

Aclara tus ideas

El átomo. Configuración electrónica

- El átomo, unidad constituyente de la materia, está formado por protones, electrones y neutrones. A lo largo de la historia se han sucedido diferentes modelos atómicos:



- El **nº atómico** (Z) indica el nº de protones que tiene un átomo.

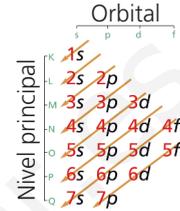
$$Z = \text{nº protones}$$

- El **nº másico** (A) indica la suma de protones y neutrones de un átomo.

$$A = \text{nº protones} + \text{nº neutrones}$$

- Los **isótopos** son átomos con igual nº atómico y diferente nº másico.

- La forma en que se distribuyen los electrones en la corteza es la configuración electrónica. Para escribirla, se utiliza la **regla de las diagonales**:



Sistema periódico

- En la tabla periódica aparecen todos los elementos químicos conocidos, ordenados por su nº atómico (Z) y clasificados en:
 - **18 grupos**, constituidos por los elementos que están en la misma columna.
 - **7 periodos**, formados por los elementos que están en la misma fila.

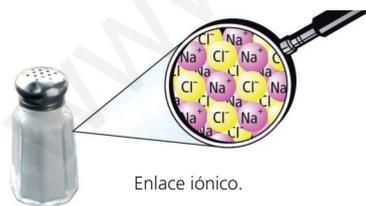
- Al desplazarnos en un grupo o en un período tiene lugar una variación periódica de las propiedades:
 - **Tamaño atómico**: aumenta de derecha a izquierda, y de arriba abajo.
 - **Formación de iones**: los elementos de la parte izquierda tienden a formar cationes (pierden e^-), y los de la parte derecha, aniones (ganan e^-).

Enlace químico

- Los átomos de los elementos químicos se unen entre sí estableciendo diferentes tipos de enlace:

Enlace iónico

Átomos con tendencia a perder e^- (parte izquierda de la tabla) los ceden a otros con tendencia a ganarlos (parte derecha). Se forman cationes y aniones, respectivamente, que se unen eléctricamente formando una red cristalina.



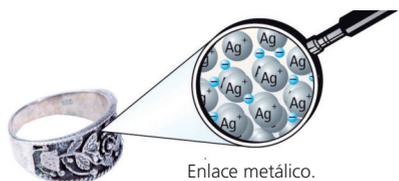
Enlace covalente

En lugar de ganar o perder e^- , estos se comparten entre los átomos que se unen, estableciendo enlaces covalentes simples, dobles o triples, según el nº de pares de electrones compartidos.



Enlace metálico

En los metales los átomos pierden algunos electrones que pasan a moverse libremente entre una red cristalina de cationes.



- El tipo de enlace determina las propiedades de las sustancias:

Sustancias iónicas

Son sólidos cristalinos y no deformables, con altos puntos de fusión y ebullición. Son bastante solubles en agua.

Sustancias covalentes

Se pueden presentar en los tres estados de agregación, y sus puntos de fusión y ebullición suelen ser bajos. En general, son poco solubles en agua.

Metales

Tienen brillo metálico, y son buenos conductores de la electricidad y el calor. Se oxidan por el oxígeno del aire.

Resuelve paso a paso > Configuración electrónica

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

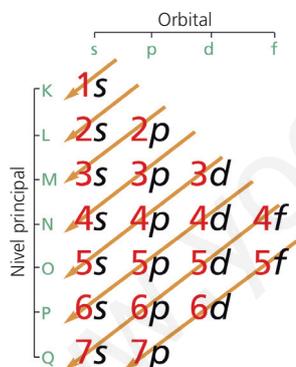
► Explica cuál es el procedimiento que debe seguirse para escribir una configuración electrónica, ilustrado sobre el ejemplo del rubidio. Indica cómo podemos deducir si un elemento tiene tendencia a ganar o perder electrones.

- Comenzaremos por identificar el elemento del que se trata (rubidio, Rb, en este caso) y recabar algunos datos sobre él, como su número atómico, consultando la tabla periódica.
 - De acuerdo con la tabla periódica, el nº atómico del rubidio (Rb) es 37. Esto significa que un átomo de rubidio tiene 37 protones en el núcleo, y, al ser neutro, tiene 37 electrones en la corteza.

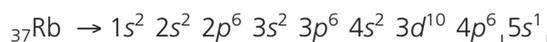


- La configuración electrónica es la forma en que se distribuyen los electrones en la corteza del átomo. Para averiguarla, debemos tener en cuenta que hay 7 niveles electrónicos principales, y que, en cada uno de ellos, puede haber uno o varios orbitales (*s*, *p*, *d*, *f*).

Además, no debemos olvidar que el nº máximo de electrones por cada orbital es limitado, de modo que en el orbital *s* podemos colocar como máximo 2 e⁻, en el *p* como máximo 6 e⁻, en el *d* como máximo 10 e⁻, y en el *f* un máximo de 14 e⁻. Por último, es muy importante llenarlos en el orden adecuado, que viene establecido por la regla de las diagonales.



- De acuerdo con la regla de las diagonales y el número de e⁻ la configuración electrónica del rubidio será:



Fíjate cómo entre los orbitales 1s y 4p hemos colocado un total de 36 e⁻, por eso en el nivel 5s hemos colocado un solo electrón, para completar los 37 que tiene el átomo.

- Por último, tendremos en cuenta que un átomo perderá o ganará electrones con la finalidad de quedar con 8 e⁻ en su último nivel ocupado (regla del octeto).

En este caso, diremos:

- El rubidio tiene tendencia a perder el electrón del nivel 5s y formar un catión Rb⁺, para quedar con 8 e⁻ en su último nivel ocupado (4s² 4p⁶).

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Los átomos de bromo y azufre tienen tendencia a ganar electrones. Justifícalo de acuerdo con sus configuraciones electrónicas.
- ¿Qué iones formará un átomo de magnesio? Explícalo.

Resuelve paso a paso > Enlace químico

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

Justifica qué criterio se puede utilizar para asignar un tipo de enlace iónico o covalente a una sustancia química, y de qué forma abordarías la explicación de la unión entre los átomos en cada caso. Ilústralo sobre el gas Cl_2 y el NaCl .

- Cuando se pretende explicar el enlace entre los átomos de una sustancia, lo primero que hemos de hacer es identificar de qué tipo de sustancia se trata. Para ello, recurriremos a las propiedades macroscópicas, tratando de deducir si es iónica, en primer lugar; de no ser así, es probable que se trate de una sustancia covalente.
 - Los compuestos iónicos son sólidos cristalinos, tienen un alto punto de fusión y se disuelven fácilmente en el agua. Este es el caso, por ejemplo, del cloruro de sodio (NaCl).
 - El gas cloro (Cl_2) solo puede ser una sustancia covalente, pues además de tener en cuenta que este tipo de enlace se da entre sustancias gaseosas a temperatura ambiente, se unen dos átomos de cloro, con la misma tendencia a ganar electrones.
- Para explicar el enlace entre los átomos, debemos comenzar por escribir las configuraciones electrónicas de los diferentes elementos y ver sus tendencias a ganar o perder electrones.
 - Las configuraciones electrónicas son:

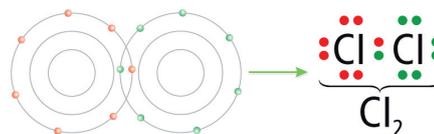
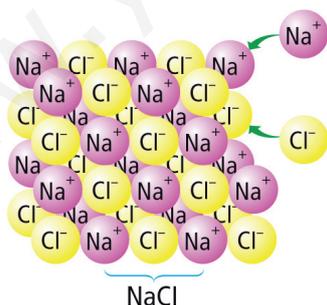


NaCl : Enlace iónico

Cl_2 : Enlace covalente

Dos átomos con tendencia a formar un catión y un anión respectivamente:

Dos átomos que tienden a compartir un electrón:



Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Explica el tipo de enlace que presenta el sulfuro de hidrógeno (H_2S), una sustancia gaseosa, y el cloruro de calcio (CaCl_2), una sustancia sólida, cristalina y soluble en agua.
- Escribe las configuraciones electrónicas de los átomos de potasio (K) y flúor (F) y estudia el tipo de compuesto que formarían.

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 Explica qué partículas forman parte del átomo y cómo se sitúan en su interior.
- 2 ¿Qué diferencia existe entre el número atómico y el número másico? Explicalo considerando un átomo de estaño (Sn), para el cual $Z = 50$ y $A = 115$.
- 3 ¿Qué es un ion? ¿Y un isótopo? Explicalo indicando algún ejemplo.
- 4 Un átomo tiene de número atómico 34:
 - ¿De qué elemento de trata?
 - ¿Cuántos electrones tiene en la corteza? ¿Cómo lo sabes?
 - ¿Tiene tendencia este átomo a perder electrones?
- 5 ¿Qué es la ley periódica? ¿Cómo varía el tamaño atómico de los elementos al desplazarnos en un período de izquierda a derecha? ¿Por qué?
- 6 ¿Cómo podemos saber si dos elementos que se unen para formar un compuesto químico tenderán a hacerlo mediante enlace iónico o covalente? Explica qué tipo de enlace da lugar al bromuro de litio (LiBr).
- 7 Desde el punto de vista de sus propiedades, ¿cómo podemos reconocer una sustancia iónica frente a una covalente?
- 8 ¿Cómo podemos justificar el que los metales sean buenos conductores del calor y la electricidad?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- Uno de los métodos de datación más utilizados es el del carbono-14. Se basa en el análisis del contenido en este isótopo en una muestra de origen orgánico, sabiendo que los organismos vivos contienen aproximadamente una parte por trillón de carbono-14 y que, cuando mueren, este se desintegra a una velocidad tal que su cantidad se reduce a la mitad en 5730 años.
 - Si en unas maderas antiguas la cantidad de carbono-14 se ha reducido a la cuarta parte, ¿de cuándo datan, aproximadamente?
 - ¿Por qué crees que esta técnica solo sirve para muestras cuya antigüedad sea como máximo de 60 000 años?
- El cinc (Zn) presenta en sus compuestos una única valencia: 2.
 - ¿Cómo podemos justificarlo de acuerdo con su configuración electrónica? Busca los datos necesarios en la tabla periódica.
 - ¿En qué se parece y en qué se diferencia su situación de la de los metales alcalinotérreos?
- El carbono es un no metal. Este elemento se presenta en la naturaleza en forma sólida y en dos variedades (diamante y grafito), además de combinado con otros elementos dando lugar a infinidad de compuestos. Sin embargo, el plomo, perteneciente al mismo grupo de la tabla periódica, es un metal, que se encuentra sobre todo combinado con azufre, formando el mineral denominado galena. ¿Cómo puedes explicar esta diferencia en las propiedades de dos elementos de la misma familia?
- Dados los elementos químicos: sodio, hidrógeno, neón, arsénico, hierro y yodo; ordénalos de acuerdo con:
 - Su carácter metálico.
 - Su tamaño atómico.
 - Su tendencia a formar iones, indicando el signo de estos.
- Escribe el diagrama de Lewis correspondiente a la molécula de ácido sulfúrico.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

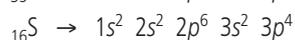
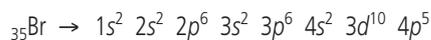
El modelo atómico de Bohr surgió para dar respuesta a un fallo del modelo de Rutherford: según las leyes del Electromagnetismo, toda carga que se mueve debe emitir energía y, por tanto, los electrones acabarían por caer hacia el núcleo.

Para proponer su modelo, Bohr rompió con la Física Clásica, enunciando tres postulados nuevos para explicar el átomo. Investiga en libros o en Internet y busca las respuestas a estas preguntas:

- ¿Cuál fue el primer postulado del modelo de Bohr?
- ¿Qué es un fotón?
- ¿En qué consiste un espectro de emisión atómico?
- ¿Cómo explicaba el nuevo modelo el espectro de emisión del hidrógeno?

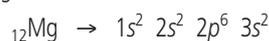
Resuelve paso a paso. Configuración electrónica

- Las configuraciones electrónicas son:



El bromo tiende a ganar un electrón para quedar con ocho electrones en el cuarto nivel, mientras que el azufre tiende a ganar dos para completar ocho electrones en el tercer nivel. Por tanto, formarán los aniones Br^- y S^{2-} , respectivamente.

- La configuración electrónica del magnesio es:



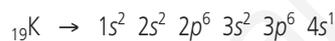
El magnesio tiene tendencia a perder los dos electrones que posee en el tercer nivel para quedar con ocho en el segundo. Por tanto, formará un catión Mg^{2+} .

Resuelve paso a paso. Enlace químico

- El sulfuro de hidrógeno es una sustancia cuyos átomos se unen mediante un enlace covalente, lo cual se deduce porque la sustancia es gaseosa a temperatura ambiente, y, si fuera iónica presentaría un elevado punto de fusión.

El cloruro de calcio, por su parte, es un compuesto iónico, pues se trata de una sustancia cristalina y soluble en agua, que son características propias de este tipo de compuestos.

- Las configuraciones electrónicas son:



El potasio tiene una gran tendencia a perder un electrón y formar un catión K^+ , mientras que el flúor tiene una gran tendencia a ganar un electrón para formar un anión F^- . De acuerdo con estas tendencias, el enlace que se establecerá entre ellos será de tipo iónico.

Comprueba tus conocimientos

- En el átomo podemos distinguir tres tipos de partículas.
 - Electrones: de masa muy pequeña y carga negativa.
 - Protones: de masa mucho mayor que la de un electrón y carga positiva.
 - Neutrones: de masa equivalente a la de un protón y sin carga.

Los protones y neutrones se sitúan en el núcleo, mientras que los electrones giran alrededor de este en la corteza distribuidos en capas o niveles de distintas energías.

- El número atómico es el número de protones que posee el átomo, mientras que el número másico indica la suma de protones y neutrones, además del valor de su masa, expresado en unidades de masa atómica.

De acuerdo con esto, en el caso del estaño, como su número atómico es $Z = 50$, sabemos que tiene 50 protones en el núcleo. Al ser su número másico $A = 115$, sabemos que la suma de protones y neutrones es 115, por lo que debe tener $A - Z = 115 - 50 = 65$ neutrones, también en el núcleo. La masa de este átomo es 115 u.

- Un ion es una especie química que presenta una carga neta distinta de cero, es decir, no es eléctricamente neutra. Puede ser un átomo en el que el número de electrones y protones no coinciden, por lo que si tiene más electrones que protones es un anión con carga negativa (por ejemplo, anión sulfuro S^{2-}), y si tiene más protones que electrones será un catión, con carga positiva (por ejemplo catión hierro Fe^{3+}).

Los isótopos son átomos con el mismo número atómico y distinto número másico, es decir, son átomos del mismo elemento químico. Un ejemplo son el deuterio y el tritio, isótopos del hidrógeno con $A = 2$ y $A = 3$ respectivamente.

- Se trata de un átomo de selenio, elemento de número atómico 34.
 - Tiene 34 protones en el núcleo, y, como es neutro, tendrá 34 electrones en la corteza.
 - De acuerdo con su configuración electrónica (${}_{34}\text{Se} \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$), este átomo tiene tendencia a ganar dos electrones, para quedar con 8 e^- en su último nivel ocupado.

- 5 La ley periódica nos dice que las propiedades químicas de los elementos varían periódicamente al disponerlos en orden creciente de sus números atómicos.
Al desplazarnos en un período, el tamaño atómico disminuye, porque va aumentando el número de electrones en el mismo nivel principal, y el número de protones en el núcleo. Al ser atraídos con más intensidad, los electrones tienden a aproximarse un poco al núcleo, haciendo disminuir el tamaño del átomo.
- 6 Desde el punto de vista microscópico podemos saberlo en función de la tendencia a ganar o perder electrones de los átomos que forman el compuesto, de modo que si se unen átomos con tendencia a ganar electrones con otros con tendencia a perderlos, el compuesto será iónico. Como el bromo tiene tendencia a ganar un electrón y formar un anión Br^- , y el litio tiene tendencia a perder un electrón y formar el catión Li^+ , el compuesto será iónico.
- 7 Podemos saber qué tipo de sustancia será desde el punto de vista macroscópico, es decir, en función de sus propiedades. Si el compuesto es cristalino, con alto punto de fusión y soluble en agua, será un compuesto iónico; y será covalente si no tiene esas propiedades.
- 8 En los metales la estructura microscópica está formada por una red de cationes entre la cual se mueve libremente una nube de electrones. La movilidad de estos electrones es la que hace de los metales sustancias con una buena capacidad para conducir la electricidad y el calor.

Ficha de ampliación

- 1 a) Cada vez que transcurren 5730 años, la cantidad del isótopo se reduce a la mitad. Por tanto, en este caso habrán pasado 11460 años.
b) La razón es que para antigüedades superiores la cantidad del isótopo ya es prácticamente indetectable.
- 2 a) El número atómico del cinc es 30 y su configuración electrónica es $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. Esto significa que posee dos electrones en el nivel 4, que son los que pierde para formar un catión con dos cargas positivas.
b) Al igual que para los metales alcalinos, los dos electrones más externos son los 4s. Pero el cinc posee su tercera capa completa y eso le da algo más de estabilidad al metal. Los metales alcalinotérreos son extremadamente reactivos, mientras que el cinc es algo menos reactivo, aunque también tiene tendencia a oxidarse.
- 3 La diferencia radica en el tamaño del átomo y las capas que posee en su corteza. El carbono es un átomo pequeño, que solo tiene dos capas en su corteza y al que le faltan 4 electrones para completar el octeto; eso significa que tiende a formar enlaces covalentes. En cambio, el plomo es un átomo grande, con 6 capas en su corteza. Aunque también necesita 4 electrones para completar el octeto, su gran tamaño hace que pueda formar iones más estables.
- 4 a) $\text{Na} > \text{Fe} > \text{As} > \text{H} > \text{I} > \text{Ne}$.
b) $\text{I} > \text{Fe} > \text{As} > \text{Na} > \text{Ne} > \text{H}$.
c) $\text{Na (positivo)} > \text{I (negativo)} > \text{Fe (positivo)} > \text{As (ambos)} > \text{H (ambos)} > \text{Ne (no forma iones)}$



Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

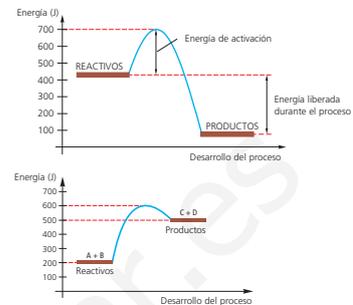
- a) En su primer postulado, Bohr dice que el electrón describe órbitas estables alrededor del núcleo en las que no absorbe ni emite energía.
- b) Un fotón es el nombre que se da a una cantidad mínima de radiación luminosa de una cierta frecuencia; viene a ser como una «partícula elemental» de luz.
- c) Es un conjunto de radiaciones de distintas frecuencias que se obtiene cuando un átomo absorbe energía y la emite posteriormente. Su característica principal es que se trata de radiaciones perfectamente identificadas por sus frecuencias.
- d) El modelo de Bohr explica el espectro considerando que cada frecuencia emitida corresponde al tránsito entre dos niveles energéticos estables.

Aclara tus ideas

Las reacciones químicas

- Las reacciones químicas, que son procesos en los que se obtienen nuevas sustancias, pueden ser de varios tipos:
 - De formación.
 - De descomposición.
 - De sustitución.
 - Ácido-base.
 - Redox.
- Su **velocidad**, que está relacionada con las colisiones entre las partículas de los reactivos, depende de factores como:
 - Grado de agitación y mezcla de reactivos.
 - Superficie de contacto.
 - Concentración de reactivos.
 - Uso de catalizadores.

- Según la energía puesta en juego en el proceso, las reacciones pueden ser:



Leyes de las reacciones químicas

Conservación de la masa

- La masa de los reactivos es igual a la masa de los productos.

Se pueden escribir varias relaciones de estequiometría considerando que:

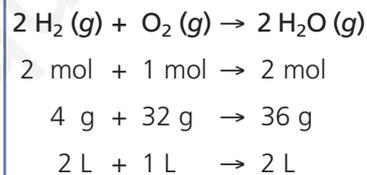
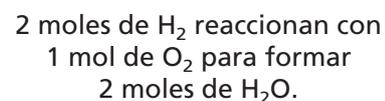
$$1 \text{ mol} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ partículas}$$

$$\text{masa} = n^{\circ} \text{ moles} \times \text{masa molar}$$

Proporciones definidas

- Las masas de los elementos que reaccionan para formar un compuesto guardan siempre la misma proporción.

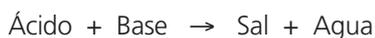
Los coeficientes estequiométricos indican la proporción molecular y molar:



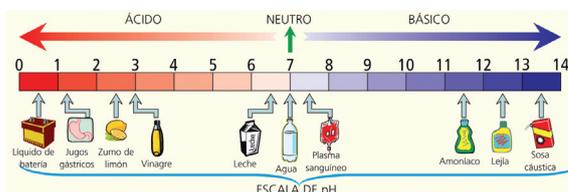
Reacciones ácido-base y redox

Ácidos y bases

- Son sustancias corrosivas que reaccionan entre sí dando lugar a una **reacción de neutralización**:



- Según la Teoría de Arrhenius:
 - **Ácido**: se disocia liberando iones H^+ .
 - **Base**: se disocia liberando iones OH^- .
- La fuerza de los ácidos y las bases se mide con la escala de pH:

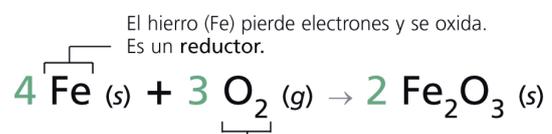


Reacciones redox

- Son procesos en los cuales tiene lugar un intercambio de electrones. Uno de los reactivos es el oxidante, y el otro el reductor.



- **Oxidante**: reactivo que **gana** e^- .
- **Reductor**: reactivo que **pierde** e^- .
- Para identificar el oxidante y el reductor debemos asignar los números de oxidación. Por ejemplo:



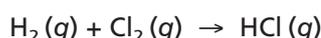
El oxígeno (O_2) gana los electrones del hierro y se reduce. Es un oxidante, que provoca la oxidación del hierro.

Resuelve paso a paso > Estequiometría de la reacción

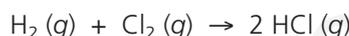
Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

Explica cómo podemos obtener la relación de estequiometría en masa de una reacción química y qué cálculos podemos realizar a partir de ella. Ilústralo sobre el ejemplo de la reacción de formación del ácido clorhídrico:

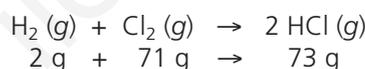


- Para escribir una relación de estequiometría en masa, debemos comenzar por ajustar la ecuación química que se nos da y realizar su interpretación macroscópica en términos de moles.
 - Tras ajustar la ecuación, podemos decir que por cada mol de gas hidrógeno que reacciona con un mol de gas cloro se forman 2 moles de ácido clorhídrico (HCl).



