,64 \text{ N}$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha = 40 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 20 \text{ N}$$

- 9** ¿Puede ocurrir que una de las componentes de una fuerza tenga módulo mayor al de esta? Razona tu respuesta.

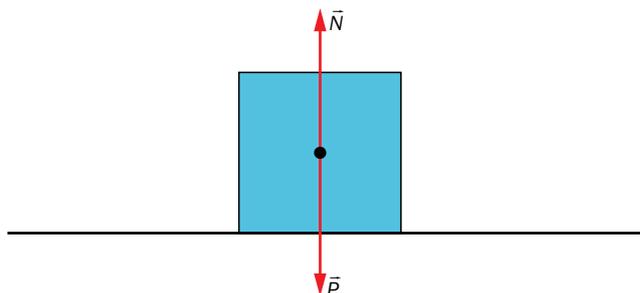
Cuando se trabaja con sistemas de referencia cartesianos, el módulo de las componentes es menor o igual que el módulo de la fuerza, pues se calcula multiplicando el de esta por el seno o el coseno del ángulo que forma con el eje X y estas funciones trigonométricas toman valores comprendidos entre cero y uno. Pero si se trabaja con otros sistemas de referencia sí puede darse el caso de que el módulo de las componentes sea mayor que el de la fuerza, como se muestra en la siguiente figura:



Fuerzas cotidianas

- 10** Representa las fuerzas que actúan sobre ti en este momento.

Suponiendo que el alumno se encuentra sentado en una silla, las fuerzas que actúan sobre él son el peso y la normal. El diagrama de fuerzas es el siguiente:



- 11** Aparte del peso, la normal y el rozamiento, que se han descrito en la unidad, una fuerza común en nuestras vidas, de la que hemos hablado brevemente, es la fuerza elástica. Describe sus características.

Consultar el primer apartado de las páginas TIC de esta unidad.

- 12** En la unidad se ha hablado de dos fuerzas de rozamiento por deslizamiento: la estática y la cinética. ¿A cuál de ellas le atribuirías más efectos negativos, y a cuál más positivos? Razona tu respuesta.

A la fuerza de rozamiento estática se le pueden atribuir más aspectos positivos, pues es la que nos permite realizar nuestras actividades cotidianas. Por el contrario, a la fuerza de rozamiento dinámica se le pueden atribuir más aspectos negativos, pues es la responsable de que tengamos que aplicar fuerzas mayores para, por ejemplo, mantener un movimiento.

- 13** Si empujamos un cuerpo sin poder deslizarlo, ¿cuánto vale la fuerza de rozamiento?

El módulo de la fuerza de rozamiento coincide con el de la componente de la fuerza aplicada en la dirección en la que se produciría el movimiento, actuando aquella en sentido contrario al de esta.

- 14** Representa las fuerzas que actúan en un cuerpo en caída libre, y las que lo hacen sobre otro en ascensión libre.

En ambos casos actúan dos fuerzas verticales: el peso y la fricción con el aire. En el caso de la caída libre, ambas fuerzas tendrían sentidos contrarios (el peso hacia abajo y la fricción hacia arriba), y en el caso de la ascensión libre, las dos actuarían hacia abajo.

- 15** Un muelle se comprime 12 cm cuando se le aplica una fuerza de 500 N. ¿Qué masa hay que colgarle para que se estire 5 cm?

De los datos iniciales, la constante elástica del muelle es (unidades SI):

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{500 \text{ N}}{0,12 \text{ m}} = 4\,166,67 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Para estirarlo 5 cm habría que colgarle un peso:

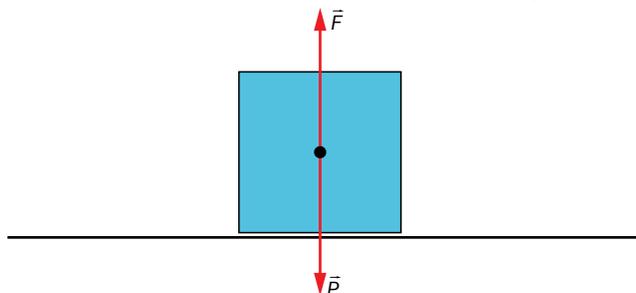
$$P = k \cdot \Delta l = 4\,166,67 \text{ N/m} \cdot 0,05 \text{ m} = 208,33 \text{ N}$$

Este es el peso que corresponde a un objeto de masa:

$$m = \frac{P}{g} = \frac{208,33 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 21,26 \text{ kg}$$

- 16** ¿Qué fuerza hay que aplicar sobre un jarrón apoyado en una mesa para que se anule la fuerza normal? Representala en un diagrama de fuerzas.

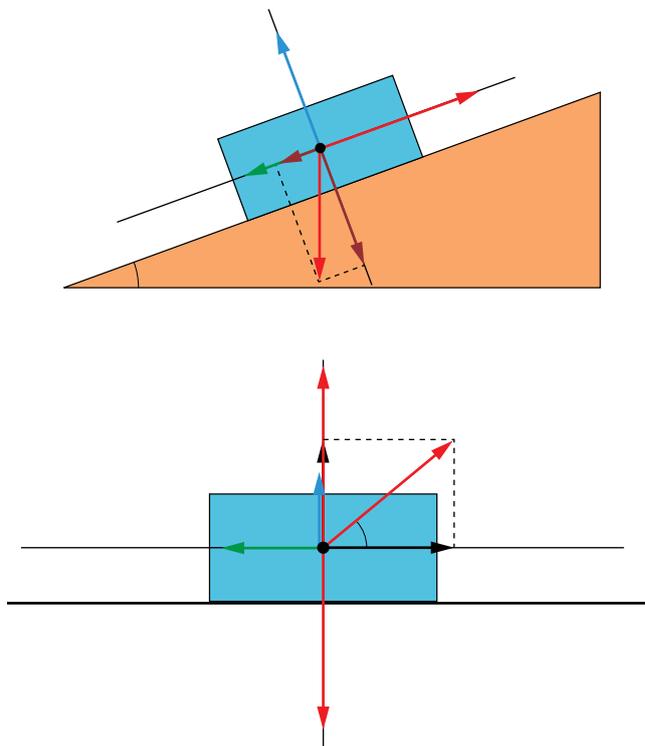
Habría que aplicar una fuerza vertical hacia arriba de módulo igual al peso:



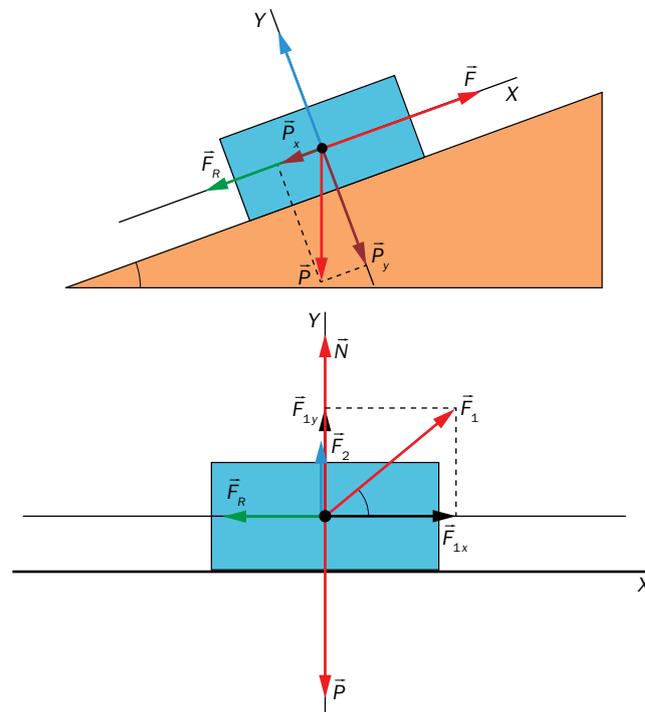
- 17** Comenta la siguiente frase: «La fuerza de rozamiento aumenta al hacerlo el área de las superficies de contacto».

La frase expone una idea falsa, pues la fuerza de rozamiento no depende de la cantidad de superficie que se ponga en contacto, sino solo de la calidad de las mismas.

18 En los siguientes diagramas de fuerzas, pon nombre a los vectores:



Los diagramas con los nombres son los siguientes:



Página 225

Leyes de Newton

19 El siguiente texto reproduce un experimento mental que Galileo utilizó para una de las ideas que has estudiado en la unidad. ¿A cuál nos referimos?

Encerraos con un amigo en la cabina principal bajo la cubierta de un barco grande, y llevad con vosotros moscas, mariposas y otros pequeños animales voladores. Colgad una botella que se vacíe gota a gota en un amplio recipiente colocado por debajo de ella, y haced que el barco vaya con la velocidad que queráis, siempre que el movimiento sea uniforme y no haya fluctuaciones en un sentido u otro. Entonces, las gotas caerán en el recipiente inferior sin desviarse a la popa, aunque el barco haya avanzado mientras las gotas están en el aire; las mariposas y las moscas seguirán su vuelo por igual hacia cada lado, y no sucederá que se concentren en la popa, como si se cansaran de seguir el curso del barco...

El texto reproduce una parte del experimento mental de Galileo para argumentar el principio de inercia.

20 Cada una de las imágenes siguientes hace alusión a una de las leyes de la dinámica. Asocia cada una con su ley y analízalas desde un punto de vista científico. Si en alguna de ellas encuentras algún error científico, razona por qué se trata de un error.



La primera pareja de imágenes hace referencia a la segunda ley de Newton: un operario ejerce fuerza sobre una carretilla y esta fuerza tiene como efecto una aceleración en la misma dirección y sentido. Las imágenes contienen un error, pues en la imagen derecha la aceleración debería ser menor que en la izquierda, pues la fuerza aplicada es la misma y la masa mayor.

El segundo par de imágenes se puede relacionar con el principio de causalidad: el niño ve al anciano (causa) y lo ayuda a cruzar (efecto). Posiblemente, parte del alumnado lo relacione con el principio de acción y reacción, relación no adecuada pues la acción y la reacción han de ser simultáneas.

Por último, el tercer par de imágenes se relaciona con la ley de inercia: cuando la patineta choca con la piedra, el niño, por inercia, continúa en movimiento.

- 21** Una idea muy extendida es que la fuerza actúa en la misma dirección que la velocidad. ¿Es cierto? ¿En qué casos se cumple? ¿Qué ejemplo pondrías de un fenómeno cotidiano en el que esto no ocurre? Entonces, ¿con qué magnitud física del movimiento se relaciona la fuerza?

En esta actividad se cuestiona de modo directo la idea de que fuerza y velocidad tienen la misma dirección, lo que solo ocurre en los movimientos rectilíneos. Como ejemplo de movimiento en el que no ocurre esto, podemos acudir a cualquier movimiento curvilíneo. La magnitud con la que se relaciona la fuerza, en virtud de la ley fundamental de la dinámica, es con la aceleración.

- 22** La segunda ley de Newton nos permite definir la unidad de fuerza del SI. Según la definición dada en el texto, ¿dirías que una fuerza de 1 N es grande o pequeña, a escala humana?

Un newton es la fuerza que hay que aplicar para sostener un objeto de 102,041 g. No se trata de una fuerza grande a escala humana.

- 23** Marca con una cruz el tipo de movimiento que se origina en un libro apoyado en la mesa cuando...

Condición	Traslación	Rotación
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$		
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$		
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$		
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$		

La respuesta se recoge en la siguiente tabla:

Condición	Traslación	Rotación
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$		X
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$	X	
$\Sigma \vec{F} \neq 0$ $\Sigma \vec{M} \neq 0$	X	X
$\Sigma \vec{F} = 0$ $\Sigma \vec{M} = 0$		

- 24** Colócate lateralmente junto a una pared y levanta el pie que no queda junto a ella. Describe e interpreta lo que sucede.

Con los dos pies en el suelo, la vertical que pasa por el centro de masas queda entre ambos.

Al levantar el más alejado dicha vertical no queda sobre la base de sustentación (el otro pie) y aparece un momento que nos hace girar hacia ese lado.

- 25** Dos personas se sientan en ambos lados de un balancín. Si la masa de una es el doble que la de la otra, ¿qué relación ha de existir entre las distancias al centro para que el balancín quede en equilibrio?

Para que el balancín quede en equilibrio, la relación entre los pesos y los brazos ha de ser:

$$P_1 \cdot d_1 = P_2 \cdot d_2$$

Como una pesa el doble que la otra ($P_2 = 2 \cdot P_1$), la relación entre brazos ha de ser;

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{d_1}{d_2} = 2 \rightarrow d_1 = 2 \cdot d_2$$

Por tanto, la persona que pesa la mitad ha de situarse a distancia doble del fulcro.

- 26** Es famosa la frase de Arquímedes «dadme un punto de apoyo y moveré el mundo». ¿A qué se refería Arquímedes al decirla?

Con esta frase, Arquímedes hacía referencia al poder multiplicador de la fuerza de la palanca.

- 27** Si el barco del experimento mental de Galileo (actividad 19) acelera, ¿las gotas de agua seguirían cayendo en el recipiente de debajo? ¿Caerían delante o detrás?

Caerían detrás del recipiente, pues el barco aumenta la celeridad y las gotas no.

- 28** Busca el significado del principio causa-efecto y compáralo con la ley de acción-reacción. ¿Identificas alguno en las imágenes de la actividad 20?

En física, la causalidad describe la relación entre las causas y los efectos, siendo las primeras anteriores a los segundos en la física newtoniana. El segundo par de viñetas de la actividad 20 se puede relacionar con este principio, que no tiene nada que ver con la ley de acción y reacción como se viene comentando en esta propuesta didáctica.

Página 226

- 29** ¿Por qué piensas que se habla de motores «a reacción»? Busca información y explica el funcionamiento de estos motores.

Se habla de motores «a reacción» porque el impulso que proporcionan se considera una fuerza de reacción a la ejercida por la expulsión de gases generados en el motor. Se basan, pues, en la ley de acción y reacción.

- 30** Identifica la reacción de las siguientes fuerzas, y representa la pareja acción-reacción, con cada fuerza aplicada en el cuerpo que corresponda:

- Empujas una pared, sin moverla.
- Te empujas en el suelo para dar un salto.
- Tu peso.
- La fuerza con la que el Sol atrae a la Tierra.

En todos los casos, la reacción tiene el mismo módulo que la fuerza aplicada y actúa en la misma dirección que esta, en sentido contrario:

- La reacción es la fuerza que la pared ejerce sobre nosotros.
- La reacción es la fuerza normal que ejerce el suelo sobre nuestros pies.
- La reacción al peso es una fuerza aplicada en el centro de la Tierra.
- La reacción es la fuerza con la que la Tierra atrae al Sol, aplicada en el centro de este.

Las leyes de Newton en movimientos cotidianos

- 31** ¿Por qué cuesta más arrancar empujándolo un coche que una moto? ¿En qué propiedad de la materia basas tu explicación? ¿Con qué magnitud se mide esta propiedad?

Cuesta más arrancar un coche que una moto porque el coche tiene más inercia, propiedad de la materia que se mide con la magnitud masa.

- 32** Sobre un bloque, inicialmente en reposo, se aplica una fuerza hasta conseguir vencer el rozamiento y hacer que deslice con celeridad constante. Analiza el fenómeno utilizando las leyes de Newton.

El bloque, por inercia, tiende a permanecer en reposo, y al comenzar a aplicar fuerza aparece una fuerza de rozamiento, de módulo igual a la aplicada, misma dirección y sentido contrario, que evita que el cuerpo comience a moverse. El módulo de la fuerza de rozamiento crece conforme lo hace el de la fuerza aplicada, hasta que se alcanza el valor máximo de la primera, igual al producto del coeficiente de rozamiento estático por la normal. A partir de ese momento, para mantener celeridad constante hay que seguir aplicando una fuerza de módulo igual al producto del coeficiente de rozamiento dinámico por la normal. El hecho de que el coeficiente de rozamiento dinámico sea menor que el estático se relaciona con que una vez iniciado el movimiento, por inercia, cuesta menos mantenerlo.

- 33** Si un patinador en reposo dispara un fusil, ¿qué le ocurrirá? ¿Por qué?

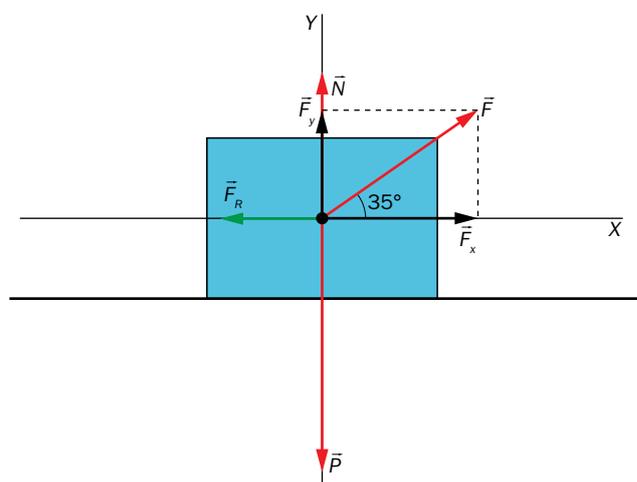
El patinador comenzaría a moverse en la misma dirección y sentido contrario que la bala, pues la escopeta ejerce una fuerza sobre la bala, y esta lo hace sobre la escopeta, en sentido contrario.

- 34** Un coche de 2 toneladas, que viaja a 80 km/h, choca con un camión de 5 toneladas, que circula a 60 km/h. Si después del choque permanecen unidos, ¿en qué vehículo es mayor la fuerza del impacto? Representa las fuerzas que actúan sobre cada vehículo en el momento del impacto.

Al tratarse de fuerzas de acción-reacción, ambas tienen el mismo módulo, aunque el efecto es mayor en el coche al tener este menos masa que el camión. Parte del alumnado pensará que la fuerza que ejerce el camión sobre el coche es mayor, al tener el camión más masa que el coche.

- 35** A un cuerpo de 10 kg que se encuentra en reposo en un plano horizontal se le aplica una fuerza de 40 N paralela al plano. Si el coeficiente de rozamiento es $\mu = 0,1$, calcula el espacio recorrido a los 5 segundos.

Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son:



Según la segunda ley de Newton, la fuerza neta produce una aceleración igual a:

$$a = \frac{F_N}{m} = \frac{F - F_R}{m} = \frac{F - \mu \cdot N}{m} = \frac{F - \mu \cdot m \cdot g}{m}$$

Sustituyendo valores:

$$a = \frac{40 \text{ N} - 0,1 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{10 \text{ kg}} = 3,02 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

El espacio recorrido se calcula a partir de la ecuación de un m.r.u.a. con velocidad inicial nula:

$$e = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 3,02 \text{ m/s}^2 \cdot (5 \text{ s})^2 = 37,75 \text{ m}$$

- 36** Se arrastra un cuerpo de 25 kg por una mesa horizontal con una fuerza de 80 N paralela a la mesa. Si el coeficiente de rozamiento por deslizamiento es $\mu = 0,2$, calcula la velocidad a los tres segundos de comenzar a arrastrarlo.

Siguiendo el razonamiento de la actividad anterior, la aceleración del movimiento es (unidades SI):

$$a = \frac{80 \text{ N} - 0,2 \cdot 25 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{25 \text{ kg}} = 1,24 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La celeridad a los tres segundos de empezar a arrastrarlo ($v_0 = 0$) es (unidades SI):

$$v = a \cdot t = 1,24 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ s} = 3,72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 37** Un cuerpo de 60 kg de masa que se mueve a 20 m/s se para después de recorrer 50 m en un plano horizontal. Calcula el coeficiente de rozamiento.

Las ecuaciones que describen el movimiento son las de un m.r.u.a:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Si se despeja el tiempo de la primera y se sustituye en la segunda se obtiene la expresión que relaciona las celeridades inicial y final con la aceleración y el espacio recorrido:

$$v^2 - v_0^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta s$$

Esta expresión nos permite calcular la aceleración del movimiento (unidades SI):

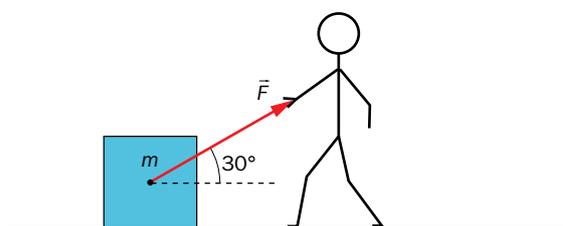
$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot \Delta s} = \frac{0 - (20 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 50 \text{ m}} = -4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Como sobre el cuerpo solo actúa la fuerza de rozamiento, es esta la que origina la aceleración. Además, al tratarse de un plano horizontal, el módulo de la normal coincide con el del peso del objeto. Con esto:

$$-F_R = -\mu \cdot m \cdot g = m \cdot a \rightarrow \mu = -\frac{a}{g} = -\frac{-4 \text{ m/s}^2}{9,8 \text{ m/s}^2} = 0,4$$

Obsérvese que el resultado no depende de la masa del objeto.

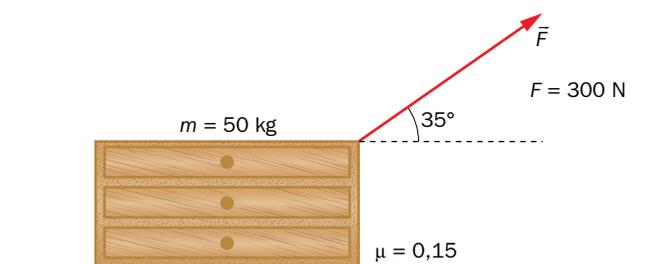
- 38** A partir de la imagen siguiente, razona en cuál de las situaciones propuestas la fuerza de rozamiento vale $F_R = \mu \cdot m \cdot g$, siendo μ el coeficiente de rozamiento dinámico.



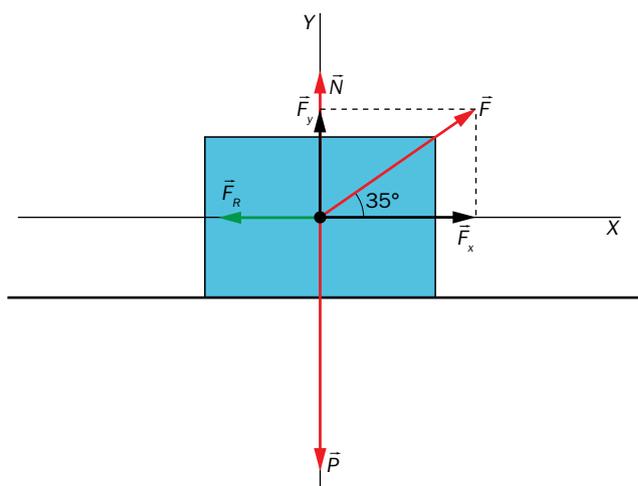
- a) Se ejerce F y el bloque está a punto de moverse.
- b) Se ejerce F y el bloque se mueve con m.r.u.
- c) Se ejerce F y el bloque se mueve con m.r.u.a.
- d) Se ejerce F y el bloque no se mueve.
- e) No se ejerce F y el bloque está en reposo.
- f) No se ejerce F y el bloque se mueve con m.r.u.

La opción correcta es la f).

39 En una superficie horizontal se arrastra una cajonera de 50 kg tirando de ella con una fuerza de 300 N que forma 35° con la horizontal, tal y como muestra la figura. Calcula la aceleración.



Las fuerzas que actúan sobre la cajonera son:



Se aplica la segunda ley de Newton a cada eje:

$$F_x - F_R = m \cdot a$$

$$F_y + N = P$$

De la segunda expresión se obtiene la normal, que se utiliza para el módulo de la fuerza de rozamiento que aparece en la primera expresión:

$$N = P - F_y = m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha$$

$$F \cdot \text{cos } \alpha - \mu \cdot (m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha) = m \cdot a$$

$$a = \frac{F \cdot \text{cos } \alpha - \mu \cdot (m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha)}{m}$$

Sustituyendo los datos del enunciado:

$$a = \frac{300 \text{ N} \cdot \text{cos } 35^\circ - 0,15 \cdot (50 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 - 300 \text{ N} \cdot \text{sen } 35^\circ)}{50 \text{ kg}} = 3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

40 En la actividad anterior, ¿a partir de qué valor de F el cuerpo se separará del suelo?

La cajonera deja de tener contacto con el suelo cuando se anula la normal, lo que ocurre para fuerzas de módulo mayor que:

$$m \cdot g - F \cdot \text{sen } \alpha = 0 \rightarrow F = \frac{m \cdot g}{\text{sen } \alpha} = 854,29 \text{ N}$$

41 En un plano inclinado, la mitad superior carece de rozamiento, y la inferior lo tiene muy elevado. ¿Qué forma tendrían las gráficas de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo?

Nota. El ejercicio se resuelve para el caso de un objeto que desliza por su propio peso, cuestión que habría que indicar al alumnado.

En la primera mitad, al no haber rozamiento, la aceleración con la que desciende el cuerpo es (consultar apartado 4.2 del libro del alumno):

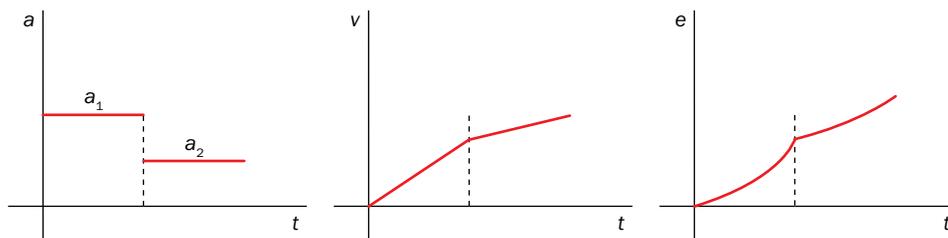
$$a_1 = g \cdot \text{sen } \alpha$$

En la segunda mitad, con coeficiente de rozamiento μ , la aceleración toma el valor:

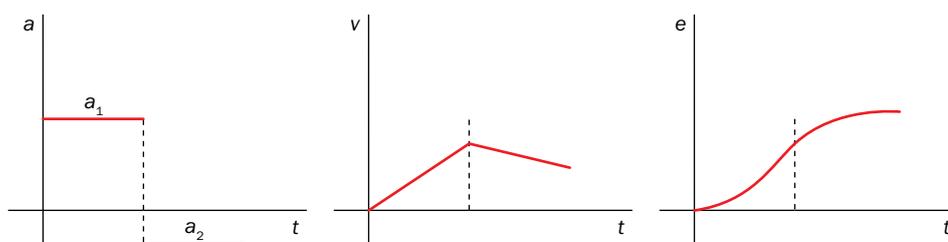
$$a_2 = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha)$$

En cualquier caso, $a_2 < a_1$, pudiendo darse la situación de que $a_2 < 0$. Diferenciamos, pues, dos posibilidades:

a) $a_2 > 0$. Las gráficas del movimiento tendrían la siguiente forma:

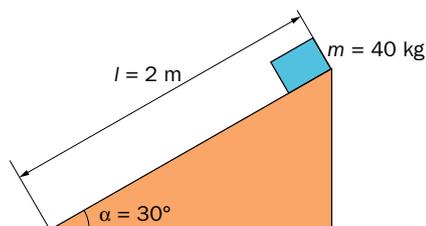


b) $a_2 < 0$. Las gráficas toman la forma:



Página 227

42 Calcula la velocidad con la que el cuerpo llegará a la base del plano si: a) $\mu = 0,2$. b) $\mu = 0$.



Nota. Aunque en la resolución de esta actividad se proceda utilizando expresiones obtenidas en actividades anteriores, al resolverla con el alumnado conviene reproducir el procedimiento para llegar a ellas.

En el caso más general ($\mu \neq 0$) la aceleración con la que desciende el cuerpo es (consultar apartado 4.2 del libro del alumno):

$$a = g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha)$$

Utilizando la misma expresión que en la actividad 37, con $v_0 = 0$:

$$v^2 = 2 \cdot a \cdot \Delta s = 2 \cdot g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) \cdot \Delta s$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu \cdot \text{cos } \alpha) \cdot \Delta s}$$

a) $\mu = 0,2$:

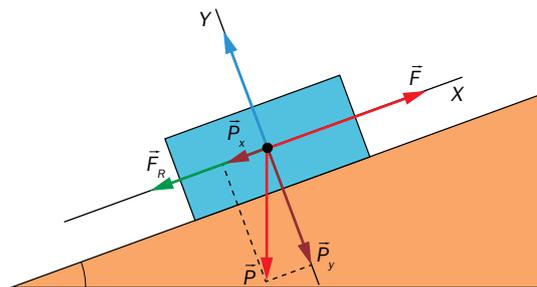
$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen } 30^\circ - 0,2 \cdot \text{cos } 30^\circ) \cdot 2 \text{ m}} = 3,58 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

b) $\mu = 0$:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \text{sen } 30^\circ \cdot 2 \text{ m}} = 4,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

43 Un bloque de 500 kg es empujado hacia arriba por una rampa inclinada 25° respecto de la horizontal. Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico son de 0,3 y 0,2 respectivamente. Determina la fuerza necesaria para iniciar la subida y para mantener el bloque en movimiento con $v = \text{cte}$, una vez iniciada.

Las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son:



Si se aplica la segunda ley de Newton a cada eje del sistema de referencia:

$$F - F_R - P_x = m \cdot a$$

$$N = P_y$$

Teniendo en cuenta la expresión de la fuerza de rozamiento, y las de las componentes del peso:

$$F - \mu \cdot m \cdot g \cdot \text{cos } \alpha - m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = m \cdot a$$

Para que comience la subida ($a = 0$) hay que vencer la fuerza de rozamiento estática y la componente X del peso:

$$F_{\text{subida}} - \mu_e \cdot m \cdot g \cdot \text{cos } \alpha - m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha = 0$$

Sustituyendo datos:

$$F_{\text{subida}} = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,3 \cdot \text{cos } 25^\circ + \text{sen } 25^\circ) = 3\,403,10 \text{ N}$$

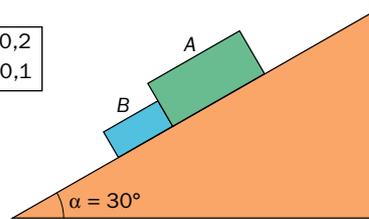
Para mantener la velocidad constante ($a = 0$) se ha de tener en cuenta el coeficiente de rozamiento cinético:

$$F_{v=\text{cte}} = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,2 \cdot \text{cos } 25^\circ + \text{sen } 25^\circ) = 2\,959,01 \text{ N}$$

Solucionario descargado de: <https://solucionarios.academy/>

44 ¿Bajarán los cuerpos unidos?

$$\begin{matrix} m_A = 30 \text{ kg} ; \mu_A = 0,2 \\ m_B = 20 \text{ kg} ; \mu_B = 0,1 \end{matrix}$$



Se calculan las aceleraciones de ambos cuerpos:

$$\begin{aligned} a_A &= g \cdot (\text{sen } \alpha - \mu_A \cdot \text{cos } \alpha) \\ &= 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (\text{sen } 30^\circ - 0,2 \cdot \text{cos } 30^\circ) = 3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

Al ser $a_B > a_A$, los cuerpos no bajarán unidos.

45 Un automóvil toma una curva de 20 m de radio con celeridad constante de 72 km/h. Si la fuerza centrípeta es de 20 000 N, ¿cuál es la masa del automóvil?

Si el automóvil toma la curva a 72 km/h (20 m/s), la masa del vehículo es:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{R} \rightarrow m = \frac{F_c \cdot R}{v^2} = \frac{20\,000 \text{ N} \cdot 20 \text{ m}}{(20 \text{ m/s})^2} = 1000 \text{ kg}$$

46 Un cuerpo de 500 g describe un m.c.u. con $v = \text{cte} = 5 \text{ m/s}$. Si $R = 90 \text{ cm}$, calcula T y F_c .

El período del movimiento se calcula a partir de la expresión de la velocidad angular:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{2 \cdot \pi}{T} \rightarrow T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,9 \text{ m}}{5 \text{ m/s}} = 1,13 \text{ s}$$

La fuerza centrípeta es:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = 0,5 \text{ kg} \cdot \frac{(5 \text{ m/s})^2}{0,9 \text{ m}} = 13,89 \text{ N}$$

47 Un cuerpo de 4 kg describe un m.c.u. de 2 m de radio y da 30 vueltas en 6 minutos. Calcula F_c .

En primer lugar, se calcula la celeridad a la que el móvil describe el movimiento:

$$v = \frac{30 \text{ rev}}{6 \text{ min}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2 \text{ m}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con este valor de celeridad, se calcula la fuerza centrípeta:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = 4 \text{ kg} \cdot \frac{(1,05 \text{ m/s})^2}{2 \text{ m}} = 2,2 \text{ N}$$

48 Calcula la velocidad máxima con la que un coche de 1 000 kg puede tomar una curva de 200 m de radio, si $\mu_{\text{ruedas-asfalto}} = 0,2$.

La velocidad máxima a la que el vehículo puede tomar la curva es (consultar el tercer problema del epígrafe de orientaciones para la resolución de problemas):

$$v_{\text{máx}} = \sqrt{\mu \cdot g \cdot R} = \sqrt{0,2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 200 \text{ m}} = 19,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Nótese que la velocidad máxima es independiente de la masa del vehículo. Por otra parte, si se considerara la forma del mismo habría que tener en cuenta la posición del centro de masas y el momento generado debido a la fuerza centrífuga.

Al igual que en ocasiones anteriores, conviene reproducir el razonamiento por el que se llega a la expresión utilizada.

1 Evolución histórica del estudio del universo

Página 230

1 Con los conocimientos que posees hasta el momento, intenta rebatir las hipótesis del universo de Aristóteles.

Se deduce de la primera ley de Newton o ley de la inercia que, si un cuerpo tiene un movimiento rectilíneo y uniforme o se encuentra en reposo, podemos asegurar que la resultante de las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo es nula.

Y según la segunda ley de Newton, en el caso de que exista una fuerza resultante aplicada al cuerpo, este se vería acelerado, ya sea tangencial o/y normalmente, dependiendo de la dirección de la fuerza resultante.

Si la resultante es perpendicular a la velocidad, solo producirá aceleración normal, que se encargará de variar la dirección de la velocidad, pero no su módulo. Por tanto, la idea de Aristóteles de que los planetas se encontraban en esferas físicas encajadas unas en otras para que existiera el movimiento no es necesaria.

2 Explica, según el sistema aristotélico, qué mecanismo hacía que los astros se movieran en el cielo.

Aristóteles explica la existencia de un primer motor que se encontraría fuera de la esfera de las estrellas fijas, y se relacionaba con Dios. Él mueve la primera de las esferas, el resto de esferas se moverían mediante un engranaje, en el que la esfera superior es la que mueve a la inferior.

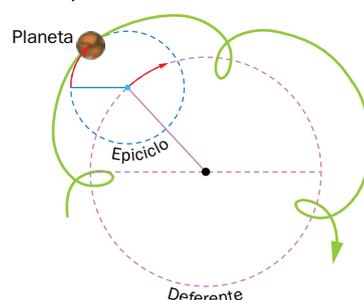
3 Diseña una experiencia sencilla en la que seas capaz de demostrar que los cuerpos más pesados caen con la misma rapidez que los más ligeros, refutando así la idea que Aristóteles tenía sobre la caída de los cuerpos.

Si se dejan caer dos cuerpos de las mismas dimensiones, pero de distinta masa, desde una misma altura, se comprueba que los dos cuerpos caen al mismo tiempo. Podemos utilizar un cronómetro y realizar, al menos, cinco mediciones de cada caída y obtener el valor medio. Posteriormente, se comprueba que los valores medios de los tiempos medidos para la caída de cada cuerpo son, aproximadamente, los mismos. Las diferencias vienen determinadas por el tiempo de reacción del observador y no por la masa de los cuerpos.

Página 231

4 Basándote en el modelo de Ptolomeo, explica con un dibujo el movimiento retrógrado de un planeta sobre su epicicloide.

El modelo planetario de Ptolomeo se basa en los epiciclos que describe cada planeta sobre la deferente. El resultado es un movimiento helicoidal como el que se muestra en la imagen. A esa trayectoria se la denominó «epicicloide».



5 ¿Cómo explicaba Ptolomeo la sucesión del día y la noche?

Para Ptolomeo, la Tierra se encuentra en reposo y es el Sol el que se desplaza alrededor de ella. En su traslación, el Sol ilumina una zona de la Tierra durante el tiempo que tarda en dar media vuelta, en este caso es de día. Durante la otra media vuelta, el Sol no ilumina esa zona del planeta y sería de noche.

6 Los planetas se muestran unas veces más brillantes que otras, ¿cómo explicaba Ptolomeo este fenómeno?

Ptolomeo explicaba que, debido al movimiento de los planetas sobre la epicicloide, en ocasiones se acercaban a la Tierra y por eso brillarían más y en ocasiones se alejaban perdiendo luminosidad. Hoy se sabe que el brillo que presentan los planetas no se encuentra relacionado con la distancia a la que se encuentran de la Tierra.

7  ¿Por qué motivo la Iglesia estaba de acuerdo con la teoría geocéntrica sobre el universo y se resistió a que nuevas teorías se desarrollaran?

La Iglesia tenía las razones suficientes, aquellas que le proporcionaban las Santas Escrituras, para reconocer el geocentrismo como la única teoría del universo.

En el mito de la creación recogido en la Biblia, la Tierra se constituye como el centro generador de la vida.

En el Salmo 93 de la Biblia se dice que «Jehová fijó la Tierra para que no se moviera».

Dios eligió esta Tierra para que su hijo Jesucristo naciera en ella y así poder redimir al género humano.

De esta manera, la Tierra no podía ser más que el centro del universo.

Página 232

8  Expón los principios fundamentales sobre los que se sustentan el modelo geocéntrico y el heliocéntrico.

El geocentrismo se desarrolla del siglo IV a. C. al XVI d. C. y entiende un universo en el que la Tierra ocupa su centro. El heliocentrismo abarca del siglo XVI al XIX y es el Sol el que es el centro universal.

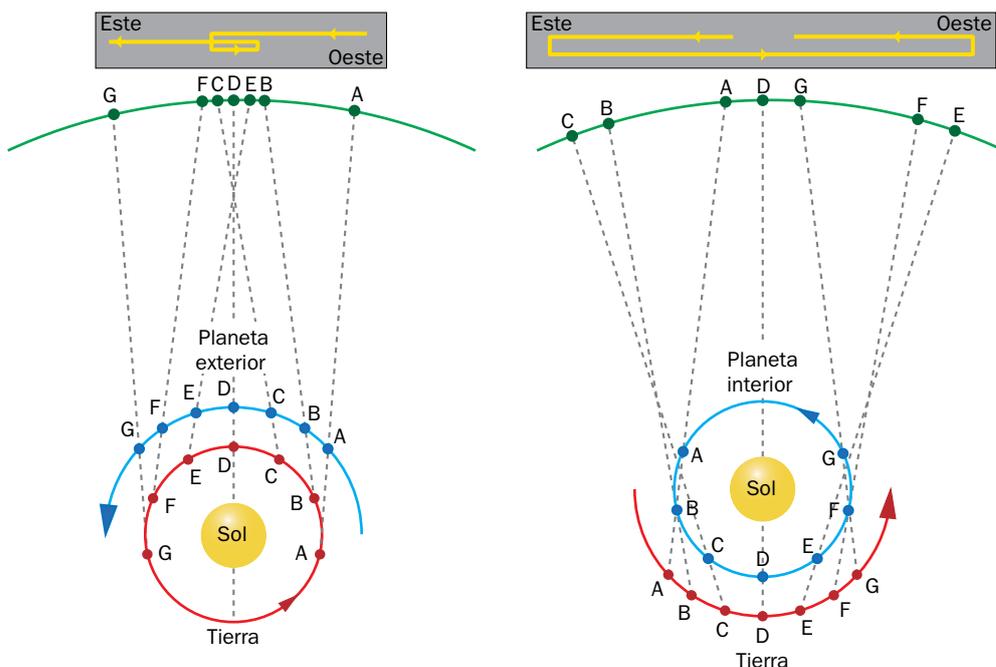
Geocentrismo siglo IV a. C. al siglo XVI d. C.	Heliocentrismo siglo XVI al siglo XIX
La Tierra es el centro del universo.	El Sol es el centro del universo.
Los planetas se disponen en esferas concéntricas alrededor de la Tierra.	Los planetas se disponen en órbitas alrededor del Sol.