- Sabemos la proporción en moles que guardan estas sustancias al reaccionar. Para calcular esta misma proporción en masa, multiplicamos en cada caso el número de moles por la masa molar de cada sustancia.
 - Multiplicamos por la masa molar de cada sustancia y obtenemos la relación de estequiometría en masa:

$$\begin{aligned} m (\text{H}_2) &= n (\text{H}_2) \cdot M (\text{H}_2) = 1 \text{ mol} \cdot 2 \text{ g/mol} = 2 \text{ g H}_2 \\ m (\text{Cl}_2) &= n (\text{Cl}_2) \cdot M (\text{Cl}_2) = 1 \text{ mol} \cdot 71 \text{ g/mol} = 71 \text{ g Cl}_2 \\ m (\text{HCl}) &= n (\text{HCl}) \cdot M (\text{HCl}) = 2 \text{ mol} \cdot 36,5 \text{ g/mol} = 73 \text{ g HCl} \end{aligned}$$



- Antes de dar por buena la relación calculada, debemos comprobar que se cumple la ley de conservación de la masa, es decir, que la masa de reactivos:

$$2 \text{ g} + 71 \text{ g}$$

Es igual a la masa de productos:

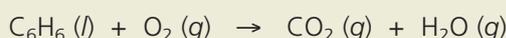
$$73 \text{ g}$$

- Con esta relación de estequiometría en masa, podemos calcular las cantidades de reactivos consumidos, y de productos formados, a partir de la cantidad de uno de ellos, sin más que plantear relaciones de proporcionalidad.

Por ejemplo, si se hacen reaccionar una cantidad dada de gas hidrógeno (H_2), calculamos la cantidad de cloro (Cl_2) necesario considerando que por cada 2 g de H_2 se requieren 71 g de Cl_2 , y, sabiendo que con 2 g de H_2 se forman 73 g de HCl, podemos calcular la cantidad de producto formado.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Escribe la relación de estequiometría en masa para la reacción de combustión del benceno y calcula la cantidad de dióxido de carbono que se producirá al quemar 30 g de benceno.



- Además de las relaciones en moles y en masa, es posible escribir la relación de estequiometría en volumen, si reactivos y productos son gases. Escribe dicha relación para la reacción del ejemplo.

Resuelve paso a paso > Reactivo limitante

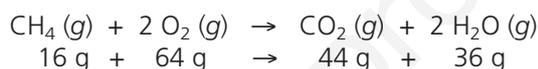
Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

Justifica los pasos que han de seguirse para determinar la existencia de un reactivo limitante y por qué los cálculos han de referirse a este reactivo, y no a los demás. Considera como ejemplo que hacemos reaccionar 30 g de gas metano con 100 g de oxígeno, para formar dióxido de carbono y vapor de agua.

- Cuando las sustancias que reaccionan no se encuentran en la proporción estequiométrica, es decir, una de ellas se encuentra en exceso, el primer paso consistirá en calcular cuál de ellas es el reactivo limitante. Comienza, como siempre, escribiendo la ecuación química ajustada y la relación de estequiometría necesaria.

– La ecuación ajustada correspondiente a la combustión de gas metano y su relación de estequiometría en masa son:



- Una vez comprobado que se cumple la ley de conservación de la masa:

$$16 \text{ g} + 64 \text{ g} = 44 \text{ g} + 36 \text{ g}$$

calcula cuál es el reactivo limitante. Para ello, plantéate la siguiente pregunta:

¿Qué cantidad de O_2 se necesita para que reaccionen completamente los 30 g de CH_4 ?

– Calculamos la cantidad de O_2 necesaria para que reaccionen por completo los 30 g de gas metano, para lo cual tendremos en cuenta que por cada 16 g de CH_4 se requieren 64 g de O_2 :

$$\frac{64 \text{ g O}_2}{16 \text{ g CH}_4} = \frac{m(\text{O}_2)}{30 \text{ g CH}_4} \rightarrow m(\text{O}_2) = 30 \text{ g CH}_4 \cdot \frac{64 \text{ g O}_2}{16 \text{ g CH}_4} = 120 \text{ g O}_2$$

Fíjate que se requieren 120 g de oxígeno (O_2), pero solo se han introducido en el recipiente 100 g, es decir, una cantidad inferior a la necesaria. Por tanto, como no hay suficiente oxígeno para que reaccionen completamente los 30 g de metano, el O_2 es el reactivo limitante.

– El oxígeno es el reactivo limitante, pues se necesitan 120 g para que reaccionen completamente los 30 g de CH_4 , y solo se han introducido 100 g de O_2 en el recipiente.

– Todos los cálculos han de referirse al reactivo limitante, pues es el que se va a consumir por completo y, por tanto, el que va a determinar el final de la reacción. Por mucha cantidad que se haya introducido de los otros reactivos, una vez consumido el limitante, el proceso ha finalizado y ya no se forman más productos.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- En la reacción de neutralización entre el ácido sulfúrico (H_2SO_4) y el hidróxido de sodio (NaOH), para formar sulfato de sodio (Na_2SO_4) y agua, se hacen reaccionar 42 g de ácido sulfúrico con 30 g de hidróxido de sodio. ¿Cuál es el reactivo limitante? ¿Qué cantidad de sulfato de sodio se formará?
- Han reaccionado 14,2 g de $\text{Cl}_2 (g)$ con 0,5 g de $\text{H}_2 (g)$ para formar 14,6 g de $\text{HCl} (g)$. ¿Alguno de los reactivos se encuentra en exceso? Si es así, indica cuál, y la cantidad que sobrará de este.

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 ¿Cuál es la influencia del catalizador sobre la velocidad de la reacción? ¿Cómo se justifica desde el punto de vista microscópico?
- 2 ¿Cómo se clasifican los procesos químicos desde el punto de vista de la energía puesta en juego? ¿Es posible calcular la energía de activación a partir de un diagrama de energía?
- 3 ¿En qué ley nos basamos para ajustar una ecuación química? ¿Cómo se explica desde el punto de vista microscópico?
- 4 El mol es la unidad de cantidad de materia del Sistema Internacional:
 - ¿A qué equivale un mol de cualquier sustancia?
 - ¿Qué relación existe entre el nº de moles y la masa de una sustancia?
 - ¿Qué es la molaridad?
- 5 ¿Cuántas relaciones de estequiometría pueden escribirse para una ecuación química? ¿Qué utilidad puede tener disponer de todas ellas?
- 6 En la reacción de descomposición del pentaóxido de dinitrógeno (N_2O_5) para formar dióxido de nitrógeno (NO_2) y oxígeno (O_2) se introducen en un recipiente 20 g de N_2O_5 . ¿Qué cantidad de NO_2 y de O_2 se habrá obtenido tras el proceso?
- 7 ¿Cómo podemos distinguir un ácido de una base desde el punto de vista de sus propiedades? ¿Y químicamente?
- 8 En la reacción de oxidación del hierro, decimos que el oxígeno es el oxidante. ¿Qué es el hierro, desde el punto de vista químico? ¿Qué ocurre a escala microscópica en este proceso de oxidación?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- Dos sustancias A y B reaccionan produciendo otra C y absorbiendo 170 kJ en el proceso (energía por mol de reactivos). La energía de activación es de 198 kJ.

 - Representa el diagrama de energía correspondiente a la reacción.
 - Si consideramos la reacción inversa de descomposición: $C \rightarrow A + B$, ¿cuál sería su energía de activación?
- Ajusta la ecuación correspondiente a la reacción redox entre el permanganato potásico y el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada):

$$\text{KMnO}_4(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) \rightarrow \text{MnO}_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + \text{KOH}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- Determina, en la reacción del ejercicio anterior, cuál es el oxidante y cuál el reductor.
- Calcula cuántos litros de amoníaco, medidos a 300 K y 10 atm, se obtienen a partir de la mezcla de 6 kg de hidrógeno y 6 kg de nitrógeno. Considera que la reacción ocurre con un rendimiento del 100 %.
- Para neutralizar 30 ml de una disolución de hidróxido sódico de concentración desconocida hemos necesitado 52 ml de disolución de ácido clorhídrico de molaridad 3 mol/L. ¿Qué molaridad tiene la disolución de base?

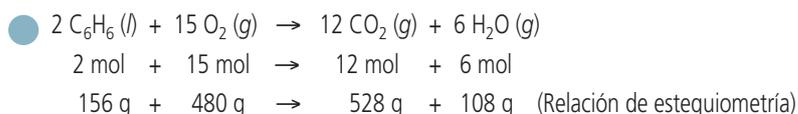
Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

El término *catálisis* fue propuesto por primera vez en 1836 por el gran químico sueco J. J. Berzelius. Él observó que ciertas sustancias aceleraban algunas reacciones químicas pero no se consumían en ellas y acuñó el término para distinguir estos procesos de las reacciones ordinarias, a las que llamaba genéricamente *análisis*.

Busca información en libros o en Internet y trata de responder a estas cuestiones:

- ¿Desde cuándo se conoce la existencia de los catalizadores?
- Algunos metales nobles como el platino o el paladio son buenos catalizadores en ciertos procesos. ¿A qué procesos nos referimos?
- Los ácidos y las bases también actúan como catalizadores en ocasiones. Encuentra algún ejemplo.
- El ciclo de Krebs es un complejo conjunto de reacciones químicas mediante las cuales se metaboliza la glucosa y se almacena la energía liberada. Indica dos catalizadores que intervengan en él.

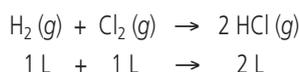
Resuelve paso a paso. Estequiometría de la reacción



Aplicando esta relación de estequiometría, realizaremos el cálculo de la cantidad de dióxido de carbono obtenida a partir de 30 g de benceno:

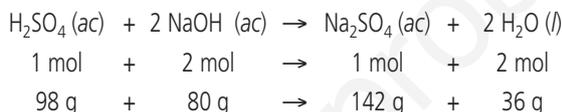
$$\frac{30 \text{ g C}_6\text{H}_6}{156 \text{ g C}_6\text{H}_6} = \frac{x \text{ g CO}_2}{528 \text{ g CO}_2} \rightarrow x = 101,5 \text{ g CO}_2$$

- En este caso, es posible escribirla y quedaría así, pues se corresponde con la relación molar, considerando la unidad de medida de volumen el litro, L:



Resuelve paso a paso. Reactivo limitante

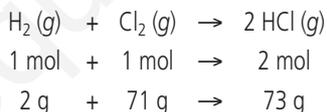
- La ecuación química correspondiente a este proceso, una vez ajustada, con su relación de estequiometría, es:



Para calcular cuál es el reactivo limitante, basta con realizar el cálculo, basándonos en la relación de estequiometría, de la cantidad de NaOH que se requiere para que reaccionen completamente los 42 g de H₂SO₄. Al realizar este cálculo obtendremos que se necesitan 34,3 g de NaOH, y como la cantidad de que se dispone es de 30 g, podemos afirmar que el hidróxido de sodio es el reactivo limitante, y que el ácido sulfúrico es el reactivo en exceso.

Se consumirán, pues, los 30 g de NaOH, y sobrarán sin reaccionar: 42 – 36,75 = 5,25 g de H₂SO₄. Tras la reacción de los 30 g de NaOH, se formarán 53,25 g de sulfato de sodio.

- La ecuación química correspondiente a este proceso, una vez ajustada, con su relación de estequiometría, es:



Calculamos el reactivo limitante basándonos en el cálculo de la cantidad de Cl₂ que se requiere para que reaccionen completamente los 0,5 g de H₂.

Al realizar este cálculo obtendremos que se necesitan 17,75 g de cloro. Como solo disponemos de 14,2 g de cloro, este es el reactivo limitante, por lo que se consumirá por completo, y sobrarán: 0,5 – 0,4 = 0,1 g de H₂, sin reaccionar.

Comprueba tus conocimientos

- Un catalizador es una sustancia que, añadida al medio de reacción, aumenta la velocidad del proceso, disminuyendo en consecuencia el tiempo necesario para que se complete la reacción, sin consumirse en ella. Esto es así porque el catalizador actúa sobre las moléculas de los reactivos debilitando sus enlaces y disminuyendo en consecuencia la energía de activación necesaria para que reaccionen.
- Energéticamente los procesos químicos se clasifican en:
 - Exotérmicos: si tiene lugar un desprendimiento de energía al medio.
 - Endotérmicos: si se requiere un aporte de energía para que tenga lugar la reacción.

A partir de un diagrama de energía es posible obtener la energía de activación, que es la diferencia energética entre la energía de los reactivos y la energía del instante en que tiene lugar la ruptura y formación de enlaces.

- 3 Para ajustar una ecuación química nos basamos en la ley de conservación de la masa o ley de Lavoisier. Esta ley establece que la masa de los reactivos y de los productos ha de ser la misma, lo cual se justifica porque durante el proceso no tiene lugar un aporte o pérdida de materia, sino solo una reorganización microscópica de los átomos que forman los reactivos, para dar lugar a nuevos compuestos, los productos.

- 4 • Un mol equivale a un número de partículas igual a $6,022 \cdot 10^{23}$, que es el número de Avogadro.
• El número de moles y la masa de una sustancia se relacionan a través de la masa molar, de modo que se cumple que:

$$n = \frac{m}{M}$$

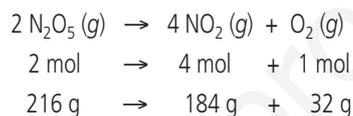
- La molaridad, por su parte, es una forma de expresar la concentración de una disolución, indicando la cantidad de soluto, expresada en moles, disuelta por cada litro de disolución:

$$\text{molaridad} = \frac{n}{V}$$

- 5 Para una reacción podemos escribir dos relaciones de estequiometría: una en moles y otra en masa. Además, si todos los reactivos y productos participantes se encuentran en estado gaseoso, es posible escribir otra relación de estequiometría en volumen.

Estas relaciones son útiles para realizar cálculos de cantidades formadas o consumidas, a partir de la cantidad de una de las especies participantes en el proceso.

- 6 La reacción ajustada, con su relación de estequiometría será:



A partir de estas relaciones, se calcula que 20 g de pentaóxido de nitrógeno producen 17 g de dióxido de nitrógeno y 3 g de oxígeno.

- 7 Desde el punto de vista de sus propiedades, aunque ambas sustancias son corrosivas, los ácidos colorean de rojo el tornasol, mientras que las bases lo colorean de azul. Además, los ácidos atacan a los metales y al mármol, produciendo el desprendimiento de gases.

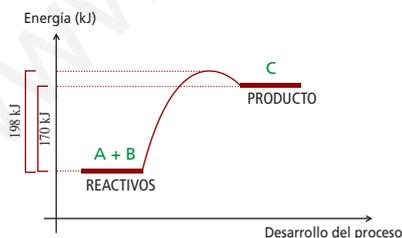
Desde el punto de vista químico, y considerando la teoría de Arrhenius, los ácidos al disolverse en agua liberan iones H^+ , mientras que las bases ceden iones OH^- .

- 8 Si el oxígeno es el oxidante, el hierro es el reductor. El oxidante es la sustancia que gana electrones, mientras que el reductor, el que los pierde.

Desde el punto de vista químico lo que ocurre, pues, es una transferencia de electrones desde el reductor hacia el oxidante.

Ficha de ampliación

- 1 a)



- b) Considerando el proceso inverso, la energía de activación es de 28 kJ.

- 2 $2 \text{KMnO}_4 (\text{ac}) + 3 \text{H}_2\text{O}_2 (\text{l}) \rightarrow 2 \text{MnO}_2 (\text{s}) + 3 \text{O}_2 (\text{g}) + 2 \text{KOH} (\text{ac}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
- 3 Examinando los números de oxidación del manganeso y el oxígeno, vemos que el manganeso es el oxidante (pasa de +7 a +4, es decir, toma electrones) y el oxígeno del agua oxigenada es el reductor (pasa de -1 a 0, es decir, pierde electrones).

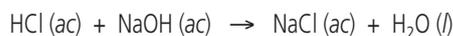
- 4 Partimos de la reacción ajustada y de la relación de estequiometría en masa correspondiente, que expresaremos en kilogramos:



En este caso, el nitrógeno es el reactivo limitante. Realizamos el cálculo a partir de la cantidad de nitrógeno disponible y vemos que se obtienen 7,29 kg de amoníaco, que equivalen a 428,8 moles.

Para hallar el volumen en las condiciones que nos dan, aplicamos la ecuación general de los gases ideales, y obtenemos 1 054,8 L.

- 5 Partimos de la reacción de neutralización ajustada, que es:



Según la ecuación anterior, el número de moles de base debe ser igual al de moles de ácido consumidos. La molaridad se obtiene entonces dividiendo ese número de moles entre el volumen (30 mL). De este modo, se calculan 0,156 moles y una molaridad de 5,2 mol/L.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

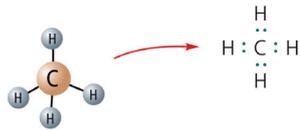
- a) Su existencia se conoce prácticamente desde la época de la Alquimia, aunque el estudio del fenómeno de la catálisis no comienza hasta el siglo XIX.
- b) Son procesos en los que intervienen gases, que se adsorben fácilmente sobre la superficie metálica. Por ejemplo, se usan en procesos de hidrogenación.
- c) Son numerosos los procesos catalizados por ácidos o bases. Un ejemplo puede ser la polimerización de alquenos.
- d) Dos de ellas son la piruvatodeshidrogenasa y la citratosintasa.

Aclara tus ideas

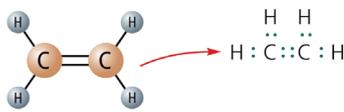
Los compuestos del carbono

- El carbono puede formar enlaces simples o múltiples consigo mismo y con otros elementos.

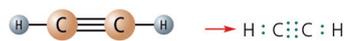
Enlace simple



Enlace doble



Enlace triple



- Ciertas agrupaciones características dan lugar a **grupos funcionales**:

Compuesto Grupo funcional

Compuesto	Grupo funcional
Alcohol	Hidroxilo — OH
Cetona	Carbonilo $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \end{array}$
Aldehído	Formilo $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{— C — H} \end{array}$
Ác. carboxílico	Carboxilo $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{— C — OH} \end{array}$
Amina	Amino — NH ₂

- Las distintas posibilidades de agrupación originan **isómeros**:
 - De cadena.
 - De posición.
 - De función.

- En la **nomenclatura** se usan **prefijos** para indicar el nº de átomos de carbono de la cadena:

- met-* → 1 átomo
- et-* → 2 átomos
- prop-* → 3 átomos
- but-* → 4 átomos

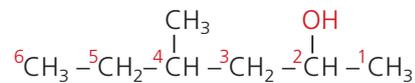
Y **sufijos** para indicar el tipo de compuesto:

- ol* → Alcohol
- ona* → Cetona
- al* → Aldehído
- oico* → Ácido
- amina* → Amina

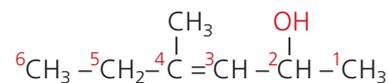
Nomenclatura orgánica

- Para nombrar un compuesto orgánico, han de seguirse los siguientes pasos:
 - Se numera la cadena más larga con los números más bajos posibles para los grupos.
 - Se usan los prefijos para indicar el nº de átomos de carbono, y los sufijos para los grupos funcionales.
 - Las ramificaciones terminan en *-il*.
 - Si hay varios grupos funcionales o ramificaciones iguales se indican como *di-*, *tri-*, etc.

4-metil-2-hexanol



4-metil-2-hidroxi-3-hexeno



Algunos tipos de compuestos orgánicos

- Entre los muchos tipos de compuestos orgánicos, podemos encontrar:

Hidrocarburos

Solo contienen carbono e hidrógeno. Pueden ser:

- Alifáticos: Alcanos.
Alquenos.
Alquinos.
Cicloalcanos.
- Aromáticos.

Alcoholes

Contienen el grupo hidroxilo (—OH) en su estructura, como el metanol (CH₃OH) o el etanol (CH₃—CH₂OH).

Ácidos carboxílicos

Contienen el grupo carboxilo (—COOH), como el ácido acético (CH₃—COOH).

Polímeros

Son macromoléculas formadas por la unión de un gran número de moléculas pequeñas, llamadas monómeros.

- Son polímeros **naturales** el almidón, la celulosa, el caucho o el ADN.
- Son polímeros **sintéticos** los plásticos, como el polietileno, el poliestireno, o el plexiglás, entre otros.



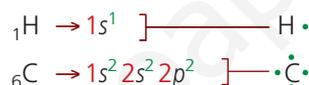
Resuelve paso a paso > Enlaces del carbono

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Explica la utilidad de los diagramas de Lewis a la hora de estudiar los enlaces entre los átomos que forman una molécula de un compuesto orgánico. Ilustra tu explicación sobre las moléculas de propano, propeno y propino.

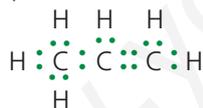
- Recuerda que los diagramas de Lewis son representaciones mediante puntos de los electrones que posee el elemento químico que se enlaza en su último nivel. Como bien sabes, los átomos se unen porque tienen tendencia a completar ocho electrones en ese último nivel ocupado. En el caso de los compuestos orgánicos, las uniones que se establecen son covalentes, por lo que se logrará completar el octeto compartiendo electrones entre los átomos que se enlazan.
 - Tanto el propano como el propeno y el propino son hidrocarburos (alifáticos), por lo que están formados por carbono e hidrógeno. De acuerdo con su configuración electrónica, el carbono tiene 4 electrones en su último nivel ocupado, y el hidrógeno tan solo uno, que son los que indicamos en la representación de Lewis.



Propano:



Propeno:



Propino:



- En el caso del propano, todas las uniones son simples, por lo que en todas ellas se comparte una pareja de electrones, cada uno de ellos aportado por uno de los átomos que se unen.

En el propeno, hay una unión doble carbono-carbono, en la que cada átomo aporta dos electrones para la formación de este enlace.

Y, en el propino, como la unión es triple, se aportan tres electrones por parte de cada átomo de carbono.

- En todos los casos se trata de un compuesto con tres átomos de carbono, pues así lo indica el prefijo *prop-*.

Los diagramas de Lewis nos permiten identificar claramente los electrones puestos en juego para establecer los enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno, de modo que podemos comprobar que los átomos de carbono quedan rodeados de ocho electrones, por lo que completan el octeto, y los de hidrógeno por tan solo dos electrones, pues este elemento ya completa su primer nivel de ese modo.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Explica, mediante representaciones de Lewis, la formación de una molécula de butanona. ¿Es posible que el átomo de oxígeno se combine con el átomo de carbono compartiendo un solo electrón?
- En una molécula de benceno, ¿cuántas formas diferentes hay de escribir los dobles enlaces? Explica por qué es así.