9 ¿Cómo explicaría Copérnico el fenómeno de sucesión del día y de la noche?

La Tierra se mueve en torno al Sol y también sobre sí misma. El movimiento de rotación terrestre ante un Sol inmóvil en su centro daría lugar al día y la noche.

10  Sabiendo que los planetas más alejados del Sol tienen un mayor período de traslación, ¿cómo explicarías, según el modelo copernicano, el movimiento retrógrado de los planetas?

Según el modelo copernicano, los movimientos diarios de los astros se deben a la rotación de la Tierra, el movimiento anual del Sol se debe al movimiento anual terrestre y las retrogradaciones no son más que un efecto óptico derivado de su observación desde un sistema de referencia acelerado normalmente, como es nuestro planeta en movimiento curvilíneo.



En la primera figura, la Tierra es más rápida que los planetas exteriores, adelantándolos en sus posiciones y dando la impresión de que estos van hacia atrás, como ocurre con Marte. En el caso de los planetas interiores, la Tierra es más lenta que estos y es adelantada por los planetas. Estos fenómenos son los que producen la sensación visual del vaivén de los planetas.

11 ¿Por qué no tuvo éxito el modelo de Aristarco?

No era fácil luchar en contra de las ideas de Aristóteles que, por aquel entonces, era la máxima autoridad en la mecánica celeste y terrestre. Y las ideas de Aristarco eran contrapuestas a las de este. Sin embargo, sus hipótesis sirvieron de base a Copérnico para desarrollar su modelo heliocéntrico.

Página 233

12 Copérnico temió la ira de la Iglesia y escondió su obra durante años. ¿Por qué crees que fue así?

Las discrepancias entre el modelo heliocéntrico y varios pasajes bíblicos, como aquel en el que Josué mandó detenerse al Sol y no a la Tierra, contradecían las hipótesis de Copérnico. Este, temeroso de la ira de la Iglesia, prefirió mantener su obra escondida.

Además, se pensaba que, si la Tierra se movía, los pájaros y otros proyectiles se retrasarían hacia el oeste, puesto que, el suelo junto con la Tierra, giraban hacia el este mientras estos estaban en vuelo.

13 ¿Por qué crees que Galileo murmuró «y sin embargo se mueve» al terminar el juicio que le hizo abjurar de su teoría heliocéntrica?

Galileo hizo una serie de descubrimientos telescópicos que la Iglesia entendió amenazantes. Así, el heliocentrismo estaba prohibido por ser herético, puesto que de ser ciertas las ideas de Galileo, las escrituras no serían ciertas. Galileo encontró pruebas físicas del movimiento de la Tierra y fue condenado a cadena perpetua. En su juicio le hicieron abjurar de sus teorías, cosa que tuvo que hacer para que no le cayera la pena de muerte. Sin embargo, antes de abandonar al tribunal inquisidor, murmuró «y sin embargo se mueve» refiriéndose a la realidad del movimiento terrestre.

Puede hacerse referencia a que, en 1992, el papa Juan Pablo II pidió perdón por la condena injusta de Galileo Galilei y rehabilitó al astrónomo de Pisa, 359 años después de su sentencia.

14 ¿Cuántos siglos transcurrieron entre el modelo de Ptolomeo y el de Copérnico?

Pasaron quince siglos desde que Ptolomeo estableciese las hipótesis de su modelo, hasta que el heliocentrismo venció al geocentrismo, gracias a las aportaciones de Copérnico.

15  Infórmate acerca de las relaciones entre Tycho Brahe y Johannes Kepler, y escribe un breve trabajo sobre ello.

Tras un trabajo de búsqueda de información, los estudiantes deben realizar un informe escrito sobre los hallazgos al respecto, considerando clave el hecho de que Kepler trabajó con Brahe. Brahe era conocido por ser un magnífico observador que recopiló numerosos datos utilizando una instrumentación que él mismo diseñó antes del descubrimiento del telescopio. Brahe invitó a Kepler a trabajar con él en el instituto de investigación que él mismo hizo construir. Tras la muerte de Brahe, Kepler se quedó con todos los datos que durante su vida Brahe había conseguido, especialmente los datos sobre los movimientos retrógrados de Marte y que le permitieron desarrollar sus tres leyes.

Página 234**16 ¿Por qué la concepción del universo de Newton es estática, y la de Einstein, dinámica?**

Para Newton el tiempo es absoluto, transcurre inexorablemente. El universo de Newton es un universo infinito, siempre existió y siempre existirá, en él la materia se halla uniformemente distribuida en estrellas que se encuentran en equilibrio estático. En el universo de Einstein, las estrellas se distribuyen al azar y no se encuentran fijas en el firmamento, se mueven junto con un universo en expansión en el que en cada instante se fabrica espacio entre galaxias.

17  ¿Cómo pueden llegar hasta nosotros las imágenes procedentes del sistema solar exterior?

Las sondas espaciales se encargan de ello, captan la información proveniente del espacio y la reenvían a la Tierra.

18  ¿Crees que hay alguna posibilidad de que alguna civilización extraterrestre encuentre las sondas espaciales Voyager 1 y 2? ¿Conoces el soporte de la fotografía en el que se ha incluido la información de nuestra civilización? ¿Sabrías extraerla tú? Debate con tus compañeros y compañeras sobre la posibilidad de la existencia de vida extraterrestre.

Está previsto que la sonda Voyager 1 alcance las estrellas más próximas en un período de unos 40 000 años; sería el momento de encontrar algún tipo de vida extraterrestre, pero para entonces es posible que las sondas hayan dejado de emitir señales electromagnéticas. Por eso, el encuentro con otras civilizaciones tendría que venir de la mano de aquellas que pudieran viajar por el espacio interestelar.

El disco de oro, llamado «Los Sonidos de la Tierra», contiene sonidos e imágenes grabadas en un disco fonográfico que suena a 16 2/3 rpm. Carl Sagan presidió el comité encargado de decidir el contenido de este disco. Entre los sonidos se encuentran saludos en diferentes idiomas, 90 minutos de música, sonidos de la Tierra y una grabación de ondas cerebrales. En imágenes existen 118 fotografías del planeta Tierra y de la civilización humana.

En el siguiente enlace puede encontrarse información sobre aquello que contiene el disco de oro: <http://goldenrecord.org/#discus-aureus>.

2 Fuerzas gravitatorias

Página 235

19 ¿Cómo explicaba Kepler que la velocidad del planeta fuera menor en el afelio que en el perihelio?

Kepler enuncia su segunda ley diciendo que el radio vector del planeta barre áreas iguales en tiempos iguales, al moverse en una órbita elíptica. Para que esto ocurra, el planeta debe ir más rápido cuando la distancia al Sol es menor, y viceversa.

20 Mercurio tiene un radio medio de traslación de $5,79 \cdot 10^{10}$ m, y el de la Tierra es de $1,49 \cdot 10^{11}$ m. El período de traslación de la Tierra es de $3,16 \cdot 10^7$ s. Calcula cuántos años terrestres tarda Mercurio en orbitar el Sol.

Para calcular el período de traslación de Mercurio alrededor del Sol, puede utilizarse la tercera ley de Kepler, puesto que los datos que aporta el enunciado del problema permiten la resolución como se indica a continuación:

$$\frac{T_M^2}{d_{M-S}^3} = \frac{T_T^2}{d_{T-S}^3} \rightarrow \frac{T_M^2}{(5,79 \cdot 10^{10} \text{ m})^3} = \frac{(3,16 \cdot 10^7 \text{ s})^2}{(1,49 \cdot 10^{11} \text{ m})^3}$$

$$T_M = 7,66 \cdot 10^6 \text{ s} \simeq 0,24 \text{ años terrestres}$$

21 Un planeta X gira en torno a una estrella Z; su distancia media a Z es el doble que la distancia media de otro planeta Y a Z; ¿qué relación existe entre los períodos de traslación de X e Y alrededor de Z?

Para encontrar la relación entre dos planetas imaginarios, X e Y, que giran alrededor de una misma estrella, Z, se acude a la tercera ley de Kepler, teniendo en cuenta que la relación entre las distancias orbitales de los planetas a la estrella es:

$$d_{X-Z} = 2 \cdot d_{Y-Z}$$

Por tanto:

$$\frac{T_X^2}{d_{X-Z}^3} = \frac{T_Y^2}{d_{Y-Z}^3} \rightarrow \frac{T_X^2}{(2d_{Y-Z})^3} = \frac{T_Y^2}{d_{Y-Z}^3} \rightarrow \frac{T_X}{T_Y} = 2,8$$

22 Comprueba gráficamente la tercera ley de Kepler a partir de la siguiente tabla de valores:

Planeta	Semieje mayor (UA)	Período (años)
A: Tierra	1,000	1,000
B: Marte	1,523	1,881
C: Júpiter	5,203	11,868

NOTA: Ten en cuenta que en astronomía se utiliza como unidad de longitud la unidad astronómica, que equivale a la distancia media entre la Tierra y el Sol, y cuyo valor es: $1 \text{ UA} = 150\,000\,000 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.

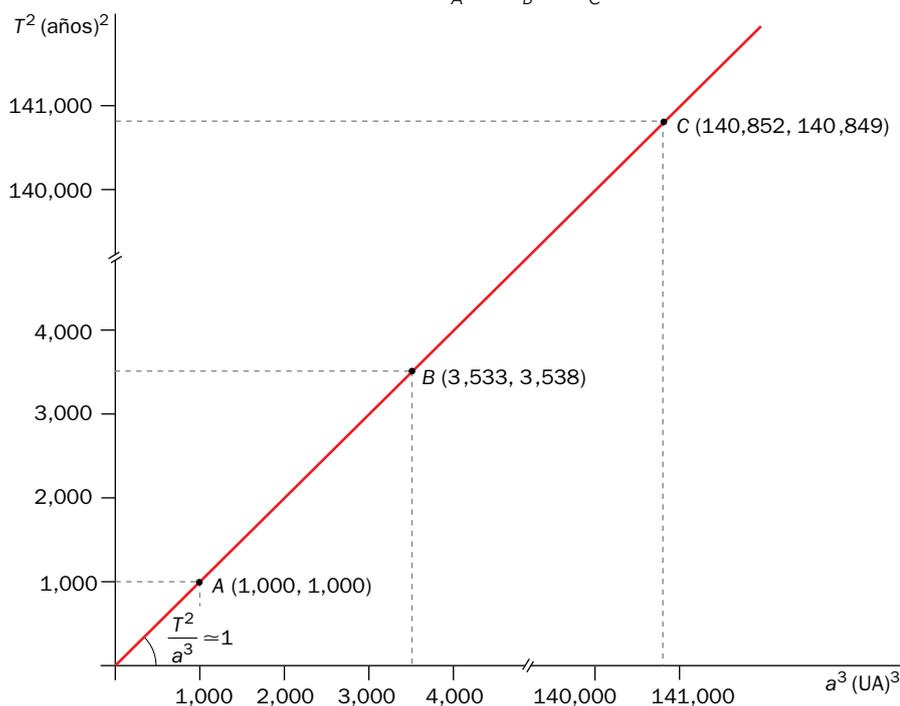
Para demostrar la tercera ley de Kepler, es necesario comprobar que el cociente T^2/a^3 toma el mismo valor para todos los planetas. La idea es representar en una gráfica T^2 frente a a^3 . El valor de la pendiente de la recta formada coincide con la constante buscada.

Si mantenemos las unidades que proporciona el ejercicio sin cambiar al S.I., el valor de la pendiente de la recta representada toma el valor 1. Y, por tanto: $T^2/a^3 = 1$.

Para ello, construimos una nueva tabla como la que se muestra a continuación y representamos gráficamente:

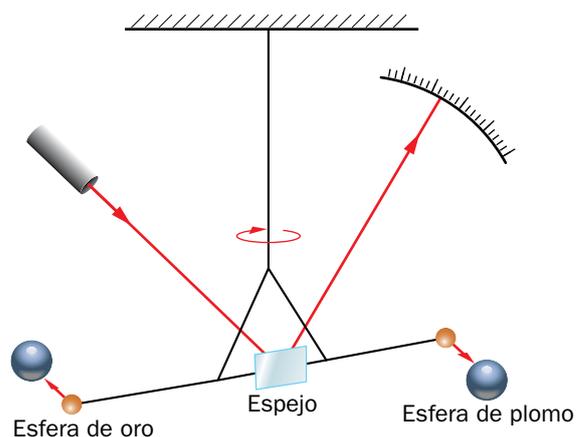
Planeta	a (UA)	a^3	T (años)	T^2
A	1,000	1,000	1,000	1,000
B	1,523	3,533	1,881	3,538
C	5,203	140,852	11,868	140,849

$$\frac{T_A^2}{a_A^3} = \frac{T_B^2}{a_B^3} = \frac{T_C^2}{a_C^3} \sim 1$$



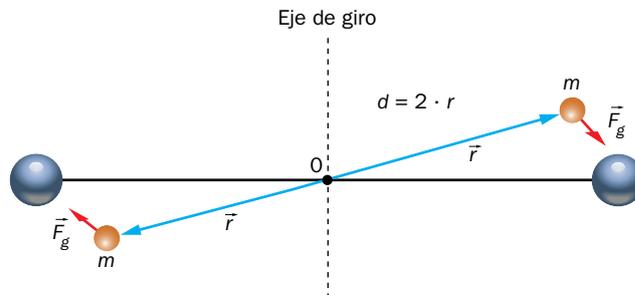
Página 237

23 Esta imagen representa la balanza de torsión ideada por Cavendish para medir el valor de G . Recuerda en qué consiste un par de fuerzas y contesta: ¿qué fuerza genera en este artificio el par de fuerzas responsable del giro de las masas pequeñas?



La fuerza de atracción gravitatoria entre la masa grande y la pequeña produce un momento de la fuerza. Lo mismo ocurre con el otro par de masas. La suma de ambos momentos produce un momento total que hace girar la barra que soporta las esferas pequeñas. Si la distancia que separa las dos esferas pequeñas es « d », y $d = 2 \cdot r$, siendo « r » la distancia de cada esfera al eje de giro, se tiene que:

$$M = F_g \cdot r + F_g \cdot r = 2 \cdot F_g \cdot r = 2 \cdot F_g \cdot d/2 = F_g \cdot d$$



24 ¿Por qué las fuerzas gravitatorias no se ponen de manifiesto entre objetos pequeños como, por ejemplo, un libro y un bolígrafo?

Las fuerzas gravitatorias son de muy baja intensidad, en comparación con el resto de interacciones conocidas, tal y como nos muestra la constante de gravitación universal, con un valor del orden de 10^{-11} . Por tanto, las fuerzas gravitatorias solo son notables cuando, al menos, una de las masas es muy grande. Un libro y un bolígrafo son objetos demasiado pequeños en masa para que se aprecien dichas fuerzas.

25 Una fuerza de 1 newton puede ser algo así como la fuerza que ejerce tu mano para sostener un bocadillo de 100 g. No es una fuerza grande la que tienes que hacer para ello. Calcula qué masa deben tener dos cuerpos idénticos situados a una distancia de 1 m para que manifiesten esa misma fuerza.

Para resolver el ejercicio, se parte de la LGU. Los datos proporcionados permiten encontrar una ecuación matemática en la que la masa de los cuerpos, iguales a m , sea la incógnita del problema.

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \rightarrow 1 \text{ N} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{m^2}{(1 \text{ m})^2} \rightarrow m = 122443,88 \text{ kg}$$

26 A partir de la ley de la gravitación, encuentra la ecuación de dimensiones de G .

Para encontrar la ecuación de dimensiones de G , se despeja esta constante en la LGU y se sustituyen las diferentes magnitudes por su ecuación de dimensiones:

$$[F] = M \cdot L \cdot T^{-2}$$

$$[r^2] = L^2$$

$$[m^2] = M^2$$

Entonces:

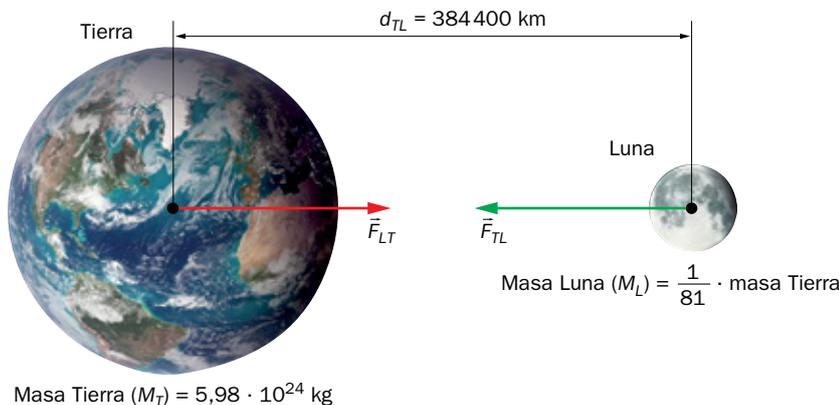
$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \rightarrow G = \frac{F \cdot r^2}{m^2} \rightarrow [G] = M^{-1} \cdot T^2 \cdot L^3$$

27 Calcula la fuerza de atracción gravitatoria entre la Tierra y la Luna, sabiendo que la masa de la Tierra es $5,98 \cdot 10^{24}$ kg y que la de la Luna es 1/81 veces menos masiva que la Tierra. La distancia que separa sus centros tiene un radio medio de 384 400 km.

Las fuerzas se producen por pares, son interacciones en las que están implicados al menos dos cuerpos. Son fuerzas iguales, aplicadas en distintos cuerpos y de sentido contrario, según enuncia la tercera ley de Newton o ley de acción-reacción. Aplicando la LGU y sabiendo que $M_L = 1/81 M_T$, se obtiene el valor de dicha fuerza.

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d_{T-L}^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot \frac{1}{81} \cdot M_T}{d_{T-L}^2} =$$

$$= 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{0,0123 \cdot (5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg})^2}{(3,84 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$



28 Supongamos un mundo libre de rozamientos. Tu compañero de 60 kg y tú de 65 kg os atraéis estando situados a 50 cm. ¿Con qué aceleración comenzaréis a desplazáros el uno hacia el otro?

Las fuerzas que aparecen son iguales, pero de distinto sentido, ya que son fuerzas atractivas y están aplicadas en diferentes cuerpos. Aunque ambos cuerpos se ven sometidos a la misma fuerza, cada uno tiene una masa diferente. Cuanto mayor sea la masa, menor efecto producirá sobre él la fuerza aplicada. Por tanto, el cuerpo que tiene mayor masa sufrirá menor aceleración, como se expresa en la segunda ley de Newton: $F = m \cdot a$.

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{60 \text{ kg} \cdot 65 \text{ kg}}{(0,5 \text{ m})^2} = 1,04 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

Se aplica la segunda ley de Newton para cada cuerpo:

– Aceleración del cuerpo 1: $F_g = m_1 \cdot a_1 \rightarrow a_1 = \frac{1,04 \cdot 10^{-6} \text{ N}}{60 \text{ kg}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$

– Aceleración del cuerpo 2: $F_g = m_2 \cdot a_2 \rightarrow a_2 = \frac{1,04 \cdot 10^{-6} \text{ N}}{65 \text{ kg}} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$

- 29** La siguiente imagen pertenece a un cúmulo globular de estrellas. Cada punto es una estrella y, aunque se ven agrupadas en su centro, las distancias que las separan son enormes. Utilizando esta imagen, ¿cómo explicarías que la gravitación también actúa entre las estrellas?



La forma en la que se distribuyen las estrellas en las galaxias vista desde el exterior, puede hacernos pensar en la existencia de fuerzas de atracción gravitatoria que mantengan unidas a las estrellas. Pero los estudiantes podrían pensar otras alternativas, como que las fuerzas fueran repulsivas y, al ser la imagen una fotografía, no se apreciara que las estrellas se están separando unas de otras. Por tanto, las deducciones que saquemos de la imagen serán meras hipótesis y se necesitará más información para extraer conclusiones, como, por ejemplo, saber cuáles son sus velocidades a través del corrimiento de sus espectros.

3 Aplicaciones de la ley de la gravitación universal

Página 239

- 30**  Según la tercera ley de Newton, las fuerzas aparecen por pares, se aplican en cuerpos diferentes y con sentidos contrarios. La fuerza peso es la que ejerce la Tierra sobre un cuerpo, pero este ejerce la misma fuerza sobre la Tierra; ¿por qué caen los cuerpos sobre la Tierra y no la Tierra sobre los cuerpos?

Las fuerzas son las mismas según la tercera ley de Newton. La fuerza que ejerce la Tierra sobre un cuerpo tiene la misma intensidad que la fuerza que ejerce el cuerpo sobre la Tierra. Pero en igualdad de fuerzas, las masas de los cuerpos son muy diferentes. La fuerza gravitatoria es suficiente para desplazar un cuerpo poco masivo y acelerarlo según $F = m \cdot a$. Sin embargo, esa misma fuerza aplicada sobre la Tierra, de masa tan elevada, produciría una aceleración tan minúscula como inapreciable.

- 31** Si el peso de un cuerpo en la superficie terrestre es de 600 N, ¿cuál será a una altura de un radio terrestre?

Hay que calcular el peso de un cuerpo a una altura de un radio terrestre $h = R_T$, sabiendo que el peso del cuerpo sobre la superficie, $h = 0$, es 600 N.

No tenemos datos de G , ni de M_T ni de R_T , por tanto, vamos a recurrir a trabajar con relaciones.

Para ello escribiremos la expresión del peso en la superficie P_0 tal y como se indica a continuación:

$$P_0 = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$

Y el peso a una altura h , P_h :

$$P_h = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + R_T)^2} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{4 \cdot R_T^2}$$

Dividiremos ambas ecuaciones:

$$\frac{P_0}{P_h} = 4$$

Obteniendo el peso a la altura deseada:

$$P_h = \frac{1}{4} \cdot P_0 = 0,25 \cdot 600 \text{ N} = 150 \text{ N}$$

- 32**  **Calcula la aceleración de la gravedad en la superficie lunar, sabiendo que la masa de la Luna es de $7,4 \cdot 10^{22}$ kg, y su diámetro, de 3474 km. ¿Qué peso tendría un cuerpo de 100 kg situado en la superficie de la Luna?**

Para calcular la aceleración de la gravedad sobre la superficie lunar, $h = 0$, se utiliza la definición de campo gravitatorio para altura cero. El radio lunar se obtiene a partir del diámetro de la Luna.

Posteriormente, la relación: $P = m \cdot g$, permite el cálculo del peso:

$$P = m \cdot g_L = 100 \text{ kg} \cdot 1,635 \text{ m/s}^2 = 163,6 \text{ N}$$

$$g_L = G \cdot \frac{M_L}{R_L^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \cdot \frac{7,4 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(1,737 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 1,64 \text{ m/s}^2$$

- 33** **En el texto, las unidades de la aceleración de la gravedad aparecen como m/s^2 . Sin embargo, el N/kg también se utiliza para medir la gravedad. Encuentra la equivalencia entre ambas unidades.**

Partiendo de una de las unidades de la aceleración de la gravedad, podemos llegar a la otra, de la siguiente manera:

$$\frac{\text{N}}{\text{kg}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg}} = \text{m/s}^2$$

Página 241

- 34** **Calcula la velocidad orbital de Neptuno alrededor del Sol, si la masa del Sol es $1,99 \cdot 10^{30}$ kg y la distancia media entre el planeta y su estrella es $4,5 \cdot 10^{12}$ m.**

Dato: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Se trata de un movimiento orbital, por lo que la fuerza gravitatoria F_g se comporta como una fuerza centrípeta F_c . A partir de esta condición, se puede calcular la velocidad orbital, por tanto:

$$\begin{aligned} F_g = F_c &\rightarrow G \cdot \frac{M_S \cdot M_N}{d_{S-N}^2} = M_N \cdot \frac{v^2}{d_{S-N}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{d_{S-N}}} = \\ &= \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{4,5 \cdot 10^{12} \text{ m}}} = 5431 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- 35** **Dos objetos con distintas masas y dimensiones, ¿caerán con la misma aceleración hacia la Tierra?**

Sí, caerán sometidos a la misma aceleración, independientemente de las características de los cuerpos, siempre que el aire no frene a ninguno de ellos.

$$F = m \cdot a ; F_g = m \cdot g \rightarrow a = g \rightarrow a = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

36  ¿Necesitan las naves en órbita tener sus motores encendidos para moverse en torno a la Tierra?

Las naves que se encuentran fuera de la atmósfera y no sufren pérdidas de energía por rozamientos, no necesitan tener los motores encendidos para orbitar, ya que la fuerza gravitatoria se comporta como una fuerza centrípeta que los mantiene en órbita sin realizar trabajo.

37 Ganímedes es el mayor satélite de Júpiter; en realidad, es el mayor de todos los satélites del sistema solar, y fue descubierto por Galileo Galilei.

Calcula cuánto tarda este satélite en dar diez vueltas completas alrededor de su planeta, sabiendo que la masa de Júpiter es de $1,90 \cdot 10^{27}$ kg y que la distancia orbital de Ganímedes es de $1,07 \cdot 10^6$ km.

Dato: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Se trata de un movimiento orbital, donde Ganímedes gira en torno a Júpiter. Por tanto, la fuerza gravitatoria se comporta como una fuerza centrípeta:

$$F_g = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M_J \cdot M_G}{r^2} = M_G \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_J}{r}} =$$

$$= \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 1,90 \cdot 10^{27}}{1,075 \cdot 10^9 \text{ m}}} = 10\,883 \text{ m/s}$$

Para calcular el período del movimiento de Ganímedes en torno a Júpiter, utilizamos la relación del m.c.u.:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,07 \cdot 10^9 \text{ m}}{10\,883 \text{ m/s}} = 617\,753 \text{ s} \simeq 7,2 \text{ días}$$

Si $T = 7,2$ días, Ganímedes tardará 7,2 días en dar una vuelta alrededor de Júpiter, por tanto, en dar 10 vueltas tardará 10 veces más:

$$7,2 \text{ días/vuelta} \cdot 10 \text{ vueltas} = 72 \text{ días}$$

Página 242

38  El choque de las aguas oceánicas contra los continentes ralentiza la velocidad de giro de nuestro planeta. Aunque el efecto es mínimo, se ha ido acumulando a lo largo del tiempo. Busca información en Internet acerca de la duración del día terrestre hace miles de millones de años.

Cualquier fenómeno que pueda modificar la distribución de masa terrestre es capaz de modificar la velocidad de rotación de la Tierra. Entre estos fenómenos están los tsunamis, las erupciones volcánicas y las mareas.

El Servicio Internacional de Rotación y Sistemas de Referencia Terrestre (IERS) es el organismo que se dedica a medir el tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa. Puesto que la Tierra gira cada vez más despacio, es el IERS quien se encarga de sumar un segundo al año cada vez que es necesario compensar la pérdida de velocidad angular terrestre.

En este artículo del periódico *La Vanguardia* puede encontrarse información al respecto: <http://www.lavanguardia.com/vida/20150125/54424785087/desaceleracion-rotacion-tierra-obliga-anadir-segundo-2015.html>.

4 Satélites artificiales en órbita

Página 244

39 ¿A qué velocidad orbitan todos los satélites geoestacionarios, con independencia de la masa que tengan?

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

La resolución del ejercicio parte de la base de que todos los satélites orbitan alrededor de la Tierra gracias a la fuerza gravitatoria, que se comporta como una fuerza centrípeta:

$$F_g = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M_T \cdot m_s}{r^2} = m_s \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}}$$

Además, esa fuerza centrípeta produce un m.c.u., donde la velocidad se relaciona con el período mediante la expresión:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

Siendo $T = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$ para los satélites geoestacionarios.

Igualando ambas expresiones de la velocidad:

$$\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}}$$

Se obtiene que el radio orbital es:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (86400 \text{ s})^2}{4 \cdot \pi^2}} = 142250474 \text{ m}$$

Conocido el radio orbital, se obtiene la velocidad orbital:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{4,23 \cdot 10^7 \text{ m}}} \simeq 3,1 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

40 ¿Pueden orbitar varios satélites geoestacionarios alrededor de la Tierra a diferentes alturas? Argumenta tu respuesta.

La condición que cumplen los satélites geoestacionarios es que su período de traslación alrededor de la Tierra es de 24 h, son satélites geosíncronos. Esta condición obliga a girar a una altura determinada y siempre sobre la misma posición terrestre sobre el ecuador.

Por tanto, los satélites geoestacionarios deben orbitar todos a la misma altura.

Página 245

41 Reflexiona acerca del comportamiento irresponsable y poco ético que sigue el ser humano ante los problemas de contaminación a los que está sometiendo a la Tierra.

El uso irresponsable que hace el ser humano de los recursos que le proporciona la Tierra, está provocando graves consecuencias para la vida futura en el planeta, como es el cambio climático entre otras muchas consecuencias. Asimismo, el problema que genera la basura espacial y las consecuencias que ello puede tener sobre la vida en el planeta es un tema que debe incluirse en las políticas preventivas de los Gobiernos y en la educación de sus ciudadanos.

- 42**  **Idea soluciones coherentes y justificadas para eliminar y limpiar la basura espacial que nos rodea. Infórmate sobre qué son las órbitas cementerio y elabora argumentos a favor o en contra de ellas.**

La cantidad de chatarra espacial parece crecer sin control y, si este crecimiento no se detiene, se prevé que para el año 2055 los escombros espaciales podrían dejarnos aislados del espacio exterior impidiendo lanzar nuevas misiones al espacio que pudieran colisionar con los residuos. Así, la ISS ha tenido que modificar su trayectoria en varias ocasiones para no sufrir colisiones con estos objetos.

Una solución para resolver el problema de la basura espacial es intentar devolver los satélites a la Tierra, pero no de forma arbitraria, habría que convertirlos en trozos más pequeños para que se pudieran desintegrar al pasar por la atmósfera, lo que supone tener que fraccionarlos.

Las órbitas cementerio pueden ser otra vía de solución. La órbita cementerio se encuentra por encima de la órbita geoestacionaria del satélite, en ella se situarían estos satélites una vez que dejaran de tener utilidad. Esto contribuiría en la disminución de la basura espacial y, por tanto, reduciría las colisiones de los artefactos inservibles contra los satélites en uso. Sin embargo, el trasladar los satélites hasta la órbita cementerio, unos 300 km por encima de la órbita funcional, requiere una gran cantidad de energía.

Existen otros proyectos que intentan dar solución al problema, cabe destacar un proyecto proveniente de la Universidad Nacional de Australia, que ha trazado un plan consistente en desviar o destruir objeto a objeto de la basura espacial que orbita la Tierra con un rayo láser muy potente.

- 43**  **Para evitar la cascada de ablación habría que dejar de ensuciar el cielo, y elaborar un listado de prácticas espaciales saludables al que deban acogerse los países que envían satélites; enumera las prácticas que creas más conveniente incluir en el listado.**

Según el científico Kessler, la cascada de ablación será una consecuencia inevitable de la cantidad de basura espacial acumulada en las órbitas terrestres.

Instituciones como ECSS, European Cooperation for Space Standardization, o UNCOPIOUS, United Nations Committee on the Peaceful uses of Outer Space, han desarrollado un conjunto de normas coherentes para las actividades espaciales europeas.

Pueden encontrar información al respecto en el siguiente enlace y con ella elaborar un listado de prácticas saludables: <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/170/basura-espacial>.

- 44**  **Busca noticias de actualidad en las que se pongan de manifiesto los problemas que está causando en la Tierra la basura espacial. Realiza un informe con los datos obtenidos.**

En los años 2015 y 2016 han sido noticias en televisión diferentes objetos caídos del cielo. Recopilar esas noticias y extraer conclusiones es el objetivo de este ejercicio.

Puede encontrarse información en el siguiente enlace: http://elpais.com/tag/basura_espacial/a/.

- 45**  **Infórmate sobre la velocidad de un proyectil basura, y realiza una estimación de su energía cinética. ¿Qué efectos crees que podría tener el impacto de uno de ellos sobre una nave espacial?**

La velocidad orbital de cualquier objeto que se traslada en torno a la Tierra depende de la altura a la que se encuentra y no de su masa.

Para calcular esta velocidad, se utiliza la expresión:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}}$$

Las velocidades que alcanzan estos objetos los convierten en verdaderos proyectiles, siendo esta de hasta 30 000 km/h.

La energía cinética puede calcularse mediante la fórmula:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Sobre las consecuencias de los impactos de un proyectil basura, puede encontrarse información en el siguiente enlace: <https://www.lanasa.net/news/reportajes-especiales/un-objetivo-brutal-atrapar-basura-espacial-con-un-arpon/>.

46 Si quieres profundizar en el estudio de los satélites artificiales y las misiones espaciales, accede a la página web de la ESA: <http://www.esa.int/ESA>. Realiza un informe sobre las aplicaciones de los satélites.

Deben navegar por la página que les proporciona el enunciado: <http://www.esa.int/ESA>.

Especialmente en: http://www.esa.int/esaKIDSes/SEM238BE8JG_OurUniverse_0.html.

También pueden encontrar información interesante en el siguiente enlace: <https://www.lanasa.net/news/iss/>.

5 Orientaciones para la resolución de problemas

Página 247

47 Fobos es uno de los dos satélites naturales que orbitan alrededor de Marte. Se encuentra tan cerca de su superficie, unos 6 000 km, que se prevé su colisión con el planeta en un período de unos 100 millones de años. Su período orbital sideral es de 7 h y 40 min, aproximadamente, y su radio orbital medio es de 9 377 km. ¿Podrías calcular con estos datos la masa del planeta Marte? Resuelve en caso afirmativo.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Sí, se puede calcular igualando las siguientes expresiones, despejando la masa de Marte y sustituyendo valores:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} ; v = \sqrt{\frac{G \cdot M_M}{r}}$$

$$M_M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{G \cdot T^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (9,377 \cdot 10^6 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot (2,76 \cdot 10^4 \text{ s})^2} = 6,4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$$

48 La masa de la Tierra es 9 veces la masa del planeta Marte. El radio de Marte es la mitad del radio terrestre. Calcula el peso de un cuerpo de 150 kg de masa situado sobre la superficie marciana.

Datos: $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Se obtendrán las expresiones de la gravedad sobre la Tierra y sobre Marte, teniendo en cuenta que, según los datos proporcionados por el enunciado: $M_T = 9 \cdot M_M$ y $R_T = 2 \cdot R_M$:

$$g_M = G \cdot \frac{M_M}{R_M^2} ; g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = G \cdot \frac{9 \cdot M_M}{(2 \cdot R_M)^2}$$

Se dividen ambas ecuaciones, obteniéndose el valor de la gravedad en Marte:

$$\frac{g_M}{g_T} = \frac{4}{9} \rightarrow g_M = \frac{4}{9} \cdot g_T = \frac{4}{9} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 4,356 \text{ m/s}^2 \simeq 4,4 \text{ m/s}^2$$

El peso en el planeta se calcula mediante la relación:

$$P = m \cdot g$$

$$P_M = 150 \text{ kg} \cdot 4,356 \text{ m/s}^2 = 653,4 \text{ N}$$

- 49** El planeta Venus es el segundo planeta más cercano al Sol. Es uno de los tres astros que pueden ser visibles a simple vista durante el día, junto al Sol y la Luna. Cuando es visible de noche, se convierte en el astro más brillante del firmamento, tras la Luna. El período de revolución del planeta Venus alrededor del Sol es de 224,7 días. Y la distancia que los separa, medida de centro a centro, es de 0,72 UA. Calcula la masa del Sol.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Utilizando las siguientes expresiones para la velocidad orbital:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} ; v = \sqrt{\frac{G \cdot M_s}{r}}$$

E igualando, podemos obtener la masa del Sol al sustituir los datos numéricos:

$$M_s = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{G \cdot T^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (0,72 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot (1,94 \cdot 10^7 \text{ s})^2} \simeq 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

- 50** Alan Eustace es un científico estadounidense que en 2014 subió a una altura de 41 420 m, lanzándose en caída libre desde la estratosfera y batiendo el récord mundial de salto realizado desde mayor altura. En la estratosfera, su peso era menor que en la superficie terrestre. Durante la caída su peso fue aumentando conforme el científico se acercaba a la Tierra. Encuentra la relación que existe entre el peso de Alan en la estratosfera y en la superficie terrestre.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

Utilizando la expresión de la aceleración de la gravedad a cualquier altura:

$$g_h = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

Se calcula la gravedad sobre la superficie de la Tierra, $h = 0 \text{ m}$:

$$g_0 = 6,6 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6370 \cdot 10^3 \text{ m})^2} = 9,86 \text{ m/s}^2$$

Se calcula la gravedad a una altura $h = 41420 \text{ m}$:

$$g_h = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,4 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 9,74 \text{ m/s}^2$$

Dividiendo las expresiones:

$$P_0 = m \cdot g_0 \text{ y } P_h = m \cdot g_h \rightarrow P_0/P_h = g_0/g_h$$

Se obtiene que la relación entre ambos pesos es:

$$P_h = 0,987 \cdot P_0$$

51 Un objeto se lanza verticalmente hacia arriba, desde la superficie lunar, con una velocidad de 10 m/s. Calcula la altura máxima alcanzada por el objeto.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$; $R_L = 1737 \text{ km}$; $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$.

La ecuación del m.r.u.a.: $v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g_L \cdot h$, permite calcular la altura máxima, conocida la velocidad de lanzamiento y la gravedad lunar.

Para calcular la gravedad lunar, aplicamos su definición:

$$g_L = G \cdot \frac{M_L}{R_L^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{(1,737 \cdot 10^6 \text{ m})^2} \simeq 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Para calcular la altura máxima, considerada como la posición en la que el cuerpo se para, $v = 0$, para volver a caer, aplicamos la ecuación del m.r.u.a.:

$$v^2 = v_0^2 - 2 \cdot g_L \cdot h \rightarrow 0 = (10 \text{ m/s})^2 - 2 \cdot 1,6 \text{ m/s}^2 \cdot h \rightarrow h = 31,25 \text{ m}$$

TIC. Stellarium

Página 249

- 1 La Osa Mayor es una constelación que puede observarse desde el hemisferio norte durante todo el año. También se la denomina el Carro Mayor. La forma característica de carro que dibujan sus siete estrellas principales te permitirá reconocerla con facilidad. Descubre cómo encontrarla utilizando el programa y localízala a simple vista en el cielo nocturno. Te puede ayudar saber que su estrella más brillante se llama Alioth.

Si se escribe «Alioth» en la ventana de búsqueda, el programa se redirigirá hacia la estrella y, así, se habrá encontrado la constelación en que se sitúa: la Osa Mayor.