Resuelve paso a paso > Formulación orgánica

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Indica los pasos que deberíamos seguir para escribir la fórmula de un compuesto orgánico a partir de su nombre y aplícalos para escribir la fórmula del 2,4-dimetil-3-hidroxiheptanal.

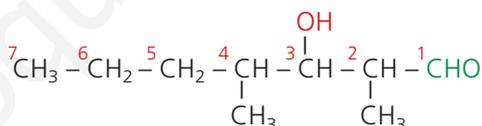
- Nombrar un compuesto orgánico requiere un procedimiento metódico de asignación de prefijos y sufijos en función de su estructura.

Si lo que tenemos es el nombre, nos están indicando la información necesaria para conocer su estructura y escribir su fórmula. Tan solo debemos realizar los pasos de nomenclatura, pero en sentido inverso.

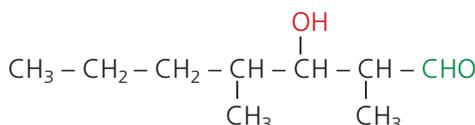
- Analizamos el nombre del compuesto para extraer toda la información posible sobre el mismo:
 - Es un aldehído, como indica la terminación *-al*. En el extremo de la cadena debe aparecer un grupo formilo: $-\text{CHO}$.
 - La cadena más larga debe tener siete átomos de carbono (prefijo *hept-*), que se numerarán comenzando por el que corresponde al grupo formilo.
 - En el tercer átomo de carbono de la cadena se encuentra enlazado un grupo hidroxilo ($-\text{OH}$), como se indica en el nombre (3-hidroxi-).
 - Sobre los átomos 2 y 4 se encuentran enlazados sendos grupos metilo (dimetil: indica dos grupos metilo en la fórmula). El grupo metilo es un radical del metano:



- De acuerdo con todo esto, la fórmula de este compuesto será:



- Si suprimimos la numeración de los átomos de carbono de la expresión anterior, la fórmula estructural queda así:



Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Escribe la fórmula que corresponde a los siguientes compuestos orgánicos:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| a) 3-metil-4-etil-2-hexeno. | b) Ácido 3-hidroxibutanoico. |
| c) 3-metil-2-butanona. | d) 2-metilbutanal. |
| e) 4-hidroxi-2-pentino. | f) 2-aminopropanol. |

Comprueba tus conocimientos

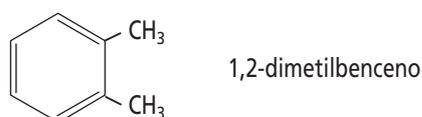
Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 El carbono puede formar enlaces simples o múltiples consigo mismo o con otros elementos. ¿Qué consecuencias tiene esto?
- 2 ¿Qué son los grupos funcionales? ¿En qué se diferencia un grupo funcional formilo de uno carboxilo?
- 3 ¿Cuál es el nombre sistemático que corresponde a los siguientes compuestos orgánicos?
 - a) $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 - b) $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
- 4 Escribe dos ejemplos de isómeros de cadena y dos de isómeros de función, que correspondan a un compuesto orgánico con cuatro átomos de carbono.
- 5 ¿Qué diferencia existe entre un hidrocarburo alifático y uno aromático? ¿Cuál es la principal fuente natural de este tipo de compuestos?
- 6 ¿Qué relación existe entre los hidrocarburos y el efecto invernadero? ¿Existe alguna forma de prevenir o disminuir este problema medioambiental?
- 7 Explica, desde el punto de vista químico, la diferencia entre un alcohol y un ácido carboxílico e indica un ejemplo de cada tipo.
- 8 Los plásticos son polímeros sintéticos, aunque hay otros polímeros de origen natural. Indica qué tienen en común unos y otros y aporta algunos ejemplos.

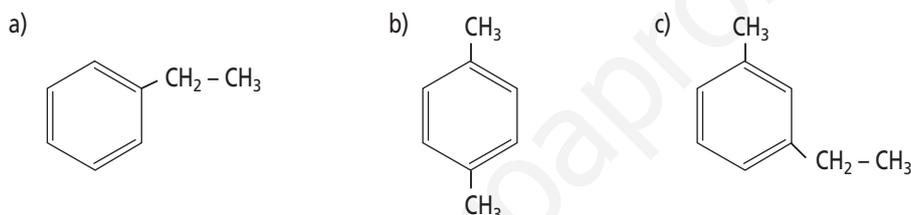
Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

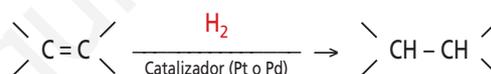
- Representa mediante un diagrama de Lewis la molécula de 3-propenol ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH}$) e indica qué átomos de carbono se encuentran en el mismo plano.
- Escribe y nombra cinco posibles isómeros que se correspondan con la fórmula molecular C_6H_{14} .
- Ajusta la ecuación química correspondiente a la combustión del butanol. ¿Qué cantidad de dióxido de carbono se obtiene al quemar 500 g de este alcohol?
- El benceno es un hidrocarburo bastante reactivo a partir del cual se obtienen gran cantidad de derivados. Para nombrarlos, basta con indicar los radicales enlazados y las posiciones que ocupan, cuando sea necesario:



Nombra, como en el ejemplo, estos derivados del benceno:



- La hidrogenación es una reacción típica de los alquenos que consiste en la adición de dos átomos de hidrógeno a los carbonos unidos mediante el doble enlace, que queda de este modo convertido en un enlace simple:



¿Qué compuestos se producen por la hidrogenación de estos hidrocarburos?

- a) 1-buteno. b) 2-metil-1,3-butadieno (isopreno). c) Benceno.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

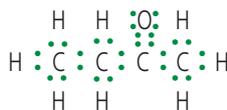
La estructura del ADN, la molécula de la vida, fue un misterio hasta mediados del siglo xx. En 1953, el bioquímico norteamericano James Watson y el físico inglés Francis Crick construyeron un modelo tridimensional del ADN en forma de doble hélice. Por este hallazgo, recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1962.

Busca información en libros o en Internet y trata de responder a estas cuestiones:

- ¿Quién obtuvo la famosa «foto 51», a partir de la cual se dedujo la estructura del ADN?
- ¿Qué técnica se utilizó para tomar esa imagen de la molécula?
- ¿Qué nombres reciben las cuatro bases nitrogenadas que intervienen en la composición del ADN?
- ¿Qué peso molecular aproximado tiene el ADN humano?

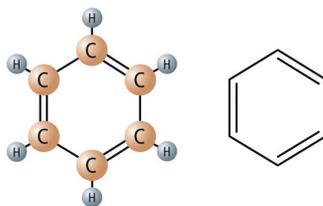
Resuelve paso a paso. Enlaces del carbono

- Representación de la butanona:



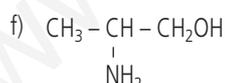
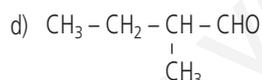
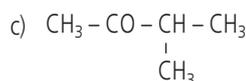
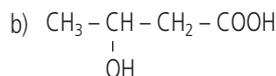
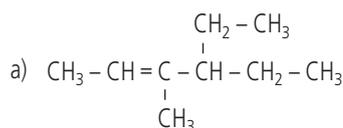
Para que el átomo de oxígeno se combine con el de carbono compartiendo un solo electrón, el oxígeno deberá compartir otro electrón con otro átomo, por ejemplo, de hidrógeno, formando un grupo hidroxilo.

- El benceno es una molécula cíclica de seis átomos de carbono, en la cual existen tres enlaces dobles. Hay dos formas de escribir los enlaces dobles del benceno, alternados en ambos casos, que se conocen como formas resonantes del benceno:



Resuelve paso a paso. Formulación orgánica

- Las fórmulas son:



Comprueba tus conocimientos

- 1 El carbono es un elemento muy versátil, pues puede formar enlaces covalentes simples, dobles o triples consigo mismo o con otros elementos químicos.

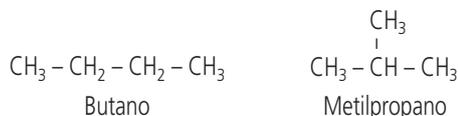
Esta versatilidad hace que el número de compuestos orgánicos supere sobremedida al de compuestos inorgánicos, pues se forman desde pequeñas moléculas hasta largas cadenas carbonadas.

- 2 Son agrupaciones de átomos que confieren unas propiedades características a los compuestos en los que aparecen, de modo que se pueden clasificar los compuestos orgánicos según los grupos funcionales que presentan.

Un grupo carboxilo, por ejemplo, está formado por un átomo de carbono unido mediante un doble enlace a uno de oxígeno y con un enlace simple a un grupo hidroxilo (-COOH), mientras que en el grupo formilo la unión simple del carbono se establece con un átomo de hidrógeno (-CHO).

- 3 a) 1-hidroxi-3-hepteno.
b) Ácido 3-hidroxibutanoico.
- 4 Los isómeros de cadena son aquellos en los que cambia la distribución de los átomos, pero no su número. En los de función, el número de átomos es el mismo, pero cambian los grupos funcionales que presentan. Por ejemplo:

– Isómeros de cadena:



– Isómeros de función:

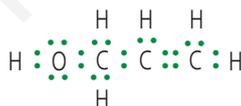


- 5 Los hidrocarburos alifáticos son aquellos que poseen una cadena abierta, que puede ser lineal o ramificada, mientras que los aromáticos son los que contienen uno o varios anillos bencénicos.
- La principal fuente natural de hidrocarburos es el petróleo.
- 6 La relación es directa, desde el momento en que queda claro que el efecto invernadero está producido por la acumulación en la atmósfera de enormes cantidades de dióxido de carbono, procedentes de la combustión de hidrocarburos.
- La forma de prevenir este problema es reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera, disminuyendo el uso de combustibles fósiles y potenciando el desarrollo de energías alternativas.
- 7 Un alcohol es un compuesto que presenta uno o varios grupos hidroxilo (OH) en su molécula, como el etanol ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$), mientras que un ácido carboxílico es una sustancia que presenta, al menos, un grupo carboxilo (COOH) en su molécula, como el ácido acético ($\text{CH}_3 - \text{COOH}$).
- 8 Tanto unos como otros son polímeros, es decir, son macromoléculas que están formadas por la unión de un gran número de monómeros.

Son polímeros naturales la celulosa o el caucho, mientras que son polímeros sintéticos el polietileno o el poliestireno.

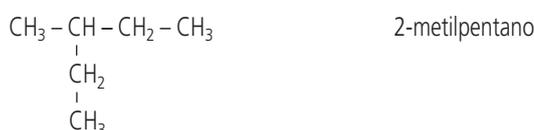
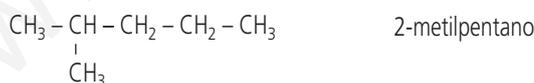
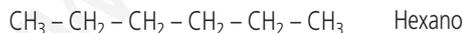
Ficha de ampliación

- 1 La representación sería esta:



Los átomos que se encuentran en el mismo plano son los unidos por el doble enlace.

- 2 Se trata de hidrocarburos alifáticos:



Aclara tus ideas

Magnitudes del movimiento

- El **movimiento** es el cambio de posición de un cuerpo respecto a un punto de referencia.
- La **trayectoria** es la línea que une todas las posiciones por las que ha pasado el móvil. Podemos distinguir:
 - Movimiento **rectilíneo**: la trayectoria es una línea recta.
 - Movimiento **curvilíneo**: la trayectoria es una curva.
 - Movimiento **circular**: el móvil describe una circunferencia.
- Las **magnitudes** y los **criterios de signos** utilizados son:
 - Posición $\rightarrow x$
 $x > 0$: está a la derecha del punto de referencia.
 $x < 0$: está a la izquierda del punto de referencia.
 - Desplazamiento $\rightarrow \Delta x = x_2 - x_1$
 $\Delta x > 0$: se mueve hacia la derecha.
 $\Delta x < 0$: se mueve hacia la izquierda.
 - Espacio recorrido $\rightarrow s$
 - Velocidad $\rightarrow v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$
 $v > 0$: se mueve hacia la derecha.
 $v < 0$: se mueve hacia la izquierda.

Ecuaciones de movimiento

Movimiento rectilíneo uniforme

- La velocidad del móvil es constante.
 $x = x_0 + v \cdot t$
 $s = s_0 + v \cdot t$

Movimiento circular uniforme

- La velocidad es constante en una trayectoria circular.
 $\varphi = \frac{s}{R}$; $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$; $f = \frac{1}{T}$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$
 $\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$

Movimiento uniformemente variado

- La velocidad del móvil varía linealmente con el tiempo.

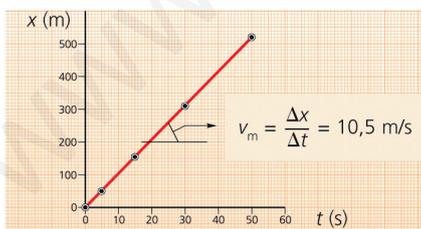
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \begin{cases} a > 0: \text{movimiento acelerado.} \\ a < 0: \text{movimiento retardado.} \end{cases}$$

$$\left[\begin{array}{l} x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ v = v_0 + a \cdot t \end{array} \right] \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ v^2 = v_0^2 + 2 a \cdot s \end{array} \right]$$

Gráficas del movimiento

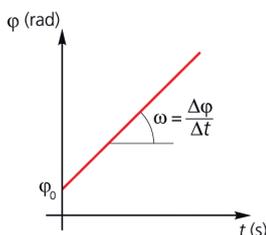
Movimiento rectilíneo uniforme

- La gráfica $x-t$ es una línea recta:



Movimiento circular uniforme

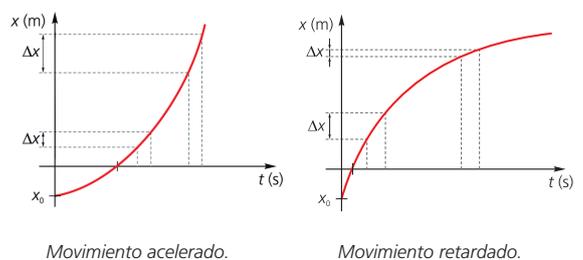
- La gráfica $\varphi-t$ es una línea recta:



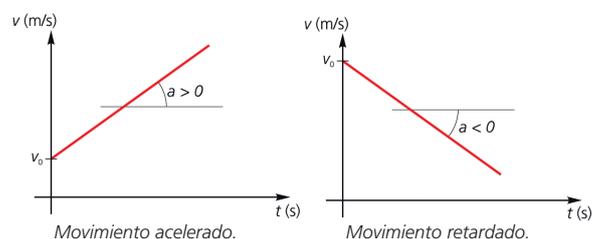
La pendiente es la velocidad angular (ω) del móvil.

Movimiento uniformemente variado

- Las gráficas $x-t$ son parábolas:



- Las gráficas $v-t$ son líneas rectas:



Resuelve paso a paso > Ecuaciones del movimiento

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

▶ ¿Qué utilidad tiene disponer de las ecuaciones de un movimiento? Explícalo considerando el movimiento de un tren que parte de una estación con una aceleración igual a $0,6 \text{ m/s}^2$.

- Un movimiento puede describirse matemáticamente mediante ecuaciones y gráficas. Concretamente, las ecuaciones de movimiento son muy útiles, pues relacionan las diferentes magnitudes que lo describen.
 - Gracias a las ecuaciones de movimiento, conocemos la relación matemática que existe entre las magnitudes que utilizamos para describir un movimiento dado (x , t , v , etc.). De este modo, en el caso de un tren que parte de una estación con aceleración constante, podemos considerar que su posición inicial es cero ($x_0 = 0$) si el punto de referencia es la propia estación, y su velocidad inicial también, pues parte del reposo ($v_0 = 0$). De acuerdo con esto podemos utilizar las ecuaciones del movimiento uniformemente variado:

$$\left[\begin{array}{l} x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ v = v_0 + a \cdot t \end{array} \right] \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\ v^2 = v_0^2 + 2 a \cdot s \end{array} \right]$$

que, particularizadas para este caso, quedan así:

$$\left[\begin{array}{l} x = 0,3 t^2 \\ v = 0,6 t \end{array} \right] \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} s = 0,3 t^2 \\ v^2 = 1,2 s \end{array} \right]$$

- De esta forma, al disponer de la ecuación de posición, podemos conocer la posición del móvil en cualquier instante de tiempo, y, con la ecuación de velocidad, conoceremos su velocidad en cada instante. Supongamos que queremos conocer estos valores cuando el tren lleva 1 minuto (60 segundos) moviéndose:

$$\text{Para } t = 60 \text{ s} \quad \left\{ \begin{array}{l} x = 0,3 t^2 \quad \rightarrow \quad x = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (60 \text{ s})^2 = 1080 \text{ m} \\ v = 0,6 t \quad \rightarrow \quad v = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 60 \text{ s} = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 129,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} \end{array} \right.$$

- No olvides que cada movimiento queda descrito por unas ecuaciones concretas, y que si cambia algún parámetro, como la aceleración, por ejemplo, deberás reescribir las ecuaciones, pues se tratará de otro movimiento diferente.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Escribe las ecuaciones de movimiento que corresponde a un coche que, encontrándose a 300 m del aparcamiento del que acaba de salir y marchando a una velocidad de $41,4 \text{ km/h}$, frena con una aceleración de $0,2 \text{ m/s}^2$.
- ¿Qué tiempo invertirá y qué distancia recorrerá el vehículo anterior antes de detenerse por completo?

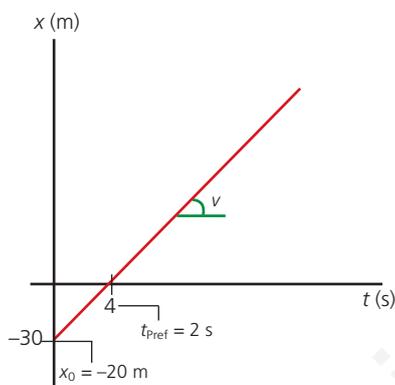
Resuelve paso a paso > Gráficas del movimiento

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

Las gráficas en Cinemática constituyen una buena fuente de información sobre el movimiento estudiado, pero es necesario saber interpretarlas correctamente. Explica cómo debemos interpretar una gráfica $x-t$ que corresponde a un movimiento uniforme.

- Efectivamente, es importante obtener las gráficas de un movimiento, pues ellas nos proporcionan toda la información necesaria para poder describirlo. Lo primero que debes tener en cuenta es el tipo de gráfica que vas a interpretar, pues las conclusiones varían según se trate de una gráfica $x-t$ o de una gráfica $v-t$. En nuestro caso, vamos a interpretar una gráfica de posición.



La ecuación del movimiento será:
 $x = x_0 + v \cdot t \rightarrow x = -30 + 15 t$

- En un movimiento uniforme, las gráficas de posición-tiempo siempre son líneas rectas. Si la pendiente es positiva, indica que el móvil se desplaza hacia la derecha, y, si es negativa, lo hace hacia la izquierda. En este caso es un movimiento uniforme hacia la derecha.
- El punto de corte con el eje de ordenadas indica la posición inicial del móvil. Mientras que el punto de corte con el eje de abscisas indica el instante de tiempo en que pasa por el punto de referencia.
 - $x_0 = -30$ m. Inicialmente se encuentra a 30 m a la izquierda del punto de referencia.
 - El móvil pasa por el punto de referencia en el instante $t = 2$ s.
- Si disponemos de dos puntos podemos conocer la velocidad del móvil, que viene dada por la pendiente de la recta:

Conocidos los puntos:

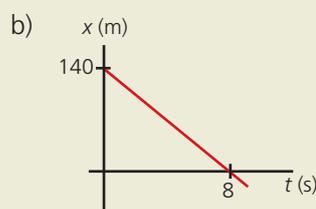
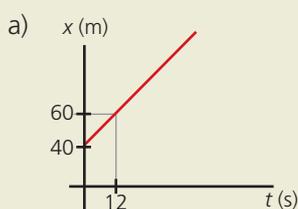
$$(t_0, x_0) = (0, -30) \text{ y } (t_1, x_1) = (2, 0)$$

calculamos la velocidad:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} = \frac{0 \text{ m} - (-30 \text{ m})}{2 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Interpreta las siguientes gráficas de posición-tiempo, y escribe las ecuaciones que describen los movimientos representados en cada una:



Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 ¿Podemos afirmar que en un movimiento el desplazamiento y el espacio recorrido siempre tienen el mismo valor? De no ser así, explica la diferencia entre ambos.
- 2 ¿Por qué es necesario indicar un signo para la velocidad? ¿Qué significado físico asignamos al signo de esta magnitud?
- 3 En un movimiento rectilíneo uniforme, ¿qué podemos decir de la velocidad media, respecto a la velocidad instantánea? ¿Por qué?
- 4 ¿Qué diferencia existe entre una gráfica de posición-tiempo para un movimiento uniforme respecto a la correspondiente a un movimiento uniformemente variado?
- 5 Un móvil se mueve con movimiento uniforme hacia la izquierda. Si inicialmente se encuentra a 50 m a la derecha del punto de referencia y su velocidad es 0,8 m/s, ¿en qué instante de tiempo llegará al punto de referencia? Cálculalo usando la ecuación de movimiento.
- 6 Un corredor que parte del reposo alcanza una velocidad de 6 m/s en 5 s. Calcula su aceleración y escribe las ecuaciones que describen el movimiento de este corredor. ¿Cómo es la gráfica $v-t$ para este movimiento?
- 7 Se deja caer un objeto desde una altura de 8 m. ¿Cuánto tiempo tardará en alcanzar el suelo? ¿Necesitas la masa para realizar el cálculo? ¿Por qué?
- 8 Un chico está observando la válvula de una rueda de su bicicleta que se encuentra girando y anota que, cada tres segundos, la rueda completa dos vueltas. ¿Cuál es la velocidad angular de la rueda? ¿Y la frecuencia?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- 1 Un coche se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme. Si tomamos como punto de referencia un determinado semáforo, su ecuación de posición es: $x = 10 + 15 t$. ¿Cuál sería la ecuación de posición si cambiamos el punto de referencia a otro semáforo que se encuentra 300 m a la derecha del anterior?

- 2 De un móvil que se mueve con movimiento rectilíneo uniformemente variado, tenemos la siguiente información:
 - Partiendo del reposo, ha recorrido 18 m en 3 s.
 - En el instante $t = 0$, se encontraba 5 m a la izquierda del punto de referencia.
 Escribe razonadamente las ecuaciones que nos dan la posición y la velocidad del móvil en función del tiempo.

- 3 Una lancha sale del puerto hacia el mar abierto y, en 10 s, ha alcanzado la velocidad de 60 km/h. A partir de ese momento mantiene su velocidad constante. Construye la gráfica $x-t$ correspondiente al primer minuto del movimiento y comenta la información que nos proporciona.

- 4 Un corredor pasa por un puesto de avituallamiento durante una carrera a la velocidad de 18 km/h. Allí se encuentra parado otro corredor bebiendo agua, el cual, a los 30 s, comienza a correr con una velocidad de 7 m/s. ¿Cuándo alcanza al primer corredor? ¿A qué distancia?

- 5 Un volante gira a una velocidad constante de 10 rpm (revoluciones por minuto).
 - a) ¿Cuál es su frecuencia en Hz?
 - b) ¿Cuánto vale su período?
 - c) ¿Qué ángulo gira en 15 s?

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

En 1905, un joven físico alemán llamado Albert Einstein revolucionó la Mecánica con la publicación de su teoría de la relatividad especial, en la que proponía otro enfoque de la Cinemática distinto del clásico, con sorprendentes conclusiones.

Busca información en libros o en Internet y trata de responder a estas cuestiones:

- a) ¿Qué son un sistema de referencia inercial y un sistema de referencia no inercial?
- b) ¿Qué magnitud es siempre constante para Einstein?
- c) ¿Qué le ocurre al tiempo medido por un observador que se mueve a la velocidad de la luz?
- d) ¿Qué sucede para el espacio medido por dicho observador?

Resuelve paso a paso. Ecuaciones del movimiento

- Se trata de un movimiento uniformemente retardado en el que la velocidad inicial es $41,4 \text{ km/h} = 11,5 \text{ m/s}$. Sus ecuaciones de movimiento serán:

$$x = 300 + 11,5 t - 0,1 t^2$$

$$v = 11,5 - 0,2 t$$

- Consideramos que el vehículo se detiene por completo cuando su velocidad se hace cero. Sustituyendo este dato en la segunda ecuación, obtenemos que lo hace en el instante $t = 57,5 \text{ s}$. Al llevar este valor de tiempo a la primera ecuación, obtenemos la posición del vehículo cuando se detiene, que es $x = 630,6 \text{ m}$. La distancia recorrida hasta detenerse es, pues:

$$\Delta x = x - x_0 = 630,6 \text{ m} - 300 \text{ m} = 330,6 \text{ m}$$

Resuelve paso a paso. Gráficas del movimiento

- a) Es un movimiento uniforme (gráfica $x-t$ lineal) hacia la derecha (pendiente positiva). El móvil parte inicialmente de un punto situado 40 m a la derecha del punto de referencia ($x_0 = 40 \text{ m}$), y su velocidad es $v = 1,7 \text{ m/s}$, dada por la pendiente de la gráfica, calculada a partir de los dos puntos que conocemos. La ecuación es:

$$x = 40 - 1,7 t$$

- b) Es un movimiento uniforme (gráfica $x-t$ lineal) hacia la izquierda (pendiente negativa). El móvil parte inicialmente de un punto situado 140 m a la derecha del punto de referencia ($x_0 = 140 \text{ m}$), y pasa por el punto de referencia en el instante $t = 8 \text{ s}$ (punto de corte con el eje de abscisas). Su velocidad es $v = -17,5 \text{ m/s}$, dada por la pendiente de la gráfica (el signo negativo indica que se mueve hacia la izquierda). La ecuación del movimiento es:

$$x = 140 - 17,5 t$$

Comprueba tus conocimientos

- 1 No, pues el espacio recorrido es la distancia, medida sobre la trayectoria, que recorre el móvil, mientras que el desplazamiento es la diferencia entre dos posiciones del móvil. Ambas magnitudes coinciden en el caso de un movimiento rectilíneo sin cambio de dirección, pero en el resto de los casos no.
- 2 La velocidad, como otras magnitudes, es una magnitud vectorial. En este tipo de magnitudes no basta con indicar el valor. Así, en la velocidad, hay que indicar si el móvil se mueve hacia la derecha o la izquierda, lo cual hacemos asignando un signo positivo o negativo, respectivamente.
- 3 La velocidad media y la velocidad instantánea tienen el mismo valor en este tipo de movimientos, pues la velocidad es constante durante todo el movimiento.
- 4 En el caso de un movimiento uniforme, la gráfica de posición frente al tiempo es una línea recta, ascendente o descendente según el sentido del movimiento. Pero en un movimiento variado esta gráfica es una rama de parábola, pues la distancia recorrida por el móvil a intervalos de tiempo iguales es mayor o menor, según sea acelerado o retardado.
- 5 La ecuación de posición de este movimiento será:

$$x = 50 - 0,8 t$$

Como queremos calcular el instante de tiempo en el cual el móvil alcanza el punto de referencia ($x = 0$), sustituimos este valor en la ecuación, despejamos y obtenemos que $t = 62,5 \text{ s}$.

- 6 La aceleración, que expresa la variación de la velocidad con el tiempo, es de $1,2 \text{ m/s}^2$, por lo que las ecuaciones de este movimiento, considerando que parte del punto de referencia y del reposo serán:

$$x = 0,6 t^2$$

$$v = 1,2 t$$

La gráfica $v-t$ será una línea recta, que parte del origen, ascendente con una pendiente igual a $1,2 \text{ m/s}^2$, que es el valor de la aceleración.

- 7 Para calcular el tiempo de caída de un objeto no es necesario conocer su masa, pues todos los objetos caen con la misma aceleración, dada por el valor de la gravedad.

Despejando de la ecuación de movimiento de caída, obtenemos que $t = 1,3$ s.

- 8 La velocidad angular indica el ángulo recorrido en la unidad de tiempo. Como la rueda completa dos giros cada tres segundos, su velocidad angular será:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{4\pi \text{ rad}}{3 \text{ s}} = 4,2 \text{ rad/s}$$

En cambio, la frecuencia es el número de vueltas que da el móvil en la unidad de tiempo:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{4,2 \text{ rad/s}}{2\pi \text{ rad}} = 0,7 \text{ s}^{-1}$$

Ficha de ampliación

- 1 Al cambiar el punto de referencia, lo único que se modifica es la posición inicial, que ahora sería -290 m. De acuerdo con esto, la ecuación de posición quedaría así:

$$x = -290 + 15 t$$

- 2 De la información que nos dan, deducimos que $x_0 = -5$ m y $v_0 = 0$. Es decir, la ecuación de posición debe tener la forma:

$$x = -5 + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Solo nos queda averiguar el valor de la aceleración, utilizando el espacio recorrido en los tres primeros segundos.

Como son 18 m, significa que se encontrará 13 m a la derecha del punto de referencia. Sustituyendo en la ecuación anterior y despejando, se obtiene $a = 4 \text{ m/s}^2$. Por tanto, las ecuaciones quedan finalmente:

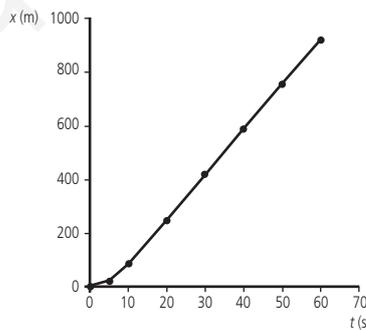
$$x = -5 + 2 t^2$$

$$v = 4 t$$

- 3 Para construir la gráfica, vamos a completar previamente una tabla de valores x - t :

Posición (m)	0	20,9	83,5	250,5	417,5	584,5	751,5	918,5
Tiempo (s)	0	5	10	20	30	40	50	60

La representación gráfica correspondiente sería esta:



- 4 Escribimos las ecuaciones de posición de los dos corredores, suponiendo que comenzamos a contar el tiempo cuando arranca el segundo corredor:

$$\text{Corredor A : } x = 150 + 5 t$$

$$\text{Corredor B : } x = 7 t$$

Cuando el segundo corredor alcanza al primero, sus posiciones coinciden; así pues, igualamos las dos expresiones y despejamos t , que resulta ser 75 s. La distancia del segundo corredor a su punto de partida se obtiene sustituyendo el tiempo en su ecuación de posición y es de 525 m.

- 5 a) La frecuencia es el número de vueltas en la unidad de tiempo (s). Si da 10 vueltas por minuto, la frecuencia será de $10/60 = 0,17$ Hz.
 b) El período es el inverso de la frecuencia, es decir, el tiempo que tarda el volante en completar una vuelta. Como da 10 vueltas en un minuto, significa que tarda 6 s en dar una, por tanto, $T = 6$ s.
 c) En 15 s completa dos vueltas y media, lo que equivale a un ángulo de 5π rad.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- a) Un sistema de referencia inercial es el que se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme y un sistema no inercial, el que se mueve con una cierta aceleración.
- b) La velocidad de la luz.
- c) El tiempo se dilata a medida que aumenta la velocidad, y ya no transcurre para un observador que se mueve a la velocidad límite (la de la luz).
- d) El espacio se contrae a medida que aumenta la velocidad y es cero para el observador que se mueve a la velocidad de la luz.

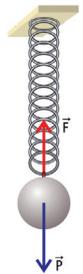
www.yoquieroaprobar.es

Aclara tus ideas

Las fuerzas

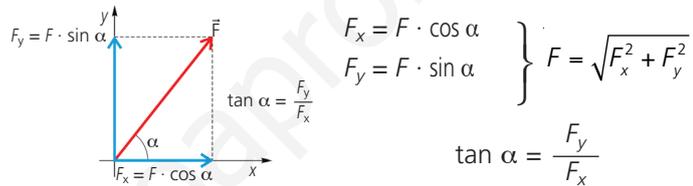
- Son acciones que **producen**:
 - Cambios en el estado de movimiento.
 - Deformaciones.
- **Pueden ser**:
 - De contacto.
 - A distancia.
- Su unidad del S.I. es el **newton**.
- Otras unidades son la **dina** y el **kilopondio**:
 - 1 N = 10⁵ dinas
 - 1 kp = 9,8 N
- Se miden con un **dinamómetro**, basado en la ley de Hooke:

$$F = k \cdot \Delta l$$

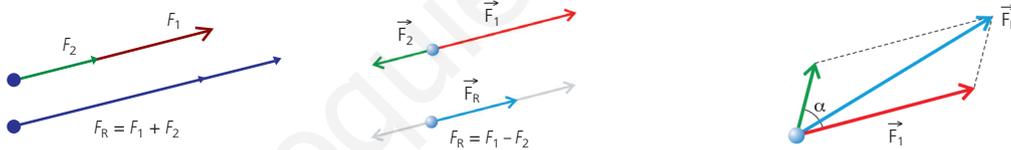


Representación de fuerzas. Vectores

- Las fuerzas se representan mediante **vectores**, que se caracterizan por tener:
 - Punto de aplicación.
 - Dirección.
 - Sentido.
 - Módulo o intensidad.
- Como vector, una fuerza **F** se puede descomponer en una componente horizontal (F_x) y una componente vertical (F_y).



- La composición de fuerzas da lugar a una **fuerza resultante** (F_R).



Presión atmosférica e hidrostática

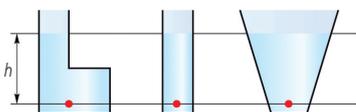
- La presión es la fuerza por unidad de superficie: $p = \frac{F}{S}$. Su unidad en el S.I. es el **pascal (Pa)**.
 - Otras unidades de presión son la atmósfera (atm), los milímetros de mercurio (mmHg) y los milibares (mbar): 1 atm = 760 mmHg = 1 013 mbar = 101 325 Pa.

Presión hidrostática

Es la presión en el seno de un fluido. Depende de la profundidad y de su densidad:

$$p = h \cdot d \cdot g$$

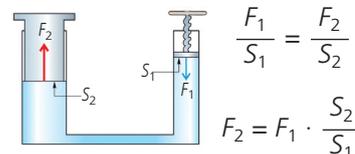
- La presión en el fondo de un recipiente solo depende de la altura del líquido:



Principio de Pascal

La presión en un punto de un líquido se transmite por igual a todos los demás puntos y a las paredes del recipiente.

- Se aplica en la prensa hidráulica:



Principio de Arquímedes

Un cuerpo sumergido experimenta una fuerza de empuje (E) dada por:

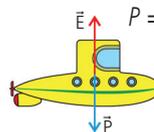
$$E = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{líquido}} \cdot g$$

- Se aplica en la flotación de los cuerpos:

$P > E \rightarrow$ Se hunde.

$P < E \rightarrow$ Flota.

$P = E \rightarrow$ Se mantiene en equilibrio.



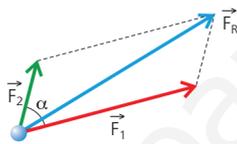
Resuelve paso a paso > Composición de fuerzas

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

Cuando sobre un sistema actúan simultáneamente varias fuerzas es necesario calcular la resultante de todas ellas. Explica qué procedimientos pueden seguirse para calcular dicha fuerza resultante.

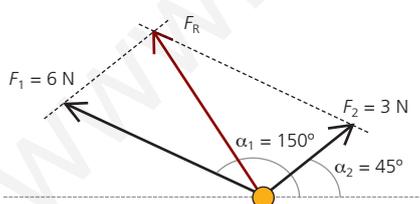
- Efectivamente, el cálculo de la resultante es un paso necesario para poder extraer conclusiones sobre los efectos que varias fuerzas ocasionan sobre un sistema material. El cálculo de la resultante puede hacerse de varias formas: gráficamente, mediante el cálculo vectorial o analíticamente, si disponemos de los datos necesarios.
 - Podemos calcular la fuerza resultante utilizando un procedimiento gráfico. En el caso de dos fuerzas concurrentes (con el mismo punto de aplicación) y diferente dirección, la resultante sería la diagonal del paralelogramo que forman:



- Si además conocemos el valor del módulo de cada una de las fuerzas (F_1 y F_2) y el ángulo que forman (α), el módulo de la resultante se calculará con la expresión:

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \alpha}$$

- A veces nos interesa recurrir a la trigonometría para obtener de una fuerza sus dos componentes en direcciones perpendiculares, que llamamos F_x y F_y . Si tenemos varias fuerzas, y las descomponemos, la componente horizontal de la resultante vendrá dada por la suma de las de todas las fuerzas consideradas, y lo mismo puede decirse de la componente vertical:



$$\left. \begin{aligned} F_{1x} &= F_1 \cdot \cos \alpha = 6 \text{ N} \cdot \cos 150^\circ = -5,2 \text{ N} \\ F_{2x} &= F_2 \cdot \cos \alpha = 3 \text{ N} \cdot \cos 45^\circ = 2,1 \text{ N} \end{aligned} \right\} F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = -3,1 \text{ N}$$

$$\left. \begin{aligned} F_{1y} &= F_1 \cdot \sin \alpha = 6 \text{ N} \cdot \sin 150^\circ = 3 \text{ N} \\ F_{2y} &= F_2 \cdot \sin \alpha = 3 \text{ N} \cdot \sin 45^\circ = 2,1 \text{ N} \end{aligned} \right\} F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = 5,1 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(-3,1 \text{ N})^2 + (5,1 \text{ N})^2} = 6 \text{ N}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Calcula gráficamente y matemáticamente la resultante de dos fuerzas de 8 N y 10 N que actúan sobre un cuerpo, sabiendo que forman entre sí un ángulo de 30° .
- Sobre un cuerpo actúa una fuerza de 8 N que forma un ángulo de 10° con la horizontal y otra fuerza de 5 N que forma un ángulo de 60° con la horizontal. Calcula la resultante.

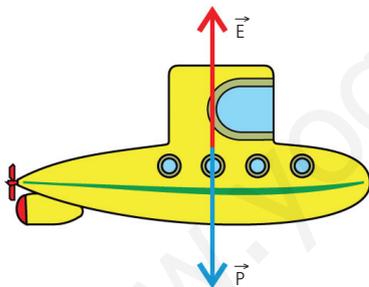
Resuelve paso a paso > Equilibrio estático

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Explica en qué consiste la condición de equilibrio en un sistema de fuerzas y qué posibles aplicaciones se deducen de ella. Utilízala para explicar el comportamiento de los cuerpos sumergidos.

- Es una situación habitual que sobre un sistema actúen simultáneamente varias fuerzas. El efecto conjunto de todas ellas viene dado por la resultante. La condición de equilibrio se cumple cuando la resultante de todas las fuerzas es cero.
 - Si sobre un sistema la resultante de todas las fuerzas que actúan es cero, el sistema se encontrará en equilibrio.
- La condición de equilibrio es útil para estudiar el comportamiento de un sistema estático. Así, si sabemos que sobre el sistema actúa alguna fuerza y se encuentra en equilibrio, podemos deducir que existen otras fuerzas que compensan sus efectos, pues la resultante es cero.
 - Así, si tenemos un objeto sobre una mesa, dado que el objeto ejerce una fuerza sobre la mesa debido a su peso, podemos deducir que sobre el objeto actúa una fuerza, del mismo valor y sentido contrario, ejercida por la mesa. La suma de ambas es cero.
- En el caso de los cuerpos sumergidos, las dos fuerzas que actúan son el peso, que tiende a hundirlos, y el empuje, que tiende a hacer que floten. Si ambas fuerzas tienen el mismo valor, al ser contrarias, la resultante de ambas será cero y el cuerpo permanecerá en equilibrio en el punto en que se encuentre situado.



- En un submarino, el volumen de la nave es fijo, por lo que el empuje que experimenta tiene un cierto valor, que es posible calcular con la expresión:

$$E = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{liquido}} \cdot g$$

- Por otro lado, el peso del submarino viene dado por la expresión:

$$P = m \cdot g$$

El peso del submarino puede aumentar o disminuir sin más que llenar o vaciar con agua los tanques de lastre. De este modo, si se igualan el peso y el empuje, el submarino quedará estabilizado a una cierta profundidad.

- El submarino permanece en equilibrio estático cuando se cumple que:

$$m = V_{\text{sumergido}} \cdot d_{\text{liquido}}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Sobre un cuerpo actúa una fuerza vertical y hacia arriba de 5 N y otra fuerza horizontal hacia la derecha de 2 N. ¿Qué fuerza habrá que aplicar para que dicho cuerpo permanezca en equilibrio?
- Queremos sumergir en el agua una pelota de 30 g de masa y 50 cm³. ¿Qué pesa deberíamos colgar de la pelota para conseguir que permanezca sumergida en el punto en que la coloquemos?

Comprueba tus conocimientos

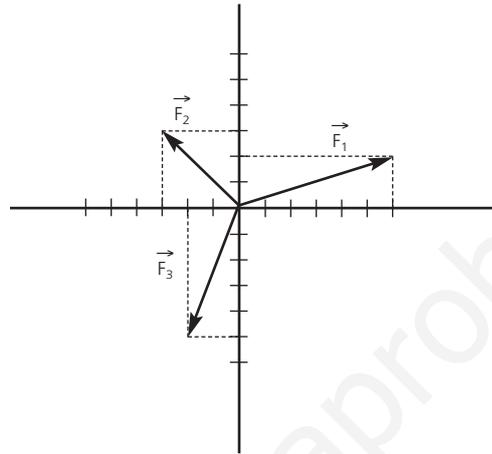
Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 Explica la diferencia entre las fuerzas de contacto y las fuerzas a distancia, e indica un ejemplo de cada tipo.
- 2 ¿Qué es la dirección de un vector? ¿Y su punto de aplicación? ¿Por qué es necesario representar las fuerzas mediante vectores?
- 3 Calcula las componentes horizontal y vertical de una fuerza de 15 N que forma un ángulo de 30° con la horizontal.
- 4 Sobre un muelle se ha colgado un objeto de 200 g de masa, debido a lo cual se ha producido un estiramiento de 5 cm. ¿Cuánto vale la constante elástica de este muelle?
- 5 Se ejerce una fuerza de 2 N sobre una superficie de 4 cm^2 . ¿Podemos afirmar que la presión ejercida sobre esa superficie es inferior a la presión atmosférica que soportamos en la superficie terrestre? Justifícalo.
- 6 ¿En qué consiste la paradoja hidrostática? ¿Qué relación tiene con el principio de los vasos comunicantes?
- 7 Una prensa hidráulica tiene dos pistones, uno de 30 cm^2 de superficie y otro de 70 cm^2 . Si queremos elevar un objeto de 300 kg de masa, ¿qué fuerza, y sobre qué pistón, debemos ejercer para ello?
- 8 Calcula la fuerza de empuje que experimenta un objeto de 100 g de masa y 200 cm^3 de volumen que se encuentra sumergido en agua. Si tenemos otro objeto de igual volumen, pero doble masa, ¿podemos afirmar que el empuje será el doble?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- Una fuerza desconocida y otra fuerza de 15 N forman un ángulo de 60° . Si el módulo de su resultante es de 21,8 N, ¿qué módulo tiene la fuerza desconocida?
- Dadas las fuerzas de la figura, determina si se encuentran en equilibrio:



- Para calibrar un dinamómetro casero, hemos colgado pesas de distintas masas, obteniendo estos datos:

Masa (g)	20	40	60	100	150	200
Alargamiento (cm)	1,5	2,9	4,4	7,6	11,5	15,1

- Representa la gráfica $F-\Delta l$ y calcula a partir de ella la constante del muelle.
 - ¿Qué pesa debemos colgar para que el alargamiento sea de 5,5 cm?
- En el fondo de una columna abierta de 15 m de altura llena con una disolución salina se mide una presión de 3,2 atm. Calcula la densidad de la disolución.
 - Al sumergir una bola en agua, flota manteniendo el 10 % de su volumen fuera del líquido. Calcula la densidad del material del que está hecha.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

El interior del núcleo atómico es aún hoy un misterio solo parcialmente desvelado. Para mantener las partículas (protones y neutrones) unidas, venciendo las intensas fuerzas eléctricas de repulsión, se ha postulado la existencia de la fuerza nuclear, considerada, por tanto, una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza.

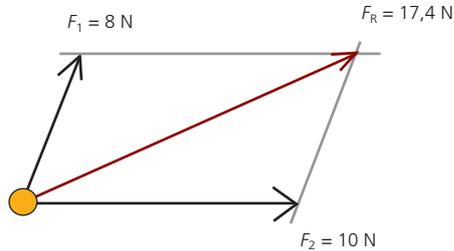
Busca información en libros o en Internet y trata de responder a estas cuestiones:

- ¿En qué dos tipos de fuerzas se divide la fuerza nuclear?
- ¿Cuál es el alcance de estas fuerzas?
- ¿Qué partículas intervienen en la transmisión de estas fuerzas?
- ¿Por qué la fuerza nuclear no se aprecia en el mundo macroscópico?

Resuelve paso a paso. Composición de fuerzas

- Aplicando la fórmula que permite el cálculo de la resultante de dos fuerzas con distinta dirección, conocidos sus módulos y el ángulo que forman, se obtiene que la resultante tiene un valor de 17,4 N.

Gráficamente es posible obtener la resultante como la diagonal del paralelogramo:



- Se puede calcular la resultante procediendo a descomponer ambas fuerzas en sus componentes horizontal y vertical, y sumándolas entre sí para obtener las componentes y el módulo de la resultante.