- 2 ¿Cuál es la estrella más brillante de Orión?

La estrella más brillante de la constelación de Orión es Rigel.

- 3  Recuerda los nombres y las formas de otras constelaciones; si tienes dudas, busca información en Internet, y localízalas utilizando Stellarium.

La búsqueda de estrellas en el firmamento se convierte en una de las actividades que más motiva al alumnado. Buscar las estrellas más brillantes del hemisferio norte puede ser un ejercicio de entrenamiento con Stellarium.

En primer lugar, deben navegar por Internet hasta que puedan elaborar un listado con al menos diez estrellas, las más brillantes del hemisferio norte, junto con las constelaciones a las que pertenecen y, luego, proceder a su búsqueda con Stellarium, determinando la época del año en la que pueden observarse.

- 4 Aprovecha la herramienta que estamos utilizando en estas páginas para recordar y localizar los planetas del sistema solar.

También pueden verse desde nuestro hemisferio algunos planetas a simple vista. Por ejemplo, Venus con su fuerte brillo procedente del reflejo de un Sol muy cercano.

Trabaja con lo aprendido

Página 252

Modelos del universo

- 1 La palabra «planeta» proviene del griego y significa «vagabundo» o «errante». ¿Por qué los griegos dieron ese nombre a estos astros?

Uno de los aspectos que más confundía a los filósofos griegos era que algunos astros erraban, esto es, en ocasiones se veían más cerca y en ocasiones más lejos, como si se movieran en una especie de vaivén. Por ello se les llamó «planetas».

- 2 Explica las principales diferencias entre los modelos geocéntricos de Aristóteles y de Ptolomeo.

El modelo de Aristóteles no tuvo en cuenta que los planetas tuvieran esos movimientos errantes. Por el contrario, el modelo de Ptolomeo sí intentó, aunque infructuosamente, resolver este problema, para ello ideó los epiciclos y las deferentes.

3 ¿Cómo explica Ptolomeo el movimiento retrógrado de los planetas?

Los planetas se mueven en esferas alrededor de la Tierra, son las deferentes, pero sobre cada trayectoria realizan un segundo movimiento circular centrado en la deferente, denominado epiciclo.

4 Explica las principales diferencias entre los modelos heliocéntricos de Copérnico y de Tycho Brahe.

El modelo de Copérnico es heliocéntrico y sitúa al Sol en el centro de las órbitas. El modelo de Brahe, aunque los planetas giran en torno al Sol, no deja de ser un modelo geocéntrico, en el que la Tierra continúa siendo el centro del universo.

5 Galileo Galilei es considerado el padre de la ciencia moderna y precursor del método científico. ¿Qué instrumentación utilizó para verificar su hipótesis sobre el heliocentrismo?

Como buen científico que era, Galileo sabía que si quería demostrar sus hipótesis tenía que contrastarlas con la realidad y para ello utilizó un telescopio, con el que observó las manchas del Sol, los satélites de Júpiter y las fases de Venus, entre otras muchas observaciones.

6 Explica qué significa la expresión «el universo actual es un universo dinámico que se encuentra en permanente expansión».

Las últimas teorías desarrolladas por Stephen Hawking proponen un universo en expansión. La expansión del universo no reside en que las galaxias se separen unas de otras, sino que en su separación se está creando espacio entre ellas.

7 Las sondas espaciales no llevan tripulación humana; ¿por qué crees que es así?

El objetivo de las sondas es buscar información del espacio exterior, son naves no tripuladas que viajarán cruzando el sistema solar en dirección a nuevas estrellas.

Leyes de Kepler

8 ¿Por qué a las leyes de Kepler se las ha denominado ley y no teoría?

Cuando se comprueba que una hipótesis es correcta y pasa a formar parte del conocimiento científico, puede hacerlo en forma de ley científica, que describe los fenómenos estudiados, o formando parte de una teoría científica, que es un conjunto de reglas con las que se explican dichos fenómenos.

Las leyes describen y las teorías explican.

Las leyes de Kepler son leyes empíricas que fueron capaces de describir el movimiento de los planetas.

9 Indica si estas proposiciones son verdaderas o falsas:

- Kepler enunció sus leyes sobre el movimiento de los planetas defendiendo que estos describían órbitas circulares en torno al Sol.
 - La segunda ley de Kepler explica que la velocidad de los planetas en su perihelio es mayor que en su afelio.
 - El período de revolución de los planetas en torno al Sol no depende de la masa de estos.
 - Los planetas más alejados del Sol tienen un período de revolución menor que los más cercanos.
- a) Falso, los planetas describen órbitas elípticas en torno al Sol.

- b) Verdadero, puesto que la distancia del perihelio al Sol es menor que la distancia del afelio al Sol. Según la segunda ley de Kepler debe cumplirse que $r_A \cdot v_A = r_B \cdot v_P$, deduciéndose que $v_P > v_A$.
- c) Verdadero, dependería de la masa del astro que lo hace orbitar y de la distancia entre centros.
- d) Falso, para que se cumpla la tercera ley de Kepler $T^2/a^3 = \text{constante}$, si a aumenta es necesario que T lo haga también para que el cociente se mantenga constante.

10 Si un planeta X orbita en torno a su estrella y tarda el doble que otro planeta Y en dar una vuelta completa, ¿qué relación existe entre las distancias a las que orbitan ambos planetas?

Aplicando la tercera ley de Kepler, y teniendo en cuenta que $T_X = 2 \cdot T_Y$, se obtiene la relación entre los semiejes mayores a , supuesto que las órbitas sean casi circulares, la relación entre las distancias medias, que en este caso denominaremos « d »:

$$\frac{T_X^2}{d_X^3} = \frac{T_Y^2}{d_Y^3} \rightarrow \frac{4 \cdot T_Y^2}{d_X^3} = \frac{T_Y^2}{d_Y^3} \rightarrow d_X = 1,59 \cdot d_Y$$

11 La Luna es nuestro satélite natural, tiene un período de revolución de, aproximadamente, 28 días y un radio orbital medio de 384400 km. Si la Tierra tuviese otro satélite, cuyo período fuese de 50 días, ¿a qué distancia media del centro de la Tierra estaría orbitando?

En este caso se aplica la tercera ley de Kepler, considerando que las órbitas de los satélites son prácticamente circulares y que el término a , que representa el semieje mayor de la elipse, puede aproximarse al radio medio de la órbita r .

Si se aplica la tercera ley de Kepler sin realizar cambios de unidades al S.I., se obtiene el radio orbital medio r en km.

$$\frac{T_{\text{Luna}}^2}{r_{\text{Luna}}^3} = \frac{T_{\text{otro satélite}}^2}{r_{\text{otro satélite}}^3} \rightarrow \frac{(28 \text{ días})^2}{(384\,400 \text{ km})^3} = \frac{(50 \text{ días})^2}{r_{\text{otro satélite}}^3}$$

Despejando r : $r = 565\,794 \text{ km}$.

12 Comprueba que se cumple la tercera ley de Kepler a partir de los datos que proporciona la siguiente tabla de valores:

Planeta	Semieje mayor (UA)	Período (años)	T^2/a^3
Venus	0,72	0,62	
Saturno	9,54	29,46	
Neptuno	30,06	164,79	

La tercera ley de Kepler, donde los datos se expresen en unidades UA y años, da un cociente de valor, aproximadamente, 1 para todos los planetas.

$$\frac{T_{\text{Venus}}^2}{a_{\text{Venus}}^3} = \frac{T_{\text{Saturno}}^2}{a_{\text{Saturno}}^3} \rightarrow \frac{(0,62 \text{ años})^2}{(0,72 \text{ UA})^3} = \frac{(29,46 \text{ años})^2}{(9,54 \text{ UA})^3} = \frac{(164,79 \text{ años})^2}{(30,06 \text{ UA})^3} = 1$$

$$\frac{0,62^2}{0,72^3} = \frac{29,46^2}{9,54^3} = \frac{164,79^2}{30,06^3} \simeq 1$$

- 13** El cometa Halley gira en torno al Sol en una órbita elíptica que tarda 76 años de promedio en dar una vuelta completa. La última vez que pudo observarse desde la Tierra fue en el año 1986, y no será nuevamente visible hasta 2061. En su trayectoria, el punto más alejado del Sol se encuentra a 35,1 UA, y en el más cercano está a 0,57 UA. Encuentra la relación que existe entre la velocidad del cometa en el perihelio y en el afelio.



Puede aplicarse la segunda ley de Kepler, sabiendo que el punto más alejado de la trayectoria del cometa Halley coincide con el afelio y se encuentra a 35,1 UA y el punto más cercano o perihelio está a 0,57 UA.

Sustituyendo en la expresión de la segunda ley de Kepler las distancias en UA, se obtiene la relación entre las velocidades:

$$r_A \cdot v_A = r_P \cdot v_P \rightarrow 35,1 \cdot v_A = 0,57 \cdot v_P \rightarrow v_P \simeq 61,6 \cdot v_A$$

Fuerzas gravitatorias

- 14** ¿Por qué la ley de gravitación universal se concibe como una ley en vez de como una teoría?

Cuando se comprueba que una hipótesis es correcta y pasa a formar parte del conocimiento científico, puede hacerlo en forma de ley científica, que describe los fenómenos estudiados, o formando parte de una teoría científica, que es un conjunto de reglas con las que se explican dichos fenómenos.

Las leyes describen y las teorías explican.

La ley de gravitación universal o LGU describe un hecho probado y es que los cuerpos, por tener masa, se atraen entre sí. Sin embargo, la LGU no explica por qué pasa esto.

Por otro lado, la gravitación también puede constituirse como una teoría, la teoría de la gravedad, en cuyo caso se trata de un cuerpo de conocimientos que pretenden explicar el cómo y el porqué del fenómeno de la gravedad. Este conjunto de conocimientos puede irse ampliando y modificando hasta la total comprensión del fenómeno, siempre apoyado por evidencias empíricas.

- 15** Calcula la fuerza gravitatoria con la que se atraen dos cuerpos idénticos, de 30 kg cada uno, situados a 5 m de distancia.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Se aplica la LGU para dos cuerpos de 30 kg separados 5 m:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{30 \text{ kg} \cdot 30 \text{ kg}}{(5 \text{ m})^2} = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ N}$$

- 16** ¿A qué distancia deben encontrarse un chico y una chica de 60 kg y 50 kg, respectivamente, para que se sientan atraídos por una fuerza de $2,22 \cdot 10^{-8}$ N? Supongamos que se encuentran lo suficientemente alejados de cualquier otra masa.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Se aplica la LGU donde, conocida la fuerza de atracción entre los cuerpos, la incógnita es la distancia que los separa:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \rightarrow r^2 = G \cdot \frac{M \cdot m}{F_g}$$

$$r = \sqrt{G \cdot \frac{M \cdot m}{F_g}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{60 \text{ kg} \cdot 50 \text{ kg}}{2,22 \cdot 10^{-8} \text{ N}}}$$

Se obtiene, aproximadamente, $r \simeq 3 \text{ m}$.

Página 253

- 17** Calcula la fuerza con la que se atraen la Tierra y la Luna, sabiendo que se encuentran a una distancia de $3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$, medida de centro a centro.

Datos: $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $M_L = 7,35 \cdot 10^{20} \text{ kg}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Hay que resaltar que las fuerzas de atracción gravitatoria son fuerzas mutuas, que cumplen la tercera ley de Newton.

Aplicando la LGU, se obtiene:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 7,35 \cdot 10^{20} \text{ kg}}{(3,84 \cdot 10^8 \text{ m})^2} = 2,98 \cdot 10^{28} \text{ N}$$

- 18** Calcula el valor de la gravedad en una órbita situada a una altura de 10000 km. ¿Cuánto pesaría un satélite de 1000 kg que se encontrara en dicha órbita?

Datos: $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6400 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Para calcular el valor de la gravedad a una determinada altura, se utiliza la expresión:

$$g = G \cdot \frac{M}{(R+h)^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(1,64 \cdot 10^7 \text{ m})^2} = 1,488 \text{ m/s}^2 \simeq 1,49 \text{ m/s}^2$$

Para calcular el valor del peso, conocida la masa del cuerpo, se utiliza la relación:

$$P = m \cdot g = 1000 \text{ kg} \cdot 1,488 \text{ m/s}^2 = 1488 \text{ N}$$

- 19** Un cuerpo de 30 kg se sitúa a una altura de 10 km sobre la superficie de la Tierra:
- Calcula la gravedad a esa altura y compárala con la gravedad en la superficie terrestre. Extrae conclusiones.
 - Calcula el peso del cuerpo a esa altura y compáralo con su peso en la superficie. Extrae conclusiones.

Datos: $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6370 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

La conclusión que puede extraerse es que a una altura de 10 km la variación de la gravedad respecto a la superficie es casi imperceptible y, por tanto, también lo es el peso de los cuerpos.

- 20** Se han realizado diferentes medidas de la aceleración de la gravedad en distintos puntos de la superficie del planeta Tierra, obteniéndose los siguientes valores: $g_1 = 9,856 \text{ m/s}^2$; $g_2 = 9,805 \text{ m/s}^2$; $g_3 = 9,810 \text{ m/s}^2$; $g_4 = 9,816 \text{ m/s}^2$.

¿Cómo representarías correctamente la medida?

Los gravímetros son artilugios que permiten calcular el valor de la aceleración de la gravedad en cualquier punto de la Tierra. Los valores de la gravedad varían dependiendo de la posición en la que se recogen los datos.

Calculando un valor promedio y aplicando el cálculo de errores, tal y como se explica en la unidad 0, se obtiene que:

$$g_{\text{media}} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}{4} = \frac{(9,856 + 9,805 + 9,810 + 9,816) \text{ m/s}^2}{4} = 9,82175 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{(g_{\text{media}} - g_1)^2 + (g_{\text{media}} - g_2)^2 + (g_{\text{media}} - g_3)^2 + (g_{\text{media}} - g_4)^2}{N \cdot (N - 1)}}$$

Siendo $N = 4$ el número de medidas realizadas.

$$\Delta g = 0,0116359 \approx 0,01 \text{ m/s}^2$$

$$(g_{\text{media}} \pm \Delta g) \text{ m/s}^2 = 9,82 \pm 0,01 \text{ m/s}^2$$

Se puede hacer que los estudiantes busquen Información sobre medidas del valor de la gravedad. En estas páginas de Internet pueden encontrarse datos interesantes.

<https://www.ign.es/ign/layoutIn/faqgrav.do>

https://www.ign.es/ign/resources/gravimetria/pdf/estudio_gravim.pdf

- 21** Utilizando la ley de la gravitación universal, explica cómo ocurren las mareas vivas.

La base de la explicación de las mareas se encuentra en que la masa de agua es fluida y la Luna, mediante la LGU, la atrae deformándola. Cuando el Sol se encuentra en la misma línea de acción que la Luna, las fuerzas gravitatorias provocadas por ambos astros se superponen sobre el mar, produciéndose las mareas vivas.

La explicación aparece de forma pormenorizada en la página 242 del libro de texto.

- 22** Calcula la gravedad en la superficie de diferentes planetas a partir de la siguiente tabla de datos.

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

Planeta	Radio (km)	Masa (kg)	g
Venus	6 052	$4,87 \cdot 10^{24}$	
Saturno	60 268	$5,69 \cdot 10^{26}$	
Neptuno	24 746	$1,02 \cdot 10^{26}$	

Aplicando la expresión $g = G \cdot \frac{M}{R^2}$ para cada planeta, se obtiene:

$$g_{\text{Venus}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 4,87 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,052 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 8,87 \text{ m/s}^2.$$

$$g_{\text{Saturno}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,69 \cdot 10^{26} \text{ kg}}{(6,0268 \cdot 10^7 \text{ m})^2} = 10,45 \text{ m/s}^2.$$

$$g_{\text{Neptuno}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 1,02 \cdot 10^{26} \text{ kg}}{(2,4746 \cdot 10^7 \text{ m})^2} = 11,11 \text{ m/s}^2.$$

- 23** Calcula la velocidad orbital y el período de revolución de las lunas de Saturno, Titán, Tetis y Rea, cuyas distancias orbitales, expresadas en kilómetros, son de $1,22 \cdot 10^6$, $2,95 \cdot 10^5$ y $5,27 \cdot 10^5$, respectivamente.

Datos: $M_S = 5,69 \cdot 10^{26}$ kg; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N · m² · kg⁻².

A partir de la masa de Saturno y del radio orbital, pueden obtenerse las velocidades de cada una de las lunas, sustituyendo los datos en la siguiente expresión:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

$$v_{\text{Titán}} = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r_{\text{Titán}}}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,69 \cdot 10^{26} \text{ kg}}{1,22 \cdot 10^9 \text{ m}}} = 5577,49 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{Tetis}} = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r_{\text{Tetis}}}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,69 \cdot 10^{26} \text{ kg}}{2,95 \cdot 10^8 \text{ m}}} = 11342,48 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{Rea}} = \sqrt{\frac{G \cdot M_S}{r_{\text{Rea}}}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,69 \cdot 10^{26} \text{ kg}}{5,27 \cdot 10^8 \text{ m}}} = 8486,21 \text{ m/s}$$

Los períodos respectivos se obtienen mediante la expresión:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v}$$

$$T_{\text{Titán}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{Titán}}}{v_{\text{Titán}}} = \frac{2 \cdot 3,1416 \cdot 1,22 \cdot 10^9 \text{ m}}{5577,49 \text{ m/s}} = 1,374 \cdot 10^6 \text{ s} \simeq 15,9 \text{ días terrestres}$$

$$T_{\text{Tetis}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{Tetis}}}{v_{\text{Tetis}}} = \frac{2 \cdot 3,1416 \cdot 2,95 \cdot 10^8 \text{ m}}{11342,48 \text{ m/s}} = 1,634 \cdot 10^5 \text{ s} \simeq 1,9 \text{ días terrestres}$$

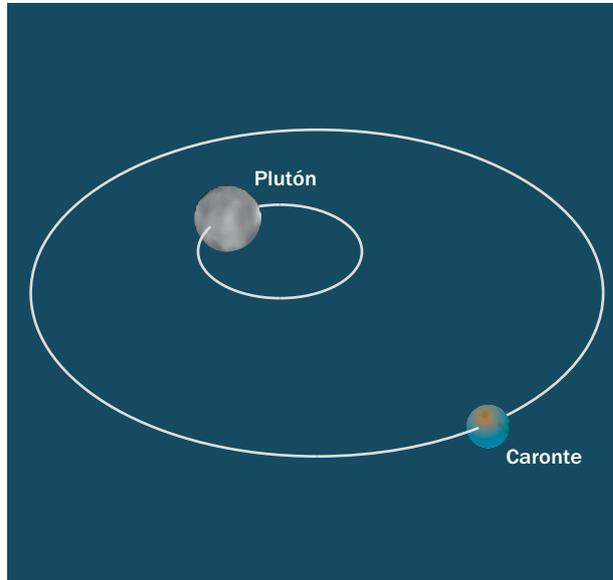
$$T_{\text{Rea}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{Rea}}}{v_{\text{Rea}}} = \frac{2 \cdot 3,1416 \cdot 5,27 \cdot 10^8 \text{ m}}{8486,21 \text{ m/s}} = 3,902 \cdot 10^5 \text{ s} \simeq 4,5 \text{ días terrestres}$$

- 24** La sonda New Horizons fue lanzada por la NASA en 2006, y su objetivo prioritario ha sido recabar información sobre el conjunto Plutón-Caronte. En julio de 2015 llegó a su destino. Plutón es un planeta enano con un diámetro de 2370 km, algo más pequeño que nuestra Luna, y una masa de $1,25 \cdot 10^{22}$ kg. Caronte es el satélite natural más grande de entre los cinco que posee, con un diámetro de 1208 km. Caronte tiene un radio orbital de 19570 km y una masa de $1,52 \cdot 10^{21}$ kg. Pero Caronte no orbita alrededor de Plutón como un satélite normal, ya que los dos cuerpos se encuentran trabados gravitacionalmente; esto significa que tanto Caronte como Plutón giran uno en torno al otro y, los dos, en torno al centro de masas del sistema:

- a) Copia el dibujo inferior en tu cuaderno y representa sobre él todos los datos que te ofrece el ejercicio.

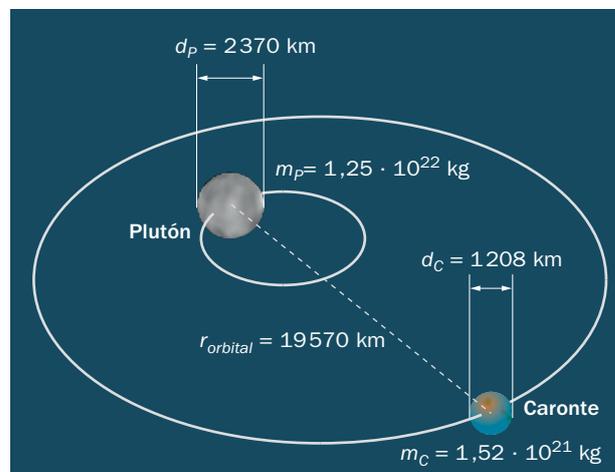
- b) Argumenta y responde: ¿crees que Caronte, dadas las características que tiene, debe ser considerado un satélite de Plutón u otro planeta enano?
- c) Supuesto un satélite normal, ¿cuánto tarda Caronte en realizar su trayectoria completa en torno a Plutón?

Datos: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.



- a) Se extraen del enunciado los diferentes datos que aporta y se ordenan en una tabla de datos como la que se acompaña, para luego representarlos sobre la imagen.

Datos/Astros	Caronte	Plutón
Diámetro (km)	1208	2370
Masa (kg)	$1,52 \cdot 10^{21}$	$1,25 \cdot 10^{22}$
Distancia orbital (km)	19570	—



- b) Este es un interesante tema que puede permitir el desarrollo de la técnica del debate entre equipos de trabajo.

Un grupo expone las razones por las cuales Caronte debe ser un planeta enano y el otro grupo defiende la postura de que Caronte sea un satélite de Plutón. Una búsqueda previa de información sobre las diferentes teorías sobre la formación del sistema binario permitirá aclarar las ideas.

c) Igualando las expresiones:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} \quad \text{y} \quad v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}, \quad \text{se obtiene que:}$$

$$\sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{r}{T} \rightarrow \frac{G \cdot M}{r} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^2}{T^2} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{G \cdot M}}$$

Sustituyendo los datos en el S.I.:

$$T = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (19,57 \cdot 10^6 \text{ m})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 1,25 \cdot 10^{22} \text{ kg}}} \rightarrow T = 595728,23 \text{ s} \approx 6,9 \text{ días}$$

Página 254

25 Júpiter es el mayor planeta del sistema solar, y está formado principalmente por gases, hidrógeno y helio entre ellos. En su hemisferio sur destaca la Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica de enormes dimensiones. Júpiter tiene un radio de 69 900 km, aproximadamente, y la gravedad sobre su superficie es de 24,8 m/s². Cuenta con dieciséis lunas; la más interna se llama Ío, y tiene un radio orbital medio de 421 600 km.



Calcula:

a) El período orbital de Ío.

b) La masa del planeta Júpiter.

Dato: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

En el apartado a) del ejercicio, los datos del problema condicionan su resolución. El radio de Júpiter y la gravedad sobre su superficie pueden sustituir a la masa de Júpiter y a la constante de gravitación universal de la siguiente forma:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \rightarrow g \cdot R^2 = G \cdot M$$

a) Para obtener el período de Ío, consideramos que la fuerza gravitatoria se comporta como una fuerza centrípeta:

$$F_g = F_c \rightarrow G \cdot \frac{M}{r^2} \cdot m = \frac{v^2}{r} \cdot m \rightarrow \frac{g \cdot R^2}{r^2} = \frac{v^2}{r} \rightarrow \frac{g \cdot R^2}{r} = v^2$$

Sabiendo que $v = 2 \cdot \pi \cdot r/T$, sustituyendo la velocidad en la expresión anterior y despejando T , se obtiene:

$$\frac{g \cdot R^2}{r} = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}\right)^2 \rightarrow T = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{g \cdot R^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (4,216 \cdot 10^8 \text{ m})^3}{24,8 \text{ m/s}^2 \cdot (6,99 \cdot 10^7 \text{ m})^2}} = 156\,252,78 \text{ s} = 1,8 \text{ días}$$

- b) Para calcular la masa del planeta Júpiter, se necesita el valor de la constante G , que ahora sí se proporciona y puede utilizarse. Haciendo uso de la expresión de la aceleración de la gravedad en la superficie de Júpiter, se obtiene la masa del planeta como se indica:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2} \rightarrow M = \frac{g \cdot R^2}{G} = \frac{24,8 \text{ m/s}^2 \cdot (6,99 \cdot 10^7 \text{ m})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}} = 1,8 \cdot 10^{27} \text{ kg}$$

26 Si la gravedad en la superficie de la Luna es una sexta parte de la gravedad sobre la superficie de la Tierra, ¿cuánto pesaría un cuerpo de 120 kg situado sobre la superficie lunar?

Datos: $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Para calcular el peso de un cuerpo en la Luna, se necesita la gravedad lunar, que es una sexta parte de la gravedad terrestre, dato que proporciona el ejercicio:

$$g_L = \frac{1}{6} \cdot g_T \simeq \frac{1}{6} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Conocida la gravedad lunar, se utiliza la relación:

$$P_L = m \cdot g_L = 120 \text{ kg} \cdot 1,63 \text{ m/s}^2 = 196 \text{ N}$$

Escalas en el universo

27 Las distancias que separan unos astros de otros en el universo son enormes. Las unidades de medida utilizadas en astronomía son el año-luz, para el conjunto del universo, y el UA (unidad astronómica), para trabajar con distancias dentro del sistema solar. El sistema solar está formado por un conjunto de astros que orbitan en torno a nuestra estrella. Ocho de esos astros son planetas: Mercurio, Venus, Tierra y Marte son los más cercanos al Sol; los más alejados son Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Otros astros, como los llamados planetas enanos, Plutón, Ceres o Eris, tienen un origen diferente al de los planetas, por lo que no se clasifican como tales.

Observa el dibujo del sistema solar y revisa las distancias que existen entre cada astro y el Sol. Como entenderás, debido a las grandes distancias que separan unos astros de otros, el dibujo no está representado a escala; de no ser así, sería imposible que cupiesen todos los planetas en el mismo diagrama.

- a) Trabajad en equipos: Sabiendo que la distancia entre la Tierra y el Sol es de 1 UA, ¿qué escala debéis tomar para que en un folio apaisado (30 cm, aprox.) puedan encontrarse el Sol y todos los planetas desde Mercurio hasta Neptuno?
- b) Realizad un dibujo del sistema solar con una escala que os permita diferenciar todos los planetas. ¿Qué longitud debería tener el papel que utilizéis para la representación?

Este ejercicio quiere mostrar las dificultades que se encuentran cuando se elabora un dibujo del sistema solar y su imposibilidad de realizarlo a escala, de forma que en un mismo diagrama sobre el papel quepan todos los planetas con sus diámetros, también a escala. Por ello, todas las imágenes que se encuentran difundidas por Internet contienen errores, tal y como ocurre con la imagen al pie de esta página.

- a) Utilizando un diagrama de puntos, en el que cada punto represente un astro sin extensión y donde $1 \text{ cm} = 1 \text{ UA}$, puede observarse cómo en el primer centímetro de papel hay que situar al Sol, Mercurio, Venus y la Tierra, en el resto de los 29 cm quedarían los cinco planetas puntuales restantes.
- b) En el ejercicio se pretende que, antes de comenzar el dibujo, los estudiantes realicen un proyecto consistente en saber qué longitud debe tener el papel necesario para la representación. Al proporcionar extensión a los planetas, y con el objeto de diferenciarlos y que no se solapen, el tamaño del papel debe ser tan grande que les será imposible o, al menos, muy dificultosa su realización.

En cuanto a los errores de la imagen al pie de página, deben darse cuenta, primero, que no están a escala; segundo, que las distancias interplanetarias no son iguales; y, tercero, que los planetas no pueden encontrarse alineados todos simultáneamente, debido a la tercera ley de Kepler, que obliga a los planetas más lejanos a tener mayor período de traslación alrededor del Sol e ir más lentos.

Además, las órbitas de los planetas no son totalmente coplanarias, habiendo una inclinación, aunque muy pequeña, respecto al plano de la órbita de la Tierra.

En el siguiente enlace puede encontrarse un simulador de las órbitas planetarias:

<http://www.astronoo.com/es/articulos/posiciones-de-los-planetas.html>.

Satélites

28 ¿Cómo se clasifican los satélites según su órbita? ¿Cuáles tardan menos tiempo en orbitar la Tierra?

Los satélites se clasifican según su órbita en LEO, MEO, GEO y HEO, dependiendo de la altura a la que orbiten.

Los satélites que menos tardan en orbitar la Tierra son los LEO, debido a que se encuentran más cerca de ella. Apoyándonos en la tercera ley de Kepler: $T^2/a^3 = \text{constante}$, debe cumplirse que cuanto más cerca se encuentra el satélite, más corto es su período de revolución.

Los satélites LEO orbitan a alturas en torno a los 1000 km sobre la superficie de la Tierra, son órbitas casi circulares, con una excentricidad $e < 0,06$.

Estos satélites viajan a alta velocidad, mayores de 7 km/s y tienen un período de unos 100 min, aproximadamente.

29 ¿Qué fuerza mantiene en órbita a los satélites artificiales? ¿Qué tipo de aceleración produce?

La fuerza gravitatoria es la fuerza centrípeta que mantiene en órbita a los satélites artificiales, igual que ocurre con los planetas alrededor del Sol. Esta fuerza modifica la dirección de la velocidad y no su módulo, por lo que se ven sometidos a una aceleración centrípeta o normal y no existe aceleración tangencial.

30 Landsat 8 es un satélite artificial de observación terrestre puesto en órbita por la NASA y que gira entorno a la Tierra a una altura de 705 km. Su objetivo es recabar información sobre la acción antrópica sobre el planeta. Su masa es de 2782 kg. Calcula:

- a) La fuerza responsable de que se mantenga en órbita.
- b) La aceleración centrípeta a la que se encuentra sometido.

c) La velocidad con la que orbita.

d) El tiempo que tarda en dar una vuelta a la Tierra.

Datos: $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6400 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

a) Utilizando la LGU y sustituyendo los datos que proporciona el enunciado, se obtiene que:

$$F_g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 2782 \text{ kg}}{(6,4 \cdot 10^6 \text{ m} + 7,05 \cdot 10^5 \text{ m})^2} \rightarrow F_g = 22055 \text{ N}$$

b) Aplicando la segunda ley de Newton de la dinámica, donde la aceleración es normal o centrípeta, ya que no hay aceleración tangencial:

$$F = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{22055 \text{ N}}{2782 \text{ kg}} = 7,93 \text{ m/s}^2 \simeq 8 \text{ m/s}^2$$

c) Y como en los m.c.u. la aceleración normal viene determinada por la expresión:

$$a = \frac{v^2}{r}$$

podemos despejar la velocidad y calcular su valor:

$$v = \sqrt{a \cdot r} = \sqrt{7,93 \text{ m/s}^2 \cdot 7,105 \cdot 10^6 \text{ m}} \rightarrow v = 7505 \text{ m/s}$$

d) Aplicando la expresión que relaciona el período del movimiento y la velocidad lineal en los m.c.u., tenemos que:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 7,105 \cdot 10^6 \text{ m}}{7505 \text{ m/s}} = 5948,30 \text{ s} \simeq 99 \text{ min}$$

31 Un satélite de 2900 kg gira alrededor de la Tierra en una órbita circular situada a una altura de 50000 km sobre su superficie. Calcula:

a) La velocidad orbital del satélite.

b) Cuánto pesa el satélite en dicha en órbita.

Datos: $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6400 \text{ km}$; $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

a) Para resolver los problemas de movimientos de satélites, se comienza aplicando que la fuerza gravitatoria se comporta como una fuerza centrípeta. A partir de esta equivalencia, pueden obtenerse la mayoría de las incógnitas de los problemas de gravitación de este nivel:

$$F_g = F_c \rightarrow G \cdot m \cdot \frac{M}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad v = \sqrt{\frac{G \cdot m}{r}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{6,4 \cdot 10^6 \text{ m} + 5 \cdot 10^7 \text{ m}}} \simeq 2664 \text{ m/s}$$

b) Para el cálculo del peso del satélite, se utiliza la LGU:

$$P = F_g = G \cdot m \cdot \frac{M}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 2900 \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,4 \cdot 10^6 \text{ m} + 5 \cdot 10^7 \text{ m})^2} \simeq 365 \text{ N}$$

32 La masa de un satélite geoestacionario es de 800 kg:

- a) Calcula el radio de su órbita.
- b) Determina cuánto pesa el satélite en esa órbita.

Datos: $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg; $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N · m² · kg⁻².

Los satélites geoestacionarios tienen un período de revolución alrededor de la Tierra de 24 h = 86400 s.

- a) Para calcular el radio orbital r , es necesario hacer uso de dos expresiones, la primera considera la fuerza gravitatoria como una fuerza centrípeta y la segunda relaciona el período de un m.c.u. con la velocidad lineal de este, así:

$$F_g = F_c \rightarrow G \cdot m \cdot \frac{M}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

De la igualdad anterior, se despeja r y se obtiene para el radio orbital la expresión:

$$r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_T \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}}$$

Y sustituyendo los datos en unidades S.I., resulta:

$$r = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot (86400 \text{ s})^2}{4 \cdot \pi^2}} = 42\,297\,520 \text{ m} \simeq 42,3 \text{ km}$$

- b) Como se ha visto, el radio de la órbita no depende de la masa que tenga el satélite que orbita, sin embargo, esta sí condiciona el peso del cuerpo, que puede calcularse, mediante la LGU, como sigue:

$$\text{Peso} = F_g = G \cdot m \cdot \frac{M}{r^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 800 \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(4,23 \cdot 10^7 \text{ m})^2} = 178,95 \text{ N}$$

33 Un satélite LEO orbita a una altura de 1 000 km sobre la superficie terrestre, ¿cuál debe ser su velocidad para que se mantenga en órbita a esa altura?

Datos: $g_0 = 9,8$ m/s²; $R_T = 6400$ km.

Los datos que proporciona el enunciado condicionan la resolución del problema, por ello, mediante la expresión de la gravedad sobre la superficie terrestre:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

obtenemos la relación: $G \cdot M = g \cdot R^2$.

Considerando que la fuerza gravitatoria actúa como una fuerza centrípeta en los movimientos orbitales, podemos despejar la velocidad orbital y resolver:

$$F_g = F_c \rightarrow G \cdot m \cdot \frac{M}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot m}{r}}$$

$$v = \sqrt{\frac{g_0 \cdot R_T^2}{r}} = \sqrt{\frac{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (6,4 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{6,4 \cdot 10^6 \text{ m} + 1 \cdot 10^6 \text{ m}}} = 7\,365 \text{ m/s}$$

1 Presión

Página 258

Trabaja con la imagen

¿Y si se aplicara la fuerza utilizando un clavo?

Para una fuerza de contacto dada, como puede ser la que aplicamos nosotros sobre un trozo de arcilla, la presión será mayor cuanto menor sea la superficie con la que la aplicamos, y como vemos en la imagen, mayor es la deformación que produce. Así, aplicando esta fuerza mediante un clavo veríamos cómo este penetra aún más en la arcilla.

1 ¿Qué resultará más doloroso, que te pisen el pie con un zapato plano o con un zapato de tacón? Explicáte.

La fuerza del peso de la persona se halla más concentrada en las suelas de sus zapatos cuando lleva tacones que cuando lleva zapatos planos. Por tanto, la presión que se aplica al pisar, cuando lleva tacones, es mayor. Por eso, nos dolerá más, ya que nos deformará más nuestro pie.

2 Da una explicación científica de por qué es mejor que un cuchillo esté bien afilado para cortar bien.

Cuanto menor sea la superficie de contacto, mayor es la presión ejercida para una fuerza dada, y mayor la deformación que provoca; en el caso de un cuchillo, cortando.

Página 259

3 Determina la dimensión de la presión.

Tendremos en cuenta que:

$$F = m \cdot a \quad ; \quad v = a \cdot t$$

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{[m] \cdot [a]}{[S]} = \frac{[m] \cdot [v]}{[S] \cdot [t]} = \frac{M \cdot L \cdot T^{-1}}{L^2 \cdot T} = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

4 ¿Qué fuerza se estará aplicando sobre una superficie de 50 cm² si la presión que ejerce es de 10000 Pa?

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 10000 \text{ Pa} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 50 \text{ N}$$

5 Si un folio de papel mide 21,0 × 29,7 cm, y tiene una masa de 5,0 g, ¿qué presión ejerce sobre una mesa?

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{21,0 \cdot 29,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \simeq 0,8 \text{ Pa}$$

- 6** Una persona de 80 kg tiene una superficie de apoyo en cada pie de 170 cm². ¿Qué presión ejerce sobre el suelo?

Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{80 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 170 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \simeq 23\,059 \text{ Pa}$$

- 7**  Una memoria USB de 12 g tiene forma aproximada de paralelepípedo, cuya superficie mayor es de 1,6 · 5,4 cm. ¿Qué presión ejercerá sobre tu mano cuando lo sostengas apoyado sobre esa cara?



Utilizamos la definición de presión teniendo cuidado de expresar los datos en el SI.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{1,6 \cdot 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \simeq 136 \text{ Pa}$$

2 Ley fundamental de la hidrostática

Página 260

Trabaja con la imagen

Busca en Internet vídeos de líquidos en ingravidez, e intenta justificar por qué adoptan la forma esférica.

En Internet se encuentran con facilidad vídeos de astronautas en la EEI experimentando con líquidos, donde se ve que la forma que tienden a adoptar es esférica. La explicación se puede dar desde el punto de vista de las fuerzas; todas las partículas se atraen entre sí acercándose entre ellas lo máximo posible. Si hubiera un montículo, sería atraído por el resto de partículas, aplastándolo.

Página 261

- 8** Desde el punto de vista de las partículas constituyentes de la materia, ¿sabes explicar por qué los gases se pueden comprimir y los líquidos no? Repasa la teoría cinético molecular, estudiada en cursos anteriores.

Las partículas que constituyen los gases están muy distantes unas de otras (en comparación con su tamaño), y por tanto, se pueden comprimir, acercando unas partículas a otras. Sin embargo, las partículas de los líquidos ya están muy juntas unas con otras.

- 9** El estado de un cuerpo libre de fuerzas es el reposo o el movimiento rectilíneo uniforme. ¿Por qué en un líquido en equilibrio no pueden existir corrientes con m.r.u.?

En un fluido en equilibrio en el que las fuerzas que actúan sobre cualquier trozo de él se anulan, no pueden existir corrientes, puesto que si las hubiera, aparecerían fuerzas de rozamiento entre las distintas capas que las frenarían.

- 10**  Determina la presión que tendrá que soportar un buzo a 20 m de profundidad en agua de mar. Dato: $d = 1,025 \text{ g/cm}^3$.

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática. Tendremos cuidado de que los datos estén en el SI.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 20 \text{ m} = 200\,900 \text{ Pa}$$

- 11** Si la presión máxima que puede soportar un submarino es 3 000 000 Pa, ¿a qué profundidad máxima podrá sumergirse en agua de mar? Dato: $d = 1,025 \text{ g/cm}^3$.