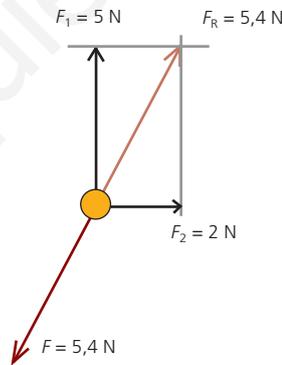
$$\left. \begin{aligned} F_{1x} &= F_1 \cdot \cos \alpha = 8 \text{ N} \cdot \cos 10^\circ = 7,9 \text{ N} \\ F_{2x} &= F_2 \cdot \cos \alpha = 5 \text{ N} \cdot \cos 60^\circ = 2,5 \text{ N} \end{aligned} \right\} F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = 10,4 \text{ N}$$

$$\left. \begin{aligned} F_{1y} &= F_1 \cdot \sin \alpha = 8 \text{ N} \cdot \sin 10^\circ = 1,4 \text{ N} \\ F_{2y} &= F_2 \cdot \sin \alpha = 5 \text{ N} \cdot \sin 60^\circ = 4,3 \text{ N} \end{aligned} \right\} F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = 5,7 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(10,4 \text{ N})^2 + (5,7 \text{ N})^2} = 11,9 \text{ N}$$

Resuelve paso a paso. Equilibrio estático

- Al calcular la resultante de ambas fuerzas, se obtiene que tiene un valor de 5,4 N, en la dirección de la diagonal del paralelogramo. Habrá que aplicar una fuerza igual a la resultante calculada, en su misma dirección, pero de sentido contrario.



- La pelota experimentará dos fuerzas al sumergirla en el agua. Una, la de empuje, que será igual a:

$$E = V_s \cdot d \cdot g = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 0,49 \text{ N}$$

Al mismo tiempo, experimenta una fuerza de atracción gravitatoria, dada por su peso.

$$P = m \cdot g = 0,294 \text{ N}$$

Como el peso es inferior al empuje, la pelota ascenderá hacia la superficie del líquido. Si queremos que permanezca en el punto que la coloquemos, habrá que aumentar el peso de la pelota en 0,196 N, para que sea igual al empuje. Para ello, debemos colgar de la pelota una pesa de 0,02 kg, es decir, 20 g.

Comprueba tus conocimientos

- 1 Las fuerzas de contacto son aquellas que se ejercen mediante un contacto directo entre los sistemas materiales, mientras que las fuerzas a distancia son las que actúan sin que exista contacto entre los sistemas que interactúan. Así, cuando empujamos un objeto estamos ejerciendo una fuerza de contacto, mientras que cuando dos cargas eléctricas se atraen o se repelen lo hacen mediante una fuerza a distancia.

- 2 La dirección de un vector es la recta sobre la que se encuentra, mientras que el punto de aplicación es el origen. Los vectores son útiles para representar magnitudes para las cuales no basta con indicar su valor, como las fuerzas, sino que es necesario indicar otros parámetros, como el punto en que se aplican y la dirección y el sentido.

- 3 Las componentes serán:

$$F_x = F \cdot \cos \alpha = 15 \text{ N} \cdot \cos 30^\circ = 13 \text{ N}$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha = 15 \text{ N} \cdot \sin 30^\circ = 7,5 \text{ N}$$

- 4 La constante elástica del muelle viene dada por el cociente entre la fuerza aplicada y el estiramiento producido, de acuerdo con la ley de Hooke.

$$k = \frac{F}{\Delta l} = \frac{1,96 \text{ N}}{0,05 \text{ m}} = 32,9 \text{ N/m}$$

La fuerza aplicada es el peso del objeto de 200 g (1,96 N).

- 5 La presión, que es la fuerza por unidad de superficie, será:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{1,96 \text{ N}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 5000 \text{ Pa}$$

Esta presión es muy inferior a la presión atmosférica, cuyo valor es:

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

- 6 Consiste en que la presión sobre el fondo de un recipiente que contiene un líquido no depende de su forma ni de la cantidad de líquido, sino solo de la altura alcanzada por este.

Como consecuencia, cuando ponemos en comunicación varios recipientes, con independencia de su forma, el líquido alcanza la misma altura en todos ellos.

- 7 La fuerza debe ser de 1260 N, y debe aplicarse en el pistón de menor superficie:

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1} = m \cdot g \cdot \frac{S_2}{S_1} = 300 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{30 \text{ cm}^2}{70 \text{ cm}^2} = 1260 \text{ N}$$

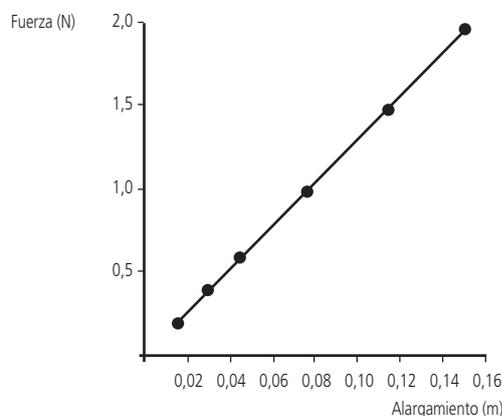
- 8 El empuje será:

$$E = V_s \cdot d \cdot g = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 1,96 \text{ N}$$

Si tenemos dos objetos del mismo volumen, con independencia de su masa, el empuje será el mismo. Lo que cambia es el peso y las consecuencias de considerar simultáneamente la acción de ambas fuerzas sobre el cuerpo.

Ficha de ampliación

- 1 El módulo de la fuerza es de 10 N.
- 2 No se encuentran en equilibrio, pues las componentes horizontales suman 1 N y las verticales 0.
- 3 a) La gráfica fuerza-alargamiento es:



De esta gráfica se deduce un valor de la constante del muelle de aproximadamente 13 N/m a partir de su pendiente.

- b) Sobre la gráfica, ese alargamiento correspondería a una pesa de aproximadamente 70 g.

- 4 Como la columna está abierta, además de la presión hidrostática estamos midiendo la presión atmosférica. Es decir, para el cálculo de la densidad debemos considerar una presión hidrostática de:

$$3,2 - 1 = 2,2 \text{ atm} = 222\,915 \text{ Pa}$$

Aplicando la fórmula para la presión hidrostática, esa densidad es de $1\,516,4 \text{ kg/m}^3$.

- 5 Cuando la bola está a flote, el empuje y el peso se encuentran en equilibrio. Por lo tanto, podemos igualar la expresión de ambas fuerzas:

$$P = E \rightarrow m \cdot g = V \cdot d \cdot g \rightarrow m \cdot g = 0,9 V \cdot 1\,000 \cdot g \rightarrow d = 900 \text{ kg/m}^3$$

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- a) Se divide en fuerza nuclear débil y fuerza nuclear fuerte.
- b) El alcance es del orden del diámetro del núcleo atómico, es decir, de unos 10^{-15} m .
- c) Las partículas reciben el nombre de «gluones».
- d) La razón es su corto alcance, por lo cual no se manifiestan a nivel macroscópico.

www.yoquieroaprobar.es

Aclara tus ideas

Leyes de la Dinámica

- **Principio de inercia**

Cuando la resultante de todas las fuerzas es cero, el cuerpo se mantiene en reposo o se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme.

Si $F_R = 0 \rightarrow$ Reposo o m.r.u.

- **Ley de Newton**

Si la resultante de las fuerzas es distinta de cero, el cuerpo experimenta una aceleración proporcional a la fuerza aplicada.

$$F_R = m \cdot a$$

- **Principio de acción y reacción**

A toda fuerza ejercida por un cuerpo le corresponde otra igual en módulo y de sentido contrario, que se ejerce sobre el cuerpo.

$$F_{1,2} = -F_{2,1}$$

Fuerzas y sus fórmulas

- **Peso**

Fuerza de atracción gravitatoria sobre un cuerpo. En la superficie terrestre se calcula como:

$$P = m \cdot g$$

P = Peso del cuerpo (N)
 m = Masa del cuerpo (kg)
 g = Gravedad terrestre (9,81 m/s²)

- **Fuerza de rozamiento**

Fuerza de fricción que se produce cuando un cuerpo se desliza sobre una superficie. Si el desplazamiento es horizontal, se calculará así:

$$F_r = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g$$

F_r = Fuerza de rozamiento (N)
 μ = Coeficiente de rozamiento
 m = Masa del cuerpo (kg)
 g = Gravedad terrestre (9,81 m/s²)

- **Fuerza eléctrica**

Atracción o repulsión que experimentan dos cuerpos cargados eléctricamente que se encuentran a una cierta distancia.

$$F_e = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

F_e = Fuerza eléctrica (N)
 q = Carga eléctrica (C)
 k = Constante (9 · 10⁹ N m²/C²)
 d = Distancia de separación (m)

- **Fuerza normal**

Fuerza de sustentación que una superficie ejerce sobre un cuerpo que se encuentra situado sobre ella.

- **Fuerza centrípeta**

Fuerza que experimenta todo cuerpo que describe un movimiento curvilíneo, dirigida hacia el centro de la trayectoria.

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

F_c = Fuerza centrípeta (N)
 m = Masa del cuerpo (kg)
 v = Velocidad del cuerpo (m/s)
 R = Radio de la trayectoria (m)

- **Empuje**

Fuerza que experimenta todo cuerpo sumergido en un fluido.

$$E = d_{liq} \cdot V_s \cdot g$$

E = Fuerza de empuje (N)
 d_{liq} = Densidad del líquido (kg/m³)
 V_s = Volumen del cuerpo sumergido (m³)
 g = Gravedad terrestre (9,81 m/s²)

- **Fuerza elástica**

Fuerza recuperadora que ejerce un cuerpo elástico sometido a una tensión.

$$F_e = k \cdot \Delta l$$

F_e = Fuerza elástica (N)
 k = Constante elástica (N/m)
 Δl = Alargamiento (m)

Impulso y cantidad de movimiento

- Impulso: $I = F \cdot \Delta t$.
- Cantidad de movimiento: $p = m \cdot v$.

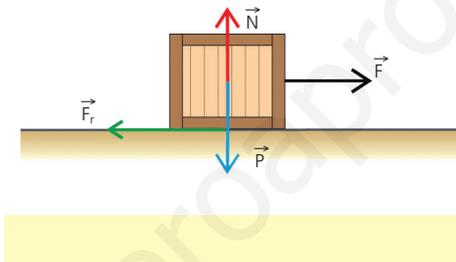
Resuelve paso a paso > Leyes de la Dinámica

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Indica los pasos que debemos seguir para resolver un problema de Dinámica. Ilústralos con el ejemplo de un cuerpo de 200 g de masa que se desliza sobre una superficie horizontal con un coeficiente de rozamiento de 0,1, impulsado por una fuerza de 1,5 N.

- La resolución de problemas de Dinámica es un ejercicio habitual, en el cual el procedimiento utilizado estará en función de los datos de que dispongamos y de lo que se nos pida que calculemos.
 - Debemos comenzar por analizar detenidamente el enunciado, extrayendo toda la información posible que nos permita hacernos idea de la situación desde el punto de vista de la Física. Para ello, trataremos de identificar y calcular todas las fuerzas que actúan sobre el sistema.



- En nuestro ejemplo, un cuerpo desliza horizontalmente. Tenemos una fuerza $F_1 = 1,5 \text{ N}$ que tira de él, y una fuerza de rozamiento que se opone al movimiento, como se nos indica a través del dato del coeficiente de rozamiento.
- Como tenemos la masa del objeto, podemos calcular su peso y, en consecuencia, la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento.

$$P = m \cdot g = 0,2 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,96 \text{ N}$$

Como en este caso: $N = P \rightarrow F_r = \mu \cdot N = \mu \cdot P = 0,1 \cdot 1,96 \text{ N} = 0,196 \text{ N}$

- Una vez calculadas todas las fuerzas, consideramos las que actúan en la dirección del movimiento (F_1 y F_r), para deducir si la fuerza resultante que actúa es o no distinta de cero. En el caso de que la resultante sea cero, el cuerpo estará en reposo o se moverá con movimiento uniforme, mientras que si es diferente de cero, su movimiento será acelerado.
 - La fuerza resultante que actúa sobre el cuerpo en la dirección del movimiento es:

$$F_R = F_1 - F_r = 1,5 \text{ N} - 0,196 \text{ N} = 1,3 \text{ N}$$

Por lo que describe un movimiento uniformemente acelerado. El valor de la aceleración se calcula aplicando la segunda ley:

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_R}{m} = \frac{1,3 \text{ N}}{0,2 \text{ kg}} = 6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Si se lanza un cuerpo horizontalmente sobre una superficie rugosa, ¿por qué describe un movimiento uniformemente retardado?
- ¿Qué movimiento desarrolla un paracaidista de 75 kg de masa en su descenso si el paracaídas ejerce sobre él una fuerza ascendente de 735 N? Explicalo.

Resuelve paso a paso > Principio de acción y reacción

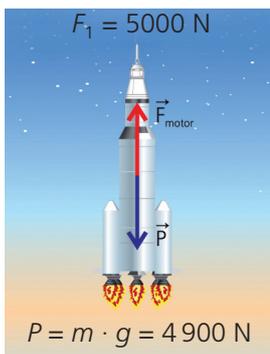
Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Utiliza el principio de acción y reacción para explicar por qué, al producirse la ignición en los motores de un cohete, este sale impulsado hacia arriba. Considera como ejemplo un cohete de 500 kg de masa, cuyo motor expulsa los gases de la combustión con una fuerza de 5 000 N.

- El principio de acción y reacción tiene importantes aplicaciones tecnológicas, como los motores a reacción, que se basan en el hecho de que si sobre un sistema se aplica una fuerza, este ejerce una fuerza igual y de sentido contrario sobre el responsable de la fuerza anterior.

– En el cohete, los gases salen impulsados con una fuerza de 5 000 N hacia el exterior del motor, por lo cual, de acuerdo con la tercera ley, los gases ejercen sobre el cohete una fuerza igual y contraria a la que se realiza sobre ellos, es decir, una fuerza de 5 000 N.



– No debemos olvidar dos cosas:

- Por un lado, además de la fuerza que los gases ejercen sobre el cohete (F_1), hay que considerar otras fuerzas, como el peso:

$$P = m \cdot g = 4900 \text{ N}$$

- Como estamos estudiando el movimiento del cohete, solo debemos considerar las fuerzas que actúan sobre él. De todas ellas, consideraremos las que actúan en la dirección del movimiento, que son la fuerza impulsora debida a los gases, y el peso, ambas de sentido contrario.

- De acuerdo con las leyes de la Dinámica, si la resultante de las fuerzas que actúan sobre el cohete en la dirección del movimiento es distinta de cero, este describirá un movimiento acelerado, cuya aceleración puede calcularse con la segunda ley.

– La resultante de las fuerzas que actúan sobre el cohete es distinta de cero, por lo que describirá un movimiento uniformemente acelerado, cuya aceleración será:

$$F_R = F_1 - P = 5000 \text{ N} - 4900 \text{ N} = 100 \text{ N}$$

$$F_R = m \cdot a$$

$$\text{Por tanto: } a = \frac{F_R}{m} = \frac{100 \text{ N}}{500 \text{ kg}} = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Un cohete de masa 10 000 kg está equipado con unos motores que desarrollan inicialmente una fuerza ascendente de 60 kN. ¿Qué ocurrirá en consecuencia?
- Cuando soltamos un globo hinchado sale impulsado espontáneamente. Explícalo.

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 ¿Cómo se justifica, utilizando las leyes de la Dinámica, que cuando damos un frenazo con el coche nos vemos impulsados hacia delante?
- 2 ¿De qué factores depende la fuerza de rozamiento? ¿Qué ocurrirá si se lanza un cuerpo sobre una superficie horizontal sin rozamiento?
- 3 ¿Cuánto vale la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo de 500 g de masa que se mueve con una aceleración de $1,5 \text{ m/s}^2$?
- 4 ¿Sería correcto decir que una persona pesa 55 kg? De no ser así, ¿qué sería lo correcto?
- 5 Un coche de 800 kg de masa toma una curva de 200 m de radio con una velocidad de 72 km/h. ¿Qué fuerza centrípeta experimenta el coche? ¿Qué relación hay entre la fuerza de rozamiento con el asfalto y esa fuerza centrípeta?
- 6 Si en un problema de Dinámica nos dan las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, ¿podemos deducir el tipo de movimiento que lleva? ¿Qué magnitudes podremos calcular?
- 7 Un cuerpo de 4,6 kg de masa es arrastrado sobre una mesa cuyo coeficiente de rozamiento es 0,2 con una fuerza de 30 N. Deduce el tipo de movimiento y calcula la aceleración del cuerpo.
- 8 ¿Cuál es la cantidad de movimiento de un cuerpo que se mueve a la velocidad de 6 m/s, cuya masa es 300 g? ¿Pueden dos cuerpos de distinta masa, que se mueven sobre la misma superficie, tener la misma cantidad de movimiento? Explícalo.

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- 1 Una caja de 50 kg de masa se coloca sobre una rampa inclinada 20° con respecto a la horizontal. Si el coeficiente estático de rozamiento vale 0,5, indica si la caja se deslizará o no por la rampa.
- 2 Aplicando una fuerza de 50 N conseguimos que un pequeño trineo aumente su velocidad de 3 a 12 km/h en 10 s. Si el coeficiente de rozamiento del trineo con la superficie de la nieve es de 0,1, halla la masa del trineo.
- 3 Una vagoneta describe una trayectoria circular de 200 m de diámetro 10 veces en una hora.
 - a) Calcula la aceleración centrípeta que experimenta.
 - b) Si se requiere una fuerza de 20 N para mantenerla en su trayectoria, ¿cuál es su masa?
- 4 Queremos lanzar una pelota de 750 g verticalmente para que alcance una altura de 5 m. Calcula qué fuerza debemos aplicarle, suponiendo que se ejerce durante 0,5 s, para comunicarle la velocidad necesaria.
- 5 Una bola de billar de masa m se mueve con velocidad v y choca con otras dos bolas iguales que se encuentran juntas. Tras el choque, la primera bola se detiene y las dos bolas salen despedidas a la misma velocidad. ¿Cuánto vale dicha velocidad con respecto a v ?

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

En 1687 se publicó *Philosophiae naturalis principia matemática*, una obra cumbre de la ciencia occidental. Su autor, el genio Isaac Newton, fundaba con ella la Física Clásica y la Astronomía Moderna, además de una nueva rama de las Matemáticas, el Análisis.

Busca la información necesaria en libros o en Internet y responde a estas breves preguntas:

- a) Parece que Newton realizó la mayor parte de sus descubrimientos en los años 1666 y 1667, mientras la universidad de Cambridge, donde se había graduado, permanecía cerrada. ¿A qué se debió esta circunstancia?
- b) ¿En qué lengua estaba escrita la obra? ¿Por qué?
- c) ¿Qué importantes leyes de la Física se explicaban en ella?
- d) ¿De qué prestigiosa sociedad científica era miembro Isaac Newton?

Resuelve paso a paso. Leyes de la Dinámica

- Desde el momento en que se suelta el cuerpo para que deslice, ya no actúa ninguna fuerza impulsora. En cambio, sí actúa una fuerza contraria al movimiento: la fuerza de rozamiento. Esta da lugar a una aceleración negativa, es decir, produce un movimiento uniformemente retardado.
- Sobre el paracaidista actúan simultáneamente dos fuerzas, una debida a su propio peso ($P = m \cdot g = 735 \text{ N}$) y otra de sujeción del paracaídas ($F = 735 \text{ N}$). Como ambas fuerzas son iguales en módulo, pero de sentido contrario, la resultante es cero, y el paracaidista se estará moviendo con un movimiento rectilíneo y uniforme, tal y como establece el primer principio.

Resuelve paso a paso. Principio de acción y reacción

- El cohete tiene una masa de 10 000 kg, por lo que su peso es igual a 98 000 N. Los motores, en cambio, desarrollan una fuerza de 60 000 N, la cual es insuficiente para vencer el peso, por lo que el cohete no logrará despegar. Para ello, es necesario que la fuerza ejercida por los motores sea igual o superior al peso del cohete.
- El globo, elástico, expulsa el aire hacia el exterior con una determinada fuerza. En consecuencia, de acuerdo con el principio de acción y reacción, el globo experimentará hacia delante una fuerza igual a la que experimentan los gases, por lo que sale impulsado a gran velocidad.

Comprueba tus conocimientos

- 1 La primera ley de la Dinámica establece que cuando sobre un cuerpo cesa la fuerza que actúa, tiende a mantener el estado de movimiento en que se encuentra, es decir, tiende a moverse con movimiento uniforme. En el caso de un coche, si frena bruscamente, los ocupantes se van hacia delante porque tienden a mantener la velocidad que llevan en ese momento, a no ser que actúe algún sistema de retención sobre ellos.
- 2 La fuerza de rozamiento depende del coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y la superficie de contacto y del peso del objeto, de modo que si alguno de estos aumenta, también lo hace dicha fuerza.
Si se lanza un cuerpo sobre una superficie sin rozamiento, al no actuar ninguna fuerza sobre él, tenderá a deslizarse indefinidamente con movimiento uniforme.
- 3 Aplicando el segundo principio, la fuerza será el producto de la masa (0,5 kg) por la aceleración, es decir, 0,75 N.
- 4 Es incorrecto, porque se está indicando su masa. Lo correcto sería decir que la persona tiene una masa de 55 kg, o que pesa 539 N.

- 5 La fuerza que experimenta el coche viene dada por la fuerza centrípeta:

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{800 \text{ kg} \cdot (20 \text{ m/s})^2}{200 \text{ m}} = 1600 \text{ N}$$

Esta fuerza centrípeta coincide con la fuerza de rozamiento entre las ruedas y el asfalto.

- 6 Si nos dan las fuerzas que actúan sobre un sistema, podemos deducir el tipo de movimiento sin más que calcular la resultante y aplicar las dos primeras leyes de la Dinámica; de modo que si la resultante es cero, el movimiento será uniforme o estará en reposo, y si la resultante es distinta de cero, será un movimiento variado. Si además nos dan la masa del objeto, podremos calcular su aceleración.
- 7 Sobre el cuerpo actúa una fuerza a favor del movimiento de 30 N. Del mismo modo, actúa una fuerza de rozamiento ($F_r = \mu \cdot m \cdot g = 9,02 \text{ N}$) que se opone al movimiento, por lo que la resultante es distinta de cero, a favor del movimiento, así que este será acelerado ($F_R = 20,98 \text{ N}$). La aceleración del movimiento será:

$$F_R = m \cdot a \rightarrow a = \frac{20,98 \text{ N}}{4,6 \text{ kg}} = 4,6 \text{ m/s}^2$$

- 8 La cantidad de movimiento se calcula como el producto de la masa del objeto por su velocidad. Por tanto, este cuerpo tiene una cantidad de movimiento de:

$$p = m \cdot v = 0,3 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m/s} = 1,8 \text{ kg m/s}$$

Dos cuerpos de distinta masa pueden tener la misma cantidad de movimiento, pues no tiene por qué ser igual su velocidad. El cuerpo de menor masa deberá tener una velocidad mayor.

Ficha de ampliación

- 1 La fuerza de rozamiento tiene un valor de 230,2 N y la componente del peso en la dirección del plano vale 167,6 N. Por tanto, la caja no se moverá.
- 2 La aceleración comunicada al trineo es $0,25 \text{ m/s}^2$, según puede calcularse a partir de los datos de velocidad y tiempo. Calculando la fuerza neta y aplicando la ley de Newton:

$$50 - m \cdot 9,8 \cdot 0,1 = m \cdot 0,25 \rightarrow m = 40,7 \text{ kg}$$
- 3 a) La velocidad lineal de la vagoneta es $1,75 \text{ m/s}$. Con este dato, hallamos la aceleración centrípeta, que es $0,03 \text{ m/s}^2$.
b) Nos dan el dato de la fuerza centrípeta. Como sabemos la aceleración centrípeta, calculamos la masa aplicando la segunda ley y resulta ser de $666,7 \text{ kg}$.
- 4 Primero debemos saber la velocidad con que debe subir la pelota. Aplicando las ecuaciones del movimiento uniformemente retardado sobre los datos que nos dan, esa velocidad debe ser de $9,9 \text{ m/s}$. Una vez que tenemos este valor, aplicamos que el impulso de la fuerza neta aplicada debe ser igual a la variación de la cantidad de movimiento. A partir de esta igualdad, se obtiene que la fuerza neta es de $14,85 \text{ N}$. Por tanto, la fuerza que hemos de aplicar se calcula sumando el peso y esta fuerza, y vale $22,2 \text{ N}$.
- 5 Como la cantidad de movimiento total debe ser la misma antes y después del choque, y la masa es el doble, la velocidad de las dos bolas debe ser la mitad de la velocidad de la bola que impactó con ellas, es decir $v/2$.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- a) Se debió a una epidemia de peste.
- b) La obra se escribió en latín, que era la lengua culta de uso generalizado en los ámbitos científico y universitario.
- c) En ella se enunciaban las tres leyes de la Dinámica y la Ley de la Gravitación Universal.
- d) Newton pertenecía a la *Royal Society* de Londres, entidad que llegó a presidir.

Aclara tus ideas

La posición de la Tierra en el universo

- A lo largo de la historia se han sucedido dos modelos sobre la posición de la Tierra en el universo:

GEOCENTRISMO		HELIOCENTRISMO
S. IV a.C.	Aristóteles	La Tierra está inmóvil en el centro del universo.
S. III a.C.	Aristarco de Samos	La Tierra gira alrededor del Sol.
S. III a.C.	Eratóstenes	Calcula la longitud del meridiano terrestre.
S. II	Ptolomeo	Introduce los epiciclos.
S. XVI	Copérnico	La Tierra describe una órbita circular alrededor del Sol. Mantiene los epiciclos y postula un movimiento de rotación lunar.
S. XVI	Tycho Brahe	Recopila abundantes datos sobre el universo.
S. XVII	Johanes Kepler	Supone órbitas elípticas y enuncia sus leyes.
S. XVII	Isaac Newton	Enuncia la ley de la gravitación universal.

Ley de la gravitación universal

- La fuerza de atracción gravitatoria entre dos cuerpos es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional a la distancia de separación al cuadrado.

- De esta ley se deduce:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{gravedad} \rightarrow g = G \cdot \frac{m_{\text{Tierra}}}{R_{\text{Tierra}}^2} \\ \text{peso} \rightarrow P = m \cdot g \end{array} \right\}$$

Satélites

- Según su órbita pueden ser:
 - Geoestacionarios:** su movimiento de traslación está sincronizado con el de rotación terrestre.
 - No geoestacionarios:** completan varias órbitas alrededor de la Tierra al cabo de un día.

- Velocidad orbital**

Es la velocidad necesaria para mantener un satélite en una órbita estable.

$$G \cdot \frac{m_{\text{Tierra}} \cdot m}{(R_{\text{Tierra}} + h)^2} = \frac{m \cdot v^2}{(R_{\text{Tierra}} + h)} \rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Tierra}}}{R_{\text{Tierra}} + h}}$$

El universo

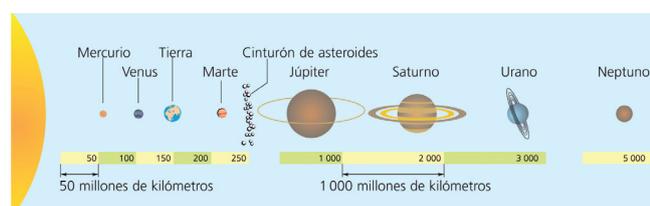
- Unidades astronómicas**

$$1 \text{ UA} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ año-luz} = 9,45 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ pc} = 3,26 \text{ años-luz}$$

- El sistema solar**



Resuelve paso a paso > Ley de la gravitación

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

Aunque la fuerza gravitatoria es universal, solo se considera cuando la masa de uno de los dos cuerpos implicados, o de los dos, es muy grande. ¿Cómo lo justificarías?

- La ley de la gravitación se entiende como universal. Esto significa que sean cuales sean los cuerpos considerados, existe una fuerza de atracción dada por la ley enunciada por Newton. Comienza, pues, realizando esta consideración.
 - Entre dos cuerpos cualesquiera siempre se va a establecer una fuerza de atracción gravitatoria, con independencia del valor de sus masas o de la distancia de separación.

Esta fuerza se calculará con la expresión:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

donde:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}$$

- Justificaremos la necesidad de que las masas sean grandes sobre la base del valor de la constante G , que es del orden de 10^{-11} .
 - Al ser la constante G tan pequeña, para que la fuerza tenga un valor apreciable, habrá que multiplicarla por un factor del orden de 10^{11} o superior. Es decir, o las masas de los cuerpos son muy grandes (al menos uno), o la distancia de separación es extraordinariamente pequeña (del orden de micrómetros). Es decir, hay que tener en cuenta no solo la influencia de la masa, sino también de la distancia.
 - Veamos estos tres casos:

- Dos masas de 500 kg y 800 kg separadas una distancia de 1 km (10^3 m):

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{500 \text{ kg} \cdot 800 \text{ kg}}{(10^3 \text{ m})^2} = 2,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$$

- Dos masas de 500 kg y 800 kg separadas una distancia de 1 000 km (10^6 m):

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{500 \text{ kg} \cdot 800 \text{ kg}}{(10^6 \text{ m})^2} = 2,67 \cdot 10^{-17} \text{ N}$$

- Dos masas de 500 000 kg y 800 kg separadas una distancia de 1 km (10^3 m):

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{500\,000 \text{ kg} \cdot 800 \text{ kg}}{(10^3 \text{ m})^2} = 2,67 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Calcula la fuerza de atracción gravitatoria entre dos masas de $5 \cdot 10^{12}$ kg y $6 \cdot 10^8$ kg que están separadas una distancia de 100 000 km.
- Si dos masas de 1 200 kg cada una se atraen con una fuerza gravitatoria de 10^{-4} N, ¿a qué distancia se encuentran la una de la otra?

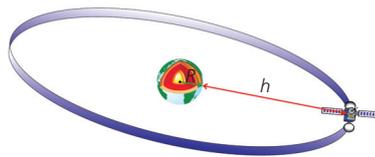
Resuelve paso a paso > Velocidad orbital

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Indica las condiciones que han de cumplirse para que un satélite artificial se mantenga en órbita y explica si ese mismo razonamiento podría aplicarse al movimiento de un satélite natural como la Luna.

- Cuando se coloca un satélite artificial en órbita alrededor de la Tierra, este gira indefinidamente durante años, a una velocidad tal que se mantiene siempre a la misma distancia respecto a la superficie terrestre. Esto es así porque la resultante de las fuerzas que actúan sobre el satélite es cero.
 - El satélite se mantiene en órbita porque la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es cero. A partir de este dato, podemos calcular la velocidad necesaria para ello, que denominaremos velocidad orbital.



$$F_{\text{gravitatoria}} = F_{\text{centrípeta}}$$

$$G \cdot \frac{m_{\text{Tierra}} \cdot m}{(R_{\text{Tierra}} + h)^2} = \frac{m \cdot v^2}{R_{\text{Tierra}} + h}$$

Por tanto:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Tierra}}}{R_{\text{Tierra}} + h}}$$

- Con esta expresión, es posible calcular la velocidad del satélite si disponemos de los datos necesarios, como la masa y el radio de la Tierra, y la altura sobre la superficie terrestre a la que se desea colocar.

La expresión deducida es general para el movimiento de cualquier satélite o de los astros. Así, considerando la aproximación de que la Luna describe una órbita circular alrededor de la Tierra, podemos calcular su velocidad orbital, si disponemos de los datos necesarios.

- Considerando que la distancia en kilómetros entre el centro de la Tierra y el centro de la Luna es 384 400 km, y que la masa de la Tierra es $5,98 \cdot 10^{24}$ kg, es posible calcular la velocidad orbital de la Luna y el tiempo que tarda en completar una órbita alrededor de la Tierra:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Tierra}}}{d_{\text{Tierra-Luna}}}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 \cdot 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{3,844 \cdot 10^8 \text{ m}}} = 1019 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3668 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$T = \frac{2 \pi \cdot d_{\text{Tierra-Luna}}}{v} = \frac{2 \cdot 3,1416 \cdot 3,844 \cdot 10^8 \text{ m}}{1019 \text{ m/s}} = 2370222 \text{ s} \approx 27 \text{ días } 10 \text{ h}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Calcula la velocidad orbital de la Tierra y el tiempo que invierte en completar un giro alrededor del Sol, considerando la aproximación de que su órbita fuese circular, sabiendo que la distancia entre el centro de la Tierra y el centro del Sol es de $1,496 \cdot 10^8$ km, y que la masa del Sol es $2 \cdot 10^{30}$ kg.

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 Indica la diferencia entre geocentrismo y heliocentrismo y nombra dos astrónomos defensores de cada modelo.
- 2 ¿Qué son los epiciclos? ¿Quién los introdujo y para qué?
- 3 Calcula, de acuerdo con la ley de la gravitación universal, la fuerza gravitatoria entre dos cuerpos de masas $6 \cdot 10^{20}$ kg y $2,4 \cdot 10^{14}$ kg separados entre sí una distancia de $3 \cdot 10^6$ km.
- 4 ¿Cuál es el valor de la gravedad en un punto situado a 15 000 m sobre la superficie terrestre?
Datos: $m_{\text{Tierra}} = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg; $R_{\text{Tierra}} = 6370$ km.
- 5 ¿Qué datos necesitarías para calcular la velocidad orbital de un satélite? ¿Cómo lo harías?
- 6 Un satélite que se encuentra a una altura de 20 000 km sobre la superficie terrestre y tiene una velocidad orbital de 14 000 km/h, ¿es geoestacionario? ¿Por qué?
- 7 ¿Qué diferencia existe entre un planeta rocoso y uno joviano? Indica dos ejemplos de cada uno de ellos.
- 8 Según la teoría del *big bang*, ¿cómo se formó el universo? ¿En qué observaciones se basa esta teoría?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- 1 Dos cuerpos de igual masa se atraen con una fuerza gravitatoria F . Si la masa de uno de ellos se hace la mitad, ¿cuánto debe aumentar la distancia para que la fuerza se reduzca un 80%?
- 2 Calcula el tiempo que tarda en caer un objeto desde el techo hasta el suelo de una cápsula espacial si la distancia que separa el techo del suelo es de 2 m y la cápsula orbita a 12 000 km de la superficie terrestre.
(Datos: $m_{\text{Tierra}} = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg ; $R_{\text{Tierra}} = 6\,370$ km).
- 3 Un satélite orbita alrededor de un planeta imaginario. A causa del impacto con un gran meteorito, se aleja al doble de la distancia a la que se encontraba del planeta. ¿Cómo se ve afectada su velocidad orbital?
- 4 Utiliza la expresión de la velocidad orbital de un planeta para deducir la 3ª ley de Kepler. Para ello, considera que el período se calcula como el cociente entre la longitud de la órbita y la velocidad orbital media.
- 5 Nuestro vecino Marte tiene una masa de $6,42 \cdot 10^{23}$ kg y un radio de 3 397 km. La duración del día marciano es de 24,62 horas terrestres. Calcula a qué altura debe colocarse un satélite estacionario sobre la superficie del planeta rojo. ¿Es mayor o menor que en la Tierra?

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

El 4 de Octubre de 1957, la extinta Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) colocó en órbita con éxito el primer satélite artificial, el Sputnik 1. Fue el comienzo de una frenética carrera espacial entre las dos grandes potencias mundiales durante la segunda mitad del siglo xx.

Buscando la información necesaria en libros o en Internet, encuentra las respuestas a estas cuestiones:

- a) ¿Qué se entiende por «guerra fría»?
- b) ¿Con qué fin nació la carrera espacial? ¿Qué agencia norteamericana la encabezaba?
- c) ¿Qué han aportado a la Astronomía las misiones espaciales?
- d) ¿Cuáles son los riesgos de las misiones tripuladas?

Resuelve paso a paso. Ley de la gravitación

- La fuerza gravitatoria será:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{12} \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^8 \text{ kg}}{(10^8 \text{ m})^2} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$$

- Podemos calcular la distancia de separación sin más que despejar de la expresión de la fuerza gravitatoria, teniendo en cuenta que ambas masas son iguales.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \rightarrow d = \sqrt{G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{F}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{1200 \text{ kg} \cdot 1200 \text{ kg}}{10^{-4} \text{ N}}} = 0,96 \text{ m} = 96 \text{ cm}$$

Resuelve paso a paso. Velocidad orbital

- La velocidad orbital será:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Sol}}}{d_{\text{Sol-Tierra}}}} = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}}{1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}}} = 29862 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Y el tiempo en completar una órbita:

$$T = \frac{2 \pi \cdot d_{\text{Sol-Tierra}}}{v} = \frac{2 \cdot 3,1416 \cdot 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}}{29862 \text{ m/s}} = 31476945 \text{ s} \approx 364 \text{ días } 7 \text{ horas}$$

Comprueba tus conocimientos

- Ambos son modelos sobre la posición de la Tierra en el universo. El geocentrismo defendía que la Tierra se encontraba en el centro del universo, mientras que el heliocentrismo defendía que el centro del universo lo ocupaba el Sol, y todos los demás astros giraban a su alrededor.

Fueron defensores del geocentrismo Aristóteles y Ptolomeo, mientras que el heliocentrismo fue defendido por Copérnico y Galileo, entre otros.

- Quando los defensores del geocentrismo, como Ptolomeo, pretendían explicar los movimientos de los planetas, encontraban discrepancias entre sus predicciones y las observaciones.

Para corregir estas discrepancias Ptolomeo ideó un movimiento de traslación alrededor de un punto para los planetas y para el Sol, además del propio de traslación alrededor de la Tierra. Estas trayectorias eran los epiciclos, que ofrecían una buena rectificación de los cálculos con los datos de la época.

- La fuerza gravitatoria

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{20} \text{ kg} \cdot 2,4 \cdot 10^{14} \text{ kg}}{(3 \cdot 10^9 \text{ m})^2} = 1,07 \cdot 10^6 \text{ N} \quad \text{será:}$$

- El valor de la gravedad se puede calcular conocida la distancia del centro de la Tierra a ese punto y la masa de la Tierra:

$$g = G \cdot \frac{m_{\text{Tierra}}}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{(6,37 \cdot 10^6 \text{ m})^2} = 9,77 \text{ m/s}^2$$

- Podemos calcular la velocidad orbital de un satélite si conocemos la altura a la que se encuentra respecto a la superficie terrestre, además de la masa y el radio de la Tierra. No necesitamos ningún dato adicional, como pudiera ser su masa, y la calcularíamos utilizando la expresión:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m_{\text{Tierra}}}{R_{\text{Tierra}} + h}}$$

- 6 El tiempo que el satélite invertirá en completar un giro alrededor de la Tierra es:

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2 \cdot 3,1416 \cdot (6,37 \cdot 10^6 \text{ m} + 20 \cdot 10^6 \text{ m})}{3889 \text{ m/s}} = 42\,604 \text{ s} \approx 12 \text{ horas}$$

El satélite no es geoestacionario, pues para serlo debería invertir un día en completar cada giro, sincronizado con el movimiento de rotación terrestre.

- 7 Los planetas rocosos o interiores son los más próximos al Sol y su densidad es elevada. En cambio, los planetas jovianos o exteriores son los más alejados del Sol y su densidad es mucho menor que la de los rocosos. Son ejemplo de planetas rocosos Mercurio o la Tierra, y de planetas jovianos Júpiter o Urano.
- 8 La teoría del *big bang* sostiene que el universo se formó a partir de una gran explosión de energía, que dio lugar a la formación posterior de las distintas partículas materiales, cuya agrupación fue conformando todo lo que nos rodea. Los datos en los que se basa son la radiación de fondo del universo y el continuo alejamiento de las galaxias entre sí.

Ficha de ampliación

- 1 Consideramos la expresión de la fuerza gravitatoria y aplicamos lo que dice el enunciado:

$$G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \cdot 0,2 = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2 / 2}{d'^2} \rightarrow d' = \frac{d}{\sqrt{0,4}} = 1,58 d$$

- 2 Necesitamos calcular la aceleración de la gravedad en la cápsula. Utilizando la expresión correspondiente, se obtiene que $g = 1,18 \text{ m/s}^2$. A partir de este valor, considerando las ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado, el tiempo que nos piden es 1,84 s.
- 3 Según la expresión que nos da la velocidad orbital en función de la distancia, si esta se hace el doble, la velocidad disminuye en un factor $\sqrt{2}$.
- 4 Partimos de la expresión del período, en la que sustituimos la velocidad orbital:

$$T = \frac{2\pi \cdot R}{v} = \frac{2\pi \cdot R}{\sqrt{\frac{G \cdot M_{\text{Sol}}}{R}}} = \text{cte} \cdot R \cdot \sqrt{R}$$

y obtenemos la expresión de la 3ª ley de Kepler:

$$T^2 = \text{cte} \cdot R^3$$

- 5 El satélite debe tener un período igual a la duración de la rotación marciana, es decir, 88 632 s. Si llamamos h a la altura del satélite estacionario, tendremos:

$$88\,632 \text{ s} = \frac{2\pi \cdot (3,397 \cdot 10^6 \text{ m} + h)}{\sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 \cdot 6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}}{(3,397 \cdot 10^6 + h) \text{ m}}}}$$

Despejando de la igualdad anterior, se obtiene una altura aproximada de 17 000 km, inferior a la de los satélites geoestacionarios terrestres.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- a) Se le da ese nombre a la situación de hostilidad permanente entre las dos potencias mundiales del momento sin llegar al enfrentamiento armado.
- b) En sus inicios, se trataba de un proyecto militar. La idea era controlar el espacio en torno a la Tierra para dirigir misiles de largo alcance en caso de guerra. La agencia norteamericana era la NASA (National Aeronautics and Space Agency).
- c) Gracias a las misiones tripuladas conocemos bastante nuestro satélite la Luna. Además, se han podido colocar y reparar gran número de satélites artificiales y se han realizado muchos experimentos científicos en torno a la ingravidez.
- d) Además de las repercusiones psicológicas, existe un grave riesgo para la salud debido a la ingravidez, que altera bastante el funcionamiento de huesos, articulaciones y músculos.

Aclara tus ideas

Energía

- Es la capacidad de un sistema para producir cambios sobre sí mismo o sobre otros sistemas.
- La **unidad** de energía del SI es el julio.

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

• Formas de energía

- Calorífica o térmica.
- Cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

- Potencial:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

- Mecánica:

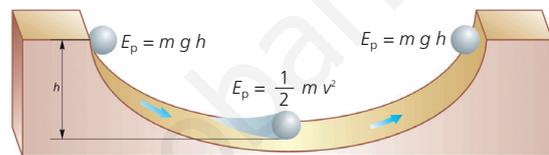
$$E_m = E_c + E_p$$

• Fuentes de energía

- Renovables:
 - Solar.
 - Hidráulica.
 - Geotérmica.
 - Eólica.
 - Mareomotriz.
 - Biomasa.
- No renovables:
 - Combustibles fósiles.
 - Nuclear de fisión.

• Conservación de la energía mecánica

Si sobre un cuerpo no actúan fuerzas que disipen o incrementen su energía, su energía mecánica permanece constante.

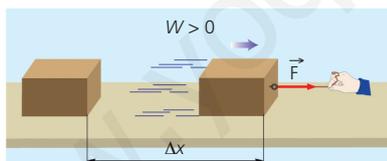


Trabajo

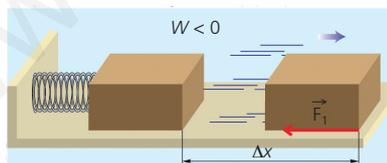
- Es el producto del módulo de la fuerza aplicada por el desplazamiento: $W = F \cdot \Delta x$.
- Se han de cumplir dos **condiciones**:
 - Que exista una fuerza o una componente de la fuerza distinta de cero en la dirección del movimiento.
 - Que se produzca un desplazamiento.

• Criterio de signos

- $W > 0 \rightarrow F$ y Δx mismo sentido.

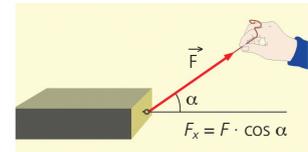


- $W < 0 \rightarrow F$ y Δx sentido contrario.



• Fuerza no horizontal

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$$



• Teorema de las fuerzas vivas

$$W = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 \rightarrow W = \Delta E_c$$

• Relación entre trabajo y energía mecánica

$$W = \Delta E_c + \Delta E_p = \Delta E_m$$

• Potencia

Es el trabajo realizado por unidad de tiempo. Se mide en vatios (W).

$$P = \frac{W}{t}$$

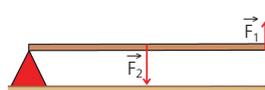
Máquinas simples

• Palanca: $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$

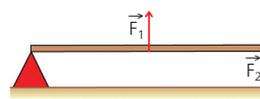
1.º género:



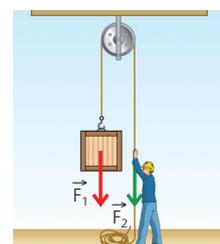
2.º género:



3.º género:



• Polea: $F_1 = F_2$



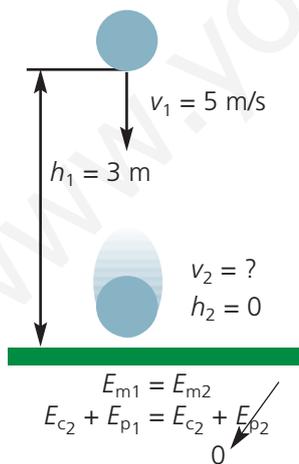
Resuelve paso a paso > Conservación de la energía

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Explica qué utilidad ofrece la aplicación del principio de conservación de la energía y en qué casos puede aplicarse. Ilústralo sobre el ejemplo de un objeto que cae desde una cierta altura o que es lanzado verticalmente.