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática. Tendremos cuidado de que los datos estén en el SI.

$$p = d_F \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{3\,000\,000 \text{ Pa}}{1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 299 \text{ m}$$

- 12**  En el fondo de un aljibe lleno de agua de 1,8 m de profundidad hay losas cuadradas de 15 cm de lado. ¿Qué fuerza soporta cada losa? Dato: $d = 1 \text{ g/cm}^3$.

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática para averiguar la presión a esa profundidad.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,8 \text{ m} = 17\,640 \text{ Pa}$$

Ahora, la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = 17\,640 \text{ Pa} \cdot 15 \cdot 15 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 396,9 \text{ N}$$

- 13** ¿Qué fuerza actuará sobre cada cara de una moneda de 3 cm de diámetro que se encuentra en el fondo de una piscina de 2,5 m de profundidad? Dato: $d = 1 \text{ g/cm}^3$.

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática para averiguar la presión a esa profundidad.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,5 \text{ m} = 24\,500 \text{ Pa}$$

Ahora, la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot r^2 = 24\,500 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \simeq 17,3 \text{ N}$$

Página 262

Trabaja con la imagen

¿Para qué construían los romanos sus acueductos? ¿Por qué no construían tubos en forma de U? Busca esta información en Internet.

Infórmate también acerca de la paradoja hidrostática; para ello, observa la primera ilustración de la izquierda.

Por lo visto, los romanos sí conocían el principio de los vasos comunicantes, luego en principio, podrían haber utilizado tubos en forma de U para salvar barrancos en el transporte del agua, en lugar de construir esos enormes acueductos. Sin embargo, no lo utilizaron, o lo utilizaron poco, ya que no han llegado muchas evidencias de ello hasta nuestros días. El problema podría estar en que no eran capaces de fabricar tuberías que soportaran grandes presiones. Seguramente lo intentaron con tuberías de plomo, y no pudieron evitar que tuvieran escapes.

Antes del conocimiento de la ley fundamental de la hidrostática, al fenómeno mostrado en la imagen superior izquierda se le denominaba **paradoja hidrostática**, puesto que supuestamente, el recipiente más estrecho debería tener su superficie libre más alta. El razonamiento erróneo era que si el líquido del recipiente mayor pesa más que el del recipiente menor, debería empujarle haciendo que suba.

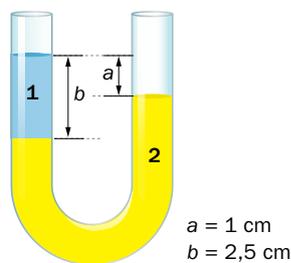
Página 263

- 14** El depósito de agua de un pueblo está situado a una altitud de 450 m. ¿Con qué presión llegará el agua al ayuntamiento, si está a una altitud de 426 m?

Mediante la diferencia de alturas, calculamos la presión utilizando la ley fundamental de la hidrostática.

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (450 - 426) \text{ m} = 235\,200 \text{ Pa}$$

- 15** En el tubo en forma de U de la imagen hay dos líquidos inmiscibles en equilibrio. Si el líquido 1 tiene una densidad de 1,05 g/cm³, determina la densidad del líquido 2.



La presión en la superficie de separación de los dos líquidos en la primera rama (p_1) es igual a la presión en el punto de la segunda rama que está a la misma altura (p_2).

$$p_1 = p_2 \rightarrow d_1 \cdot g \cdot b = d_2 \cdot g \cdot (b - a) \rightarrow d_2 = \frac{b}{b - a} \cdot d_1 = \frac{2,5 \text{ cm}}{2,5 \text{ cm} - 1 \text{ cm}} \cdot 1,05 \text{ g/cm}^3 = 1,75 \text{ g/cm}^3$$

- 16** La presión a la que llega el agua a la planta baja de un edificio es de 140 000 Pa. ¿A qué presión llega el agua al cuarto piso? Ten en cuenta que cada planta tiene una altura de 3 m.

La presión que hay en la planta baja es:

$$p_B = d_F \cdot g \cdot h_B$$

Donde h_B representa la diferencia de altura que hay desde el depósito hasta la planta baja.

La presión en el cuarto piso es:

$$p_4 = d_F \cdot g \cdot (h_B - a)$$

Donde a son los 12 metros que está más alta la cuarta planta. Por tanto:

$$p_4 = d_F \cdot g \cdot h_B - d_F \cdot g \cdot a = p_B - d_F \cdot g \cdot a = 140\,000 \text{ Pa} - 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 12 \text{ m} = 22\,400 \text{ Pa}$$

- 17** Si la presión del agua en la planta baja de un edificio es de 300 000 Pa, ¿cuántas plantas puede tener el edificio para que le llegue el agua con presión, si cada planta tiene una altura de 3 m? Si se quisiera construir un edificio más alto aún, ¿qué solución se te ocurre que se podría tomar?

Hay que ver qué altura corresponde a esta presión.

$$p = d_F \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{300\,000 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \approx 30,6 \text{ m}$$

El número de plantas será:

$$n^{\circ} = \frac{30,6 \text{ m}}{3 \text{ m/planta}} = 10,2 \rightarrow 10 \text{ planta}$$

Si el edificio fuese más alto, habría que bombear el agua a un depósito en la parte superior del edificio, y desde allí se repartiría a todas las plantas.

3 Principio de Arquímedes

Página 264

Trabaja con la imagen

Si el objeto de la imagen superior tuviera una forma irregular, ¿crees que podríamos aproximar su forma a base de juntar pequeños cubos como si fuera una figura de construcción? Si los cubos son muy pequeños, ¿se ajustará la construcción mejor a la forma del objeto real? ¿Para qué generalización se puede usar este hecho?

Si el estudiante es capaz de imaginarse cualquier cuerpo con forma irregular construido con pequeños cubos, como las figuras de construcción, puede entender que sobre cada pieza cúbica (paralelepípeda) el empuje es igual al peso de fluido desalojado, y que por tanto, el empuje de todo el cuerpo irregular construido (que es igual a la suma de los empujes de todos estos cubos) será muy parecido al del cuerpo irregular.

Obviamente, cuanto más pequeños sean los cubos con los que se hace la construcción, más se ajustará a la forma real del cuerpo, y mayor aproximación del empuje de la construcción al del objeto real.

Por tanto, si los cubos fuesen suficientemente pequeños, podríamos construir la forma exacta del cuerpo irregular, y concluiríamos que su empuje es igual a la suma de los empujes de todos los cubos, es decir, al volumen total de fluido desalojado.

18 ¿Por qué crees que nos cuesta menos esfuerzo sostener una piedra que se encuentra dentro del agua que cuando está fuera?

Al sostener un objeto, le estamos aplicando una fuerza hacia arriba, de tal manera que la resultante total es cero. Las fuerzas que normalmente hay son: el peso hacia abajo, el empuje hacia arriba y nuestra fuerza hacia arriba. Es evidente que cuanto mayor sea el empuje, menor tendrá que ser nuestra fuerza.

19 El empuje de un cuerpo sumergido en agua es de 2 N. ¿Qué volumen tiene?

Utilizamos la expresión del empuje de Arquímedes. Debemos tener cuidado de utilizar las unidades en el SI.

$$E = d_F \cdot V \cdot g \rightarrow V = \frac{E}{d_F \cdot g} = \frac{2 \text{ N}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 2,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Página 265

20 Determina el peso y el peso aparente de una roca de $2,7 \text{ g/cm}^3$ y $2,00 \text{ kg}$ de masa sumergida en agua.

El peso de la roca, esté donde esté, es:

$$P = m \cdot g = 2,00 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 19,6 \text{ N}$$

El volumen de esta roca es:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{d} = \frac{2,00 \text{ kg}}{2700 \text{ kg/m}^3} \simeq 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

El peso aparente en el agua es:

$$P_{ap} = P - E = P - d_F \cdot V \cdot g = 19,6 \text{ N} - 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 12,3 \text{ N}$$

- 21** En qué caso crees que marcaría más una báscula, con 1 kg de plomo o con 1 kg de paja. ¿Es correcto decir que el kilogramo de plomo pesa más?

Un kilogramo de cualquier cosa en la Tierra pesa 9,8 N, pero lo que mide una báscula no es el peso, sino el peso aparente. Por tanto, mediría menos en el caso de la paja, puesto que ocupa más volumen, y en consecuencia, su empuje es mayor que el del plomo.

Página 266

Trabaja con la imagen

- ¿Hasta dónde subirá el globo de la imagen inferior? Para razonar tu respuesta, necesitas saber que la densidad y la presión del aire van disminuyendo con la altitud.

Debido a que los gases son compresibles, la densidad del aire de la atmósfera va disminuyendo con la altura. Por eso, el empuje de un cuerpo sumergido en aire disminuye conforme se eleva. En el momento en el que se hace igual al peso, el cuerpo deja de ascender.

- 22** Determina la densidad de un iceberg que, flotando en agua de mar, emerge 1/9 de su volumen.

Dato: d (agua de mar) = $1,025 \text{ g/cm}^3$.

Debemos escribir la ecuación del equilibrio:

$$E' = P \rightarrow d_F \cdot V' \cdot g = d \cdot V \cdot g \rightarrow d_F \cdot \frac{8}{9} V = d \cdot V \rightarrow d = \frac{8}{9} d_F = \frac{8}{9} \cdot 1,025 \text{ g/cm}^3 \simeq 0,911 \text{ g/cm}^3$$

- 23** Determina el volumen de agua de mar, de densidad $1,025 \text{ g/cm}^3$, que desaloja un transatlántico de 200 000 toneladas. Expresa el resultado en litros.

Escribimos la ecuación del equilibrio al flotar:

$$E' = P \rightarrow d_F \cdot V' \cdot g = m \cdot g \rightarrow V' = \frac{m}{d_F} = \frac{2 \cdot 10^8 \text{ kg}}{1025 \text{ kg/m}^3} \simeq 2 \cdot 10^5 \text{ m}^3 = 2 \cdot 10^8 \text{ L}$$

4 Ley de Pascal

Página 267

- 24**  Si con una prensa hidráulica queremos multiplicar la fuerza por 16, ¿qué relación deben cumplir sus radios?

La ecuación para una prensa hidráulica es:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot r_2^2}{\pi \cdot r_1^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \rightarrow \frac{16 \cdot F_1}{F_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \rightarrow r_2^2 = 16 \cdot r_1^2 \rightarrow r_2 = 4 \cdot r_1$$

- 25** Una prensa hidráulica utilizada como elevador de vehículos tiene un émbolo pequeño de 2 cm de diámetro, y otro grande, de 20 cm. Determina la fuerza que hay que ejercer en el émbolo pequeño para elevar un vehículo de 1 000 kg.

La fuerza F_2 tendrá que ser igual al peso del vehículo:

$$F_2 = P = m \cdot g = 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9800 \text{ N}$$

La ecuación de la prensa es:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot r_2^2}{\pi \cdot r_1^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{\left(\frac{D_2}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_1}{2}\right)^2} = \frac{D_2^2}{D_1^2} \rightarrow F_1 = \frac{D_1^2}{D_2^2} \cdot F_2 = \frac{(2 \text{ cm})^2}{(20 \text{ cm})^2} \cdot 9800 \text{ N} = 98 \text{ N}$$

- 26** El pedal de freno de un coche tiene un émbolo de 0,3 cm de diámetro. Para frenar el vehículo, hay dos émbolos por rueda para pinzar el disco de freno de 4 cm de diámetro. Si pisamos el freno con una fuerza de 10 N, ¿cuánto será la fuerza total de frenado?

Hay dos émbolos por rueda. En total son ocho émbolos. Las superficies de los ocho émbolos las sumamos para tener la superficie total hacia donde se va a propagar el aumento de presión.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{8 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_2}{2}\right)^2}{\pi \cdot \left(\frac{D_1}{2}\right)^2} = \frac{8 \cdot D_2^2}{D_1^2} \rightarrow F_2 = \frac{8 \cdot D_1^2}{D_1^2} \cdot F_1 = \frac{8 \cdot (4 \text{ cm})^2}{(0,3 \text{ cm})^2} \cdot 10 \text{ N} \simeq 14222 \text{ N}$$

- 27** La superficie del émbolo pequeño de una prensa hidráulica es de 2 cm². Si al aplicar 2 N se transforman en 90 N, ¿qué radio tiene el otro émbolo?

Utilizamos la ecuación de la prensa hidráulica.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot r_2^2}{S_1} \rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{F_2 \cdot S_1}{F_1 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{90 \text{ N} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{2 \text{ N} \cdot \pi}} \simeq 5,4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

5 Presión atmosférica

Página 268

Trabaja con la imagen

Si el experimento de Torricelli se hubiera hecho con agua, ¿qué longitud de tubo se hubiera necesitado?

Seguramente, al principio Torricelli intentara medir la presión atmosférica con agua, y al darle la vuelta al tubo, observaría que la columna de agua no caía nada. Para que la presión del agua pudiera igualarse con la atmosférica, necesitaría un tubo muy largo. ¿Cuánto? Ahora que sabemos que la presión atmosférica es 101 325 Pa, podemos calcularlo:

$$p = d_f \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_f \cdot g} = \frac{101302 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 10,34 \text{ m}$$

Luego el tubo debería tener como mínimo esa longitud.

Página 269

- 28** En la base de un cerro se mide una presión de 1014 mb, y en la cima, de 947 mb. ¿Qué altura tiene, aproximadamente, el cerro?

Debemos utilizar la equivalencia aproximada de que al subir unos 10 m, la presión disminuye en un milímetro de mercurio. La diferencia de presión es:

$$\Delta p = 1014 - 947 = 67 \text{ mb}$$

Que en mmHg es:

$$67 \text{ mb} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1014 \text{ mb}} \simeq 50 \text{ mmHg}$$

Aplicamos la proporción:

$$\frac{1 \text{ mmHg}}{10 \text{ m}} = \frac{50 \text{ mmHg}}{h} \rightarrow h \simeq 500 \text{ m}$$

- 29** Si al sumergirnos en agua de mar medimos una presión de 30 psi, ¿a qué profundidad estamos? Dato: $d = 1,025 \text{ g/cm}^3$.

Expresamos en el SI la presión:

$$30 \text{ psi} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{14,7 \text{ psi}} \simeq 206786 \text{ Pa}$$

Aplicamos ahora la ley fundamental de la hidrostática:

$$p = d_F \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{206786 \text{ Pa}}{1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 20,6 \text{ m}$$

Página 271

- 30** Deseamos medir la presión de un gas encerrado en un depósito a 1,15 atm. Si el líquido utilizado es mercurio, ¿cuánto se desnivelarán las superficies?

Escribimos la presión en el SI:

$$1,15 \text{ atm} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} \simeq 116524 \text{ Pa}$$

Supondremos que se va a medir en un tubo de U con un extremo cerrado, tal y como mostramos en la imagen del manómetro. En tal caso:

$$p_{\text{GAS}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p_{\text{GAS}}}{d_{\text{Hg}} \cdot g} = \frac{116524 \text{ Pa}}{13600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 0,87 \text{ m}$$

Podríamos preguntarnos qué mediría un manómetro con la rama abierta.

$$p_{\text{GAS}} = d_{\text{Hg}} \cdot g \cdot h + P_{\text{atm}} \rightarrow h = \frac{p_{\text{GAS}} - p_{\text{atm}}}{d_{\text{Hg}} \cdot g} = \frac{(116524 - 101325) \text{ Pa}}{13600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq -0,76 \text{ m}$$

Suponiendo que la presión atmosférica es de 1 atm, hemos obtenido que la altura de la columna es -76 cm . Es decir, el nivel estaría 76 cm por debajo.

La presión 1,15 atm del gas sería la presión real o absoluta, mientras que $1,15 - 1 = 0,15 \text{ atm}$ es la presión relativa o manométrica.

31 ¿Qué fuerza hace falta para separar las semiesferas? Dato: $R = 50$ cm. Toma la sección máxima como la superficie de aplicación de la fuerza.

Para resolver este ejercicio exactamente, tendríamos que calcular la fuerza perpendicular que hay en cada trocito de esfera debida a la presión, y las sumamos vectorialmente. Evidentemente es un cálculo que está por encima de las posibilidades de este curso, por eso, sugerimos que, como aproximación, imaginemos que la fuerza de la presión se ejerce sobre una superficie circular de radio 50 cm.

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot r^2 = 101325 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,50 \text{ m})^2 \cdot 79\,580 \text{ N} \simeq 80\,000 \text{ N}$$

6 Conceptos meteorológicos

Página 272

Trabaja con la imagen

Busca en Internet cómo se llaman a las fuerzas ficticias que desvían las trayectorias hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el sur.

Las fuerzas que «aparentemente» empujan los cuerpos cuando se encuentran en movimiento en un sistema que está girando, se denominan **fuerzas de Coriolis**. Decimos que son «aparentes» porque desde un sistema de referencia inercial, se observa que estas fuerzas no existen. Los cuerpos en el sistema giratorio tienden a seguir en línea recta según su inercia, pero desde el punto de vista del sistema que gira, parece que hay fuerzas que empujan a los cuerpos que allí se hallan. A este tipo de fuerzas, se las denomina fuerzas ficticias. La fuerza centrífuga es otra fuerza ficticia.

Página 273

32  Busca en Internet el significado de humedad relativa del aire y cómo su valor depende de la temperatura.

El aire es una mezcla de gases, entre otros, agua en estado gaseoso, que es lo que denominamos **vapor de agua**. La solubilidad del agua en el aire depende de la temperatura, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la solubilidad.

Para una temperatura dada, existe una cantidad máxima de agua que el aire puede contener disuelta, que viene indicada por la solubilidad. En ese punto decimos que la disolución está saturada, la humedad del aire a esa temperatura es del 100%; ya no puede contener más.

El tanto por ciento en moles que hay de vapor de agua en el aire a una determinada temperatura comparado con el máximo de saturación, es lo que se denomina **humedad relativa del aire**:

$$\phi = \frac{n}{n(\text{sat})} \cdot 100$$

33  Justifica el hecho de que cuando el aire caliente y cargado de humedad se enfría, se formen nubes.

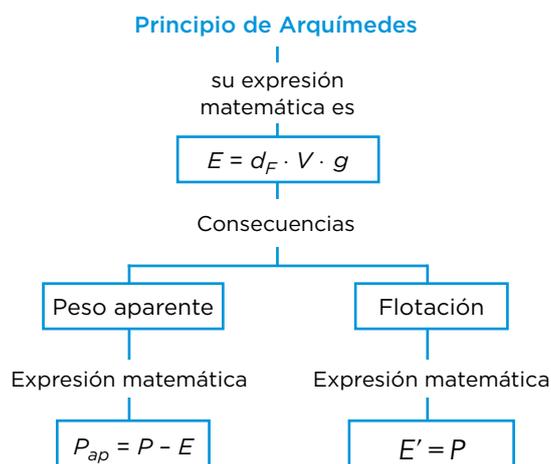
Como se indica en el ejercicio anterior, la solubilidad del vapor de agua en el aire aumenta con la temperatura. Por esta razón, el aire caliente puede contener mayor cantidad de agua en disolución que el frío. Si el aire caliente cargado de humedad se enfría, condensa el agua, y en la atmósfera se forman nubes.

Taller de ciencias

Página 278

Organizo las ideas

El mapa conceptual completo es el siguiente:



Trabajo práctico

Página 279

- 1 Explica cómo es posible que con el peso de tan poca agua vertida se haya reventado el vaso. Para ello, utiliza el lenguaje científico apropiado y enuncia las leyes o principios utilizados.

Para comprender lo que ocurre en esta experiencia, hay que considerar dos leyes: la primera es la ley fundamental de la hidrostática, que nos dice que la presión que ejerce un líquido en su interior depende de su profundidad, y no del peso del líquido que hay encima. Así, aunque el agua vertida en el tubo no sea mucha, la presión que se alcanza en la parte baja lo es; y será mayor cuanto más alta sea la columna de agua.

La segunda ley es la ley de Pascal. La presión que se va a ejercer en el agujero del vaso (que es la de la parte baja del tubo lleno de agua) se va a propagar por todo el líquido que contiene el vaso. La presión será tan grande que el vaso no podrá soportarla y reventará.

- 2 Calcula la presión que se le ha aplicado al vaso debido a esa columna de agua, utilizando la ley fundamental de la hidrostática.

Dependerá del tamaño que haya marcado la columna de agua en el momento de la rotura del vaso. Si por ejemplo, midiera un metro y medio, la presión que se ejercitaría en el interior del vaso sería:

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,5 \text{ m} = 14\,700 \text{ Pa} \approx 0,150 \text{ kg/cm}^2$$

Es como si pusiéramos el peso de 150 gramos en cada centímetro cuadrado del vaso.

- 3** Expresa el resultado en atmósferas y en libras por pulgada cuadrada, y anótalo en tu cuaderno.

Se trata de practicar con los cambios de unidades. En nuestro ejemplo sería:

$$14\,700 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101\,325 \text{ Pa}} \simeq 0,145 \text{ atm}$$

$$14\,700 \text{ Pa} \cdot \frac{14,7 \text{ psi}}{101\,325 \text{ Pa}} \simeq 2,13 \text{ psi}$$

- 4** Si hiciéramos el mismo experimento con mercurio, ¿qué altura habríamos necesitado?

Utilizamos la ley fundamental de la hidrostática con la densidad del mercurio para conseguir una presión de 14 700 Pa.

$$p = d_F \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{p}{d_F \cdot g} = \frac{14\,700 \text{ Pa}}{13\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

- 5** ¿Qué crees que ocurriría si hiciéramos el experimento con agua, pero en la cima de una montaña?

Lo que revienta el vaso, no es la presión de su interior, sino la diferencia de presiones entre dentro y fuera. Si el experimento lo hiciéramos en la cima de una montaña, donde la presión exterior, la atmosférica, es menor, también necesitaríamos una presión menor en el interior del vaso. Luego la columna de agua sería más pequeña.

Trabaja con lo aprendido

Página 280

Presión

- 1** Se aplica una fuerza de 100 N sobre una superficie circular de 5 cm de diámetro. ¿Qué presión se está ejerciendo?

Aplicamos la expresión de la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot r^2} = \frac{F}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{100 \text{ N}}{\pi \cdot \left(\frac{0,05 \text{ m}}{2}\right)^2} \simeq 50\,930 \text{ Pa}$$

- 2** Determina la presión que se ejerce con la punta de un alfiler de 0,5 cm² cuando se presiona con una fuerza de 10 N.

Aplicamos la expresión de la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{10 \text{ N}}{0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 200\,000 \text{ Pa}$$

- 3** Una columna de granito de 2,71 g/cm³ de densidad tiene un diámetro de 50 cm y una altura de 4 m. Determina la presión que ejerce sobre su base debido a su propio peso.

El volumen de la columna es:

$$V = S \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h$$

La masa de la columna es:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h \cdot d$$

Calculamos la presión que ejerce el peso de esa masa apoyado sobre su base circular:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{\pi \cdot r^2} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h \cdot d \cdot g}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = d \cdot g \cdot h = 2710 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \text{ m} = 106\,232 \text{ Pa}$$

- 4 Una persona de 75 kg lleva unas botas de 200 cm² de superficie de apoyo cada una. Determina la presión que ejercerá sobre la nieve cuando esté de pie. ¿Y cuando lo haga con sus esquís, de superficie 1800 cm² cada uno? ¿Puedes explicar por qué se hunde menos en la nieve cuando lleva los esquís?**

Aplicamos la expresión de la definición de presión. Cuando está apoyado sobre sus pies:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{75 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{400 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 18\,375 \text{ Pa}$$

Cuando está apoyado con los esquís:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{75 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3600 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \approx 2\,042 \text{ Pa}$$

Cuanto mayor sea la presión que se ejerce sobre un cuerpo, más se deforma este. En el caso de la nieve, se hunde más en el primer caso cuando la presión es mayor.

- 5 Una mesa de 20 kg tiene un tablero rectangular de 100 x 70 cm. Las cuatro patas son de sección cuadrada de 4 x 4 cm. Determina la presión que ejerce la mesa debido a su propio peso cuando está apoyada sobre sus cuatro patas, y también, cuando se le da la vuelta y se apoya sobre el tablero.**

Aplicamos la expresión de la definición de presión. Cuando está apoyada sobre sus cuatro patas:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{4 \cdot 16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 30\,625 \text{ Pa}$$

Cuando se apoya sobre el tablero:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{7\,000 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 280 \text{ Pa}$$

- 6 Determina la densidad de un cubo de 7,5 cm de arista que aplica una presión bajo su peso de 1102,5 Pa.**

Aplicamos la expresión de la definición de presión.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{P}{S} = \frac{m \cdot g}{a^2} = \frac{d \cdot V \cdot g}{a^2} = \frac{d \cdot a^3 \cdot g}{a^2} = d \cdot a \cdot g \rightarrow$$

$$\rightarrow d = \frac{p}{a \cdot g} = \frac{1102,5 \text{ Pa}}{7,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 1500 \text{ kg/m}^3 = 1,5 \text{ g/cm}^3$$

- 7 Cuando estudies más adelante la energía, verás que su dimensión $[E] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$. Comprueba que la presión es una energía por unidad de volumen.**

Ya habíamos calculado que la dimensión de la presión es:

$$[p] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$$

Veamos la dimensión de la energía por unidad de volumen:

$$\left[\frac{E}{V} \right] = \left[\frac{E}{V} \right] = \frac{M \cdot L^2 \cdot T^{-2}}{L^3} = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2} = [p]$$

Efectivamente, la presión puede ser considerada una energía por unidad de volumen.

Ley fundamental de la hidrostática

- 8** ¿Eres capaz de dar una explicación científica al hecho de que los líquidos en gravedad cero adopten una forma esférica y no otra?

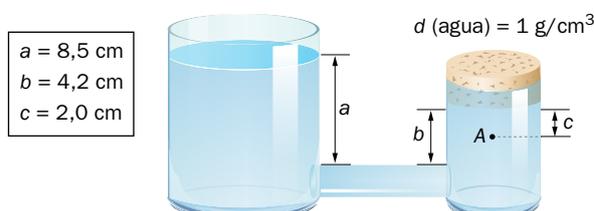
En el apartado «Trabaja con la imagen» de la página 260 ya se dio una respuesta desde el punto de vista de las fuerzas. Se podría dar otra explicación basada en consideraciones energéticas, pero excedería los contenidos de este curso.

- 9** Determina la presión que habrá en el fondo de la fosa de las Marianas, que es el punto conocido más profundo del planeta, con 11 012 m. Supongamos una densidad de $1,025 \text{ g/cm}^3$.

Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática:

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 11012 \text{ m} \simeq 111 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

- 10** Determina la presión que hay en el punto A.



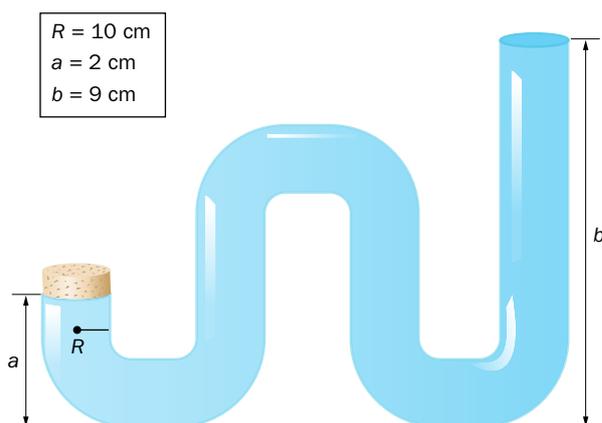
Aplicamos la ley fundamental de la hidrostática, teniendo en cuenta que la profundidad a la que se encuentra el punto A es:

$$h = a - b + c = (8,5 - 4,2 + 2,0) \text{ cm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 617,4 \text{ Pa}$$

Esta presión es manométrica. Para tener la presión absoluta, habrá que sumarle la atmosférica.

- 11** ¿Con qué fuerza estará presionando el agua del recipiente el tapón de la rama más corta?



Calculamos la presión del agua que está junto al tapón. La profundidad de estos puntos es:

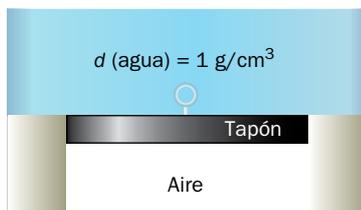
$$h = b - a = 9 - 2 = 7 \text{ cm}$$

$$p = d_F \cdot g \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 686 \text{ Pa}$$

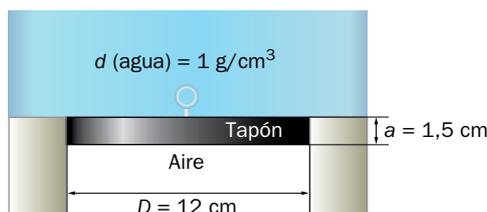
La fuerza que se aplica en la superficie circular del tapón es:

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot R^2 = 686 \text{ Pa} \cdot \pi \cdot (0,10 \text{ m})^2 \simeq 21,6 \text{ N}$$

- 12** En el fondo de una piscina de 2,6 m de profundidad está puesto el tapón del sumidero, circular, de 12 cm de diámetro y 1,5 cm de espesor, y su densidad es de 7,9 g/cm³. ¿Cuánto pesa el tapón? ¿Qué fuerza tendremos que hacer para quitar la tapa?



Primeramente obtendremos el volumen del tapón, con ello la masa, y posteriormente calcular el peso:



$$V = S \cdot h = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot a$$

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = d \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot a$$

$$P = m \cdot g = d \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot a \cdot g =$$

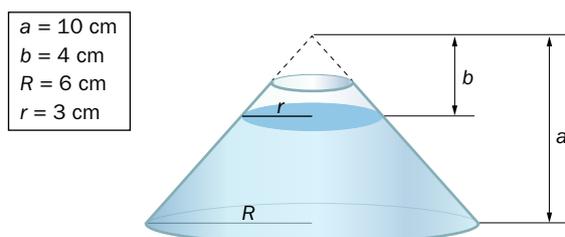
$$= 7900 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,12 \text{ m})^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 13 \text{ N}$$

Para levantar el tapón, tendremos que aplicar una fuerza hacia arriba que supere el peso de este y la fuerza que la presión le hace hacia abajo en su cara superior. Sobre el tapón no actúa el empuje, puesto que no está totalmente sumergido.

$$F = P + F_p = P + p \cdot S = P + d_F \cdot g \cdot h \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 =$$

$$= 13 \text{ N} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,6 \text{ m} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,12 \text{ m})^2 \simeq 301 \text{ N}$$

- 13** Determina la fuerza que ejerce el agua sobre el fondo del depósito y di si es mayor o menor que el peso del agua que contiene. Ten en cuenta que el volumen de agua se calcula a partir de la expresión: $V = \frac{1}{3} \pi \cdot R^2 \cdot a - \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \cdot b$.



Veamos el volumen de agua:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot a - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot b = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (6 \text{ cm})^2 \cdot 10 \text{ cm} - \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (3 \text{ cm})^2 \cdot 4 \text{ cm} \simeq 339,3 \text{ cm}^3$$

El peso de toda esa agua es:

$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 339,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 3,3 \text{ N}$$

La fuerza sobre el fondo debida a la presión, que es la fuerza real que empuja el fondo, es:

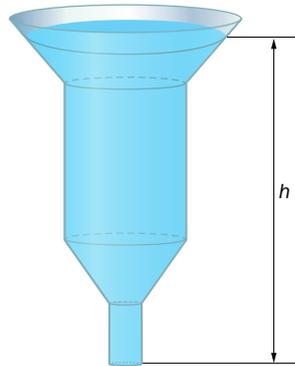
$$F_p = p \cdot S = d_F \cdot g \cdot (a - b) \cdot \pi \cdot R^2 = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (10 - 4) \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \pi \cdot (0,06 \text{ m})^2 \simeq 6,7 \text{ N}$$

Paradójicamente, sobre el fondo del recipiente se aplica una fuerza mayor que el peso del propio líquido contenido.

Página 281

- 14** El depósito de la imagen contiene 1000 litros de agua. En el fondo tiene un orificio de 0,5 cm de diámetro. ¿Podría una persona aplicar fuerza suficiente con el dedo y taponar el depósito para que no se vacíe?

Dato: $h = 1 \text{ m}$.



Calculamos la fuerza debida a la presión sobre la superficie circular del tubo de salida.

$$F_p = p \cdot S = d_F \cdot g \cdot h \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2 \simeq 0,2 \text{ N}$$

Evidentemente, una persona puede taponarlo aplicando una fuerza tan minúscula, a pesar de que los 1000 litros de agua pesan 9800 N.

- 15** Si dos lagos cercanos tienen sus superficies a la misma altura, ¿podremos asegurar que están comunicados subterráneamente?

Según el principio de los vasos comunicantes, dos recipientes que estén comunicados tienen sus superficies a la misma altura. Por eso, no se puede asegurar, pero sí podríamos decir que con una alta probabilidad están comunicados.

- 16** En una calle inclinada hay una tapia en la que queremos dibujar una línea horizontal; para ello, disponemos de una manguera traslúcida. Explica cómo proceder y en qué principio te basas.

Si echamos agua en la manguera por un extremo mientras se mantiene el otro levantado, podremos observar que las superficies de los dos lados se mantienen a la misma altura; es el principio de los vasos comunicantes. Este hecho se puede utilizar para marcar en una pared puntos que se encuentren a la misma altura, manteniendo un extremo fijo, y cambiando de posición el otro.

17 ¿Para qué crees que en ciertas zonas urbanas hay una torre alta con un depósito de agua en la parte superior?

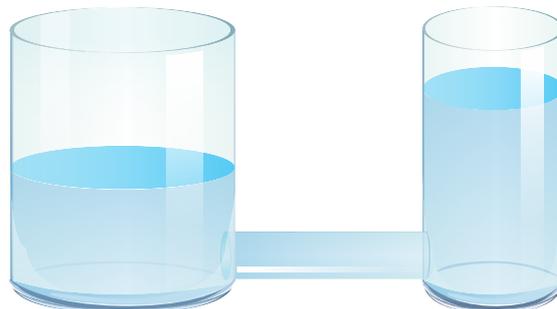
En virtud del principio de los vasos comunicantes, hemos estudiado que el depósito de suministro de agua en las zonas urbanas debe estar siempre más alto que las casas hasta donde se quiere llevar. Si en una zona urbana hay edificios altos, pudiera ocurrir que algunas plantas estén más altas que el depósito de suministro, y en tal caso, el agua no llegaría; o puede suceder que estén a menos altura que la del depósito, en cuyo caso el agua llegaría pero con poca presión. Por eso, se construyen depósitos en torres con la altura suficiente. Estos depósitos se llenan mediante el bombeo del agua.

18 Los romanos construían grandes acueductos para salvar obstáculos y llevar el agua de un punto a otro. ¿Por qué nosotros no necesitamos construirlos?

En el «Trabaja con la imagen» de la página 262 ya se comentó que los romanos sí conocían el principio de los vasos comunicantes, sin embargo, construían grandes acueductos para salvar depresiones en el terreno. Se cree que no sabían construir tuberías que soportaran grandes presiones, requisito indispensable para salvar un barranco de cierta profundidad.

En nuestra sociedad actual utilizamos distintos materiales muy resistentes que soportan perfectamente grandes presiones, y en consecuencia no tenemos ninguna dificultad en construir tubos en U para salvar las depresiones del terreno.

19 ¿Crees que el líquido de la imagen de abajo está en equilibrio? Justifica tu respuesta.



Según el principio de los vasos comunicantes, no está en equilibrio. La imagen podría ser una instantánea de cómo estaría el líquido en un instante dado, pero no permanecería en el tiempo. Cuando se dejara evolucionar el líquido hasta el equilibrio, adquiriría la misma altura en los dos recipientes.

20 Si el agua llega a un sexto piso a una presión de 20000 Pa, ¿qué presión habrá en la planta baja? Dato: hay 3 m por planta.

Supongamos que la sexta planta está a una profundidad con respecto al depósito igual a h . La presión en esta planta es:

$$p_6 = d_F \cdot g \cdot h$$

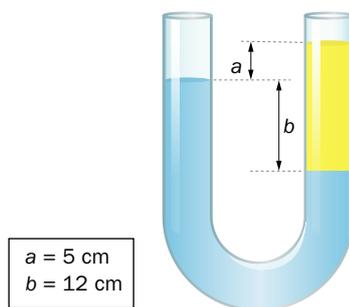
En la planta baja, $a = 18$ metros más profundo, la presión es:

$$p = d_F \cdot g \cdot (h + a) = d_F \cdot g \cdot h + d_F \cdot g \cdot a = p_6 + d_F \cdot g \cdot a$$

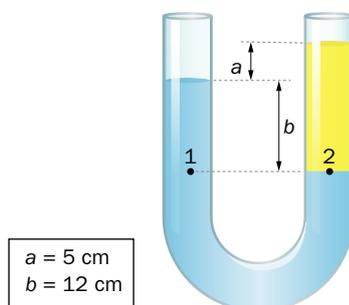
Sustituyendo valores:

$$p = p_6 + d_F \cdot g \cdot a = 20\,000 \text{ Pa} + 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 18 \text{ m} = 196\,400 \text{ Pa}$$

- 21** El líquido de menor cantidad de la imagen es un aceite de $0,8 \text{ g/cm}^3$. Determina la densidad del líquido desconocido.

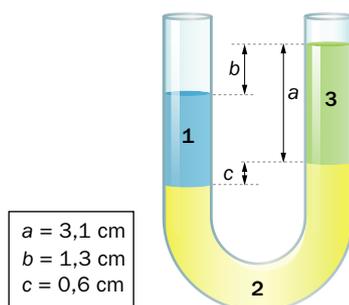


Puesto que el líquido está en equilibrio, la presión en cualquier punto de la superficie de contacto de los dos líquidos es igual a la presión de los puntos de la otra rama que están a la misma altura:



$$p_1 = p_2 \rightarrow d_1 \cdot g \cdot b = d_2 \cdot g \cdot (a + b) \rightarrow d_1 = \frac{a + b}{b} \cdot d_2 = \frac{5 \text{ cm} + 12 \text{ cm}}{12 \text{ cm}} \cdot 0,8 \text{ g/cm}^3 \simeq 1,13 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

- 22** En un tubo con forma de U hay tres líquidos inmiscibles. El líquido 1 es agua, y el 2 es un líquido de densidad $1,2 \text{ g/cm}^3$. Determina la densidad del líquido 3.



Al estar los líquidos en equilibrio, los puntos de la superficie de separación entre los líquidos 1 y 2 están a la misma presión que los puntos del líquido 2 de la otra rama que está a la misma altura.

$$p_1 = p_2 \rightarrow d_1 \cdot g \cdot (a - b + c) = d_3 \cdot g \cdot a + d_2 \cdot g \cdot c$$

$$d_3 = \frac{d_1 \cdot (a - b + c) - d_2 \cdot c}{a} = \frac{1 \text{ g/cm}^3 \cdot (3,1 - 1,3 + 0,6) \text{ cm} - 1,2 \text{ g/cm}^3 \cdot 0,6 \text{ cm}}{3,1 \text{ cm}} \simeq 0,54 \text{ g/cm}^3$$

Principio de Arquímedes

- 23** Un cuerpo de 350 cm^3 de volumen está sumergido en agua pura. Determina el empuje que experimenta.

Simplemente aplicamos la expresión del empuje:

$$E = d_F \cdot g \cdot V = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 350 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \simeq 3,4 \text{ N}$$

- 24** Determina el empuje que experimenta una esfera de 3 cm de diámetro que se encuentra sumergida en alcohol etílico, cuya densidad es: $d = 0,79 \text{ g/cm}^3$.