- El principio de conservación de la energía es muy útil, pues permite realizar de una forma simple cálculos que de otro modo resultarían algo más complicados. Sin embargo, el inconveniente es que no es posible aplicar este principio a todos los sistemas físicos.
 - El principio de conservación de la energía mecánica establece que si sobre un sistema no actúan fuerzas que incrementen su energía o que disipen parte de la energía del sistema por fricción o rozamiento, la energía mecánica total del sistema se conserva.
 - Para poder aplicar este principio es necesario, pues, que el sistema se encuentre aislado, es decir, que no reciba aportes externos de energía, ni disipe parte de su energía al medio o a otros sistemas, como ocurre, por ejemplo, en los cuerpos que descienden libremente o se lanzan verticalmente.
- En el caso de un lanzamiento desde una cierta altura hacia abajo, una vez que el objeto se suelta ya no recibe aporte externo de energía. Durante su descenso, el objeto va transformando su energía potencial inicial en energía cinética, hasta que llega al suelo, momento en el cual ha transformado toda su energía potencial en energía cinética, con lo cual ha aumentado su velocidad con respecto a la que tenía inicialmente.
 - Considerando el ejemplo de un objeto que es lanzado verticalmente hacia abajo con una velocidad inicial de 5 m/s desde una altura de 3 m, podemos calcular la velocidad final con que llega al suelo aplicando el principio de conservación de la energía mecánica:



$$E_{c1} + E_{p1} = E_{c2} + E_{p2}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 + m \cdot g \cdot h_2$$

Como $h_2 = 0$:

$$\frac{1}{2} v_1^2 + g \cdot h_1 = \frac{1}{2} v_2^2$$

$$v_1^2 + 2 g \cdot h_1 = v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2 g \cdot h_1} = \sqrt{(5 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \text{ m}} = 9,2 \text{ m/s}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Se lanza verticalmente un objeto hacia arriba con una velocidad inicial de 10 m/s. Calcula la altura máxima que alcanzará. Cuando el objeto vuelva a caer, ¿con qué velocidad llegará al suelo? ¿Por qué?

Resuelve paso a paso > Teorema de las fuerzas vivas

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

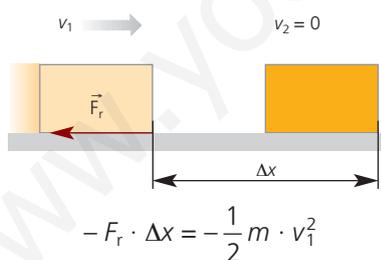
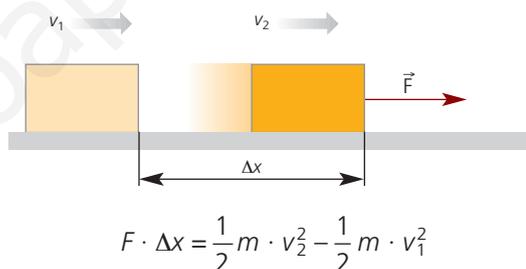
► Indica por qué no podemos utilizar el principio de conservación de la energía cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza neta y qué utilidad ofrece en este caso el teorema de las fuerzas vivas. Explicalo considerando el ejemplo de un cuerpo que se desplaza sobre una superficie horizontal.

- Si sobre el cuerpo actúan fuerzas no compensadas, es decir, la resultante de las fuerzas que actúan es distinta de cero, no se cumple la conservación de la energía mecánica.

Efectivamente, si el cuerpo es impulsado, recibe energía que tiende a incrementar su velocidad produciéndole una aceleración, mientras que si el cuerpo es frenado, está disipando parte de su energía, por lo que su velocidad disminuye.

– Para resolver un problema en el que existen fuerzas no compensadas no podemos recurrir al principio de conservación de la energía mecánica, sino que utilizaremos el teorema de las fuerzas vivas, que relaciona la variación de energía cinética experimentada por el cuerpo con el trabajo realizado sobre él.

- Cuando un cuerpo es arrastrado horizontalmente debido a la acción de una fuerza impulsora F , que comienza a actuar cuando la velocidad del cuerpo es v_1 , el cuerpo aumenta su velocidad, y la velocidad que adquiere debido a esta fuerza (v_2) puede calcularse aplicando la acción de el teorema de las fuerzas vivas.



- En el caso de que lancemos el cuerpo sobre una superficie horizontal con rozamiento, observamos que finalmente se detiene.

En este caso actúa una fuerza (la fuerza de rozamiento) que disipa la energía del cuerpo, haciendo que su energía cinética final sea cero.

La variación de energía cinética experimentada viene dada por el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento.

- El signo negativo del trabajo se debe a que la fuerza y el desplazamiento tienen sentido contrario.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Si se lanza horizontalmente un cuerpo de 300 g de masa sobre una superficie cuyo coeficiente de rozamiento es 0,1, con una velocidad de 10 m/s, ¿qué distancia recorrerá hasta detenerse?
- Si sobre un objeto de 400 g de masa que se mueve a una velocidad de 3 m/s actúa una fuerza de 5 N, ¿cuál será su velocidad cuando haya recorrido una distancia de 40 cm?

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 ¿Qué diferencia existe entre la energía cinética de un cuerpo y su energía potencial? ¿Puede un sistema tener energía cinética y potencial al mismo tiempo?
- 2 Una de las fuentes de energía renovables es la energía hidráulica. ¿Cómo se lleva a cabo la transformación de este tipo de energía para obtener energía eléctrica?
- 3 Calcula la energía mecánica de un cuerpo de 450 g de masa que se encuentra a una altura sobre el suelo de 50 cm y se mueve a una velocidad de 15 m/s.
- 4 Se deja caer un objeto que se encuentra inicialmente en reposo desde una altura de 12 m. ¿Con qué velocidad llegará al suelo? ¿En qué principio o ley te has basado para calcularlo?
- 5 Una chica se encuentra empujando un carrito que desliza sobre una superficie horizontal, empleando una cuerda que forma un ángulo de 30° con el suelo. La fuerza que la chica ejerce sobre el carrito es de 40 N, y lo desplaza 60 cm de su posición inicial. ¿Qué trabajo ha realizado?
- 6 Explica en qué consiste el criterio de signos adoptado para el trabajo y cómo se aplica.
- 7 Un trabajador desea levantar una pesada carga de 80 kg de masa con ayuda de una palanca de primer género de 2 m de longitud. Si la fuerza que puede realizar este trabajador es de 400 N, ¿a qué distancia de la carga deberá colocar el fulcro de la palanca para lograr levantarla?
- 8 Un caballo tira de un arado con una fuerza de 200 N y va labrando el terreno venciendo una resistencia de 180 N. Si el surco es de 75 m y lo hace en cinco minutos, ¿qué potencia útil ha desarrollado el animal?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- 1 Una bola de 70 g de masa se mueve con una velocidad desconocida e impacta sobre un muelle de constante 1 500 N/m. Como consecuencia, le produce una compresión de 2 cm. Calcula con estos datos la velocidad de la bola.
- 2 En una montaña rusa, una vagoneta inicia un loop a una velocidad de 35 km/h y lo termina a 2 m por debajo de la altura a la que lo comenzó. Halla la velocidad de salida de la vagoneta, despreciando las pérdidas por rozamiento.
- 3 Para elevar un cajón de 100 kg de masa mediante una palanca, debemos realizar una fuerza de 300 N. Calcula la relación entre los brazos de la palanca que hemos utilizado.
- 4 Lanzamos un objeto de 5 kg de masa por un plano inclinado sin rozamiento de 3 m de longitud que forma 20° con la horizontal. Cuando el objeto alcanza la parte superior del plano, cae hacia el suelo y llega con una velocidad de 6 m/s. ¿Qué velocidad se le comunicó al pie de la rampa?
- 5 Consideremos ahora la situación anterior, pero suponiendo que existe rozamiento y que el coeficiente vale 0,5. ¿Alcanzará el objeto el final del plano?

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

En 1905, el mismo año en que publicó la teoría de la relatividad, el físico alemán Albert Einstein también publicó una teoría novedosa que explicaba el efecto fotoeléctrico, descubierto por Heinrich R. Hertz en 1887. Por esta aportación, recibió en 1921 el premio Nobel de Física.

Busca información sobre el efecto fotoeléctrico en libros o en Internet, y responde a estas cuestiones:

- a) ¿En qué consiste este efecto?
- b) ¿Qué explicación le dio Einstein?
- c) ¿Qué transformación energética ocurre durante el efecto fotoeléctrico?
- d) ¿Qué aplicaciones tecnológicas tiene el efecto para la producción de energía?

Resuelve paso a paso. Conservación de la energía

- Cuando el cuerpo asciende verticalmente, va transformando su energía cinética inicial en energía potencial, de modo que en el punto más alto, toda la energía cinética se ha transformado en potencial, de acuerdo con el principio de conservación de la energía mecánica, pues se trata de un sistema aislado.

$$E_{c1} = E_{p2}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = m \cdot g \cdot h_2 \rightarrow h_2 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{(10 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 5,1 \text{ m}$$

Cuando el objeto vuelve a caer, ocurre la transformación de la energía potencial en energía cinética. Eso significa que llegará al punto inicial con la misma velocidad con la que fue lanzado.

Resuelve paso a paso. Teorema de las fuerzas vivas

- Podemos realizar el cálculo aplicando el teorema de las fuerzas vivas. Consideramos que la energía cinética inicial se va disipando debido a la acción de la fuerza de rozamiento, hasta que el cuerpo se para, por lo que el trabajo realizado por esta fuerza es igual a la energía cinética que tenía el cuerpo.

$$W = \Delta E_c \rightarrow F_r \cdot \Delta x = \Delta E_c \rightarrow \Delta x = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v^2}{\mu \cdot m \cdot g} = \frac{15 \text{ J}}{0,294 \text{ N}} = 51 \text{ m}$$

- Teniendo en cuenta el teorema de las fuerzas vivas, el trabajo de la fuerza aplicada se invertirá en aumentar la energía cinética del objeto, y, por tanto su velocidad.

$$W = \Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} \rightarrow E_{c2} = F \cdot \Delta x + E_{c1} = 5 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} + \frac{0,4 \text{ kg} \cdot (3 \text{ m/s})^2}{2} = 3,8 \text{ J}$$

Como la energía cinética de este objeto es 3,8 J tras actuar la fuerza, su velocidad, que despejamos de la expresión de la energía cinética, habrá aumentado hasta 4,4 m/s.

Comprueba tus conocimientos

- 1 La energía cinética es proporcional al cuadrado de la velocidad del cuerpo, es decir, es la energía que posee todo cuerpo en movimiento, mientras que la energía potencial está relacionada con la atracción gravitatoria, y es proporcional a la altura, respecto a un punto de referencia, a la que se encuentre el cuerpo.
Por supuesto, un mismo sistema puede tener tanto energía cinética por encontrarse en movimiento, como potencial, por estar a una cierta altura, entre otras formas. Es el caso, por ejemplo, de un avión en vuelo.
- 2 A partir de la energía potencial acumulada por una masa de agua es posible obtener energía eléctrica, sometiendo el sistema a diferentes transformaciones. Así, una balsa de agua colocada a una cierta altura acumula energía potencial, y, en el descenso, se transforma en energía cinética, que se invierte en mover una turbina que transforma la energía cinética en energía eléctrica.
- 3 La energía mecánica es la suma de la energía cinética y la energía potencial. Por tanto:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{0,45 \text{ kg} \cdot (15 \text{ m/s})^2}{2} = 50,6 \text{ J}$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 0,45 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,5 \text{ m} = 2,2 \text{ J}$$

$$E_m = E_c + E_p = 52,8 \text{ J}$$

- 4 Considerando que se trata de un sistema aislado, que inicialmente tiene una cierta energía potencial pero no energía cinética (se deja caer desde el reposo), y que, a medida que desciende, convierte su energía potencial en cinética, podremos calcular la velocidad con que llega al suelo:

$$E_{p1} = E_{c2}$$

$$m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 \rightarrow v_2 = \sqrt{2g \cdot h_1} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 12 \text{ m}} = 15,3 \text{ m/s}$$

Para el cálculo hemos aplicado el principio de conservación de la energía mecánica.

- 5 El trabajo será el producto de la componente de la fuerza aplicada en la dirección del movimiento por el desplazamiento ($W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha$). De acuerdo con esto, el trabajo realizado será de 20,8 J.
- 6 Para el cálculo del trabajo se utiliza un criterio de signos según el cual si la fuerza y el desplazamiento tienen distinto sentido, se considera negativo, mientras que si tienen el mismo sentido, se considera positivo.
- 7 La fuerza que debe vencer el trabajador es el peso de la carga ($P = m \cdot g = 784 \text{ N}$). Si la distancia desde la carga al fulcro es d , la distancia desde el fulcro al punto de aplicación de la fuerza del trabajador (400 N) es $2 - d$. Aplicando la ley de la palanca:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

$$784 \cdot d = 400 \cdot (2 - d)$$

Despejando obtenemos que $d = 0,68 \text{ m} = 68 \text{ cm}$. Por tanto, debe colocar el fulcro a 68 cm de la carga.

- 8 La fuerza útil ejercida por el caballo es: $F = 20 \text{ N}$, por lo que el trabajo realizado a lo largo de esos 75 m es:

$$W = F \cdot \Delta x = 1500 \text{ J}$$

Como el tiempo invertido es 300 s, la potencia útil del animal ha sido 5 W.

Ficha de ampliación

- 1 Aplicando el principio de conservación de la energía, sabemos que toda la energía cinética de la bola se ha transformado en energía potencial elástica. Igualamos entonces ambas para obtener la velocidad de la bola:

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} k \cdot \Delta l^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{k \cdot \Delta l^2}{m}} = \sqrt{\frac{1500 \text{ N/m} \cdot (0,02 \text{ m})^2}{0,07 \text{ kg}}} = 2,9 \text{ m/s}$$

- 2 Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica, la pérdida de energía potencial debida a la menor altura supone un incremento de la energía cinética. Escribiendo la igualdad y despejando, obtenemos la velocidad de salida:

$$m \cdot g \cdot \Delta h = \frac{1}{2} m \cdot (v_2^2 - v_1^2) \rightarrow v_2 = \sqrt{2 g \cdot \Delta h + v_1^2} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} + (9,7 \text{ m/s})^2} = 11,5 \text{ m/s} = 41,5 \text{ km/h}$$

- 3 La relación entre los brazos es la inversa de la existente entre las fuerzas. En este caso, tendremos:

$$\frac{l_{\text{potencia}}}{l_{\text{resistencia}}} = \frac{980 \text{ N}}{300 \text{ N}} = 3,3$$

- 4 La situación es complicada desde el punto de vista de la Cinemática, pero muy simple si aplicamos la conservación de la energía mecánica, pues el objeto no ha estado sometido a fuerzas que aumenten o disipen su energía. De acuerdo con esto, llega al suelo con una velocidad de 6 m/s, o sea, con la misma velocidad con que se lanzó.
- 5 El objeto alcanzará el final del plano si su energía cinética inicial es suficiente para aumentar su energía potencial y para suministrar la energía que se disipará por el rozamiento, que coincide con el trabajo realizado por la fuerza de rozamiento. Veamos si se cumple la condición:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 5 \text{ kg} \cdot (6 \text{ m/s})^2 = 90 \text{ J}$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 3 \cdot \sin 20^\circ \text{ m} = 50,3 \text{ J}$$

$$W_r = F_r \cdot \Delta x = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 20^\circ \cdot \Delta x = 0,5 \cdot 5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 20^\circ \cdot 3 \text{ m} = 69,1 \text{ J}$$

La energía cinética no es suficiente, por tanto, el objeto no llegará al final del plano.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- a) Consiste en la emisión de electrones, dando lugar a una corriente eléctrica, cuando la luz de unas ciertas frecuencias incide sobre algunos metales.
- b) La explicación fue que los fotones de luz interactúan con los electrones del metal, comunicándoles la energía necesaria para escapar de la estructura metálica.
- c) La energía electromagnética de la luz se transforma en energía eléctrica.
- d) La aplicación tecnológica es la célula fotovoltaica, en la que se produce una corriente eléctrica a partir de luz, y que es la base de los paneles solares para el uso doméstico.

Aclara tus ideas

Temperatura y energía interna

• **Escalas de temperatura**

- Celsius (°C).
- Fahrenheit (°F).

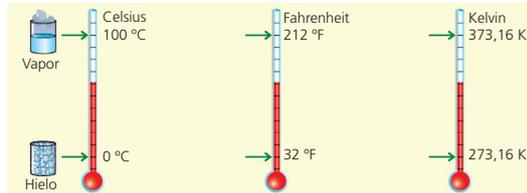
$$T (^{\circ}\text{C}) = (T (^{\circ}\text{F}) - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

$$T (^{\circ}\text{F}) = T (^{\circ}\text{C}) \cdot \frac{9}{5} + 32$$

- Absoluta (K).

$$T (\text{K}) = T (^{\circ}\text{C}) + 273,16$$

$$T (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273,16$$



- La **temperatura** es proporcional a la energía cinética media de las partículas.
- La **energía interna** es la suma de la energía mecánica de todas las partículas del sistema.

Calor. Máquinas térmicas

- El **calor** es la energía que se transfiere entre cuerpos a distinta temperatura.
- **Se propaga de tres formas:**
 - Conducción. Entre cuerpos en contacto.
 - Convección. Por transporte de materia.
 - Radiación. Mediante ondas electromagnéticas.

• **Equivalente mecánico del calor**

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

• **Efectos del calor**

- Dilatación.
- Cambio de estado. El calor latente es el calor absorbido por unidad de masa durante el cambio de estado.

- Fusión $\rightarrow Q = m \cdot L_f$
- Vaporización $\rightarrow Q = m \cdot L_v$

- Aumento de temperatura. $Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1)$

• **Máquinas térmicas**

$$\text{Rendimiento} = \frac{W}{Q_1} \times 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$$

Ondas. Luz y sonido

- Son perturbaciones que transportan energía de un punto a otro sin transporte de materia.

• **Tipos de ondas**

- Según el medio de propagación.
 - Mecánicas (Sonido).
 - Electromagnéticas (Luz).
- Según la dirección de la perturbación.
 - Longitudinales (Sonido).
 - Transversales (Luz).

• **Magnitudes de las ondas**

- Longitud de onda (λ).
- Amplitud (A).
- Frecuencia (f) y periodo (T).
- Velocidad (v).

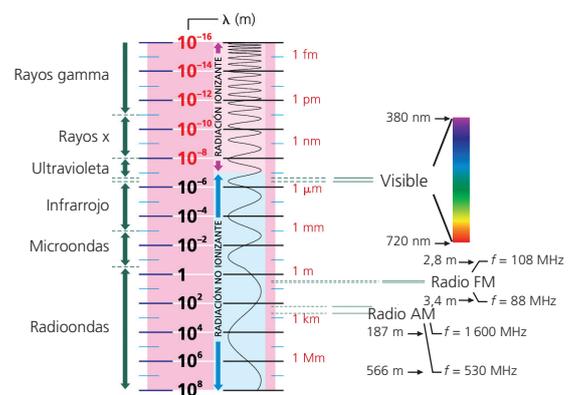
$$v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow v = \lambda \cdot f$$

- Energía y potencia.

• **Cualidades del sonido**

- Intensidad.
- Tono.
- Timbre.

• **Espectro electromagnético**



Resuelve paso a paso > Equilibrio térmico

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Explica qué ocurre cuando ponemos en contacto dos sistemas físicos a diferentes temperaturas y cómo podemos calcular el calor puesto en juego en ese proceso. Considera para ello la mezcla de 200 g de agua a 30 °C con un trozo de hielo de 25 g a -3 °C.

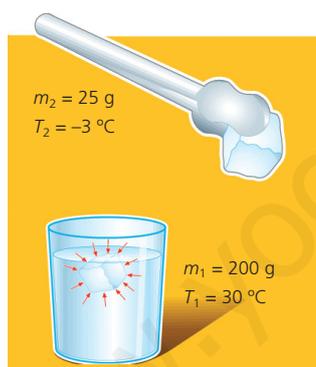
- Cuando se ponen en contacto dos sistemas a diferentes temperaturas se transfiere una cantidad de calor desde el sistema que se encuentra a mayor a temperatura a aquel cuya temperatura es menor.

El proceso finaliza cuando se igualan las temperaturas de ambos sistemas, es decir, cuando se alcanza el equilibrio térmico.

- Para calcular el calor puesto en juego, o la temperatura final de equilibrio, recurriremos a la expresión que relaciona las variaciones de temperatura con el calor absorbido o cedido por un sistema:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1)$$

- Pero hay que tener en cuenta que si alguno de los sistemas va a sufrir un cambio de estado, como es el caso del hielo, habrá que considerar que parte del calor se invierte en modificar su temperatura, y otra parte en producir el cambio de estado.



- En el caso del agua, cederá una cantidad de calor Q_1 , por lo que su temperatura disminuirá desde 30 °C hasta la temperatura final de equilibrio (T_{eq}).

$$Q_1 = m_1 \cdot c_e \cdot (30 - T_{eq})$$

- En el caso del hielo, absorberá una cantidad de calor Q_2 , de la cual una parte se invertirá en elevar su temperatura de -3 °C a 0 °C, otra parte en producir la fusión ($Q_f = m \cdot L_f$), y, otra parte, en elevar su temperatura desde 0 °C hasta la temperatura de equilibrio (T_{eq}).

$$Q_2 = m_2 \cdot c'_e \cdot (0 - (-3)) + m_2 \cdot L_f + m_2 \cdot c_e \cdot (T_{eq} - 0)$$

- Como el calor cedido por el agua (Q_1) es el que absorbe el hielo (Q_2), basta igualar ambas expresiones y, a continuación, despejar la temperatura para conocer a qué valor se alcanza el equilibrio.

Debemos tener en cuenta que el calor específico del agua es 1 cal/(g °C) y el del hielo es 0,5 cal/(g °C), y que el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g.

$$\begin{aligned} & 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (30 - T_{eq}) \text{ } ^\circ\text{C} = \\ & = 25 \text{ g} \cdot 0,5 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot 3 \text{ } ^\circ\text{C} + 25 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} + 25 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot T_{eq} \text{ } ^\circ\text{C} \\ & T_{eq} = 17,6 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Se mezclan en un recipiente 2 L de agua a 90 °C con 1 kg de hielo a 0°C. Indica las transferencias de energía que tendrán lugar en este proceso y calcula la temperatura final de equilibrio de la mezcla.