Dato: volumen de una esfera: $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$.

Aplicamos el principio de Arquímedes:

$$E = d_F \cdot g \cdot V = d_F \cdot g \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = 790 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 \simeq 0,1 \text{ N}$$

- 25** Determina el peso y el peso aparente de un cubo de $1,6 \text{ g/cm}^3$ de densidad y de 5 cm de arista cuando lo sumergimos en agua.

Veamos primeramente el peso:

$$P = m \cdot g = d \cdot V \cdot g = d \cdot a^3 \cdot g = 1600 \text{ kg/m}^3 \cdot (5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,96 \text{ N}$$

El peso aparente es:

$$P_{ap} = P - E = P - d_F \cdot V \cdot g = 1,96 \text{ N} - 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 0,74 \text{ N}$$

- 26** El peso aparente de una roca de 150 cm^3 cuando está sumergida en agua es de 1,76 N. Determina la densidad de la roca.

Utilizaremos la expresión del peso aparente para despejar la densidad de la roca:

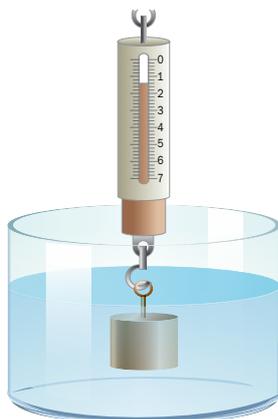
$$P_{ap} = P - E = m \cdot g - d_F \cdot V \cdot g = d \cdot V \cdot g - d_F \cdot V \cdot g \rightarrow d = \frac{P_{ap} + d_F \cdot V \cdot g}{V \cdot g} = \frac{P_{ap}}{V \cdot g} + d_F =$$

$$= \frac{1,76 \text{ N}}{150 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} + 1000 \text{ kg/m}^3 = 2197,3 \text{ kg/m}^3 \simeq 2200 \text{ kg/m}^3 = 2,20 \text{ g/cm}^3$$

Página 282

- 27** Un cilindro metálico de 6 cm de altura y cuya base tiene 2 cm de radio se sumerge en agua, tal y como se indica en la imagen. Si el dinamómetro marca 1,40 N, ¿cuál es la densidad del cilindro?

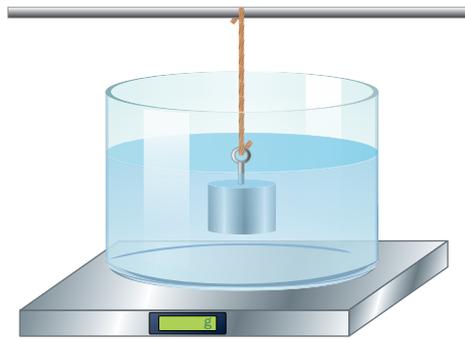
Dato: volumen de un cilindro: $V = \pi \cdot R^2 \cdot h$.



El cilindro está en equilibrio, luego las fuerzas que actúan sobre él se anulan. Del cilindro tira hacia abajo su peso, y hacia arriba el empuje y la fuerza que ejerce el dinamómetro y que es la que este mide.

$$\begin{aligned}
 P &= E + F \rightarrow m \cdot g = d_F \cdot V \cdot g + F \rightarrow d \cdot V \cdot g = d_F \cdot V \cdot g + F \rightarrow \\
 &\rightarrow d \cdot S \cdot h \cdot g = d_F \cdot S \cdot h \cdot g + F \rightarrow d \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g = d_F \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g + F \rightarrow \\
 d &= \frac{d_F \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g + F}{\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g} = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot \pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 + 1,40 \text{ N}}{\pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = \\
 &= 2894,7 \text{ kg/m}^3 \simeq 2900 \text{ kg/m}^3 = 2,9 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

- 28** Queremos medir el volumen de una pieza metálica. Para ello, colocamos una báscula con un vaso de agua encima. Al introducir la pieza, tal y como se muestra en la imagen, la medida de la báscula aumenta 21,6 g. ¿Qué volumen tiene la pieza?



Inicialmente la báscula está midiendo el peso del agua del vaso, al introducir la pieza sin que toque el fondo, la superficie del agua sube un volumen igual al del cuerpo. El resultado es totalmente análogo al obtenido si echáramos un volumen de agua igual al del cuerpo en lugar de introducir este. Por tanto, el aumento que experimenta la báscula es igual al peso del nuevo volumen de agua introducido, que es precisamente el empuje del cuerpo.

Puesto que la báscula aumenta en 21,6 g, el empuje es su peso.

$$\begin{aligned}
 E &= d_F \cdot V \cdot g \rightarrow V = \frac{E}{d_F \cdot g} = \frac{P}{d_F \cdot g} = \frac{m \cdot g}{d_F \cdot g} = \frac{m}{d_F} \\
 V &= \frac{26,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 21,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 21,6 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- 29** Si la densidad media de una persona es de 1,04 g/cm³, ¿se hundirá o flotará en agua?

Para saber si un cuerpo flota o no, hay que ver si su empuje es mayor o no que su peso, pero eso se traduce en ver si su densidad media es menor o no que la del fluido. La densidad de una persona es ligeramente superior a la del agua dulce (1 g/cm³), por eso se hunde. La diferencia es menor con el agua salada del mar (1,027 g/cm³), y aunque también se hunde, es más fácil nadar. Sin embargo, en las aguas del mar Muerto, las personas flotan puesto que la densidad de sus aguas es, aproximadamente, 1,24 g/cm³.

- 30** Un cuerpo de 80 cm³ de volumen y 0,49 g/cm³ de densidad está flotando en gasolina, cuya densidad es: $d_F = 0,68 \text{ g/cm}^3$. ¿Qué volumen queda emergido?

Un cuerpo que flota está en equilibrio entre la fuerza peso y la del empuje del volumen de fluido que desaloja (V').

$$E' = P \rightarrow d_F \cdot V' \cdot g = d \cdot V \cdot g \rightarrow V' = \frac{d \cdot V}{d_F}$$

El volumen emergido es:

$$V_e = V - V' = V \cdot \left(1 - \frac{d}{d_F}\right) = 80 \text{ cm}^3 \cdot \left(1 - \frac{0,49 \text{ g/cm}^3}{0,68 \text{ g/cm}^3}\right) \simeq 22,4 \text{ cm}^3$$

- 31** Si un barco va cargado al máximo, navegando por agua de mar, ¿podrá entrar por la desembocadura de un río, navegando río arriba? Razona la respuesta.

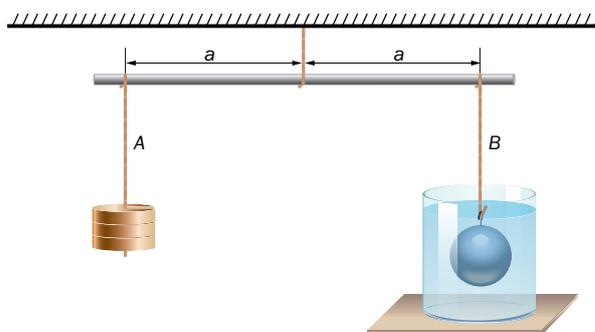
Puesto que la densidad del agua de mar es mayor que la del agua dulce, produce un empuje mayor. Si un barco va cargado al máximo navegando por agua de mar, significa que está desalojando el máximo posible de fluido, luego su empuje es el máximo posible. Si entrara en agua dulce, tendría que desalojar más agua para igualar el empuje anterior en agua salada, pero ya no puede más, puesto que iba desalojando lo máximo posible. Así que al intentar hacerlo, el barco se hundiría más de lo diseñado y entraría agua, hundiéndose.

- 32** ¿Por qué crees que los buzos se cuelgan pesas para aumentar su densidad media y así, poder sumergirse más fácilmente.

Los buzos se cuelgan pesas para aumentar su densidad media y así, poder sumergirse más fácilmente.

- 33** Realizamos el siguiente montaje. En el lado A se han colocado pesas hasta equilibrar la varilla, lo que sucede cuando la masa es de 4911 g. En el otro lado, hay una esfera de 8 cm de diámetro y de densidad desconocida sumergida en agua. Determina la densidad de la esfera.

Dato: volumen de una esfera, $V = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3$.



Las pesas producen una fuerza hacia abajo igual al peso de las pesas en el brazo izquierdo de la varilla:

$$P_{\text{pesas}} = m \cdot g = 4,911 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \simeq 48,1 \text{ N}$$

En el brazo derecho, la fuerza neta sobre la esfera hacia abajo tiene que ser igual para que exista el equilibrio. Esta fuerza neta hacia abajo es el peso aparente de la esfera.

$$P_{\text{ap}} = P_{\text{esf}} - E = d \cdot V \cdot g - d_F \cdot V \cdot g = P_{\text{pesas}} \rightarrow$$

$$\rightarrow d = \frac{P_{\text{pesas}} + d_F \cdot V \cdot g}{V \cdot g} = \frac{P_{\text{pesas}}}{V \cdot g} - d_F = \frac{P_{\text{pesas}}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot g} + d_F$$

$$d = \frac{48,1 \text{ N}}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (4 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} + 1000 \text{ kg/m}^3 \simeq 19\,308 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 19,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

En la realización de este ejercicio hemos despreciado el empuje del aire sobre las pesas, que realmente es pequeño y no influye en el resultado.

- 34** ¿Dónde crees que cansará menos nadar, en agua dulce o salada? Justifica tu respuesta.

El agua salada es más densa que el agua dulce, por eso, el empuje que produce sobre los cuerpos sumergidos es mayor. En consecuencia, es más fácil y menos cansado nadar en agua de mar.

- 35** La densidad del agua del mar Muerto tiene un valor de $1,240 \text{ g/cm}^3$. ¿Puedes explicar por qué las personas pueden flotar en ella?

Ya adelantamos en la resolución del ejercicio 29 que la densidad media de una persona es inferior a la del agua del mar Muerto; por tanto, su empuje es mayor que su peso y flota.

- 36** Un densímetro es un pequeño dispositivo que, al flotar en un líquido, marca el volumen que queda emergido. Con este valor, se determina la densidad del líquido en el que flota.

Si un densímetro de $0,65 \text{ g/cm}^3$ de densidad flota en un líquido, y emerge un 35% de su volumen, ¿qué densidad tiene el líquido?

Si el 35% del volumen del densímetro emerge, entonces el 65% de su volumen está sumergido. Podemos escribir:

$$V' = 0,65 \cdot V$$

Cuando flota, se cumple que el empuje es igual al peso:

$$E' = P \rightarrow d_F \cdot V' \cdot g = d \cdot V \cdot g \rightarrow d_F = \frac{V}{V'} \cdot d$$

$$d_F = \frac{V}{0,65 \cdot V} \cdot d = \frac{1}{0,65} \cdot d = \frac{1}{0,65} \cdot 0,65 \text{ g/cm}^3 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Ley de Pascal

- 37** Explica el fundamento del funcionamiento de la prensa hidráulica.

Una prensa hidráulica consiste en un recipiente con un líquido. Se aplica una fuerza en un émbolo de superficie pequeña, y por la ley de Pascal esta presión se transmite a todos los puntos del interior del fluido; en particular, a los puntos que están en contacto con un segundo émbolo de mayor superficie, que será desplazado debido a la fuerza que aparece sobre él. Al ser la superficie del segundo émbolo mayor, la fuerza que aparece sobre este es más intensa que la aplicada en el émbolo pequeño.

- 38** Una prensa hidráulica tiene una superficie pequeña de $0,3 \text{ cm}^2$, y la grande, de 40 cm^2 . ¿Qué fuerza se obtendrá en el émbolo mayor al aplicar una fuerza de 100 N sobre el émbolo pequeño?

La presión aplicada en el émbolo pequeño (p_1) es transmitida con la misma intensidad al émbolo grande (p_2):

$$p_1 = p_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \rightarrow F_2 = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_1 = \frac{40 \text{ cm}^2}{0,3 \text{ cm}^2} \cdot 100 \text{ N} \simeq 13\,333 \text{ N}$$

- 39** El diámetro del émbolo pequeño de una prensa hidráulica es de $1,5 \text{ cm}$, y el del grande, de $30,0 \text{ cm}$. Si se tiene elevado un coche de 900 kg , ¿qué fuerza se está aplicando sobre el émbolo pequeño?

La fuerza en el émbolo grande es igual al peso del coche para mantenerlo en equilibrio.

$$F_2 = P_{\text{coche}} = m \cdot g = 900 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 8\,820 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta la expresión de la prensa hidráulica, podemos determinar la fuerza que se está aplicando sobre el émbolo pequeño.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{\pi \cdot R_2^2}{\pi \cdot R_1^2} = \frac{\left(\frac{D_2}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_1}{2}\right)^2} = \frac{D_2^2}{D_1^2} \rightarrow F_1 = \frac{D_1^2}{D_2^2} \cdot F_2 = \frac{(1,5 \text{ cm})^2}{(30,0 \text{ cm})^2} \cdot 8\,820 \text{ N} \simeq 22,05 \text{ N}$$

Presión atmosférica

- 40** Si la presión atmosférica es debida al peso del aire que tenemos encima, ¿por qué cuando nos ponemos bajo techo no notamos una disminución de presión?

La presión en el interior de un fluido es una propiedad de cada punto que depende de la profundidad, independientemente de la forma del recipiente. Esta presión se transforma en una fuerza cuando se considera una superficie en el interior del fluido. Esta fuerza es perpendicular a la superficie y es independiente de la orientación en el espacio que esta tenga. Así, si la superficie es un techo, presiona hacia arriba, y si hay un objeto bajo ese techo experimenta fuerzas a lo largo de su superficie comprimiéndolo, igual que si estuviera a la misma profundidad y sin techo.

- 41** Una persona succionando agua con una pajita muy larga es capaz de hacer en su boca un vacío igual a la décima parte de la presión atmosférica. ¿Hasta qué altura subirá el agua?

Puesto que el vaso de agua del que se va a beber está abierto a la presión atmosférica, la columna de agua junto con la presión de aire que queda en la parte superior de la pajita tiene que ser igual a la presión atmosférica en el equilibrio. Por tanto:

$$p_{atm} = p + d_F \cdot g \cdot h \rightarrow p_{atm} = 0,1 \cdot p_{atm} + d_F \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{p_{atm} - 0,1 \cdot p_{atm}}{d_F \cdot g} = \frac{0,9 \cdot p_{atm}}{d_F \cdot g}$$

Suponemos que hay una presión exterior de una atmósfera:

$$h = \frac{0,9 \cdot 101325 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} \simeq 9,31 \text{ m}$$

- 42** Si un vaso a rebosar de agua lo tapamos con una cartulina plastificada y le damos la vuelta, comprobamos que el agua no se cae. ¿Cómo es posible que la presión atmosférica empuje la cartulina hacia arriba?

Como se ha explicado ya en la resolución del ejercicio 40, la presión en el interior de un fluido es una propiedad de cada punto, que se transforma en una fuerza cuando se introduce una superficie en su interior. Esta fuerza es perpendicular a la superficie independientemente de su orientación.

- 43** Expresa un valor de presión de 990 mb al resto de unidades estudiadas.

Es un ejercicio de cambio de unidades, y sirve también para que el alumnado vea en qué rangos se mueve cada unidad de presión.

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{1013 \text{ mb}} \simeq 0,977 \text{ atm}$$

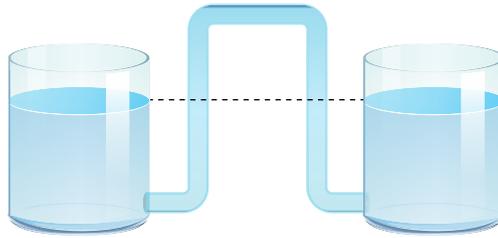
$$990 \text{ mb} \cdot \frac{101325 \text{ Pa}}{1013 \text{ mb}} \simeq 99\,000 \text{ Pa}$$

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{760 \text{ mmHg}}{1013 \text{ mb}} \simeq 743 \text{ mmHg}$$

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{1,034 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1013 \text{ mb}} \simeq 1,011 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$990 \text{ mb} \cdot \frac{14,7 \text{ psi}}{1013 \text{ mb}} \simeq 14,4 \text{ psi}$$

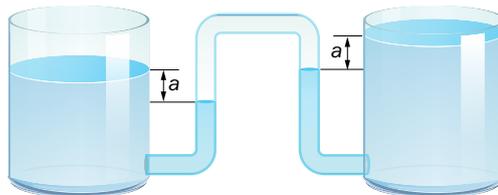
44 ¿Crees que el líquido de la figura está en equilibrio? Razona tu respuesta.



Se trata de dos recipientes que están comunicados por un mismo líquido. Según el principio de los vasos comunicantes, está en equilibrio. Lo que nos puede extrañar es que parte del tubo que comunica los dos recipientes está por encima de las superficies libres de los líquidos. La presión hidrostática, que es una presión relativa, a la altura de las superficies es cero, luego los puntos del tubo que están por encima tienen una presión negativa. Esto quiere decir que su presión está por debajo de la presión atmosférica, ya que para obtener la presión absoluta, hay que sumar la atmosférica a la presión relativa.

Si el tubo tuviera una altura mayor de 10,34 m, se formaría una burbuja a esa altura de espacio vacío. Luego, hasta esa altura, el tubo estaría lleno de agua.

45 ¿Estarán los líquidos de la imagen en equilibrio? Justifica la respuesta.



No se trata de vasos comunicantes, puesto que entre los dos depósitos no hay una comunicación continua mediante el líquido. Si nos fijamos en la imagen, se trata de dos manómetros, donde ambos están midiendo la presión del gas encerrado en el tubo que los conecta. Por eso, la columna en cada recipiente para medir la presión del gas tiene una altura idéntica a con respecto a la superficie de la rama en contacto con el gas. Luego, efectivamente, el sistema está en equilibrio.

Conceptos meteorológicos

46 Busca en Internet el mapa meteorológico de hoy, y justifica el tiempo de hoy y el de mañana.

Con este ejercicio se pretende que el estudiante relacione el tiempo que experimenta cada día con los mapas meteorológicos que nos muestran los medios de comunicación diariamente. De esta manera, el alumno o alumna puede tratar de interpretarlos y justificar lo que experimenta e intentar pronosticar el tiempo que vendrá. Es una actividad de interpretación de esquemas gráficos en los que el alumnado podría aficionarse.

1 Energía

Página 288

1  En los siguientes procesos se está transfiriendo energía de un cuerpo a otro; explica si esta transferencia se produce mediante calor o trabajo:

- Pongo una cacerola con agua en la vitrocerámica para que el agua que contiene hierva.
 - Saco una pizza para que se descongele.
 - Tiro de mi maleta y la desplazo.
 - Pego una patada al balón y consigo meter un gol.
- Se está produciendo transferencia de calor, la vitrocerámica transfiere calor al agua que contiene la cacerola y aumenta su temperatura hasta la ebullición.
 - Ahora es la pizza congelada la que absorbe calor del ambiente, ganando energía térmica, aumentando así la energía cinética media de las partículas y con ello su temperatura hasta acabar descongelándose.
 - La transferencia es en forma de trabajo, puesto que se aplica una fuerza sobre la maleta y se produce un desplazamiento.
 - Análogamente el apartado anterior, la transferencia es en forma de trabajo; se aplica una fuerza sobre el balón y este se desplaza hasta la portería.

2 **Analiza el origen de las fuerzas de rozamiento y explica por qué producen disipación de energía.**

Su origen es electromagnético.

Las fuerzas de contacto son interacciones eléctricas de repulsión entre los electrones que forman parte de la corteza de los átomos que constituyen las superficies de contacto, pero debido a la presión que soportan dichas superficies también existen fuerzas moleculares de atracción extraordinariamente intensas. Hay muchos puntos en que los átomos parecen soldarse unos a otros, y cuando se arrastra un cuerpo sobre otro, las pequeñas soldaduras se separan con dificultad; es lo que llamamos **fuerza de rozamiento como oposición al movimiento**. Debido a esto surgen vibraciones y movimientos atómicos que producen disipación de energía en forma de calor. Medidas realizadas han puesto en evidencia que se pueden alcanzar de forma localizada 1000 °C o más, aunque el conjunto solo se perciba algo caliente.

3 **Explica qué forma de energía se pone de manifiesto en los siguientes casos:**

- Un caballo corriendo velozmente.
 - Un muelle estirado.
 - La leña ardiendo.
 - Un pájaro en la rama de un árbol.
 - La luz que nos llega del Sol.
- a) Energía mecánica, ya que se trata de un sistema material en movimiento.

- b) Energía potencial elástica, puesto que se trata de un sistema material elástico que se deforma y puede recuperar su estado de equilibrio.
- c) Este caso es una evidencia de la energía química contenida en un cuerpo. Se produce una combustión en la que se desprende energía en forma de calor.
- d) Un sistema material situado a cierta altura sin movimiento tiene energía potencial gravitatoria.
- e) La luz que nos llega del Sol es la energía térmica producida en las reacciones nucleares de la estrella, que está transfiriéndose en forma de energía radiante.

4 **Elabora un listado con las formas de energía que aparecen en el texto. ¿Añadirías alguna otra forma de energía a ese listado? ¿Cuál?**

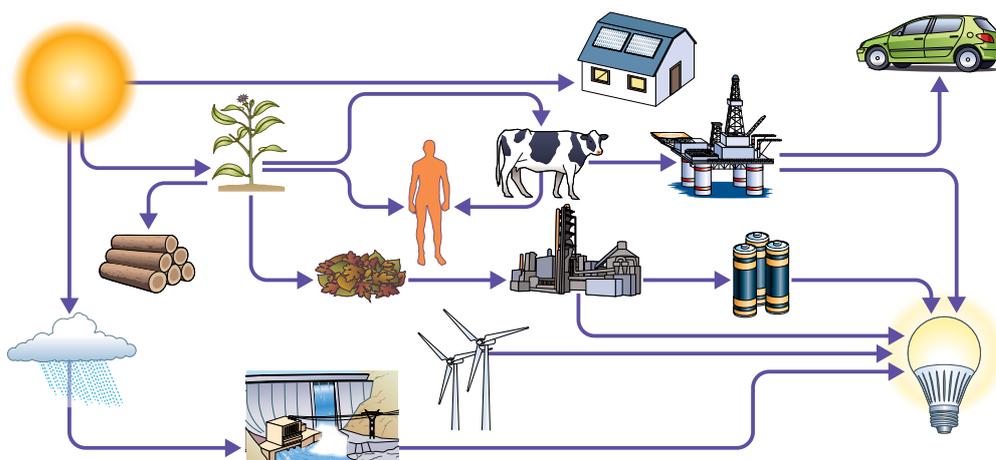
Las formas de energía que aparecen en el epígrafe 1.2 son: nuclear, química, mecánica, térmica y eléctrica. Cualquier otra forma de energía se reduce a alguna de las aquí estudiadas. Incluso la energía térmica, que aquí tratamos como una forma de energía independiente del resto por deberse al movimiento de las partículas, podría considerarse como una forma de energía mecánica, la energía cinética del movimiento interno. Asimismo, la energía química también podría derivarse a una energía eléctrica de interacción entre electrones y protones.

5  **Busca información y explica qué transformaciones deben producirse para convertir la energía mecánica de las olas del mar en energía eléctrica.**

La energía mecánica de las olas procede de una fuente de energía renovable: la energía eólica (o undimotriz). Existe una amplia variedad de dispositivos que, utilizando diferentes tecnologías, convierten la energía procedente de las olas en electricidad.

Básicamente, el Sol calienta el aire cercano a la superficie terrestre, este se vuelve menos denso y sube, a su vez, el aire más frío y más denso cae. De esta forma, el aire se desplaza en forma de viento y las olas son el producto del movimiento del aire sobre la superficie del mar. A su vez, el movimiento de las olas mediante un convertidor conduce al movimiento de unas turbinas que, inmersas en el interior de un campo magnético y mediante un generador, producen corriente eléctrica inducida.

6  **En grupos, preparad un texto que explique la imagen inferior.**



Todo comienza con la energía que irradia el Sol. El Sol influye en los agentes geológicos externos y produce la evaporación de los mares y océanos. Permite el crecimiento de las plantas, los productores, que servirán de nutrientes a otros eslabones de la cadena trófica.

Este puede ser un comienzo del texto libre que se pide, en él deben incluir las fuentes de energías que ya conocen, así como las transformaciones que tienen lugar para que, finalmente, la energía llegue a las casas y nos facilite el modo de vida.

Página 289

- 7**  Un trineo parte del reposo y se desliza hacia abajo por la ladera de una colina. Haz un análisis energético del desplazamiento del trineo, suponiendo que no existe rozamiento.

Consideraremos el trineo como un sistema material libre de rozamientos que tiene energía mecánica. Al encontrarse en reposo en la cima de una colina, su energía mecánica es toda energía potencial gravitatoria. Cuando se desliza hacia abajo, comienza a ganar velocidad aumentando su energía cinética, pero, al disminuir la altura sobre la colina, disminuye su energía potencial gravitatoria, de tal forma que la suma de la energía cinética ganada y la potencial perdida siempre tiene un valor constante, igual a la energía mecánica que tenía en la cima.

- 8**  Cuando lanzamos una pelota al aire, ¿en qué condiciones se conservaría su energía? Explica qué transformaciones de energía se suceden, desde que la lanzamos hasta que vuelve a caer al suelo.

La energía de la pelota se conservará siempre que no existan fuerzas no conservativas como podría ser el rozamiento con el aire.

En el lanzamiento de la pelota, supuesto vertical y libre de rozamientos, la energía cinética proveniente de la velocidad con la que se impulsa se convierte en energía potencial gravitatoria en la subida. Cuando la pelota baja, es la energía potencial la que se transforma en cinética.

2 Trabajo

Página 293

- 9** Siempre que aplicamos una fuerza sobre un cuerpo, ¿estamos realizando un trabajo? ¿En qué condiciones no se realiza trabajo?

Las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo no siempre realizan trabajo. Para saber en qué condiciones se realiza trabajo es necesario que se cumplan dos condiciones.

1.ª condición: que exista desplazamiento.

2.ª condición: que la fuerza efectiva, definida como la proyección de la fuerza sobre la dirección del desplazamiento, no sea nula, $F_{\text{efectiva}} = F \cdot \cos \alpha \neq 0$. Dicha fuerza efectiva es nula si el ángulo que forma la fuerza aplicada con la dirección del desplazamiento es de 90° .

- 10** Se realiza el mismo trabajo levantando una masa de 20 kg y dejándola a 2 m de altura, que levantando una masa de 40 kg y dejándola 1 m de altura. La fuerza aplicada, ¿es la misma? Razona tu respuesta.

Se realiza el mismo trabajo en las dos situaciones, sin embargo, la fuerza aplicada no es la misma. En ambos casos, la fuerza aplicada debe vencer el peso del cuerpo, que en el primer caso es 200 N y en el segundo 400 N, ya que $P = m \cdot g$, y consideramos $g \simeq 10 \text{ m/s}^2$.

Para conseguir aportar la misma cantidad de energía, la fuerza de 200 N debe actuar durante el doble de recorrido que la fuerza de 400 N.

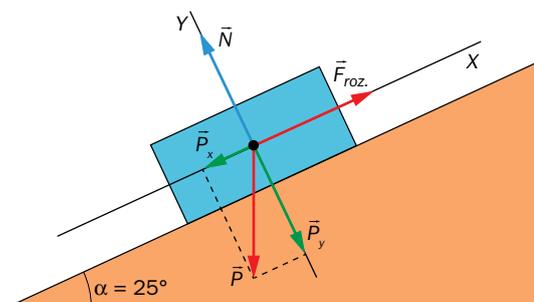
- 11**  Sobre un plano inclinado 25° se deja caer un cuerpo de 23 kg de masa. El cuerpo desliza 10 m hacia abajo sometido a un rozamiento de 90 N. Calcula el trabajo total transferido al cuerpo. Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

El sistema de referencia elegido debe tener el eje X paralelo al desplazamiento y el eje Y perpendicular a este. Al descomponer la fuerza peso sobre estos ejes, la componente P_y se anula con la normal, y la componente P_x se opone a la fuerza de rozamiento, de forma que la resultante queda a favor del movimiento.

Siendo:

$$P_x = m \cdot g \cdot \text{sen } 25^\circ$$

$$P_y = m \cdot g \cdot \text{cos } 25^\circ$$



Aplicando las leyes de Newton a cada eje:

$$\text{Eje X: } \Sigma F_x = P_x - F_{\text{roz}} = m \cdot g \cdot \text{sen } 25^\circ - \mu \cdot N = 5,26 \text{ N}$$

$$\text{Eje Y: } \Sigma F_y = N - P_y = N - m \cdot g \cdot \text{cos } 25^\circ = 0 \rightarrow N = m \cdot g \cdot \text{cos } 25^\circ$$

$$W_{\text{total}} = \Sigma F_x \cdot \Delta r = 5,26 \text{ N} \cdot 10 \text{ m} = 52,6 \text{ J}$$

- 12** Una fuerza que siempre es perpendicular a la velocidad, ¿realiza trabajo?

No, esas fuerzas no realizan trabajo. Las fuerzas cuya dirección es perpendicular al vector velocidad no tienen componente efectiva sobre el desplazamiento, y su trabajo es nulo.

- 13** ¿En qué condiciones una fuerza motora F_M realiza un trabajo máximo?

Cuando la fuerza motora es paralela y del mismo sentido que el desplazamiento, su componente efectiva coincide con el valor de la fuerza aplicada:

$$F_{\text{efectiva}} = F \cdot \text{cos } 0^\circ = F$$

Por tanto, el trabajo realizado es máximo:

$$W_{\text{máx}} = F \cdot \text{cos } 0^\circ \cdot \Delta r = F \cdot \Delta r$$

- 14**  Tu libro de física puede pesar unos 300 g. Levántalo verticalmente hacia arriba unos 34 cm. Acabas de realizar un trabajo de, aproximadamente, un julio. ¿Cuántas calorías utilizaste? ¿Cuántos metros deberías elevar el libro para gastar 1 caloría? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Si se realiza un trabajo de 1 julio, se están aportando 0,24 calorías al sistema.

Para aportar 1 cal al sistema, la distancia que tendremos que levantar el libro será mayor. Pasamos al S.I. los datos del problema:

$$W = 1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J} ; m = 300 \text{ g} = 0,3 \text{ kg}$$

Aplicamos la definición de trabajo:

$$W = F_{\text{exterior}} \cdot \Delta r = \text{Peso} \cdot \Delta r = m \cdot g \cdot \Delta r \rightarrow 4,184 \text{ J} = 0,3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \Delta r \rightarrow \Delta r = 1,42 \text{ m}$$

- 15**  Una fuerza motora de 300 N actúa, en la misma dirección que el desplazamiento, sobre un cuerpo que se desplaza a velocidad constante recorriendo 5 m en línea recta. Calcula el trabajo que realiza la fuerza motora y el que realiza la fuerza de rozamiento. ¿Qué trabajo total se transfiere al cuerpo?

Según la 1ª ley de Newton, si un cuerpo sigue un m.r.u., en el que la velocidad es constante en modulo, dirección y sentido, la resultante de las fuerzas que actúan sobre el sistema debe ser cero.

Por tanto, la fuerza de rozamiento debe tener el mismo valor, pero sentido contrario que la fuerza motora.

Así, las fuerzas deben realizar el mismo trabajo, pero de signos diferentes:

$$W_m = F_m \cdot \Delta r = 300 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} = 1500 \text{ J}$$

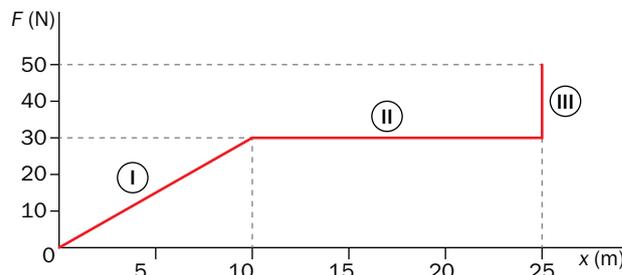
Entonces:

$$W_{roz} = -1500 \text{ J} \quad ; \quad W_{total} = 0$$

3 Potencia

Página 295

- 16**  La siguiente gráfica muestra cómo varía una fuerza aplicada sobre un cuerpo en movimiento.



- Calcula el trabajo que realiza la fuerza en cada uno de los tramos: I, II y III.
- El trabajo total realizado en todo el desplazamiento.
- Calcula la potencia desarrollada si la fuerza actúa durante 5 min.

La gráfica muestra cómo varía una fuerza aplicada sobre un cuerpo que se desplaza.

En el eje de abscisas aparecen las diferentes posiciones que alcanza el cuerpo, y en el eje de ordenadas, el valor de la fuerza efectiva. En la gráfica se distinguen tres tramos:

En el primero de ellos, la fuerza es variable y va subiendo desde 0 N a 30 N, mientras se produce el desplazamiento. En el segundo tramo, la fuerza es constante en todo el desplazamiento y de valor 30 N. En el tercer tramo, la fuerza es variable y aumenta de 30 N a 50 N, pero no se produce desplazamiento.

En los tres casos se procede al cálculo de la superficie que engendra la recta sobre el eje de abscisas, de la siguiente forma:

– En el primer tramo, la superficie es la de un triángulo, por lo que:

$$W_I = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2} = \frac{10 \text{ m} \cdot 30 \text{ N}}{2} = 150 \text{ J}$$

– En el segundo tramo, la superficie es un rectángulo:

$$W_{II} = \frac{\text{lado} \cdot \text{lado}}{2} = 30 \text{ N} \cdot (25 - 10) \text{ m} = 450 \text{ J}$$

– El tercer tramo no engendra ninguna superficie, como puede leerse en la gráfica, ya que no existe desplazamiento y, por tanto:

$$W_{III} = 0 \text{ J}$$

– El trabajo total sería la suma de los trabajos de cada uno de los tramos:

$$W_{\text{total}} = 150 \text{ J} + 450 \text{ J} + 0 \text{ J} = 600 \text{ J}$$

Así la potencia desarrollada en un tiempo de 5 min = 300 s será:

$$P_m = \frac{W_{\text{total}}}{\Delta t} = \frac{600 \text{ J}}{300 \text{ s}} = 2 \text{ W}$$

- 17**  Un motor eléctrico de una industria funciona permanentemente desarrollando una potencia de 2,5 kW. ¿Cuánto trabajo ha realizado el motor transcurridos 15 días? ¿Qué coste económico supone para la industria, si la compañía eléctrica cobra 0,13 € por cada kWh consumido?

La potencia media se define como:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t}$$

De donde se despeja el trabajo:

$$W = P_m \cdot \Delta t = 2500 \text{ W} \cdot (15 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ s} = 3,24 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Puesto que el kWh se paga a 0,13 €, cambiaremos de unidad la energía, pasándola a kWh:

$$W = \frac{3,24 \cdot 10^9 \text{ J} \cdot 1 \text{ kWh}}{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}} = 900 \text{ kWh}$$

Coste total:

$$900 \text{ kWh} \cdot 0,13 \text{ €/kWh} = 117 \text{ €}$$

- 18** Encuentra la ecuación de dimensiones del trabajo y de la potencia.

La ecuación de dimensiones de ambas magnitudes se encuentra a partir de sus definiciones:

$$W = F \cdot \Delta r \rightarrow [W] = [F \cdot \Delta r] = [m \cdot a \cdot \Delta r] = M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow [P] = \left[\frac{W}{t} \right] = M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$$

- 19**  Clasifica las siguientes unidades en unidades de energía y unidades de potencia. Encuentra su equivalencia con la unidad S.I.: HP, erg, eV, MeV, MWh, TEP, TEC, mW.

En la siguiente tabla aparecen clasificadas las unidades y su equivalencia con el S.I.:

Potencia	Energía
1 HP = 74,7 W	1 erg = 10 ⁻⁷ J
1 mW = 10 ⁻³ W	1 eV = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ J
–	1 MeV = 1,6 · 10 ⁻¹³ J
–	1 MWh = 3,6 · 10 ⁹ J
–	1 TEP = 4,2 · 10 ¹⁰ J
–	1 TEC = 2,9 · 10 ¹⁰ J

- 20**  ¿Qué potencia debe desarrollar una grúa que pretende levantar un cuerpo de 520 kg a una velocidad constante de 3 m/s? ¿Cuánta energía consumirá la grúa en 4 min, trabajando a esa potencia? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

La potencia media puede calcularse a partir de la velocidad media, mediante la siguiente expresión:

$$P_m = F \cdot v_m = \text{peso} \cdot v_m = m \cdot g \cdot v_m = 520 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m/s} = 1,53 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Y la energía consumida en $t = 4 \text{ min} = 240 \text{ s}$, puede calcularse como el trabajo realizado, a partir de la siguiente expresión:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow W = P_m \cdot \Delta t = 1,53 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot 240 \text{ s} = 3,67 \cdot 10^6 \text{ J}$$

4 Energía cinética

Página 298

- 21** ¿Puede ser negativa la energía cinética de una partícula? Razona tu respuesta.

La energía cinética de una partícula nunca podrá ser negativa, debido a que las magnitudes que intervienen en su cálculo son todas positivas: la masa y la celeridad, que está al cuadrado.

- 22**  Un camión de 6500 kg circula a una velocidad de 65 km/h, ¿qué energía cinética lleva asociada debido a su movimiento? Si el camión acelera hasta alcanzar una velocidad de 90 km/h, ¿cuánto habrá aumentado su energía cinética?

La energía asociada al movimiento del camión puede calcularse como:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot 6500 \text{ kg} \cdot (18,1 \text{ m/s})^2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ J}$$

La variación de energía cinética entre una posición y otra viene determinada por:

$$\Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_0} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_f^2 - v_0^2) = 0,5 \cdot 6500 \text{ kg} \cdot [(25 \text{ m/s})^2 - (18,1 \text{ m/s})^2] = 9,7 \cdot 10^5 \text{ J}$$

- 23** Lanzamos un proyectil de 40 g de masa a una velocidad de 560 m/s en dirección horizontal que impacta en una placa de madera de 8 cm de espesor atravesándola. Tras el impacto, el proyectil continúa su camino a una velocidad de 450 m/s. ¿Qué fuerza de rozamiento media ha ejercido la madera sobre el proyectil?

Aplicando el teorema de las fuerzas vivas al proyectil que atraviesa la madera y acaba frenándose por la resistencia de esta a su paso:

$$W_{\text{total}} = \Delta E_c$$

El trabajo total sobre la bala es debido, exclusivamente, a la fuerza de rozamiento, que es la única fuerza aplicada mientras la bala cruza el bloque de madera. Por tanto, el trabajo total coincide con el trabajo que realizan las fuerzas de rozamiento.

$$W_{\text{roz}} = \Delta E_c$$

$$F_{\text{roz}} \cdot \cos 180 \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_f^2 - v_0^2) \rightarrow F_{\text{roz}} = \frac{0,5 \cdot m \cdot (v_f^2 - v_0^2)}{\cos 180 \cdot \Delta x}$$

$$F_{\text{roz}} = \frac{0,5 \cdot 0,04 \text{ kg} \cdot [(450 \text{ m/s})^2 - (560 \text{ m/s})^2]}{(-1) \cdot 0,08 \text{ m}} = 2,78 \cdot 10^4 \text{ N}$$

24 Un satélite geostacionario que tiene una masa de 500 kg se encuentra en órbita en torno a la Tierra. ¿Cuál es su energía cinética?

Para el cálculo de la energía cinética necesitamos la velocidad a la que orbita, para ello aplicamos la LGU, indicando que la fuerza gravitatoria se comporta como una fuerza centrípeta y se obtiene la velocidad orbital en función del radio orbital. Así mismo, como los satélites geostacionarios tienen un período de revolución de 24 h = 86 400 s, utilizamos la relación entre el período del m.c.u. y la velocidad lineal, obteniéndose que:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{r}} \quad ; \quad v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

Para la resolución del sistema, se igualan ambas expresiones y se necesitan conocer dos datos, G y M_T , que el profesor debe proporcionar al estudiante.

Se calcula la velocidad orbital $v \simeq 3073$ m/s, y se sustituye en la expresión de la energía cinética. Así:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot 500 \text{ kg} \cdot (3073 \text{ m/s})^2 = 2,4 \cdot 10^9 \text{ J}$$

25  Una motocicleta de 200 kg y su piloto, de 75 kg, circulan a una velocidad de 60 km/h y pretenden adelantar a un camión. ¿Qué trabajo tiene que desarrollar el motor de la motocicleta para que pueda acelerar hasta alcanzar una velocidad de 120 km/h? Despreciamos los rozamientos.

Para conocer el trabajo que realiza la fuerza motora responsable de aumentar la velocidad del sistema, y despreciando los rozamientos, se puede aplicar el teorema de las fuerzas vivas.

Realizando los cambios de unidad de las velocidades al S.I.:

$$V_0 = 60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s} \quad ; \quad v_f = 120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$$

Y calculando la variación de energía cinética, se obtendrá el trabajo pedido:

$$W_{total} = \Delta E_c$$

$$W_{total} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (v_f^2 - v_0^2) = 0,5 \cdot 275 \text{ kg} \cdot [(33,3 \text{ m/s})^2 - (16,7 \text{ m/s})^2]$$

$$W_{total} \simeq 1,15 \cdot 10^5 \text{ J}$$

26 Sobre una misma recta y en sentidos opuestos se mueven dos cuerpos idénticos de 1 kg a la misma velocidad, de 10m/s. Calcula la energía cinética del conjunto.

La energía cinética del sistema viene dada por la suma de las energías cinéticas de cada uno de los cuerpos que forman el sistema: $E_{c_{total}} = E_{c_1} + E_{c_2}$.

Calculando la E_c de cada cuerpo y sumándolas:

$$E_{c_1} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = 0,5 \cdot 1 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2 = 50 \text{ J}$$

$$E_{c_2} = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 = 0,5 \cdot 1 \text{ kg} \cdot (10 \text{ m/s})^2 = 50 \text{ J}$$

Se obtiene la energía cinética del conjunto: $E_{c_{total}} = 100 \text{ J}$.

5 Energía potencial

Página 299

- 27** Explica las diferencias entre fuerzas conservativas y fuerzas no conservativas, expresándolo de un modo diferente al que aparece en el texto.

Son fuerzas conservativas aquellas que conservan la energía mecánica de un sistema, de manera que, antes y después de un proceso en el que estas fuerzas han actuado, la energía mecánica del sistema ha permanecido invariable.

Sin embargo, las fuerzas no conservativas, no conservan la energía mecánica del sistema, haciéndola variar, por ejemplo, aumentándola si las fuerzas son motoras o disminuyéndola si las fuerzas son de rozamiento.

- 28** Si sobre un cuerpo actúan dos fuerzas no conservativas, ¿qué condición tendrían que cumplir para que W_{nc} fuera cero?

La condición que deben cumplir las dos fuerzas no conservativas es que la resultante de estas sea nula, de manera que el $W_{nc} = 0$.

Para ello, las fuerzas deben ser de la misma intensidad, pero de sentidos contrarios.

Este es el caso de una fuerza motora externa al sistema que tiene el mismo módulo que la fuerza de rozamiento, así, la resultante es cero y no existe W_{nc} . El móvil seguirá, por tanto, un m.r.u.

Página 301

- 29**  Una grúa debe levantar verticalmente un contenedor de 10 toneladas desde 1,5 m hasta 10,5 m sobre el suelo. ¿Qué trabajo realiza la grúa? ¿Y la fuerza peso? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

La grúa realiza un trabajo externo, para ello aplica una fuerza hacia arriba que compensa el peso del cuerpo:

$$W_{grúa} = F_{efectiva} \cdot \Delta h = F \cdot \cos 0^\circ \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot \Delta h = 10^4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (10,5 - 1,5) \text{ m} = 8,82 \cdot 10^5 \text{ J}$$

El trabajo que realiza la fuerza peso, por ser una fuerza conservativa, puede calcularse a través del teorema de la energía potencial:

$$W_{peso} = -\Delta E_p = -m \cdot g \cdot \Delta h = -8,82 \cdot 10^5 \text{ J}$$

- 30**  Calcula la energía potencial elástica que almacena un muelle al alargarlo 10 cm. Dato: $k = 500 \text{ N/m}$.

La energía potencial elástica puede obtenerse mediante su expresión:

$$E_{pel} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = 0,5 \cdot 500 \text{ N/m} \cdot (0,1 \text{ m})^2 = 2,5 \text{ J}$$

- 31**  Analiza la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: «El trabajo realizado por el campo gravitatorio sobre un cuerpo que se desplaza entre dos puntos de dicho campo es menor si lo hace a través de la recta que une dichos puntos, ya que es el camino más corto».

Esta afirmación es falsa, puesto que la fuerza gravitatoria es una fuerza conservativa y debe cumplirse que el trabajo que dicha fuerza realiza entre dos puntos sea el mismo independientemente del camino seguido.

32 ¿Puede asociarse una energía potencial a una fuerza de rozamiento? Razona tu respuesta.

No, las energías potenciales se asocian a fuerzas conservativas, así la energía potencial gravitatoria se asocia a la fuerza gravitatoria y la energía potencial elástica a las fuerzas elásticas.

La fuerza de rozamiento no es conservativa, por tanto, no puede asociarse a ninguna energía potencial.

6 Conversión de la energía mecánica

Página 302

33  Un chico se deja caer desde un tobogán de 3 m de altura. Determina la velocidad que alcanza el chico al llegar al final del tobogán, suponiendo que el trabajo realizado por el rozamiento es nulo.

Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Al suponer que no existen rozamientos, aplicaremos el PCE en ausencia de fuerzas de rozamiento: $\Delta E_m = 0$. No es necesario saber la longitud que tiene el tobogán, puesto que no existen pérdidas, solo es necesario saber la altura de la que parte y la altura a la que llega. Consideraremos el final del tobogán como el origen de la energía potencial.

En la aplicación de este principio no se ha necesitado tener como dato la masa del cuerpo que se desplaza, ya que se simplifica por estar en ambos miembros de la ecuación, como vemos a continuación:

$$\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{m_0} = E_{m_f} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}} \rightarrow v \simeq 7,7 \text{ m/s}$$

34 Los rozamientos existen siempre, por pequeños que sean. Sabiendo esto, razona a qué velocidad habría llegado el chico del tobogán del ejercicio anterior, si hubiésemos tenido en cuenta las fuerzas disipativas, ¿a mayor, a menor o a la misma velocidad?

Habría llegado con una velocidad menor, puesto que la energía inicial del cuerpo se hubiera invertido no solo en energía cinética, sino también en energía que se disipa en forma de calor debido a la fuerza de rozamiento. Por tanto, al quedar menos energía cinética, obligaría a reducir la velocidad del cuerpo que baja.

35  Si sobre una partícula actúa una fuerza conservativa y una no conservativa, ¿cómo aparecen dichas contribuciones en la ecuación del PCE?

Cuando existen fuerzas no conservativas, el PCE adopta la expresión:

$$\Delta E_m = W_{nc} \rightarrow \Delta E_c + \Delta E_p = W_{nc}$$

Las fuerzas conservativas formarían parte del segundo sumando del primer miembro de la ecuación, que según el teorema de la energía potencial sería equivalente a: $W_c = -\Delta E_p$.

Por otro lado, las fuerzas no conservativas formarían parte del segundo miembro de la ecuación mediante el W_{nc} .

- 36**  Sobre un plano horizontal se dispone un cuerpo de 5 kg que comprime 20 cm un muelle ($k = 400 \text{ N/m}$). Se deja el sistema en libertad y el cuerpo es lanzado sobre el plano, ¿con qué velocidad sale el cuerpo, si no existen rozamientos?

En este ejercicio no existen fuerzas no conservativas como la fuerza de rozamiento.

Como se trata de un plano horizontal, aunque en el enunciado no se hace referencia a la altura a la que se encuentra el cuerpo, elegiremos como origen de energía potencial dicho plano, de manera que no habrá variación de altura ni de energía potencial gravitatoria en el proceso. En cuanto al resto de energías, aplicando el PCE, obtenemos que:

$$\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{m_0} = E_{m_f} \rightarrow E_{pel} = E_c \rightarrow \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{k \cdot x^2}{m}} = \sqrt{\frac{400 \text{ N/m} \cdot (0,2 \text{ m})^2}{5 \text{ kg}}} \rightarrow v \simeq 1,79 \text{ m/s}$$

- 37**  Lanzamos un cuerpo de 500 g verticalmente hacia arriba con una velocidad de 30 m/s. Si la altura máxima alcanzada es de 45,4 m, ¿qué pérdida de energía ha sufrido el cuerpo debido al rozamiento del aire? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

En este lanzamiento vertical existen pérdidas de rozamiento con el aire y la pregunta que se nos hace es: ¿cuánta energía se ha perdido?

Precisamente, la incógnita sería el W_{roz} , que calcularemos aplicando el PCE para el caso de que haya fuerzas no conservativas:

$$\Delta E_m = W_{roz} \rightarrow E_{m_f} - E_{m_0} = W_{roz} \rightarrow$$

$$E_{pf} - E_{c_0} = m \cdot g \cdot h_{máx} - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = 0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 45,4 \text{ m} - 0,5 \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot (30 \text{ m/s})^2 = -2,54 \text{ J}$$

$$W_{roz} = -2,54 \text{ J} < 0$$

Lo que supone pérdidas de energía en el sistema.

- 38**  ¿Se incumple el PCE cuando al dejar botando una pelota en el suelo esta acaba parándose?

En este caso existen fuerzas no conservativas, como los rozamientos, que disipan la energía en forma de calor y hacen perder energía mecánica al sistema. Se cumple el principio generalizado de conservación de la energía. La energía mecánica de la pelota no se ha conservado, porque parte de ella se ha transferido al suelo:

En cada bote la pelota pierde algo de energía por contacto con la superficie sobre la que bota, hasta que acaba deteniéndose una vez disipada toda la energía mecánica.

Taller de ciencias

Trabajo práctico

Página 311

- 1 Explica con detalle las transformaciones y transferencias de energía que se dan en el proceso.

Antes del lanzamiento, la masa 1 solo tiene energía potencial gravitatoria, la masa 2, en reposo, no tiene energía mecánica, y elegido el origen de potenciales en esa posición, tampoco tiene energía potencial. Se procede al lanzamiento y la masa 1 pierde E_p y gana E_c . En el impacto entre la masa 1 y la masa 2, la masa 1 transfiere su energía a la masa 2, una parte se disipa por rozamientos, otra parte la conserva la masa 1, que no se detiene totalmente, y el resto lo adquiere la masa 2, que transforma esa E_c de subida en E_p .

- 2 Como sabes, conocido el ángulo que forma el hilo del péndulo con la vertical, puede conocerse la altura a la que está la esfera, $h = L \cdot (1 - \cos \alpha)$. Calcula la energía potencial del sistema antes y después del lanzamiento. ¿Qué conclusiones sacas?

Las conclusiones que se extraigan de la experiencia deben estar relacionadas con las pérdidas de energía por impacto.

- 3 Observa qué ocurre con la bola 1 tras el choque. ¿Qué ha ocurrido con la energía cinética del sistema durante el proceso?

Tras el choque, y tras algún vaivén, la masa 1 queda en reposo, perdiendo toda su energía mecánica.

- 4 Según las medidas que has tomado, ¿puedes asegurar que se ha conservado toda la energía inicial? Si falta algo de energía, ¿dónde estará?

Según las medidas efectuadas del ángulo β , debe concluirse que no se ha conservado la energía mecánica del sistema y que ha habido pérdidas en el impacto.

- 5 Realiza la misma experiencia, pero cambiando las esferas de los péndulos por otras de distinto material (plástico, goma o lana, por ejemplo). Observa lo que ocurre y contesta a las preguntas anteriores. ¿Qué conclusiones extraes?

Al cambiar el material de las esferas, las pérdidas en el impacto variarán y esto modificará β .

Trabaja con lo aprendido

Página 312

Energía

- 1 ¿Cómo te imaginas que sería el universo si la energía no se transfiriera ni se transformara?

No podría existir un universo como el nuestro, la gran explosión del Big-Bang no habría ocurrido nunca, puesto que la energía no se podría transmitir, ni propagar, ni transformar.

2 Indica el tipo de energía que tienen los siguientes cuerpos:

- a) Una avioneta que sobrevuela la ciudad.
 - b) Una bombilla que ilumina.
 - c) Un juguete de cuerda al que se le han dado varias vueltas a la llave de cuerda.
 - d) La gasolina.
 - e) Una estufa encendida.
 - f) Una batidora en funcionamiento.
- a) Tiene energía cinética, debida a su movimiento, y energía potencial gravitatoria, por estar a una determinada altura.
 - b) La bombilla que ilumina tiene energía térmica, que irradia en forma de luz y calor.
 - c) En este caso podemos hablar de energía potencial elástica al referirnos al muelle que se comprime al darle cuerda al juguete.
 - d) La gasolina tiene energía química, que se pondrá de manifiesto cuando entre en combustión en el motor de un coche, por ejemplo.
 - e) La estufa encendida tiene energía térmica, que está transfiriéndose al medio en forma de calor.
 - f) Se trata de energía mecánica, que está transfiriéndose al medio como un trabajo mecánico capaz de mover las aspas de la batidora.

3 ¿De qué formas puede transferirse energía de un sistema a otro? Pon ejemplos.

Las formas de transferencia de energía de un sistema a otro son el calor y el trabajo.

Por ejemplo, cuando se derrite el hielo, se está transfiriendo energía térmica del ambiente al hielo mediante calor de fusión, y cuando se desplaza un objeto al empujarlo, se le está transfiriendo energía mecánica mediante trabajo.

4 Explica por qué nos frotamos las manos cuando las tenemos frías.

Se basa en la equivalencia trabajo y calor. El trabajo mecánico que realizamos puede convertirse en calor. Al frotar mano contra mano, la energía del movimiento se disipa en forma de calor debido a las fuerzas de rozamiento.

5 Cuando un coche frena y acaba parándose, ¿dónde crees que ha ido la energía que tenía?

Esa energía se ha disipado en forma de calor en el frenazo, debido al rozamiento entre los neumáticos y la carretera.

Trabajo físico

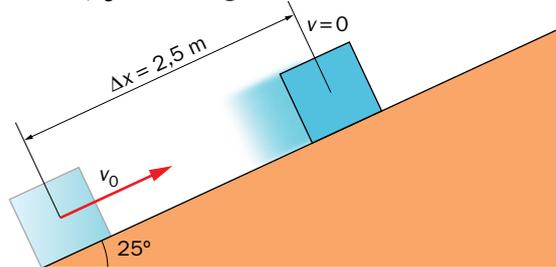
6 ¿Qué trabajo realizas cuando empujas con fuerza un muro que no consigues deformar ni desplazar?

Si no consigues deformar ni desplazar, no estás realizando trabajo físico.

7 Razona por qué la fuerza centrípeta no realiza trabajo cuando produce movimientos circulares.

La fuerza centrípeta es una fuerza perpendicular al desplazamiento, por tanto, no tiene componente efectiva, ya que el $\cos 90^\circ = 0$ y el trabajo se anula.

- 8 Calcula el trabajo que realiza la fuerza de rozamiento que actúa sobre un cuerpo de 5 kg que se lanza hacia arriba por un plano inclinado 25° , recorriendo un espacio de 2,5 m hasta pararse. Datos: $\mu_c = 0,25$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



El trabajo realizado por las fuerzas de rozamiento entre el cuerpo que sube y el plano inclinado puede obtenerse a partir de la definición de trabajo: $W_{roz} = F_{efectiva} \cdot \Delta r$.

$$W_{roz} = \mu \cdot N \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta r = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 25^\circ \cdot \cos 180^\circ \cdot 2,5 =$$

$$= 0,25 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,91 \cdot (-1) \cdot 2,5 \text{ m}$$

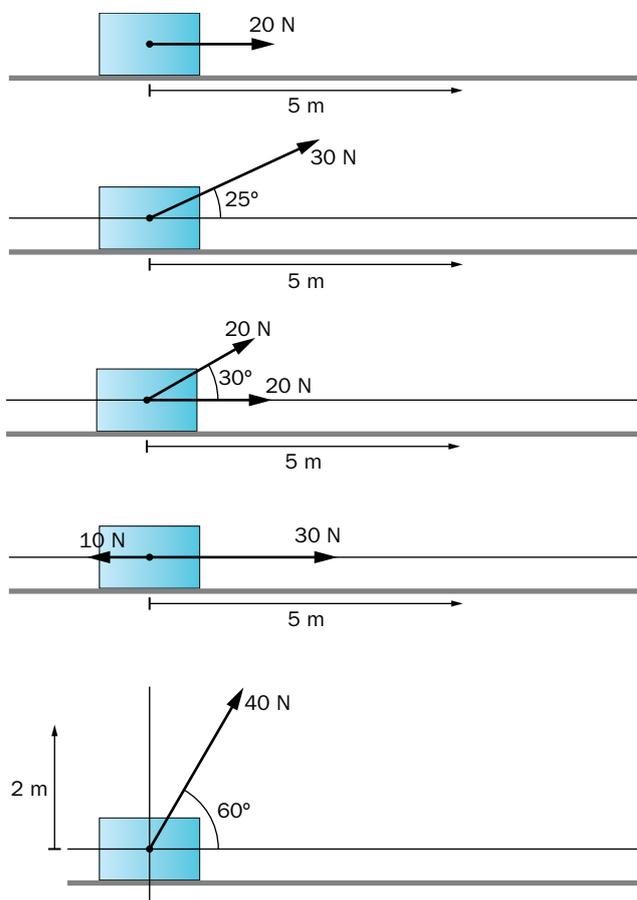
$$W_{roz} \simeq -27,8 \text{ J}$$

- 9 Calcula el trabajo total realizado sobre un cuerpo que se desplaza por una superficie horizontal rugosa a velocidad constante debido a una fuerza motora.

Sobre el cuerpo aparecen dos fuerzas aplicadas en la dirección del desplazamiento, son la fuerza de rozamiento y la fuerza motora.

El trabajo total que realizan ambas fuerzas es cero, ya que la fuerza de rozamiento y la fuerza motora deben anularse entre sí para que, según la primera ley de Newton, el cuerpo pueda desplazarse a velocidad constante.

- 10 Calcula el trabajo realizado por el sistema de fuerzas que se dibujan en los siguientes casos:



En todos los casos, se calculará el trabajo como el producto de la fuerza efectiva y el desplazamiento. Si en el diagrama aparecen más de una fuerza, se calculará el trabajo que realiza cada una de las fuerzas y se sumarán dichos trabajos para obtener el trabajo total sobre el sistema.

- a) $W = 20 \cdot \cos 0^\circ \cdot 5 = 100 \text{ J}$
- b) $W = 30 \cdot \cos 25^\circ \cdot 5 = 136 \text{ J}$
- c) $W = W_1 + W_2 = 20 \cdot \cos 30^\circ \cdot 5 + 20 \cdot \cos 0^\circ \cdot 5 = 187 \text{ J}$
- d) $W = W_1 + W_2 = 30 \cdot \cos 0^\circ \cdot 5 - 10 \cdot \cos 180^\circ \cdot 5 = 100 \text{ J}$
- e) $W = 40 \cdot \cos 30^\circ \cdot 2 = 69 \text{ J}$

11 Al colgar de un muelle diferentes pesos, este se alarga según los datos que muestra la siguiente tabla de valores:

Masa (g)	100	150	200	250	300	350
Alargamiento (cm)	1	1,5	2	2,5	3	3,5

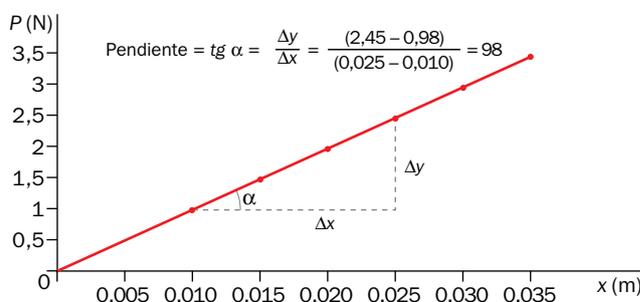
- a) Representa gráficamente los valores de la tabla de datos en una gráfica peso-alargamiento.
- b) Calcula la constante de elasticidad del muelle.
- c) Calcula la energía potencial elástica almacenada en el muelle para el máximo alargamiento.

Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

- a) Para realizar la representación gráfica, es necesario construir una tabla peso-alargamiento en unidades S.I.:

P (N)	0,98	1,47	1,96	2,45	2,94	3,43
x (m)	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035

A partir de los datos de la tabla, construimos la representación gráfica:



- b) Como vemos en la figura anterior, se obtiene una recta que pasa por el (0, 0) y cuya pendiente coincide con la constante de elasticidad del muelle: $k = 98 \text{ N/m}$.
- c) La energía potencial elástica para el máximo alargamiento será:

$$E_{pel} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = 0,5 \cdot 98 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,035 \text{ m})^2 \simeq 0,06 \text{ J}$$

Potencia

- 12** Calcula la potencia que desarrolla una grúa capaz de elevar un cuerpo de 200 kg hasta 12 m de altura en un tiempo de 12 s. Datos: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Para calcular la potencia media, se necesita saber cuál es el trabajo realizado por la grúa al elevar el cuerpo hasta la altura deseada. La grúa debe realizar una fuerza vertical y hacia arriba que compense el peso del cuerpo que quiere elevar: $F = \text{Peso} = m \cdot g$.

Se aplica la definición de potencia media:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t} = F_{\text{efectiva}} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} = F \cdot \cos 0^\circ \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} = m \cdot g \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} = 200 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{12 \text{ m}}{12 \text{ s}} = 1960 \text{ W}$$

Página 313

- 13** Un coche de 1050 kg y una potencia de 130 CV viaja a 80 km/h por una autovía y pretende realizar un adelantamiento en un tiempo de 5 s. Si debe alcanzar una velocidad de 130 km/h, ¿tiene el coche suficiente potencia para conseguir el adelantamiento?

Aunque el coche podría realizar el adelantamiento, no debería hacerlo. En las carreteras españolas está totalmente prohibido superar los 120 km/h. Este ejercicio se ha diseñado para trabajar un tema transversal tan importante como la educación vial. El docente debe propiciar el debate sobre la peligrosidad de los adelantamientos en carretera y las consecuencias que tienen si se superan las velocidades permitidas.

La siguiente página de Internet permite extraer información sobre seguridad vial para entablar el debate: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/>.

La potencia que desarrolla el coche es de 130 CV y en el adelantamiento solo se requieren 116 CV, como se ve a continuación:

$$P_m = \frac{W_{\text{total}}}{\Delta t}$$

Aplicando el teorema de las fuerzas vivas:

$$W_{\text{total}} = \Delta E_c$$

$$P_m = \frac{W_{\text{total}}}{\Delta t} = \frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2\right)}{\Delta t} = \frac{0,5 \cdot 1050 \text{ kg} \cdot [(36 \text{ m/s})^2 - (22 \text{ m/s})^2]}{5 \text{ s}} = 85088,85 \text{ W} \simeq 116 \text{ CV}$$

- 14** Una central eléctrica tiene una potencia de 1 000 MW. La señal emitida por un router wifi tiene una potencia de 100 mW. Calcula cuánta energía transfiere cada uno de los sistemas, si están funcionando durante un día completo.

Conocida la potencia, puede calcularse la energía transferida en un tiempo de 1 día = 86 400 s, de la siguiente manera:

$$P_m = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow E_{\text{transferida}} = W = P_m \cdot \Delta t$$

Para cada sistema:

$$P_{\text{central}} = 10^9 \text{ W} \rightarrow W_{\text{central}} = P_{\text{central}} \cdot \Delta t = 10^9 \text{ W} \cdot 86\,400 \text{ s} = 8,64 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$P_{\text{router}} = 10^{-1} \text{ W} \rightarrow W_{\text{router}} = P_{\text{router}} \cdot \Delta t = 10^{-1} \text{ W} \cdot 86\,400 \text{ s} = 8,64 \cdot 10^3 \text{ J}$$

- 15** Busca información sobre el consumo abusivo y poco racional de la energía en los países desarrollados, y elabora un informe sobre qué causas están llevando al agotamiento de las fuentes de energía tradicionales, como los combustibles fósiles. Indica, además, una serie de medidas que deberían adoptarse para solucionar el problema, tanto a nivel individual como a nivel estatal.

Este ejercicio puede ser un buen motivo para que los estudiantes se organicen en grupos y trabajen en equipo la propuesta planteada.

Para desarrollar este trabajo, pueden encontrar información en la siguiente página de la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos): <http://www.oei.es/index.php>, <http://www.oei.es/decada/accion23.htm>.

Energía cinética

- 16** Un coche de 1100 kg circula por la recta de una autopista a 120 km/h. ¿Cuál es su energía cinética?

Para calcular la energía cinética de un cuerpo, se aplica la expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Cambiamos al S.I. de unidades la velocidad:

$$v = 120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 1100 \text{ kg} \cdot (33,3 \text{ m/s})^2 \simeq 6,1 \cdot 10^5 \text{ J}$$

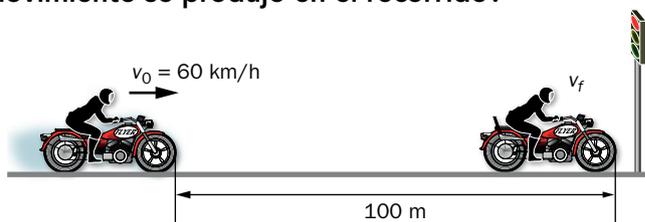
- 17** ¿En qué se invierte la energía que tenemos que aplicar a un cuerpo que se desplaza por una superficie horizontal rugosa para que pueda seguir un movimiento de velocidad constante?

Según la primera ley de Newton, para que un cuerpo siga un movimiento rectilíneo y uniforme, donde el vector velocidad es constante, la resultante de las fuerzas aplicadas sobre el cuerpo debe ser cero.

La energía que proporcionamos, mediante una fuerza motora, se disipa por rozamientos. Existe, por tanto, una fuerza de rozamiento que se opone a la fuerza motora y que la anula.

Puesto que el cuerpo sigue un m.r.u. en el que no varía su velocidad, no se ha podido invertir en energía cinética, todo se ha invertido en vencer las fuerzas de rozamiento.

- 18** Una motocicleta de 150 kg y su conductor de 75 kg se desplazan a una velocidad de 60 km/h. A una distancia de 100 m, el motorista puede ver cómo un semáforo se pone en rojo, por lo que rápidamente aplica el freno. Calcula qué trabajo realiza el sistema de frenos de la motocicleta para conseguir parar sin sobrepasar el semáforo. ¿Qué fuerza de resistencia al movimiento se produjo en el recorrido?



La motocicleta, junto con su conductor, tienen una masa de $150 \text{ kg} + 75 \text{ kg} = 225 \text{ kg}$ y frenan disminuyendo su velocidad de $60 \text{ km/h} = 16,7 \text{ m/s}$ a 0 km/h .

Puesto que el trabajo realizado por el sistema de frenos es quien provoca la fuerza que consigue detener el móvil, puede aplicarse el teorema de las fuerzas vivas:

$$W_{\text{total}} = \Delta E_c \rightarrow W_{\text{roz}} = \Delta E_c$$

$$W_{\text{roz}} = 0 - E_{c_0} = -\frac{1}{2} \cdot 225 \text{ kg} \cdot (16,7 \text{ m/s})^2 = -3,13 \cdot 10^4 \text{ J} < 0$$

El trabajo negativo implica energía perdida por el sistema.

Para calcular la fuerza de rozamiento, aplicamos la definición de trabajo para el rozamiento:

$$W_{\text{roz}} = F_{\text{roz}} \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta r \rightarrow -3,13 \cdot 10^4 \text{ J} = F_{\text{roz}} \cdot (-1) \cdot 100 \text{ m} \rightarrow F_{\text{roz}} = 3,13 \cdot 10^2 \text{ N}$$

Energía potencial

- 19** ¿Qué energía potencial gravitatoria tiene un deportista de 69 kg de masa que se encuentra en un trampolín de 7 m de altura sobre el agua de la piscina? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; considera $h = 0$ en la superficie del agua.

Puede calcularse la energía potencial gravitatoria del deportista utilizando la expresión:

$$E_{p_g} = m \cdot g \cdot h = 69 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 7 \text{ m} = 4733,4 \text{ J}$$

- 20** Un avión de 80000 kg de masa vuela a una velocidad de 1500 km/h a una altura de 10 km sobre la superficie de la Tierra (considera $h = 0$ en la superficie terrestre). ¿Qué energía mecánica tiene el avión? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

La energía mecánica del avión viene determinada por la suma de la energía cinética y la energía potencial gravitatoria.

Cambiamos al S.I. de unidades la velocidad del avión:

$$v = 1500 \text{ km/h} = 416,7 \text{ m/s}$$

Cambiamos al S.I. de unidades la altura a la que se encuentra el avión:

$$h = 10 \text{ km} = 10^4 \text{ m}$$

$$E_m = E_c + E_{p_g} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h = 0,5 \cdot 80\,000 \text{ kg} \cdot (416,7 \text{ m/s})^2 + 80\,000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10^4$$

$$E_m \simeq 1,48 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

- 21** ¿Qué trabajo realiza una grúa para subir un cuerpo de 5000 N de peso hasta una altura de 7 m?

Para levantar un cuerpo de 5000 N de peso, es necesario que la grúa aplique una fuerza de, al menos, 5000 N hacia arriba.

Para desplazarlo 7 m, el trabajo a realizar será:

$$W_{\text{grúa}} = F_{\text{efectiva}} \cdot \Delta r = F \cdot \cos 0^\circ \cdot h = \text{Peso} \cdot h = 5\,000 \cdot 7 = 3,5 \cdot 10^4 \text{ J}$$

- 22** Si levantamos una caja de 1500 g desde el suelo hasta depositarla en una mesa de 120 cm de altura, ¿qué trabajo hemos realizado? Y si una vez en la mesa la subimos a una estantería situada a 200 cm de altura, ¿qué energía hemos consumido? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

En ambas situaciones se calcula el trabajo como el producto del peso que tiene el cuerpo, y que la fuerza externa tiene que contrarrestar, por el desplazamiento que sufre, que en el primer caso es $h = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}$. En el segundo caso, el desplazamiento coincide con la diferencia entre alturas:

$$\Delta h = (200 - 120) \text{ cm} = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

Así el trabajo para subir la caja desde el suelo a la mesa es:

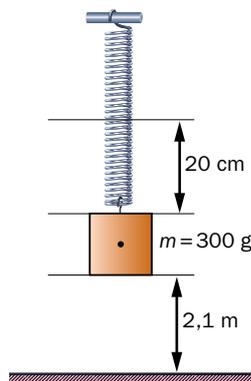
$$W_{\text{suelo-mesa}} = \text{Peso} \cdot h = m \cdot g \cdot h = 1,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 \text{ m} = 17,64 \text{ J}$$

Para subir el cuerpo desde la mesa a la estantería, el trabajo será:

$$W_{\text{mesa-estantería}} = \text{Peso} \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot \Delta h = 1,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,8 \text{ m} = 11,76 \text{ J}$$

23 Calcula la energía mecánica del sistema que aparece en la figura.

Datos: $k = 200 \text{ N/m}$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



La energía mecánica del sistema será la suma de la energía potencial elástica del muelle y la energía potencial gravitatoria del cuerpo. Como el sistema se encuentra en reposo, no tendrá energía cinética.

$$E_m = E_{pel} + E_{pg} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 + m \cdot g \cdot h = 0,5 \cdot 200 \text{ N/m} \cdot (0,2 \text{ m})^2 + 0,3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,1 \text{ m} = 10,17 \text{ J}$$

Conservación de la energía

24 Demuestra, aplicando el principio de conservación de la energía mecánica, que la velocidad que alcanza un cuerpo al llegar al suelo tras ser soltado desde una altura h es $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

Aplicando el PCE, sin rozamientos, la variación de energía mecánica del cuerpo, entre dos puntos cualesquiera de la caída, siempre es nula.

$$\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{m0} = E_{mf} \rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

25 ¿En qué se ha invertido la energía cinética con la que impacta en el suelo el cuerpo del ejercicio anterior?

El cuerpo empieza a caer desde el reposo, a medida que disminuye la altura gana velocidad y, por tanto, la energía potencial se va transformando en energía cinética, y lo hará íntegramente en ausencia de rozamientos.

Al llegar al punto más bajo de la trayectoria, y justo antes de producirse el impacto, la velocidad del cuerpo es la máxima, pero una vez colisiona con el suelo, pierde toda esa velocidad y acaba parándose en un breve instante de tiempo. Entonces, toda la energía cinética se ha degradado en forma de calor, producido por la resistencia del suelo al impacto.

26 Un deportista tensa su arco y dispara una flecha hacia el cielo. Explica las transformaciones de energía que han tenido lugar desde el lanzamiento hasta que la flecha alcanza el punto más alto de su trayectoria.

Al tensar la flecha, esta adquiere energía potencial elástica que se transforma en energía cinética al soltarla; a medida que la flecha sube, la energía cinética se transforma en energía potencial gravitatoria, hasta llegar al punto más alto del recorrido, en el que se para. En ese momento, toda la energía mecánica es energía potencial gravitatoria.

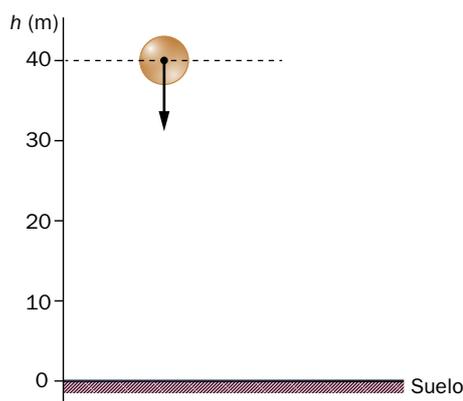
En ausencia de rozamientos, esa energía potencial gravitatoria es igual a la energía potencial elástica del lanzamiento.

En la argumentación se ha situado el origen de energías potenciales en el punto de lanzamiento de la flecha.

Página 313

27 Se deja caer un cuerpo de 30 kg desde una altura de 40 m, medida desde el suelo. En su recorrido, la energía potencial se irá transformando íntegramente en energía cinética si los rozamientos con el aire son despreciables. Calcula los valores que se piden en la siguiente tabla. Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

$h \text{ (m)}$	40	30	20	10	0
$E_p \text{ (J)}$					
$E_c \text{ (J)}$					
$E_m \text{ (J)}$					

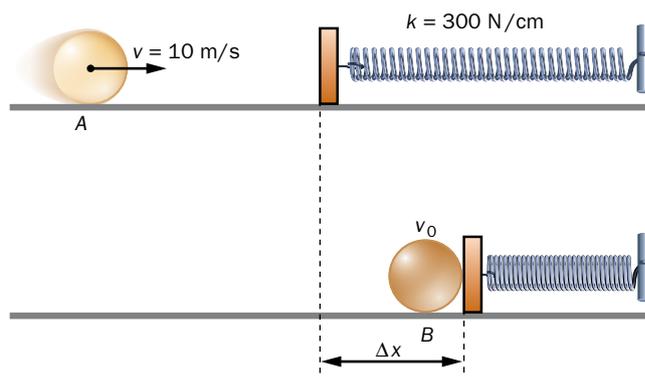


Con los datos que proporciona el enunciado, puede calcularse la energía potencial gravitatoria en el punto más alto $h = 40 \text{ m}$, en ese punto no hay energía cinética por estar el cuerpo en reposo.

Esa energía potencial coincide con la energía mecánica del cuerpo y que, por no existir rozamientos, permanecerá constante en todo el trayecto. Así, puede completarse la tabla siguiendo las indicaciones de la primera columna.

$h \text{ (m)}$	40	30	20	10	0
$E_p \text{ (J)} = m \cdot g \cdot h$	11760	8820	5880	2940	0
$E_c \text{ (J)} = E_m - E_p$	0	2940	5880	8820	11760
$E_m \text{ (J)} = \text{cte}$	11760	11760	11760	11760	11760

28 Un cuerpo de 18 kg se desplaza sin rodar por un plano horizontal libre de rozamientos a una velocidad de 10 m/s. Al final del plano, choca con un muelle que lo frena. El cuerpo comprime el muelle hasta que acaba parándose. Explica las transformaciones de energía que tienen lugar en el recorrido, y calcula la máxima compresión del muelle. Dato: $k = 300 \text{ N/cm}$.



Se puede aplicar el principio de conservación de la energía mecánica en ausencia de rozamientos. En un principio, el cuerpo solo lleva energía cinética debida a su velocidad $v = 10 \text{ m/s}$. Tras impactar con el muelle, y supuesto que en el impacto no se producen pérdidas de energía, lo comprime al máximo hasta que acaba parándose. Por tanto, toda la energía cinética se transforma en energía potencial elástica, que queda almacenada en el muelle.

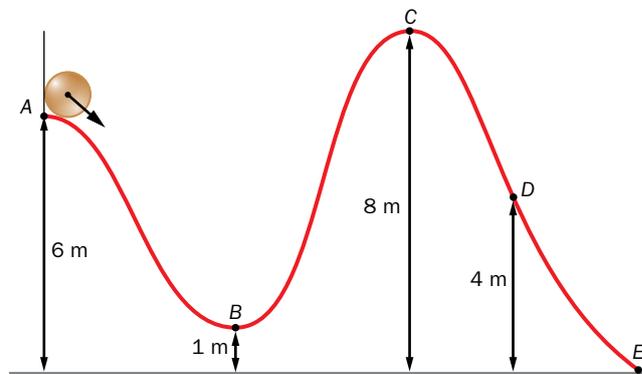
$$\Delta E_m = 0 \rightarrow E_{m_0} = E_{m_f} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2 \rightarrow 0,5 \cdot 18 \cdot 10^2 = 0,5 \cdot 200 \cdot \Delta x^2$$

$$\Delta x (\text{máx}) \simeq 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

29 Fíjate en la siguiente imagen, que representa una atracción de feria. El vagón con sus pasajeros tiene que pasar por las distintas posiciones que se señalan. ¿Con qué velocidad debe llegar al punto A para que pueda ascender hasta C, sabiendo que al llegar se para un instante para comenzar a caer? Supón despreciables los rozamientos.

Calcula la velocidad del vagón en cada uno de los puntos señalados en la imagen.

Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



Este tipo de ejercicios se pueden hacer con el programa Excel que los estudiantes han aprendido a utilizar para el cálculo de energías, en el epígrafe TIC.

La energía mecánica total, que se conservará en todo el recorrido, puede encontrarse a partir de los datos de altura y velocidad que el enunciado proporciona para el punto C ($h_c = 8 \text{ m}$, $v_c = 0 \text{ m/s}$):

$$E_{m_C} = E_{total} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_c^2 + m \cdot g \cdot h_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 0^2 + m \cdot g \cdot h_c = m \cdot g \cdot h_c$$

Calcularemos la velocidad en el punto A, aplicando el PCE como sigue, y procederemos de manera análoga para el resto de las posiciones:

$$E_{m_A} = E_{m_C} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A = m \cdot g \cdot h_C$$

Así, las demás velocidades serán:

$$E_{m_B} = E_{m_C} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot h_B = m \cdot g \cdot h_C$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_C - h_B)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (8 - 1) \text{ m}} \rightarrow v_B \simeq 11,7 \text{ m/s}$$

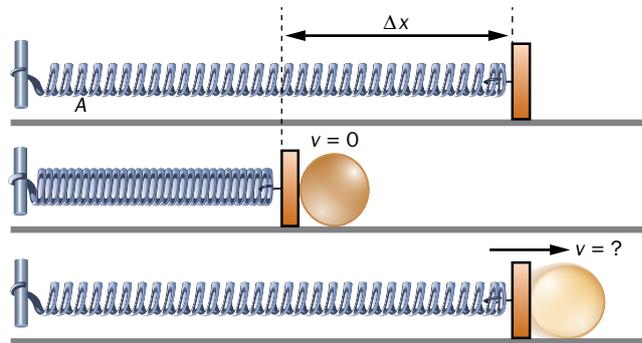
$$E_{m_D} = E_{m_C} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_D^2 + m \cdot g \cdot h_D = m \cdot g \cdot h_C$$

$$v_D = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_C - h_D)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (8 - 4) \text{ m}} \rightarrow v_D \simeq 8,9 \text{ m/s}$$

$$E_{m_E} = E_{m_C} \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_E^2 + m \cdot g \cdot h_E = m \cdot g \cdot h_C$$

$$v_E = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_C - h_E)} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (8 - 0) \text{ m}} \rightarrow v_E \simeq 12,5 \text{ m/s}$$

- 30** Sobre un plano horizontal rugoso comprimimos un muelle 15 cm. A continuación, unimos al extremo del muelle un cuerpo de 2 kg de masa que queda en reposo. Soltamos el conjunto y el muelle intenta recuperar su forma original. ¿Con qué velocidad pasa el cuerpo por la posición de equilibrio del muelle? Datos: $k = 100 \text{ N/m}$; $\mu_c = 0,2$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



Se comprime un muelle $\Delta x = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$, de constante elástica conocida $k = 100 \text{ N/m}$ y se coloca un cuerpo de masa $m = 2 \text{ kg}$ unido al extremo libre del muelle, en reposo. En esta situación, el sistema solo tiene energía potencial elástica.

Se ha considerado el origen de energía potencial gravitatoria en el plano horizontal sobre el que se encuentra el sistema.

El sistema se deja en libertad y el cuerpo sale impulsado sobre el plano rugoso y, por tanto, con rozamientos $\mu = 0,2$.

En el proceso se considera el punto inicial cuando el cuerpo se encuentra en reposo comprimiendo al muelle; el punto final será cuando el cuerpo pasa por la posición de equilibrio del muelle, momento en el que el sistema deja de tener energía potencial elástica y solo tiene cinética. Durante el recorrido, no toda la energía potencial elástica se transforma en energía cinética, puesto que una porción se disipa debido al trabajo que realizan las fuerzas de rozamiento.

Aplicando el principio de conservación de la energía generalizado, entre los puntos inicial y final seleccionados:

$$W_{roz} = \Delta E_m \rightarrow W_{roz} = E_{mf} - E_{m0} = E_{cf} - E_{pel0} \rightarrow F_{roz} \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2 \rightarrow$$

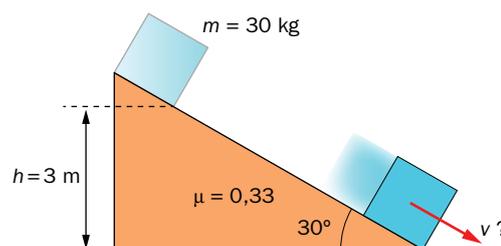
$$\rightarrow \mu \cdot N \cdot (-1) \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2$$

Puesto que el plano es horizontal, la fuerza normal que ejerce el suelo sobre el cuerpo coincide con el peso de este:

$$N = m \cdot g \rightarrow \mu \cdot m \cdot g \cdot (-1) \cdot \Delta x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot k \cdot \Delta x^2$$

$$0,2 \cdot 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (-1) \cdot 0,15 \text{ m} = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ kg} \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot 100 \text{ N/m} \cdot (0,15 \text{ m})^2 \quad \& \quad v \simeq 0,73 \text{ m/s}$$

- 31** Sobre un plano inclinado 30° y desde una altura de 3 m se deja caer un cuerpo de 30 kg de masa. Calcula la velocidad con la que llega al final del plano, si $\mu_c = 0,33$. ¿Y si $m = 60 \text{ kg}$? Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



Para calcular la velocidad con la que un cuerpo llega al final del plano inclinado con rozamiento, se aplica el principio de conservación de la energía generalizado.

Teniendo en cuenta que el desplazamiento Δr se hace sobre un plano inclinado de 3 m de altura y 30° de inclinación:

$$\Delta r = \frac{h}{\operatorname{sen} 30^\circ} = 6 \text{ m}$$

La fuerza normal que ejerce el suelo sobre el cuerpo es, en este caso, igual a la componente coseno del peso:

$$N = m \cdot g \cdot \cos 30^\circ$$

Entonces:

$$W_{\text{roz}} = \Delta E_m \rightarrow F_{\text{roz}} \cdot \cos 180^\circ \cdot \Delta r = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - m \cdot g \cdot h \rightarrow \mu \cdot N \cdot (-1) \cdot \Delta r = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - m \cdot g \cdot h \rightarrow$$

$$\rightarrow \mu \cdot N \cdot (-1) \cdot \Delta r = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - m \cdot g \cdot h \rightarrow -\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \frac{h}{\operatorname{sen} 30^\circ} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - m \cdot g \cdot h \rightarrow$$

$$\rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \left(1 - \frac{\mu}{\operatorname{tg} 30^\circ}\right)}$$

La velocidad es independiente de la masa del objeto, como puede verse en la ecuación obtenida, donde las masas se han simplificado.

Por tanto, la velocidad con la que llega el cuerpo de doble masa al final del plano será:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m} \cdot \left(1 - \frac{0,33}{0,58}\right)} \simeq 5 \text{ m/s}$$

1 Energía térmica. Temperatura

Página 318

Trabaja con la imagen

Observa las imágenes de abajo, en las que se representa una misma sustancia en sus tres estados. ¿En qué estado contiene más energía térmica? ¿En cuál menos?

Un mismo cuerpo, como el que se muestra en la figura, cuando se encuentra en estado sólido, sus partículas se mueven menos que cuando se encuentra en líquido, y aún menos que cuando se encuentra en estado gaseoso. Por tanto, cuando está en estado gaseoso, tiene más energía térmica que cuando está en líquido, y en líquido más que cuando está en sólido.

Página 319

1 ¿Qué tendrá más energía térmica, un cubito de hielo, o el agua líquida que queda después de derretirse?

Las partículas del cubito de hielo están vibrando. Al tomar energía de su entorno, aumentan su movimiento de vibración. Llega el momento en que las fuerzas de cohesión entre las partículas no son capaces de contener las partículas con tanto movimiento, y es cuando se inicia el proceso de fusión. Las partículas deslizan unas sobre otras. En consecuencia, el agua líquida tiene más energía térmica que cuando estaba formando el cubito de hielo.

2 ¿Dónde crees que hay más energía térmica, en un clavo al rojo vivo o en el agua del mar Mediterráneo?

El agua del mar Mediterráneo está formado por muchísimas más partículas que las del clavo, de tal manera que, aunque en el clavo se muevan más energéticamente, al sumar sus energías se obtiene un valor inferior a las del agua del mar.

3 Si para calentar un sistema material es necesario suministrarle energía a sus partículas, ¿qué habrá que hacer para enfriarlo? ¿Se podrá enfriar todo lo que se quiera?

Enfriar un sistema material consiste en extraer energía cinética a las partículas que forman el sistema, de tal manera que cada vez quedan con menor energía cinética.

Un cuerpo en el que se le quite toda la energía cinética a sus partículas no se puede enfriar más. Así que la temperatura debe tener un tope inferior.

4  Visita la página web de Anaya, y observa y manipula el applet sobre el calentamiento.

Se trata de un applet hecho en flash que puede servir para que el alumno visualice el movimiento de las partículas que forman un sistema material, y el significado de calentar y enfriar.

5  ¿Qué partículas tendrán una energía cinética media mayor, las que forman un clavo al rojo vivo, o las que forman el mar Mediterráneo?

La media de las energías cinéticas de las partículas nos da una medida de la temperatura a la que se encuentra un sistema material. Evidentemente, sabemos que la temperatura del clavo al rojo vivo es mayor que la del mar Mediterráneo, por eso, la media de las energías

cinéticas en el clavo es mayor, aunque, como hemos visto en el ejercicio 2, en el clavo haya menos energía térmica.

6 ¿Crees que una molécula o un átomo tiene alguna temperatura?

La temperatura es una propiedad microscópica, que, para calcularla, hay que realizar la media de las energías cinéticas de las partículas constituyentes del sistema material. Por tanto, las partículas no tienen temperatura, tienen energía cinética.

Página 320

Trabaja con la imagen

Imaginemos que la presión de la sustancia 1 de la imagen inferior a una temperatura de 0°C es de 2 atm. Encuentra la ecuación de la recta que representa la variación de presión de esta sustancia con la temperatura.

Es un ejercicio matemático en el que tenemos que encontrar la ecuación de la recta conocidos dos puntos de ella: $(-273, 15, 0)$ y $(0, 2)$. El resultado aproximado es: $p \simeq 7,32 \cdot 10^{-3} \cdot t + 2$, donde t estaría en Celsius y p en atmósferas. Esta ecuación nos permite conocer la presión de este gas en función de su temperatura.

7 ¿Recuerdas qué ley experimental de los gases representa la gráfica de arriba?

Si la ecuación obtenida en el apartado «Trabaja con la imagen» se reescribe para que la temperatura esté en kelvin, se encuentra una expresión en la que la presión y la temperatura son directamente proporcionales: $p \simeq 7,32 \cdot 10^{-3} \cdot T$. La ley que nos dice que un gas a volumen constante mantiene su presión directamente proporcional a su temperatura en kelvin es la segunda ley de Charles y Gay-Lussac.

8 Imagínate que tenemos dos recipientes que contienen dos gases a la misma temperatura. Sabemos que el gas A tiene sus átomos más masivos que los del gas B. ¿Qué moléculas se estarán moviendo más rápido?

Si dos gases A y B están a la misma temperatura, sus partículas, en media, tienen la misma energía cinética. Teniendo en cuenta que $E_c = 1/2 \cdot m \cdot v^2$, si los átomos del gas A son más masivos que los del B, sus velocidades tienen que ser menores para que su energía cinética sea igual los del B.

9 Indica si en los siguientes procesos se absorbe o se desprende energía:

a) Cuando el agua líquida se congela.

b) Cuando una colonia se evapora.

a) Cuando hablamos sobre la congelación del agua, nos estamos refiriendo a la solidificación. En este caso, las partículas pasan de estar deslizándose a vibrar más lentamente en torno a un punto de equilibrio. Así que pierden energía cinética, implicando por tanto, un desprendimiento de energía.

b) En la evaporación de cualquier líquido, las partículas pasan de estar deslizando unas sobre otras, a moverse a grandes velocidades en línea recta, lo que implica un aumento de energía cinética. Por consiguiente, la colonia absorbe energía del medio para evaporarse. Muchas veces puede notarse el enfriamiento del recipiente que contiene el líquido que se evapora.

10 ¿Por qué crees que cuando regamos el patio en verano, se refresca el ambiente?

La respuesta ya está explicada en el apartado b) del ejercicio anterior.

Página 321

- 11** Expresa estas temperaturas en grados Fahrenheit: $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; cero absoluto; fusión del mercurio, $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Debemos utilizar la expresión: $9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32)$. Despejamos previamente la incógnita:

$$T_F = \frac{9}{5} \cdot T_C + 32$$

Sustituimos en los distintos casos:

$$T_{F_1} = \frac{9}{5} \cdot 36,5\text{ }^{\circ}\text{C} + 32 = 97,7\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_{F_2} = \frac{9}{5} \cdot (-273,15)\text{ }^{\circ}\text{C} + 32 = -459,67\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_{F_3} = \frac{9}{5} \cdot (-39)\text{ }^{\circ}\text{C} + 32 = -38,2\text{ }^{\circ}\text{F}$$

- 12** La temperatura más baja en el fondo del universo es de $2,7\text{ K}$. Expresa este valor en $^{\circ}\text{C}$ y en $^{\circ}\text{F}$.

Aplicamos primeramente: $T_K = T_C + 273,15$. Despejamos la incógnita:

$$T_C = T_K - 273,15 = 2,7\text{ K} - 273,15 = -270,45\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ahora pasamos esta temperatura a Fahrenheit:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_F = \frac{9}{5} \cdot T_C + 32 = \frac{9}{5} \cdot (-270,45\text{ }^{\circ}\text{C}) + 32 = -454,81\text{ }^{\circ}\text{F}$$

- 13** La temperatura en Marte varía cada día entre $68\text{ }^{\circ}\text{F}$ y $-67\text{ }^{\circ}\text{F}$. Expresa esos valores en Celsius.

Aplicamos la expresión de cambio de unidad $9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32)$ y se obtiene:

$$T_C = \frac{5}{9} \cdot (T_F - 32) = \frac{5}{9} \cdot (68\text{ }^{\circ}\text{F} - 32) = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_C = \frac{5}{9} \cdot (-67\text{ }^{\circ}\text{F} - 32) = -55\text{ }^{\circ}\text{C}$$

- 14** ¿A qué temperatura coinciden numéricamente las escalas Celsius y Fahrenheit?

Simplemente aplicamos $9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32)$, donde a esa temperatura la llamamos T .

$$9 \cdot T = 5 \cdot (T - 32) \rightarrow 4 \cdot T = -160 \rightarrow T = -\frac{160}{4} = -40$$

2 Equilibrio térmico. Calor y propagación

Página 322

Trabaja con la imagen

¿Crees que la temperatura del equilibrio térmico de la imagen inferior estará más cerca de la que tenía inicialmente el primer líquido o de la del segundo?

Supondremos que la sustancia que hay en los dos vasos es la misma, para que tengan el mismo calor específico, que se explicará más adelante. En este caso, la energía térmica que pierde la sustancia del primer vaso, donde hay menor cantidad, se repartirá entre la sustancia del segundo vaso, afectando menos a la media de la energía cinética de las partículas de la sustancia 2. Por consiguiente, la energía que pierde la sustancia 1, y que hace que disminuya su temperatura, causa un aumento más pequeño de temperatura en la sustancia 2, debido a que hay más cantidad.

- 15** Un sistema material A se encuentra a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiene una energía térmica de 20 J . Se pone en contacto térmico con otro sistema B a $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 30 J de energía térmica. ¿Hacia dónde fluirá el calor?

La energía en forma de calor fluye desde el de mayor temperatura hasta el de menor, es decir, desde el A hasta el B, aunque el B tenga más energía térmica que el A.

- 16** ¿Podemos decir que un sistema material tiene calor si su temperatura es muy elevada?

Si la temperatura de un sistema material es elevada significa que la energía cinética media de las partículas que lo forman es muy grande. Importante recalcar que los sistemas materiales no tienen calor, tienen energía térmica, que es la suma de las energías cinéticas de todas las partículas.

- 17** Un sistema material A tiene 40 J de energía térmica, y otro B tiene, también, 40 J . Se ponen en contacto térmico, y aislados del exterior. Después de cierto tiempo, el sistema A se queda con 48 J . ¿Estaban los dos sistemas inicialmente a la misma temperatura? ¿Con cuánta energía se habrá quedado el sistema B?

Puesto que se han transferido energía térmica, es decir, se han transferido energía mediante calor, significa que no estaban a la misma temperatura, aunque tuvieran la misma energía térmica. Puesto que el sistema material A gana 8 J , significa que era el sistema de menor temperatura, ya que ha recibido la energía mediante calor. Evidentemente, esos 8 J los ha perdido el sistema B, que era el de mayor temperatura.

Página 323

- 18** ¿Por qué las sartenes tienen el mango de plástico?

Los recipientes de cocina son metálicos porque son buenos conductores del calor, y así se reparte la energía térmica por todo el recipiente para calentar la comida. Sin embargo, el mango o las asas de estos recipientes deben ser de materiales aislantes, como los plásticos, para dificultar que les llegue energía térmica y aumenten su temperatura.

- 19** ¿Crees que es correcto decir desde el punto de vista físico: «la habitación se enfrió porque entró frío»?

Como ya vimos, el frío no es ninguna entidad física, si algo se enfría, como una habitación, es porque pierde energía mediante calor.

- 20**  ¿De qué manera piensas que el Sol calienta la Tierra? ¿Y la hoguera de la imagen a su entorno?

Entre el Sol y la Tierra no hay materia, luego la energía del Sol nos tiene que estar llegando mediante radiación, ya que esta siempre ocurre y puede viajar por el espacio vacío.

El fuego de la chimenea de la imagen está calentando la habitación por radiación (siempre ocurre), y en menor medida por convección, puesto que el aire de la habitación es un fluido. Así, en la habitación se forman pequeñas corrientes de convección que podríamos detectar mediante ligeros papelitos que dejáramos caer.

Página 324

Trabaja con la imagen

Busca en Internet las principales propiedades de las distintas franjas de radiaciones que aparecen en la imagen. ¿Dónde se encuentran las ondas más energéticas en cada una de las dos gráficas de esta página?

En la primera parte, mediante la búsqueda propuesta, queremos que el estudiante se familiarice con el espectro electromagnético, asociando propiedades a cada franja de espectro. Hay una propiedad básica común que dice que cuanto mayor es la frecuencia, más penetrante en los medios materiales es la onda.

Las ondas más energéticas son las de mayor frecuencia. En la imagen de esta página, se encuentran a la derecha; sin embargo, en la primera imagen de la página 325 se encuentra a la izquierda.

Página 325

21 ¿De qué color crees que serán las estrellas más frías? ¿Y las más calientes?

La ley de desplazamiento de Wien nos dice que la longitud de onda de la radiación que más cantidad se emite es inversamente proporcional a la temperatura. Por tanto, si una estrella está fría (baja temperatura), emite más radiación de la de mayor longitud de onda, que corresponde al rojo. De manera inversa, la estrella más caliente emite de la radiación de longitud de onda más corta, azul.

22 Cuando empezamos a calentar un cuerpo, llega el momento en que empieza a emitir luz propia, ¿de qué color?

Conforme la temperatura de un cuerpo va aumentando, la longitud de onda de la radiación más emitida se va haciendo más corta, o lo que es lo mismo, la frecuencia va aumentando (ley de desplazamiento de Wien).

Así, primeramente se emitirá luz donde predomina el color rojo, luego el amarillo, hasta llegar al azul, correspondiente a la mayor temperatura. Antes de llegar al azul, el cuerpo se ilumina de color blanco, ya que cuando se esté emitiendo centrado todo el espectro de colores, la cantidad de cada color será más o menos similar y, como sabemos, la suma de todos nos da blanco.

3 Efectos del calor

Página 326

23 Determina la longitud que tendrá un raíl de acero ($\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) de 15 m cuando aumente su temperatura 50 °C.

Utilizamos la expresión que rige el fenómeno:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 15 \text{ m} \cdot (1 + 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 50 \text{ }^\circ\text{C}) = 15,009 \text{ m}$$

24 Un material de $\alpha = 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ tiene una longitud de 12,00 m a 30°C. ¿Cuánto medirá a 5°C?

Expresión de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 12,00 \text{ m} \cdot [1 + 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (-25 \text{ }^\circ\text{C})] = 11,97 \text{ m}$$

25 Determina el coeficiente de dilatación lineal del plomo si al incrementar la temperatura de una varilla de 1,5 metros en 30 °C, se dilata 1,35 mm.

Utilizamos la expresión de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow \alpha = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1,5 \text{ m} \cdot 30 \text{ }^\circ\text{C}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

26  ¿Qué crees que sucederá si incrementamos la temperatura de una plancha de plomo en la misma cantidad que en el ejercicio anterior? ¿Y si es un cubo?

Se puede encontrar en Internet que el coeficiente de dilatación superficial β es, aproximadamente, igual a $2 \cdot \alpha$. Por otra parte, el coeficiente de dilatación cúbica γ es, aproximadamente, igual a $3 \cdot \alpha$.

No es difícil demostrar estas relaciones a partir del coeficiente de dilatación lineal y despreciando términos pequeños.

Página 327

27 Disponemos de 10 cm^3 de agua líquida a $2 \text{ }^\circ\text{C}$. Si se calienta gracias a un aporte de energía de 800 J , ¿qué temperatura alcanzará?

Utilizamos la expresión que define el calor específico de una sustancia:

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0)$$

Puesto que la densidad del agua es 1 g/cm^3 , los 10 cm^3 tienen una masa de 10 g .

$$T = \frac{Q}{m \cdot c} + T_0 = \frac{800 \text{ J}}{10 \text{ g} \cdot 4,186 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}} + 2 \approx 21,1^\circ\text{C}$$

28 Una masa de 28 g de aluminio se enfría desde $30 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $-10 \text{ }^\circ\text{C}$. ¿Cuánta energía se desprende?

La energía desprendida se hace mediante calor, por tanto:

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0) = 28 \text{ g} \cdot 0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (-10 - 30)^\circ\text{C} \approx -1005 \text{ J}$$

29 Un trozo de hierro de 1 kg está a 10 m de altura. Cuando caiga, va a transformar toda la energía potencial en térmica. ¿Cuántos grados se va a calentar?

La energía potencial del hierro se transformará en térmica, aumentando su temperatura.

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m} = 98 \text{ J}$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T - T_0) \rightarrow T - T_0 = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{98 \text{ J}}{1000 \text{ g} \cdot 0,450 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}} \approx 0,22^\circ\text{C}$$

Habrá que tener cuidado con el valor de la masa, ya que habrá que expresarlo en kg en la expresión de la energía potencial, y en gramos, en la del calor.

30 ¿Qué se calienta más fácilmente, el agua líquida o el hierro sólido? Justifica tu respuesta.

El calor específico del hierro es unas nueve veces menor que la del agua líquida. Esto quiere decir que el hierro necesita nueve veces menos energía que el agua para elevar un gramo, un grado centígrado.

Página 329

31 Determina la energía absorbida cuando se evaporan 50 g de alcohol etílico (etanol).

Es un fenómeno de cambio de estado, de líquido a gas, luego se trata de energía absorbida.

$$Q = L_v \cdot m = 846 \text{ J/g} \cdot 50 \text{ g} = 42\,300 \text{ J}$$

Calor positivo indica calor absorbido.

32 ¿Qué masa de plomo podremos fundir con $1\,000 \text{ J}$ si ya está a su temperatura de fusión? ¿Y de aluminio?

Si el plomo ya se encuentra a la temperatura de fusión, el calor que le proporcionemos a partir de este momento será para que se produzca el cambio de estado:

$$Q = L_f \cdot m \rightarrow m = \frac{Q}{L_f} = \frac{1000 \text{ J}}{22,5 \text{ J/g}} \approx 44,4 \text{ g}$$

Análogamente para el aluminio:

$$m = \frac{Q}{L_f} = \frac{1000 \text{ J}}{394 \text{ J/g}} \simeq 2,5 \text{ g}$$

Como vemos, puesto que el calor latente del aluminio es mucho mayor que el del plomo, con 1000 J se puede fundir mucho menos gramos de aluminio que de plomo.

- 33** Un vaso con 200 cm³ de agua a 10 °C se saca a la calle, donde hay una temperatura inferior a 0 °C. ¿Cuánta energía cederá el agua al ambiente justamente cuando toda ella se congele?

Al ser la densidad del agua 1 g/cm³, esos 200 cm³ de agua son 200 g. Primeramente, el agua tendrá que ceder calor para enfriarse de 10 °C hasta 0 °C, que es la temperatura de fusión.

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 4,186 \text{ J/g} \cdot \text{°C} \cdot 200 \text{ g} \cdot (0 - 10) \text{ °C} = -8372 \text{ J}$$

Seguidamente, cederá energía mediante calor en el cambio de estado de líquido a sólido. Al ser calor cedido, hay que introducir el signo menos:

$$Q_2 = -L_f \cdot m = -334 \text{ J/g} \cdot 200 \text{ g} = -66800 \text{ J}$$

El calor total:

$$Q = Q_1 + Q_2 = -8372 \text{ J} - 66800 \text{ J} = -75172 \text{ J}$$

- 34** Deseamos solidificar 7 g de mercurio que están (o se encuentran) a 12 °C. ¿Qué cantidad de energía debemos extraerle? Dato: el calor específico del mercurio líquido es de 138 J/(kg · K).

Igual que en el ejercicio anterior, el mercurio primero debe ceder energía para enfriarse desde 12 °C (285 K) hasta -38,9 °C (234,1 K):

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,138 \text{ J/g} \cdot \text{K} \cdot 7 \text{ g} \cdot (234,1 - 285) \text{ K} \simeq -49,2 \text{ J}$$

Y posteriormente ceder energía para solidificarse. Puesto que es energía cedida, introduciremos el signo menos:

$$Q_2 = -L_f \cdot m = -11,73 \text{ J/g} \cdot 7 \text{ g} = -82,1 \text{ J}$$

La energía total cedida es:

$$Q = Q_1 + Q_2 = -49,2 \text{ J} - 82,1 \text{ J} = -131,3 \text{ J}$$

- 35** Queremos fundir una pieza de hierro de 6 g que se encuentra a 20 °C. ¿Cuánta energía es necesaria?

Debemos calcular la energía necesaria para calentar el hierro hasta la temperatura de fusión:

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,450 \text{ J/g} \cdot \text{°C} \cdot 6 \text{ g} \cdot (1530 - 20) \text{ °C} = 4077 \text{ J}$$

Y la energía que habrá que proporcionar para que se funda una vez alcanzada la temperatura de fusión:

$$Q_2 = L_f \cdot m = 293 \text{ J/g} \cdot 6 \text{ g} = 1758 \text{ J}$$

La energía absorbida total es:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 4077 \text{ J} + 1758 \text{ J} = 5835 \text{ J}$$

- 36** Se mezcla 500 g de un líquido a 50 °C con 750 g del mismo líquido a 5 °C. ¿Cuál es la temperatura final?

El líquido de mayor temperatura, al enfriarse, cede energía, que será absorbida por el líquido más frío al calentarse. Por tanto, son dos números opuestos (uno positivo y el otro negativo), que, al sumarlos, da cero:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow c \cdot m_1 \cdot (T - T_{01}) + c \cdot m_2 \cdot (T - T_{02}) = 0 \rightarrow \\ m_1 \cdot (T - T_{01}) + m_2 \cdot (T - T_{02}) = 0$$

Sustituyendo datos numéricos:

$$500 \text{ g} \cdot (T - 50)^\circ\text{C} + 750 \text{ g} \cdot (T - 5)^\circ\text{C} = 0 \rightarrow$$

$$500 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot T - 25\,000 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} + 750 \text{ g} \cdot T - 3\,750 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} = 0 \rightarrow$$

$$T = \frac{(25\,000 + 3\,750) \text{ g} \cdot ^\circ\text{C}}{(500 + 750) \text{ g}} = 23,0^\circ\text{C}$$

Como vemos, no hemos necesitado conocer el calor específico de la sustancia, puesto que tanto la que se calienta como la que se enfría es la misma.

4 Motor térmico

Página 330

Trabaja con la imagen

Busca en Internet el fundamento teórico del funcionamiento de un motor frigorífico, e intenta buscar una analogía con el agua de un pozo que se pretende extraer.

Las máquinas térmicas pueden ser: motores térmicos, como los que estamos estudiando, máquina frigorífica o bomba de calor. Tanto una máquina frigorífica como una bomba de calor funcionan inversamente a un motor térmico; se realiza trabajo sobre la máquina, consiguiendo que se absorba energía del foco frío y se ceda al foco caliente. La diferencia entre estas dos está en cuál es el fin que se persigue. En la máquina frigorífica se pretende enfriar el foco frío, por eso, se diseñan para que la cantidad de energía extraída del foco frío sea la máxima posible. Sin embargo, el fin de la bomba de calor es calentar el foco caliente, y por ello, se diseñan para que la cantidad de calor cedida al foco caliente sea la máxima posible.

Página 331

37  Un motor térmico produce un trabajo de 100 J en cada ciclo. ¿Cuánta energía desprende al foco frío en cada ciclo si el rendimiento es de 0,16?

Según el principio de conservación de la energía:

$$Q_c = W + Q_f$$

El rendimiento es:

$$r = \frac{W}{Q_c}$$

Con estas dos expresiones, podemos escribir una que esté en función de las variables que conocemos y nuestra incógnita:

$$\frac{W}{r} = W + Q_f \rightarrow \frac{100 \text{ J}}{0,16} = 100 \text{ J} + Q_f \rightarrow Q_f = 525 \text{ J}$$

38  Un motor térmico ideal, cuyo rendimiento es el máximo, funciona desde un foco caliente a 300 °C y un foco frío a 10 °C. Si absorbe 50 J en cada ciclo, ¿qué trabajo producirá?

Si el rendimiento es el máximo, entonces es igual al de un motor de Carnot:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 10) \text{ K}}{(273 + 300) \text{ K}} \simeq 0,506$$

Puesto que:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r \cdot Q_c = 0,506 \cdot 50 \text{ J} = 25,3 \text{ J}$$

39 ¿Puede fabricarse un motor térmico que funcione entre un foco a 800 °C y otro a 20 °C que de cada 100 J absorbidos del foco caliente convierta en trabajo útil 70 J?

El rendimiento máximo entre estos dos focos es:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 20) \text{ K}}{(273 + 800) \text{ K}} = 0,75$$

Si las energías del motor fueran las especificadas, significaría que su rendimiento sería:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{70 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,70$$

Luego sí se puede, ya que no supera al máximo posible.

40 Un motor absorbe 25 J del foco caliente a 900 °C y desprende 18 J al foco frío en cada ciclo. ¿Cuál es el rendimiento? Si el rendimiento es el máximo, ¿a qué temperatura está el foco frío?

Del principio de conservación de la energía, deducimos que el trabajo que se realiza en cada ciclo es:

$$Q_c = W + Q_f \rightarrow 25 \text{ J} = W + 18 \text{ J} \rightarrow W = 7 \text{ J}$$

El rendimiento es:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{7 \text{ J}}{25 \text{ J}} = 0,28$$

Si este rendimiento fuese el máximo posible, entonces la temperatura del foco frío sería:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{T_f}{(273 + 900) \text{ K}} = 0,28 \rightarrow T_f = 844,56 \text{ K} = 571,56 \text{ °C}$$

5 Degradación de la energía

Página 332

Trabaja con la imagen

Para cada una de las fotografías inferiores, dibuja un esquema de las partículas que constituyen los sistemas materiales antes y después de aumentar su energía térmica.

Al realizar esta tarea, el estudiante debería reflexionar acerca de que aumentar la temperatura (calentar) significa aumentar el movimiento de agitación térmica de las partículas constituyentes de la materia. En algunos casos, se verá muy claro que el movimiento ordenado de las partículas, como las que forman el disco del freno, se transforma en movimiento desordenado, en el momento en el que el disco gira más lentamente pero con mayor temperatura.

Página 333

41 Explica una situación física en la que la energía cinética de un cuerpo se transforme en energía potencial, luego otra vez en cinética, y finalmente en térmica.

Estas transformaciones energéticas son las que ocurren cuando se lanza un objeto hacia arriba y, después, dejamos que caiga al suelo.

Parte de la energía química almacenada en los músculos de la persona se invierte en comunicar energía cinética al objeto.

Mientras sube el objeto, va transformando su energía cinética en potencial, de tal manera que, en su punto más alto, toda la energía cinética ha quedado transformada en potencial. Cuando el objeto baja, nuevamente la energía potencial se transforma en cinética, y cuando vaya a golpear el suelo toda la energía será cinética. Al producirse el choque del objeto con el suelo, toda la energía cinética se transformará en térmica, calentando el propio objeto y parte del suelo.

Como vemos, la transformación neta de energía ha sido transformar la energía química de los músculos de la persona en energía térmica; se ha calentado el objeto y el suelo.

42 ¿En cuál de las manifestaciones de la energía crees que se transformará toda la energía química de la gasolina de una motocicleta una vez que se haya agotado el depósito de combustible? Justifica tu respuesta.

Los vehículos utilizan para moverse la energía química del combustible, que se transforma en cinética, pero como sabemos, debido a los rozamientos, también se produce energía térmica no deseada. Se calienta las distintas partes del motor del vehículo, los neumáticos, el aire con el que roza, etc. Tarde o temprano, el vehículo frena y se detiene, luego pierde toda la energía cinética que tenía transformándose en térmica en los discos de freno, etc. Cuando la motocicleta consume el depósito de combustible, toda la energía química que se ha utilizado de la gasolina se habrá transformado íntegramente en energía térmica.

TIC. Geogebra

Página 339

1 En esta actividad, profundizaremos en el funcionamiento de la herramienta *homotecia*; para ello:

- Dibuja un punto (A), y a una distancia a su derecha de unas 2 unidades, coloca un segundo punto (B). Procura que no coincida sobre ningún eje. Pon el punto B de color verde.
- Crea un deslizador (a), con valores entre -5 y 5.
- Con la herramienta *homotecia*, haz clic en el punto A y, después, en el B. Como factor de escala escribimos a. Se ha creado un nuevo punto, A', cuya posición cambia dependiendo de los valores de a.
- Observa el comportamiento del punto A', y describe cómo funciona la herramienta *homotecia*.

La herramienta *homotecia* puede ser la más complicada de entender, pero con la experiencia que proponemos en esta actividad podemos observar que lo que hace es escalar una figura. En nuestro caso es la distancia del punto A a otro punto B, según el factor de escala que se introduzca. Si en lugar de representar el punto A como un punto redondo, ponemos un triángulo, veremos que con esta herramienta también se escala el propio triángulo, algo que no se observó en el caso anterior porque se trataba de un punto que no tenía área.

2 Realiza un montaje en el que, utilizando un deslizador para introducir temperaturas, y la herramienta *homotecia*, se observe cómo se dilata una varilla, que dibujaremos, para un determinado valor de su coeficiente de dilatación.

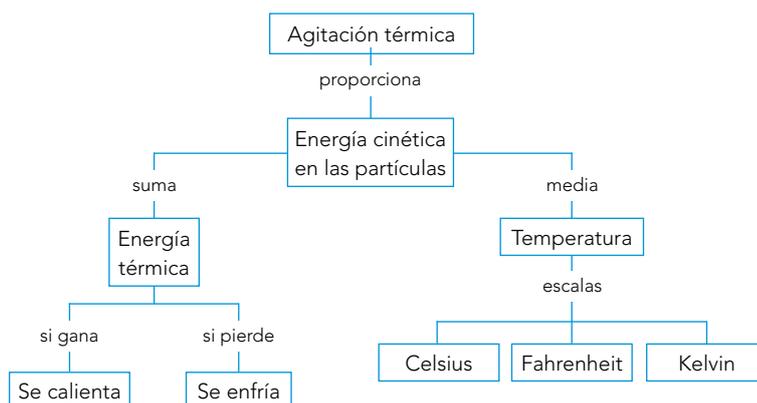
Si el alumnado ha comprendido el montaje de la práctica, no le costará realizar la actividad aquí propuesta. Se trata únicamente de crear un rectángulo que se alargará y contraerá dependiendo de la temperatura a la que se someta, que introduciremos mediante un deslizador. La ecuación que rige el fenómeno de dilatación habrá que introducirla como factor de escala de la herramienta *homotecia* tal y como se hizo en la práctica con las anchuras de los rectángulos que representaban el flujo de energía.

Taller de ciencias

Página 340

Organizo las ideas

El mapa conceptual completo es el siguiente:



Trabajo práctico

Página 341

1 ¿Eres capaz de explicar la expresión matemática que hemos utilizado?

La ecuación que usamos para calcular el calor latente significa que el calor cedido por el agua caliente es el absorbido por el hielo, utilizándolo para fundirse primeramente, y para calentar el agua líquida resultante de la fusión del hielo desde 0 °C hasta la temperatura final del equilibrio térmico.

2 Compara el valor obtenido con el que aparece en los libros.

El calor latente de fusión del agua es de unos 334 J/g. Es normal que con este procedimiento bastante casero se comentan errores y que el resultado esté bastante distante del que nos dan las tablas de calores latentes. Lo importante es que el alumnado vea que hay maneras de proceder para medir distintas propiedades de los sistemas materiales, que se suelen cometer errores en la experimentación, y que pueden hacerse más pequeños si se va refinando el procedimiento experimental.

3 Realiza una lista de errores que hemos podido cometer y cómo podríamos minimizarlos.

Aparte de los errores lógicos que cometemos al medir la masa de hielo y de agua, y también las distintas temperaturas, habremos cometido errores en:

- Parte de la energía del agua caliente se invertirá en calentar el termo y no en fundir el hielo. Hemos tratado de minimizar algo este efecto, dejando que caliente el termo antes de introducir el hielo y empezar el procedimiento de medición. Lo ideal sería que el termo quedara a la temperatura de la habitación para que no transfiriera calor con ella.
- Antes de introducir el hielo, hay que esperar a que este se caliente hasta alcanzar su temperatura de fusión, para no tener que considerar la energía invertida en calentar el hielo. Para ello observaremos cuando el hielo comienza a fundirse. En este momento, estará a su temperatura de fusión. Claro está que un poquito de la masa de hielo se perderá.
- Por la tapadera, se perderá energía cada vez que la abramos para comprobar si se ha fundido todo el hielo. Habrá que hacerlo el menor número de veces posible y abriendo solo un poquito.
- Justamente cuando se funda el hielo, el agua procedente de él estará a 0 °C, y deberá calentarse hasta la temperatura del resto de agua. Será un poco difícil apreciar cuándo se alcanza exactamente el equilibrio. Observaremos el termómetro, y nos fijaremos en cuando deja de descender apreciablemente la temperatura.

4 ¿Por qué crees que es mejor no calentar demasiado el agua?

Como hemos explicado en el apartado anterior, es conveniente que la temperatura del termo en el momento en el que echamos el hielo sea la de la habitación para procurar que este ya esté en equilibrio térmico con ella y evitemos que transfiera calor con la habitación. Así, inicialmente se calentará el agua un poco más que la temperatura de la habitación, para que, cuando dejemos que caliente el termo, el agua se enfríe hasta la temperatura de esta.

Si calentásemos mucho el agua, tendríamos que esperar más tiempo para que se alcanzase el equilibrio térmico entre el agua, el termo y la habitación.

Trabaja con lo aprendido

Página 342

Energía térmica y temperatura

- 1** ¿Qué crees que tendrá más energía térmica, un tornillo a 10 °C, o el mismo tornillo a 11 °C? Justifica tu respuesta.

Para un mismo cuerpo, cuanto mayor sea su energía térmica (suma de las energías cinéticas de todas sus partículas), mayor será su temperatura, ya que esta es una medida de la energía cinética media de las partículas.

Sin embargo, para dos cuerpos distintos no podemos asegurar que el que tenga más energía térmica es el que está a mayor temperatura, puesto que el de mayor energía térmica puede ser más grande que el otro y contener muchas más partículas; aunque cada partícula sume poco, hay muchas más partículas que contribuyen con su energía cinética.

- 2** ¿Qué crees que tendrá más energía térmica, una tuerca pequeña de hierro a 15 °C, o una grande de hierro a la misma temperatura?

Si las dos tuercas están a la misma temperatura, la energía cinética media de las partículas en ambos casos es la misma. Pero habrá más energía térmica en la tuerca grande, ya que aunque sus partículas se mueven igual que las de la pequeña, hay más, contribuyendo a la energía total en mayor medida.

- 3** ¿Qué partículas crees que se moverán más rápido en media, las que forman una moneda de cobre a 12 °C, o las que forman una moneda exactamente igual pero de oro a la misma temperatura? Dato: las partículas de oro son más de tres veces más masivas que las de cobre.

Si las dos monedas están a la misma temperatura, sus partículas, en media, vibran con la misma energía cinética. Puesto que las partículas de oro son más pesadas que las de aluminio, se moverán más lentamente. Recordemos que la energía cinética de cada partícula es: $E_c = 1/2 \cdot m \cdot v^2$.

- 4** ¿Qué partículas tendrán una energía cinética media mayor, las que forman una aguja a 20 °C, o las que forman unas pinzas a 60 °F?

Puesto que la temperatura es una medida de la energía cinética media de las partículas constituyentes de los sistemas materiales, tendrán más energía cinética las partículas que correspondan al cuerpo de mayor temperatura. Así, tendremos que comprobar qué temperatura es mayor. Para ello, convertimos 60 °F a Celsius:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (60^\circ\text{F} - 32)}{9} \simeq 15,6^\circ\text{C}$$

Así pues, tienen más energía cinética las partículas que forman la aguja.

- 5** La temperatura media de Plutón es de 44 K. Expresa esta temperatura en grados Celsius y en grados Fahrenheit.

Utilizamos las expresiones que relacionan las distintas escalas.

$$T_K = T_C + 273,15 \rightarrow T_C = T_K - 273,15 = 44^\circ\text{C} - 273,15 = -229,15^\circ\text{C}$$

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_F = \frac{9 \cdot T_C}{5} + 32 = \frac{9 \cdot (-229,15^\circ\text{C})}{5} + 32 = -380,47^\circ\text{F}$$

6 ¿Crees que una persona con 101 °F tiene fiebre?

Veamos esta temperatura en Celsius:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (101^\circ\text{F} - 32)}{9} \simeq 38,3^\circ\text{C}$$

Luego sí tiene fiebre.

7 ¿Alguna vez has estado en un lugar a una temperatura de 0 °F?

Veamos esta temperatura en Celsius para que cada uno pueda valorar:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (0^\circ\text{F} - 32)}{9} \simeq -17,8^\circ\text{C}$$

8 ¿Cómo crees que se encontrarán las partículas de un sistema material a -463 °F?

Veamos esta temperatura en Celsius:

$$9 \cdot T_C = 5 \cdot (T_F - 32) \rightarrow T_C = \frac{5 \cdot (T_F - 32)}{9} = \frac{5 \cdot (-463^\circ\text{F} - 32)}{9} = -275^\circ\text{C}$$

Esta temperatura no existe, puesto que es menor al cero absoluto. Luego no tiene sentido preguntarse cómo se encontrarán sus partículas.

9 Revisa el «enunciado de inaccesibilidad». ¿Eres capaz de poner un ejemplo de algo que se acerque cada vez más a cero y que nunca llegue?

Imaginemos una serie de números, empezando por un número positivo, donde el siguiente se obtiene de dividir el anterior entre 2. Por ejemplo, si empezamos en 4, la serie sería: 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, etc., acercándonos cada vez más al cero, pero sin llegar.

Con las velocidades ocurre lo mismo. Un objeto material puede acelerar, acercándose cada vez más a la velocidad de la luz, pero nunca llega a ella.

10 Explica con tus palabras por qué hay una temperatura tope inferior.

Como hemos visto, aumentar la temperatura de un cuerpo significa hacer que se muevan más sus partículas. Por tanto, reducir la temperatura consiste en disminuir la velocidad de las partículas. Puesto que la velocidad tiene un límite inferior, que es cero, la temperatura también lo tiene.

11 Un sistema material A tiene una energía térmica de 50 J, y otro sistema B tiene una energía térmica de 10 J. ¿Se puede decir qué sistema material está a mayor temperatura?

La energía térmica no nos informa de la temperatura de los sistemas materiales. Por tanto, no sabremos nada de las temperaturas de estos dos sistemas materiales.

El sistema material de 50 J podría estar formado por más partículas que el de 10 J, y tener por tanto, una media de la energía cinética de sus partículas menor que el de 10 J.

Equilibrio térmico. Calor y propagación**12 Realiza la siguiente práctica casera. Coloca tu mano cerca y sin tocar por el lateral de un objeto caliente, como puede ser un radiador. Después coloca tu mano a la misma distancia, pero por la parte superior. ¿Notas alguna diferencia? Justifica tu experiencia.**

Cuando colocamos la mano lateralmente a una cierta distancia del objeto caliente, nos llega el calor mediante radiación, pero cuando la colocamos a la misma distancia y por la parte de arriba, nos llega la misma cantidad de calor por radiación, pero ahora también nos llega por convección. Así que percibimos un poco de más calor que antes.

- 13** Cuando se dice que dos sistemas materiales están en contacto térmico, quiere decir que pueden intercambiar energía mediante calor. ¿Significa esto que los dos sistemas deben tener un contacto físico real? Justifica tu respuesta.

Evidentemente, contacto térmico no significa contacto físico. El Sol calienta la Tierra porque está en contacto térmico, pero ambos no se tocan.

- 14** Sabemos que un sistema material en equilibrio térmico mantiene su temperatura estable. ¿Cómo es posible, si sabemos que cualquier sistema material siempre radia energía?

Efectivamente, cualquier sistema material radia energía, y, como sabemos, su cantidad y frecuencias dependen de la temperatura. Pero los sistemas materiales también absorben parte de la radiación que les llega. Un sistema en equilibrio térmico absorbe la misma cantidad de energía que la que emite por unidad de tiempo.

- 15** Un sistema material A tiene 60 J de energía térmica, y se pone en contacto térmico con otro sistema material B con 50 J de energía térmica. En el equilibrio térmico, se observa que el sistema A tiene 65 J de energía térmica. ¿Qué sistema material estaba a mayor temperatura inicialmente?

Recordemos que la energía térmica no nos dice qué sistema material está a mayor temperatura, puesto que no sabemos nada de sus tamaños. Como sabemos, el calor pasa del sistema de mayor temperatura hasta el de menos. Si el sistema material A gana 5 J en el equilibrio térmico, es que era el de menor temperatura. Por tanto, el de mayor temperatura era el sistema B, y en el equilibrio térmico habrá quedado con 45 J. B le ha transferido 5 J a A.

- 16** Si dos sistemas materiales están en equilibrio térmico, ¿significa eso que tienen la misma cantidad de energía térmica?

No, dos sistemas en equilibrio térmico, están a la misma temperatura. Sobre la energía térmica no se puede saber nada.

- 17** Si los sistemas materiales tienden a alcanzar el equilibrio térmico, ¿por qué una persona no se enfría hasta alcanzar la temperatura ambiente?

Los sistemas materiales alcanzan el equilibrio térmico cuando están en contacto térmico, siempre y cuando no tengan un aporte de energía diferente a la transmisión de calor. Por ejemplo, si tenemos una estufa encendida, no se va a enfriar mientras transmite energía a la habitación porque tiene un aporte de energía eléctrica que va supliendo la energía térmica emitida. Igualmente ocurre con una persona, si está a mayor temperatura que el exterior, pierde energía térmica, emitiéndola al exterior, pero es suplida por la energía que se obtiene de la oxidación de los alimentos ingeridos en sus células. Sin embargo, cuando una persona fallece, y en consecuencia, sus células dejan de funcionar, el cuerpo se enfría hasta entrar en equilibrio térmico con el ambiente.

- 18** Cuando estás en la cama y te tapas con la manta, al poco rato notas que te has calentado. ¿Por qué ocurre esto si la manta no estaba caliente antes de taparte?

Si el cuerpo está a mayor temperatura que el exterior, pierde energía térmica mediante calor hacia el ambiente exterior. Cuando nos tapamos con una manta, simplemente estamos aislando nuestro cuerpo del exterior, para que la energía emitida por nuestro cuerpo no se escape y que quede calentando el aire que queda entre la manta y nosotros. Luego, la manta no nos calienta, nos calentamos nosotros.

- 19** Cuando una clase está vacía, se aprecia que está más fría que cuando está llena de estudiantes. ¿Tienes alguna explicación para ello?

Si la temperatura exterior es menor que la del cuerpo humano, las personas emiten energía mediante calor al ambiente, calentándolo.

20 ¿Por qué en invierno pasamos menos frío con ropa que desnudos?

La ropa nos aísla del ambiente exterior. Nuestro cuerpo pierde energía (cuando el exterior es más frío), y parte de ella se invierte en calentar el aire que queda entre nosotros y nuestra ropa.

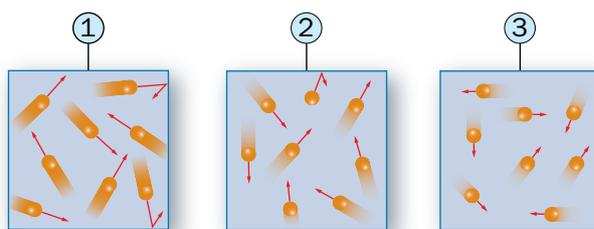
21 ¿Por qué se pasa más frío cuando estás en un ambiente húmedo y a unos 5 °C que cuando estás a la misma temperatura pero en un ambiente seco?

El aire húmedo es mejor conductor térmico que el aire seco. Por tanto, si estamos rodeados de aire húmedo, nuestro cuerpo pierde energía a un ritmo mayor que con aire seco. La percepción de frío la notamos cuando nuestro cuerpo pierde energía a un gran ritmo.

22 Cuando estamos a una temperatura ambiente de 22 °C estamos a gusto; sin embargo, si estamos en el agua a la misma temperatura, sentimos frío al poco rato. ¿Puedes explicarlo?

El agua es mejor conductor térmico que el aire, por eso perdemos energía más rápidamente cuando estamos sumergidos en agua. Como hemos comentado en el ejercicio anterior, notamos frío cuando nuestro cuerpo pierde energía a gran ritmo.

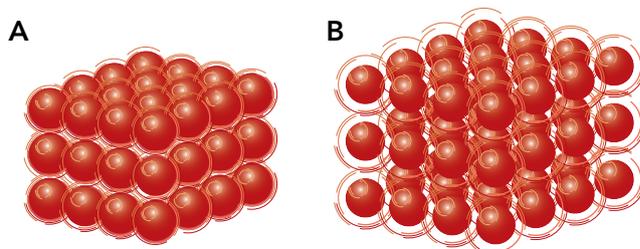
23 Si consiguiéramos ver las partículas de un cuerpo en varios instantes consecutivos, y estuvieran como en los dibujos, ¿qué dirías, que está a mayor temperatura que el ambiente o menor?



En las imágenes, vemos que sucesivamente las partículas se mueven menos; van perdiendo energía cinética y, por lo tanto, el cuerpo va perdiendo energía térmica. En consecuencia, el cuerpo está emitiendo energía al exterior. Esto quiere decir que su temperatura es mayor que la del exterior.

Página 343

24 Si pudiéramos ver algunas de las partículas que forman dos trozos de hierro, y las observáramos tal y como aparecen en la imagen, ¿qué fragmento dirías que está a mayor temperatura?



Si el sistema material A fuese mucho más grande que el B, ¿podrías asegurar que el sistema material B tiene más energía térmica que el A?

Al observar las partículas de los dos trozos de hierro, vemos que se mueven más las del sistema material B. Puesto que todas las partículas son iguales, tienen la misma masa y, en consecuencia, tienen más energía cinética las partículas que más se mueven.

Puesto que la temperatura es una medida de la energía cinética media de las partículas, podemos asegurar que el sistema *B* está a mayor temperatura.

Recordemos que la energía térmica es la suma de todas las energías cinéticas de las partículas que forman un sistema material. Por esto, si el sistema *A* tuviera el mismo número de partículas que el *B*, entonces el sistema *B* tendría más energía térmica que el *A*, pero si hay más partículas del *A* que del *B*, ya no podemos asegurar que el *B* tenga más energía térmica.

25 Si sacas un cubito de hielo de la nevera, y lo dejas encima de la mesa hasta que se funde completamente, ¿habrá calentado el ambiente o lo habrá enfriado?

Un mismo sistema material en estado líquido tiene más energía térmica que cuando estaba en estado sólido a la misma temperatura. Por eso, hay que comunicar energía a los cuerpos sólidos para fundirlos. En consecuencia, si el cubito de hielo pasa de sólido a 0 °C a líquido a 0 °C, absorberá energía del ambiente aunque su temperatura no cambie y enfriará el ambiente. Esa cantidad de energía es la misma que desprendió cuando el agua líquida se solidificó para formar el cubito de hielo. Para que el cubito se funda, el ambiente debe estar a más de 0 °C, si no, se enfriaría en lugar de fundirse.

26 Todos los cuerpos radian energía, es decir, emiten su propia radiación. Busca en Internet qué radiaciones pueden ser, desde la menos energética hasta la de mayor energía.

No hay que buscar estrechas subdivisiones de la radiación, sino de que los estudiantes vean las más genéricas (ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma) con las propiedades que las caracterizan.

27 Dependiendo de la temperatura a la que se encuentre un sistema material, la energía radiada es de una manera u otra y más energética o menos. Busca en Internet la temperatura mínima a la que debe estar una sustancia para que radie en el espectro visible.

Dentro del espectro de colores, el rojo corresponde a la radiación menos energética. Es el color que se empieza a ver cuando al ir calentado un cuerpo, comienza a radiar luz. Sobre los 1 600 °C, un cuerpo empieza a emitir luz roja-naranja.

28 Según la temperatura a la que un ser humano se encuentra, ¿qué tipo de radiación emite principalmente?

La temperatura de una persona viene a estar sobre 36,5 °C, que corresponde a 309,5 K. La radiación que se emite mayormente a esta temperatura es la infrarroja; está entre la infrarroja cercana y media. Si queremos calcularla, podemos explicarles a los estudiantes la ley de desplazamiento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{\delta}{T}$$

que nos dice la longitud de onda de la radiación que se emite en más cantidad, donde $\delta = 0,29 \text{ cm} \cdot \text{K}$, y T , la temperatura en kelvin. Al realizar este cálculo, obtenemos $\lambda_{\text{máx}} \simeq 9\,370 \text{ nm}$, correspondiendo a la franja de radiación que hemos especificado en el párrafo anterior.

Efectos del calor

29 ¿Eres capaz de explicar, utilizando algún modelo, qué mecanismo microscópico debe ocurrir para justificar la dilatación de los cuerpos sólidos con el aumento de la temperatura?

En los cuerpos sólidos, las partículas se encuentran relativamente juntas, ordenadas y con un pequeño movimiento de vibración en torno a su posición de equilibrio.

Cuanto mayor es la temperatura del cuerpo, mayor es la energía cinética con la que vibran. Por tanto, al aumentar la temperatura, las partículas vibran más e interaccionan unas con otras, separándose para tener suficiente espacio para vibrar con mayores amplitudes.

30 A 40 °C, la longitud de una varilla de plomo es de 156,6 cm. ¿Cuánto medirá a 5 °C?

Utilizamos la ecuación de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = 156,6 \text{ cm} \cdot [1 + 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot (5 - 40) \text{ }^\circ\text{C}] \simeq 156,4 \text{ cm}$$

31 Una varilla de grafito de 1,6206 m de longitud se ha alargado 3 mm en un cambio de temperatura. ¿Cuánto ha variado la temperatura? ¿Ha aumentado o disminuido su temperatura durante el proceso?

Si la varilla se alarga, es porque se dilata, luego su temperatura aumenta. Veamos cuánto:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow \Delta T = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \alpha} = \frac{0,003 \text{ m}}{1,6206 \text{ m} \cdot 0,79 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}} \simeq 234,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

32 Una varilla de un material se alarga un 1% cuando su temperatura aumenta 120 °C. ¿Cuál es su coeficiente de dilatación lineal?

Si la longitud inicial es L_0 , entonces la longitud final es:

$$L = L_0 + \frac{1}{100} \cdot L_0 = \frac{101}{100} \cdot L_0$$

Utilizamos la ecuación de la dilatación lineal:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \rightarrow \alpha = \frac{L - L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{\frac{1}{100} \cdot L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{1}{100 \cdot \Delta T} = \frac{1}{100 \cdot 120 \text{ }^\circ\text{C}} \simeq 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

33 Un trozo de cobre de 1,8 g se calienta desde 13,3 °C hasta 28,6 °C. ¿Qué cantidad de energía ha absorbido? Expresa el resultado en calorías.

Utilizamos la expresión del calor específico del cobre:

$$Q = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,385 \text{ J/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot 1,8 \text{ g} \cdot (28,6 - 13,3) \text{ }^\circ\text{C} \simeq 10,60 \text{ J}$$

Expresemos el resultado en calorías:

$$Q = 10,60 \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4,186 \text{ J}} \simeq 2,56 \text{ cal}$$

34 ¿A qué velocidad podríamos lanzar un objeto de 1 kg si le aplicáramos la energía que se desprende de un litro de agua cuando se enfría desde 100 °C hasta 0 °C? Expresa el resultado en km/h. ¿Y si lo que se enfría fuese 1 kg de hierro entre las mismas temperaturas?

Veamos la energía que se desprende al enfriarse un kilogramo de agua desde 100 °C hasta 0 °C.

$$Q = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 4,186 \text{ J/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \cdot 1000 \text{ g} \cdot (0 - 100) \text{ }^\circ\text{C} = -418 600 \text{ J}$$

Si esta energía desprendida se le suministra a un objeto de 1 kg para que aumente su energía cinética, que podría ser el propio agua, alcanzaría una velocidad:

$$|Q| = E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot |Q|}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 418 600 \text{ J}}{1 \text{ kg}}} \simeq 915 \text{ m/s} = 3 294 \text{ km/h}$$

Es una velocidad de más de dos veces y media la velocidad del sonido. Este resultado da una idea de la gran cantidad de energía que puede guardar el agua debido a su temperatura.

Si lo que se enfría es un kilogramo de hierro, se conseguirá una velocidad menor, ya que el calor específico del hierro es menor que el del agua.

$$Q = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 0,450 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 1000 \text{ g} \cdot (0 - 100) ^\circ\text{C} = -45\,000 \text{ J}$$

$$|Q| = E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot |Q|}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45\,000 \text{ J}}{1 \text{ kg}}} = 300 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1080 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- 35** Un cuerpo de masa 10 kg se mueve a 100 km/h cuando choca, quedándose en reposo. Si toda su energía cinética se transforma en térmica únicamente en dicho cuerpo, ¿cuánto se elevará su temperatura? Dato: $c = 0,4 \text{ J/(g } ^\circ\text{C)}$.

La energía cinética de un cuerpo de 10 kg que se mueve a 100 km/h (27,8 m/s aprox.) es:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ kg} \cdot (27,8 \text{ m/s})^2 \simeq 3864,2 \text{ J}$$

Si lo utilizamos en calentarlo, aumentaría su temperatura en:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{3864,2 \text{ J}}{0,4 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10\,000 \text{ g}} \simeq 0,97 ^\circ\text{C}$$

- 36** Se colocan en contacto térmico 10 g de aluminio a 30 °C con 10 g de oro a 10 °C. ¿Qué temperatura se alcanzará en el equilibrio si están aislados del exterior?

La energía térmica que desprende el aluminio al enfriarse se invierte en calentar el oro. Por eso, el calor absorbido por el aluminio es numéricamente igual al calor absorbido por el oro, salvo que para el aluminio es negativo, ya que es calor cedido. Por eso, la suma de estos dos calores es cero.

$$\begin{aligned} Q_{Al} + Q_{Au} &= 0 \rightarrow c_{Al} \cdot m_{Al} \cdot (T - T_{Al}) + c_{Au} \cdot m_{Au} \cdot (T - T_{Au}) = 0 \\ 0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot (T - 30) ^\circ\text{C} + 0,129 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot (T - 10) ^\circ\text{C} &= 0 \\ T &= \frac{0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot 30 ^\circ\text{C} + 0,129 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} \cdot 10 ^\circ\text{C}}{0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g} + 0,129 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ g}} \simeq 27,5 \end{aligned}$$

Aunque los dos metales tienen la misma masa, el oro es el que varía su temperatura mayormente, puesto que su calor específico es menor; es decir, se calienta más fácilmente.

- 37** En un recipiente aislado térmicamente se introducen 30 g de cobre a 50 °C con 10 g de un metal desconocido a 5 °C. El equilibrio se alcanza a los 30,33 °C. ¿Sabrías decir de qué metal podría tratarse?

Vamos a determinar el calor específico de la sustancia desconocida. Puesto que el calor específico es una propiedad característica, nos servirá para identificar la sustancia de la que se trata. Establecemos la condición de que el calor cedido por el cobre es igual al calor absorbido por la sustancia desconocida, tal y como hemos explicado en el ejercicio anterior.

$$\begin{aligned} Q_{Cu} + Q_1 &= 0 \rightarrow c_{Cu} \cdot m_{Cu} \cdot (T - T_{Cu}) + c_1 \cdot m_1 \cdot (T - T_1) = 0 \\ 0,385 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 30 \text{ g} \cdot (30,33 - 50) ^\circ\text{C} + c_1 \cdot 10 \text{ g} \cdot (30,33 - 5) ^\circ\text{C} &= 0 \\ -227,2 \text{ J} + 253,3 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot c_1 &= 0 \rightarrow c_1 = \frac{227,2 \text{ J}}{253,3 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C}} \simeq 0,897 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Que corresponde al calor específico del aluminio.

- 38** Determina a qué temperatura se alcanza el equilibrio térmico al poner en contacto 200 g de naranjada a 10 °C con otros 50 g a 5 °C.

El calor cedido por la naranjada a 10 °C será el absorbido por la naranjada a 5 °C. Igualmente que en los ejercicios anteriores:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 &= 0 \rightarrow c \cdot m_1 \cdot (T - T_1) + c \cdot m_2 \cdot (T - T_2) = 0 \\ m_1 \cdot (T - T_1) + m_2 \cdot (T - T_2) &= 0 \rightarrow 200 \text{ g} \cdot (T - 10) ^\circ\text{C} + 50 \text{ g} \cdot (T - 5) ^\circ\text{C} = 0 \\ T &= \frac{200 \text{ g} \cdot 10 ^\circ\text{C} + 50 \text{ g} \cdot 5 ^\circ\text{C}}{(200 + 50) \text{ g}} = 9,0 ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

39 ¿Qué cantidad de energía necesita absorber un litro de agua para que se evapore por completo?

El calor que necesita absorber un litro de agua (1 kg) para vaporizarse, es decir, para pasar de líquido a gas, lo determinamos mediante el calor latente de vaporización:

$$Q = L_v \cdot m = 2260 \text{ J/g} \cdot 1000 \text{ g} = 2260000 \text{ J}$$

40 Si disponemos de 5 g de hierro a la temperatura de fusión, ¿qué cantidad de energía habrá que aportarle para fundirlo completamente?

Si el hierro ya se encuentra a la temperatura de fusión, el calor que le proporcionemos se invertirá en fundirlo. Utilizamos el calor latente de fusión del hierro.

$$Q = L_f \cdot m = 293 \text{ J/g} \cdot 500 \text{ g} = 146500 \text{ J}$$

Página 344**41 ¿Qué cantidad de energía se desprende al solidificarse 15 g de plomo líquido estando a la temperatura de fusión?**

Si el plomo líquido ya está a la temperatura de fusión, cuando pierda energía, será para producirse el cambio de estado; se solidificará. En este caso la energía es negativa, y habrá que introducir el signo menos, ya que no se obtiene directamente de la ecuación. Por tanto:

$$Q = -L_f \cdot m = -22,5 \text{ J/g} \cdot 15 \text{ g} = -337,5 \text{ J}$$

42 Si 4 g de estaño gaseoso se condensan, ¿qué energía desprende? Expresa el resultado en calorías.

Utilizamos el calor latente de vaporización. Suponemos que los 4 g de vapor de estaño no se van a enfriar, sino que cuando pierdan energía será para cambiar de estado. La energía habrá que ponerla negativa para indicar que el calor es cedido.

$$Q = -L_v \cdot m = -3020 \text{ J/g} \cdot 4 \text{ g} = -12080 \text{ J}$$

En calorías es:

$$Q = -12080 \text{ J} \cdot \frac{4,186 \text{ cal}}{1 \text{ J}} \simeq -2886 \text{ cal}$$

43 ¿Qué masa de etanol se puede evaporar con una energía de 2000 J?

Utilizamos el calor de vaporización del etanol.

$$Q = L_v \cdot m \rightarrow m = \frac{Q}{L_v} = \frac{2000 \text{ J}}{846 \text{ J/g}} \simeq 2,4 \text{ g}$$

44 ¿Qué energía tiene que absorber un cubito de hielo de 8 g para fundirse completamente si su temperatura es de -10°C ?

Dividimos todo el proceso en dos etapas: energía necesaria para calentar el cubito de hielo desde -10°C hasta 0°C , y la energía necesaria para fundir el hielo una vez que se encuentra a la temperatura de fusión.

$$Q_1 = c \cdot m \cdot (T - T_0) = 2,114 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 8 \text{ g} \cdot [0 - (-10)]^\circ\text{C} \simeq 169 \text{ J}$$

$$Q_2 = L_f \cdot m = 334 \text{ J/g} \cdot 8 \text{ g} = 2672 \text{ J}$$

El calor total es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 169 \text{ J} + 2672 \text{ J} = 2841 \text{ J}$$

- 45** Determina la energía que desprenden 100 g de agua en estado gaseoso a 110 °C cuando se transforma en hielo a -5 °C.

Dividimos el proceso completo en cinco etapas: el vapor de agua se enfría desde 110 °C hasta 100 °C, que es su temperatura de ebullición, seguidamente el cambio de estado de gas a líquido, a continuación el enfriamiento del agua desde 100 °C hasta 0 °C, ahora la solidificación del hielo, y, por último, el enfriamiento del hielo desde 0 °C hasta -5 °C.

$$Q_1 = c_1 \cdot m \cdot (T - T_0) = 2,080 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ g} \cdot (100 - 110) = -2080 \text{ J}$$

$$Q_2 = -L_v \cdot m = -2260 \text{ J/g} \cdot 100 \text{ g} = -226000 \text{ J}$$

$$Q_3 = c_3 \cdot m \cdot (T - T_0) = 4,186 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ g} \cdot (0 - 100) = -41860 \text{ J}$$

$$Q_4 = -L_f \cdot m = -334 \text{ J/g} \cdot 100 \text{ g} = -33400 \text{ J}$$

$$Q_5 = c_5 \cdot m \cdot (T - T_0) = 2,114 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 100 \text{ g} \cdot (-5 - 0)^\circ\text{C} = -1057 \text{ J}$$

El calor total desprendido es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = -304397 \text{ J}$$

Motor térmico

- 46** Otras máquinas térmicas son el refrigerador y la bomba de calor. Busca en Internet la diferencia con el motor térmico.

La finalidad de un motor térmico es la de obtener trabajo a partir del calor obtenido de un foco caliente. En esta tarea, como sabemos, es inevitable desprender calor a un foco frío.

Tanto el refrigerador como la bomba de calor funcionan al revés de como lo hace un motor térmico: se les aplica trabajo, absorbiendo energía de un foco frío y expulsándola a un foco caliente. La diferencia entre estos dos, es que la finalidad de un refrigerador es extraer energía del foco frío, mientras que la de la bomba de calor es ceder energía al foco caliente.

- 47** Si el rendimiento del motor térmico del esquema inferior de la izquierda es 0,6 (actividad 48) calcula el calor del foco caliente y el del foco frío de cada ciclo de funcionamiento del motor.

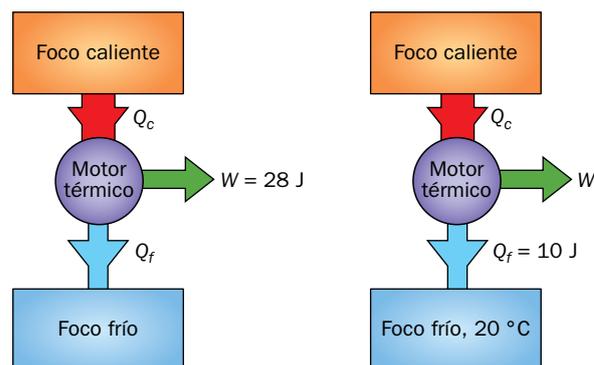
En la figura vemos que por cada ciclo se obtienen 28 J de trabajo útil. Si el rendimiento del motor es 0,6, el calor absorbido del foco caliente es:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow Q_c = \frac{W}{r} = \frac{28 \text{ J}}{0,6} \simeq 46,7 \text{ J}$$

El calor cedido al foco frío es:

$$Q_c = W + Q_f \rightarrow Q_f = Q_c - W = 46,7 \text{ J} - 28 \text{ J} = 18,7 \text{ J}$$

- 48** Si el motor de la imagen inferior de la derecha fuese de rendimiento máximo de valor 0,77, determina la temperatura del foco caliente, así como el calor del foco caliente y el trabajo realizado por el motor en cada ciclo.



Si el rendimiento es de 0,77, podemos escribir:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r \cdot Q_c = 0,77 \cdot Q_c$$

Por el principio de conservación de la energía:

$$Q_c = W + Q_f = 0,77 \cdot Q_c + 10 \text{ J} \rightarrow Q_c = \frac{10 \text{ J}}{0,23} \simeq 43,5 \text{ J}$$

Y por tanto:

$$W = 0,77 \cdot Q_c = 0,77 \cdot 43,5 \simeq 33,5 \text{ J}$$

Nos queda por determinar la temperatura del foco caliente. Si el rendimiento es el máximo posible, entonces:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Debemos tener la precaución de escribir las temperaturas en kelvin.

$$T_f = 20 + 273,15 = 293,15 \text{ K}$$

Sustituimos:

$$0,77 = 1 - \frac{293,15 \text{ K}}{T_c} \rightarrow T_c = \frac{293,15 \text{ K}}{0,23} \simeq 1275 \text{ K} = 1001^\circ\text{C}$$

49 ¿Qué rendimiento tiene un motor de Carnot que funciona entre 500 °C y 10 °C? Si absorbe 20 J del foco caliente en cada ciclo, ¿cuánto se transforma en trabajo útil?

El rendimiento de un motor de Carnot es el máximo posible entre dos temperaturas. En este caso es:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 10) \text{ K}}{(273 + 500) \text{ K}} \simeq 0,634$$

El trabajo útil que se obtiene en cada ciclo es:

$$r_{\text{máx}} = r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r_{\text{máx}} \cdot Q_c = 0,634 \cdot 20 \text{ J} = 12,68 \text{ J}$$

50 Un motor térmico funciona entre 900 °C y 0 °C. ¿Sería posible que de cada 100 J absorbidos del foco caliente transforme 80 J en trabajo útil?

El rendimiento de este motor sería:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{80 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,80$$

El rendimiento máximo posible entre estas dos temperaturas es:

$$r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 0) \text{ K}}{(273 + 900) \text{ K}} \simeq 0,77$$

Luego no podría ser, ya que el rendimiento máximo posible es 0,77 y si absorbe 100 J y transforma en trabajo útil 80 J significaría que su rendimiento tendría que ser superior (0,80); situación que es imposible.

51 Un motor con un rendimiento del 22% produce 47 J en cada ciclo. ¿Cuánta energía se desprende al foco frío en cada ciclo?

Un motor cuyo rendimiento sea del 22% quiere decir que $r = 0,22$. Utilizando la ecuación de conservación de la energía y la de la definición de rendimiento, podemos determinar el calor que se desprende al foco frío.

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{W}{W + Q_f} \rightarrow Q_f = \frac{W}{r} - W = \frac{47 \text{ J}}{0,22} - 47 \text{ J} \simeq 166,6 \text{ J}$$

- 52** Un motor térmico desprende al foco frío 56 J de cada 84 J que absorbe. ¿Cuál es su rendimiento?

Utilizando la ecuación de conservación de la energía y la de la definición de rendimiento:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c - Q_f}{Q_c} = \frac{84 \text{ J} - 56 \text{ J}}{84 \text{ J}} \simeq 0,33$$

- 53** Un motor térmico, cuyo foco frío es el exterior a una temperatura 12 °C, produce 78 J de trabajo útil en cada ciclo de cada 200 J absorbidos. Si su rendimiento es el máximo posible, ¿a qué temperatura está el foco caliente?

El rendimiento de este motor es:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{78 \text{ J}}{200 \text{ J}} = 0,39$$

Si sabemos que este rendimiento es el máximo posible, entonces también cumple:

$$r = r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} \rightarrow T_c = \frac{T_f}{1-r} = \frac{(273+12) \text{ K}}{1-0,39} \simeq 467 \text{ K} = 194 \text{ °C}$$

- 54** ¿Sería posible construir un motor térmico que funcionara cíclicamente y que de cada 100 J absorbidos transformara en trabajo útil 99 J? Encuentra una relación entre la temperatura del foco caliente y la del foco frío, expresada en grados Celsius, suponiendo que es una máquina de Carnot.

El rendimiento de este motor sería:

$$r = \frac{W}{Q_c} = \frac{99 \text{ J}}{100 \text{ J}} = 0,99$$

Si es una máquina de Carnot, su rendimiento es el máximo posible, y la expresión del rendimiento es también:

$$r = r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} \rightarrow T_c = \frac{T_f}{1-r} = \frac{T_f}{1-0,99} = 100 \cdot T_f$$

Esta relación es la que se cumple entre las temperaturas de los focos si expresamos las temperaturas en kelvin. Si las expresamos en grados Celsius, sería:

$$\begin{aligned} T_c &= 100 \cdot T_f \rightarrow T_c (\text{°C}) + 273,15 = 100 \cdot [T_f (\text{°C}) + 273,15] \rightarrow \\ &\rightarrow T_c (\text{°C}) = 100 \cdot T_f (\text{°C}) + 27\,041,85 \end{aligned}$$

- 55** ¿Crees que podría inventarse un motor térmico que tomara energía térmica del mar y la transformara en energía cinética de un barco?

Si el motor del barco tomara energía térmica del mar, significaría que este es el foco caliente. Para que funcione el motor térmico es necesario un foco frío. Luego habría que utilizar energía útil, que habría que sacar de algún sitio, para conseguirlo. El gasto energético de conseguir un foco frío y mantenerlo frío mientras se vierte energía procedente del motor térmico, es mayor que el trabajo que produce el motor. Luego el trabajo neto, es que nos costaría energía, en lugar de obtenerla.

- 56** Busca en Internet información sobre el primer motor de explosión: cuándo comenzó a fabricarse en serie, qué se utilizaba en los vehículos antes de él, el futuro que le aguarda, sus implicaciones medioambientales, etc., y realiza una presentación en el programa informático que desees para poder exponer tus hallazgos al resto de la clase.

Respuesta abierta, donde pretende que los estudiantes hagan una labor de investigación y búsqueda de información así como la familiarización en la utilización de las TIC.

Degradación de la energía

- 57** En un motor térmico, $r = 0,2$, ¿qué porcentaje de energía absorbida se desperdicia en calentar el foco frío?

Un motor térmico cuyo rendimiento sea de 0,2 significa que se aprovecha el 20% de la energía absorbida, el resto, 80%, es energía que no se transforma en trabajo útil y es vertida al foco frío.

- 58** En un ambiente a $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, se invierten 600 J de energía útil, por cada ciclo del motor, para producir un foco caliente a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ para que un motor térmico funcione entre este foco y el exterior. Si el rendimiento del motor fuese el máximo posible, calcula el trabajo útil en cada ciclo. ¿Qué porcentaje de esos 600 J se desperdician en calentar el ambiente?

Si el rendimiento del motor es el máximo, entonces es:

$$r = r_{\text{máx}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = 1 - \frac{(273 + 14)\text{ K}}{(273 + 120)\text{ K}} \simeq 0,27$$

Se dispone de 600 J de energía del foco caliente cada ciclo de motor. De esos 600 J se transforma en energía útil:

$$r = \frac{W}{Q_c} \rightarrow W = r \cdot Q_c = 0,27 \cdot 600\text{ J} = 162\text{ J}$$

Si el rendimiento es de 0,27, significa que es del 27%, luego el 73% de la energía del foco caliente va al foco frío.

Así, se invierten 600 J cada ciclo en producir un foco caliente, y de este solo se aprovecha el 27%, el resto se desprende al ambiente exterior.

- 59** Si toda la energía del universo se quedara en forma de energía térmica, ¿por qué sería un universo estático?

Si toda la energía estuviera en forma de energía térmica, el universo estaría en equilibrio térmico consigo mismo; estando todo él a la misma temperatura.

Como hemos visto, la única manera de aprovechar la energía térmica para hacer trabajos útiles, como acelerar un vehículo o elevar un ascensor, es mediante el motor térmico. Pero el motor térmico necesita de fuentes a distinta temperatura. Si todo el universo está a la misma temperatura y no existe ningún otro tipo de energía para producir un foco caliente o un foco frío, es imposible fabricar un motor térmico.

Así, aunque todo el universo esté con la misma cantidad de energía que al principio, no puede existir ningún cambio, ya que eso implica transformaciones energéticas.

- 60** Seguramente hayas visto más de una vez cómo la energía potencial de un cuerpo se transforma en energía térmica; por ejemplo, cuando una manzana cae al suelo y queda parada con una temperatura un poquito mayor que al principio.

¿Has observado alguna vez la transformación energética contraria? Es decir, ¿una manzana que inicialmente está en el suelo, se enfría un poquito y sube hasta una altura? ¿Qué has estudiado con relación a este asunto? Explícalo.

Aunque la energía se conserve (principio de conservación de la energía, o lo que es lo mismo, primer principio de la termodinámica), no tiene siempre el mismo potencial para realizar cambios útiles para nosotros.

El segundo principio de la termodinámica nos dice que no toda la energía térmica disponible en un foco caliente puede transformarse en energía útil. Inevitablemente, hay que transformar el resto de energía en energía térmica, calentando el foco frío.

Hay un enunciado totalmente equivalente del segundo principio de la termodinámica que viene a decirnos que en los cambios que se producen en la naturaleza, siempre aumenta el desorden. Por eso, el movimiento ordenado de las partículas que forman una manzana mientras cae (todas ellas se mueven hacia abajo y con la misma velocidad) se transforma en movimiento desordenado una vez que la manzana golpee el suelo y quede en reposo. Las partículas se mueven a la misma velocidad que tenían justo antes del impacto, pero con un movimiento desordenado de agitación térmica. Así, decimos que la energía cinética de la manzana, se ha transformado en energía térmica.

Esta otra manera del enunciado del segundo principio de la termodinámica nos enseña que no se puede transformar el movimiento desordenado de las partículas de la manzana, en movimiento ordenado, produciendo, por tanto, un desplazamiento de esta. Es decir, no se puede transformar la energía térmica en cinética.