Resuelve paso a paso > Ondas electromagnéticas

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

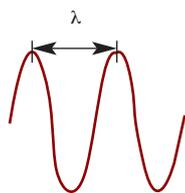
► Indica qué relación existe entre la longitud de onda y la frecuencia de una onda electromagnética y por qué se suelen utilizar estas magnitudes para referirnos al tipo de onda de que se trata. Utilízalo para comparar una onda de longitud de onda de 10^{-10} m con una de 100 MHz de frecuencia.

- La longitud de onda y la frecuencia son dos magnitudes características de las ondas en general, además de su velocidad, su amplitud o su intensidad, entre otras. Pero en el caso de las ondas electromagnéticas, cuya velocidad de propagación es siempre la misma, e igual a $3 \cdot 10^8$ m/s.

Se suele recurrir a estas dos magnitudes, indistintamente, para definir el tipo de onda de que se trata dentro del espectro electromagnético.

– La longitud de onda y la frecuencia son magnitudes de las ondas electromagnéticas que nos permiten asignar a qué región del espectro electromagnético corresponde la onda considerada.

Ambas magnitudes están relacionadas a través de la velocidad de propagación ($v = 3 \cdot 10^8$ m/s).



$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

- Efectivamente, dado que la velocidad de una onda electromagnética es siempre la misma, es indistinto hablar de su longitud de onda o de su frecuencia, pues de una forma sencilla podemos obtener el valor de una de las magnitudes a partir del valor de la otra. De ahí que en algunas ocasiones veamos el espectro electromagnético expresado en función de las longitudes de onda, mientras que en otras lo vemos en función de la frecuencia.
 - Para comparar ambas radiaciones electromagnéticas entre sí, lo hacemos comparando sus longitudes de onda o comparando sus frecuencias, según el espectro electromagnético de que dispongamos.

$$\text{Radiación A: } \lambda = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm} \rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{10^{-10} \text{ m}} = 3 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

$$\text{Radiación B: } f = 100 \text{ MHz} = 10^8 \text{ Hz} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{10^8 \text{ Hz}} = 3 \text{ m}$$

- De acuerdo con esto podemos afirmar que la radiación A corresponde a rayos X (radiación ionizante), mientras que la radiación B corresponde a ondas de radio (radio FM, no ionizante).

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Indica a qué zona del espectro electromagnético corresponden las siguientes radiaciones y si se trata de radiaciones ionizantes o no:

a) $f_1 = 600 \text{ THz}$

b) $\lambda_2 = 10^{-12} \text{ m}$

c) $f_3 = 30 \text{ kHz}$

d) $\lambda_4 = 10 \text{ mm}$

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 Tenemos tres cuerpos a diferentes temperaturas:
 $T_A = 32\text{ }^\circ\text{C}$ $T_B = 90\text{ }^\circ\text{F}$ $T_C = 304,16\text{ K}$
Ordena estos valores de temperatura de mayor a menor.
- 2 ¿Qué relación existe entre la energía interna y la temperatura de un sistema material?
- 3 Indica las diferentes formas de propagación del calor y pon algún ejemplo de un caso práctico en el que se manifieste cada una de ellas.
- 4 Cuando se produce un cambio de estado, la temperatura del sistema se mantiene constante. ¿Cómo se explica este hecho, sabiendo que se está aportando calor al sistema?
- 5 Un cuerpo de 350 g de masa que se encontraba inicialmente a $30\text{ }^\circ\text{C}$ se ha calentado hasta una temperatura final de $75\text{ }^\circ\text{C}$. Sabiendo que su calor específico es $1,2\text{ cal}/(\text{g }^\circ\text{C})$, ¿qué cantidad de calor se le ha suministrado?
- 6 ¿Cómo funciona una máquina térmica? Si una máquina tiene un rendimiento de un 40%, ¿qué significado tiene este dato?
- 7 Si una onda sonora y cierta onda electromagnética tienen la misma longitud de onda, ¿podemos afirmar que también tienen la misma frecuencia? Justifica tu respuesta.
- 8 Si decimos que un sonido es agudo, ¿a qué magnitud nos estamos refiriendo? Y si decimos que una onda electromagnética tiene una longitud de onda de 480 nm, ¿qué información nos suministra este dato?

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- 1 Una cierta cantidad de una sustancia A eleva su temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $57\text{ }^{\circ}\text{C}$ al absorber 500 calorías. La misma cantidad de otra sustancia B aumenta su temperatura $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando absorbe 700 calorías. ¿Qué relación existe entre los calores específicos de ambas?

- 2 Además de las tres escalas de temperatura que conoces, existe una cuarta escala: la escala Rankine, en la cual la temperatura de fusión del hielo es de $492\text{ }^{\circ}\text{R}$ (grados Rankine) y la de ebullición del agua es de $672\text{ }^{\circ}\text{R}$. Teniendo esto en cuenta, expresa en grados Rankine estas temperaturas:
 - a) $15\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - b) 300 K
 - c) $55\text{ }^{\circ}\text{F}$

- 3 Se mezclan 3 L de agua a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 1 L de agua a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 2 L de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la temperatura final de la mezcla. Recuerda que la masa de 1 L de agua es de aproximadamente 1 kg.

- 4 Halla la cantidad de calor necesaria para vaporizar 300 g de una sustancia que se encuentra a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a partir de estos datos:

– Punto de fusión: $36\text{ }^{\circ}\text{C}$.	– Calor latente de fusión: 35 cal/g .
– Punto de ebullición: $89\text{ }^{\circ}\text{C}$.	– Calor latente de vaporización: 68 cal/g .
– Calor específico del sólido: $2\text{ cal/(g }^{\circ}\text{C)}$.	– Calor específico del líquido: $3,2\text{ cal/(g }^{\circ}\text{C)}$.

- 5 Indica qué medidas debemos tomar para calcular la velocidad de propagación de las olas del mar. Explica detalladamente el procedimiento y los cálculos que habría que realizar.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

El gran genio de la Física Isaac Newton fue famoso, además de por sus aportaciones, por las fuertes controversias que mantuvo con otros científicos contemporáneos suyos. Una de ellas tuvo como oponente al brillante físico danés Christian Huygens, que también se distinguió por sus descubrimientos en el campo de la Óptica.

Busca la información en libros o en Internet, y responde a estas preguntas:

- a) ¿En qué consistió el enfrentamiento de estos dos grandes físicos?
- b) ¿Qué podía explicar la teoría de Newton?
- c) ¿Qué fenómenos aclaraba mejor la teoría de Huygens?
- d) ¿Podemos decir que la teoría de Newton está totalmente descartada en la actualidad?

Resuelve paso a paso. Equilibrio térmico

- El calor cedido por 2 L de agua a 90 °C se invertirá en fundir el hielo y en aumentar la temperatura del agua producida por este desde 0 °C hasta la temperatura de equilibrio.

Debemos tener en cuenta que 2 L de agua corresponden a una masa de 2 kg, y que el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g.

$$2000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (90 - T_{\text{eq}}) ^\circ\text{C} = 1000 \text{ g} \cdot 80 \text{ cal/g} + 1000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (T_{\text{eq}} - 0 ^\circ\text{C})$$

Despejando, obtenemos que la temperatura de equilibrio:

$$T_{\text{eq}} = 33,3 ^\circ\text{C}$$

Resuelve paso a paso. Ondas electromagnéticas

- Las longitudes de onda o frecuencias de estas radiaciones son:
 - $f_1 = 600 \text{ THz} \rightarrow \lambda_1 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 500 \text{ nm} \rightarrow$ Luz visible. \rightarrow No ionizante.
 - $\lambda_2 = 10^{-12} \text{ m} = 1 \text{ pm} \rightarrow f_2 = 3 \cdot 10^{20} \text{ Hz} \rightarrow$ Rayos gamma. \rightarrow Ionizante.
 - $f_3 = 30 \text{ kHz} \rightarrow \lambda_3 = 10\,000 \text{ m} \rightarrow$ Radioondas. \rightarrow No ionizante.
 - $\lambda_4 = 10 \text{ mm} \rightarrow f_4 = 3 \cdot 10^{10} \text{ Hz} \rightarrow$ Microondas. \rightarrow No ionizante.

Comprueba tus conocimientos

- Primero realizamos los correspondientes cambios de unidades:

$$T_A = 32 ^\circ\text{C}; T_B = 32,2 ^\circ\text{C}; T_C = 31 ^\circ\text{C}$$

Por tanto, el orden será:

$$T_B = 32,2 ^\circ\text{C} > T_A = 32 ^\circ\text{C} > T_C = 31 ^\circ\text{C}$$

- La energía interna es la suma de la energía mecánica de todas las partículas del sistema, mientras que la temperatura mide la energía cinética media de las partículas.
De modo que, si aumenta la temperatura, eso quiere decir que ha aumentado la energía cinética de las partículas, y, en consecuencia, la energía interna del sistema.

- Existen tres formas de propagación del calor.

- Conducción: debido a las vibraciones de las partículas. Ocurre cuando calentamos una barra metálica en un extremo y percibimos como se calienta en el otro.
- Convección: que implica un transporte de materia. Se da cuando calentamos aire en un radiador y se difunde por toda la habitación.
- Radiación: que tiene lugar mediante la emisión y absorción de ondas. Sucede cuando los rayos del Sol inciden en un banco del parque y lo calienta.

- En el cambio de estado, por ejemplo de sólido a líquido, las partículas invierten la energía suministrada en vencer las fuerzas de atracción que las mantienen unidas. Por eso, en ese proceso, la temperatura del sistema se mantiene constante, aunque se esté suministrando calor.

- Podemos calcular la cantidad de calor suministrada al sistema del siguiente modo:

$$Q = m \cdot c_e \cdot (T_2 - T_1) = 350 \text{ g} \cdot 1,2 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot (75 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}) = 18\,900 \text{ cal}$$

- Una máquina térmica es un dispositivo tecnológico capaz de extraer calor de un foco caliente e invertir una parte en realizar un trabajo, cediendo el resto a un foco frío.

El rendimiento es una magnitud que relaciona el calor absorbido y el trabajo realizado. Si una máquina tiene un rendimiento del 40%, significa que solo el 40% del calor extraído se invierte en realizar trabajo.

- No, todo lo contrario. La longitud de onda y la frecuencia son dos magnitudes relacionadas a través de la velocidad de la onda. Así, la onda sonora tiene una velocidad en el aire de 340 m/s, mientras que la electromagnética tiene una velocidad de $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, por lo que la frecuencia de la onda electromagnética será mucho mayor.

- Un sonido agudo es aquel que tiene una alta frecuencia.

Por otra parte, si una onda electromagnética tiene una longitud de onda de 480 nm, nos indica que se trata de radiación correspondiente a luz visible, de acuerdo con el espectro electromagnético.

Ficha de ampliación

- 1 Podemos escribir las siguientes igualdades para ambas sustancias:

– Sustancia A: $500 \text{ cal} = m \text{ (g)} \cdot c_A \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot 37 \text{ } ^\circ\text{C}$

– Sustancia B: $700 \text{ cal} = m \text{ (g)} \cdot c_B \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot 28 \text{ } ^\circ\text{C}$

Como las masas son iguales, despejando m de las dos igualdades e igualando, tenemos la relación que buscamos:

$$\frac{500}{c_A \cdot 37} = \frac{700}{c_B \cdot 28} \rightarrow \frac{c_A}{c_B} = 0,54$$

- 2 Según la definición de la escala, la escala Rankine equivale a la escala Fahrenheit sumando 460 al valor de temperatura expresado en $^\circ\text{F}$. Por tanto, los valores que nos piden serán:

- a) $519 \text{ } ^\circ\text{R}$. b) $540,3 \text{ } ^\circ\text{R}$. c) $515 \text{ } ^\circ\text{R}$.

- 3 Vamos a calcular la temperatura de equilibrio en dos etapas, suponiendo que hacemos la mezcla de dos cantidades primero y, luego, de esta mezcla con la tercera cantidad.

- Mezcla de 3 L de agua a $45 \text{ } ^\circ\text{C}$ con 1 L de agua a $90 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$3000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (T_1 - 45) \text{ } ^\circ\text{C} = 1000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (90 - T_1) \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow T_1 = 56,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Mezcla de 4 L de agua a $56,25 \text{ } ^\circ\text{C}$ con 2 L de agua a $20 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$2000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (T - 20) \text{ } ^\circ\text{C} = 4000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (56,25 - T) \text{ } ^\circ\text{C} \rightarrow T = 44,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- 4 $Q = 300 \text{ g} \cdot 2 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (36 - 20) \text{ } ^\circ\text{C} + 300 \text{ g} \cdot 35 \text{ cal/g} + 300 \text{ g} \cdot 3,2 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)} \cdot (89 - 36) \text{ } ^\circ\text{C} + 300 \text{ g} \cdot 68 \text{ cal/g} = 91\,380 \text{ cal}$

- 5 Mediríamos la distancia entre dos crestas de olas sucesivas y también el tiempo que transcurre entre la llegada de dos frentes de olas seguidos a la orilla. En el primer caso, lo que medimos es la longitud de onda y, en el segundo, el período.

La velocidad se calcularía dividiendo las dos cantidades (longitud de onda entre período).

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- a) Ambos sostenían teorías contrarias sobre la naturaleza de la luz. Newton suponía que estaba formada por partículas, mientras que Huygens decía que era de naturaleza ondulatoria.
- b) Podía explicar la reflexión y la refracción, pero no los fenómenos de interferencias o la difracción.
- c) La teoría de Huygens podía explicar las interferencias y la difracción, además de la reflexión y la refracción.
- d) Aunque la interpretación de la luz como ondas explica mejor los fenómenos habituales observados, es cierto que otros fenómenos se explican mejor considerando la luz como un haz de partículas (fotones), sobre todo los referentes a la interacción de la luz con la materia.

Aclara tus ideas

Física y Química en la vida cotidiana

• La Física y la Química son dos ciencias experimentales cuya influencia está presente, de un modo u otro, en multitud de campos de nuestra vida cotidiana.

• Aplicaciones de la Física

- Comunicaciones.
- Electrodomésticos.
- Electrónica.
- Construcción y transporte.
- Energía.
- Medicina.

• Aplicaciones de la Química

- Derivados farmacéuticos.
- Conservación de alimentos.
- Agricultura.
- Higiene y cosmética.
- Nuevos materiales.
- Procesos de depuración.

Desarrollo sostenible

• Es la explotación racional de los recursos con la finalidad de garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones.

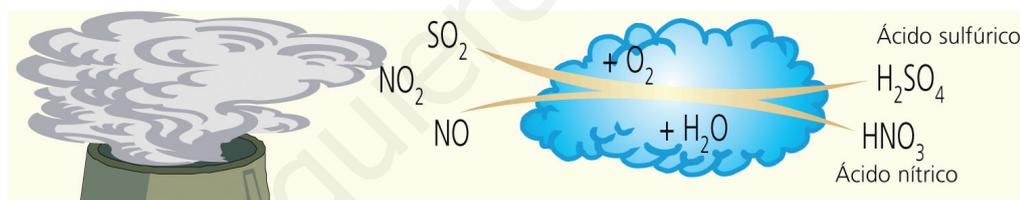
• Principios del desarrollo sostenible

- Ahorro energético.
- Gestión eficaz de los recursos.
- Reciclaje de materias primas.
- Preservación del medio ambiente.
- Desarrollo de procesos limpios.

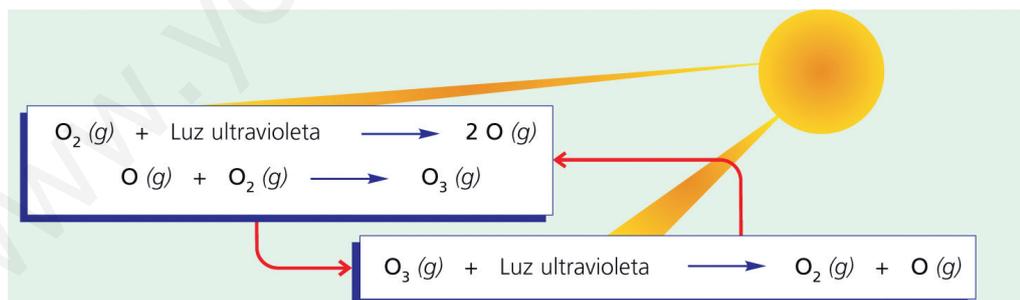
• Problemas medioambientales

- Lluvia ácida.
- Destrucción de la capa de ozono.
- Efecto invernadero y cambio climático.
- Pérdida de biodiversidad.

• El reciclaje



La lluvia ácida aparece por la formación de óxidos de azufre y nitrógeno durante la combustión.



La formación y destrucción del ozono por acción de la luz ultravioleta es un proceso natural, en ausencia de sustancias químicas que reaccionen con él.

La ciencia del siglo XXI

• La ciencia actual

- En la actualidad, la ciencia se entiende como:
- Una profesión.
 - Una actividad colectiva.
 - Un conjunto de conocimientos.
 - La divulgación de los avances logrados.

• Principales investigaciones

- Encaminadas a mejorar la calidad de vida o a resolver problemas existentes. Se investiga sobre:
- La estructura de la materia.
 - Las fuentes de energía.
 - La nanotecnología.
 - Los procesos limpios (química verde).

• Campos profesionales

- **Química:** Propiedades de las sustancias y sus transformaciones.
- **Física:** Fenómenos relacionados con el medio que nos rodea y sus aplicaciones.

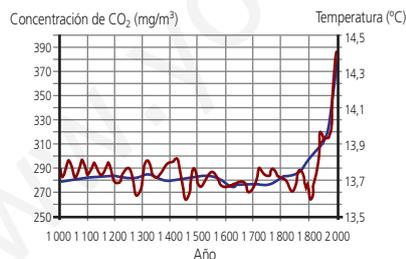
Resuelve paso a paso > La información científica

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Analiza las posibilidades que ofrece el disponer de información científica, ilustrando tus conclusiones sobre algún problema concreto, como puede ser la influencia de las emisiones de CO₂ y el cambio climático.

- En la actualidad podemos afirmar que la información científica está al alcance de cualquiera que esté interesado en ella. Así, numerosos medios de difusión, como revistas especializadas, materiales audiovisuales o la red Internet, además de libros o enciclopedias de temas científicos, ponen a nuestro alcance una enorme cantidad de información, que nos permitirá extraer conclusiones y desarrollar nuestro propio criterio.
 - Gracias a la red Internet y a la prensa especializada, podemos disponer de información sobre los últimos descubrimientos científicos, que, junto con la formación científica básica, nos permitirá elaborar una opinión razonada sobre aspectos de la sociedad tecnológica en que vivimos.
- La información se nos puede presentar de muchas formas, como, por ejemplo, artículos en los que se nos describe el avance logrado y sus posibles repercusiones. Un modo eficaz de transmitir información es mediante tablas y gráficas, en las que de una forma visual se nos presentan los datos obtenidos tras la investigación científica.



– Si investigamos sobre el problema de la contaminación por emisiones de CO₂, encontraremos innumerables fuentes en las que se nos informa sobre el aumento de estas emisiones en los últimos siglos, que han derivado en un problema medioambiental, como es el aumento de la temperatura media de la Tierra, cuya consecuencia es el cambio climático y la fusión de las masas heladas del planeta.

– Para corroborar esta información, y concluir si estamos de acuerdo con ella o no, buscamos datos al respecto.

Estos datos podemos encontrarlos en forma de gráficas, como las que se muestran a la izquierda.

- De acuerdo con estos datos, es evidente que las emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono han aumentado exponencialmente en el último milenio por la acción humana. Los datos sobre la temperatura media de la Tierra parecen evidenciar que existe una relación directa con estas emisiones. Quizás lo que quede por confirmar es si realmente existe una relación entre este aumento de temperatura y la inestabilidad actual del clima.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- Busca información en forma de gráficas sobre algún problema de tipo medioambiental, como puede ser la lluvia ácida en España, y extrae algunas conclusiones al respecto. ¿Podemos afirmar que este problema no nos afecta?

Resuelve paso a paso > El reciclaje

Cuando resolvemos problemas es tan importante obtener la solución correcta, como establecer adecuadamente los pasos necesarios y saber explicarlos con claridad. Practica resolviendo ejercicios similares para dominar la técnica.

Fíjate, en el siguiente ejemplo, cómo se resuelve el problema planteado

► Justifica la necesidad de potenciar el reciclaje de materias primas, indicando las ventajas que ofrece frente a los inconvenientes que genera el no reciclarlas. Ilústralo considerando los residuos que tú generas habitualmente.

- El conocimiento de los problemas medioambientales que nos afectan, y sus posibles soluciones, nos permite participar aportando, en la medida de nuestras posibilidades, la colaboración necesaria para tratar de evitar el deterioro del medio ambiente.
- En este sentido, una de las actividades humanas que más puede ayudar a preservar el medio que nos rodea es el reciclaje de materiales.
 - El reciclaje de materias primas es una actividad muy beneficiosa para preservar el medio ambiente de la degradación y está en la línea de una gestión racional de los recursos naturales. El reciclaje aporta beneficios como:
 - Reducir la degradación ocasionada en el medio natural para obtener materias primas necesarias para la fabricación de productos manufacturados.
 - Disminuir el tamaño de los vertederos al reducir el almacenaje de enormes cantidades de desechos inservibles.
 - Reducir la contaminación ocasionada por la acumulación de residuos, que en su proceso de degradación pueden producir o desprender sustancias contaminantes que se viertan al medio.
- En muchas ocasiones, basta un sencillo análisis para darnos cuenta de la enorme influencia que ejercemos sobre el medio, al tiempo que está en nuestra mano el evitarlo.
 - Si analizamos nuestra basura cotidiana, nos daremos cuenta de que muchos de los materiales que desechamos no debemos considerarlos como tal basura, sino más bien como materias primas en potencia para fabricar otros nuevos:

Material desechado	Ventajas de su reciclado
Papel y cartón	Disminuye la tala de árboles para obtener fibra de celulosa virgen.
Vidrio	Evita el consumo energético necesario para tratar la sílice, materia prima para su fabricación; y disminuye su presencia en el medio, donde no se degrada.
Metales	Disminuye el deterioro del terreno por la actividad minera.
Plásticos	Disminuye el consumo de petróleo y el tamaño de los vertederos.
Materia orgánica	Permite obtener abonos naturales mediante compostaje o energía eléctrica en estaciones de biomasa.

Ahora, practica tú resolviendo estas otras actividades

- ¿Consideras que los ciudadanos españoles estamos suficientemente concienciados respecto al reciclaje? Antes de contestar, busca información sobre tasas comparativas de reciclaje en España respecto del resto de países de la Unión Europea.
- Con ayuda de un dinamómetro o una balanza, pesa los materiales que desechas al cabo de un día y calcula que porcentaje de la basura que generas es reciclable. ¿Qué piensas sobre tu participación en este terreno?

Comprueba tus conocimientos

Responde brevemente las siguientes cuestiones, o resuelve las actividades que se te plantean, para comprobar si has asimilado correctamente los conceptos estudiados en esta unidad. No olvides justificar tus respuestas.

- 1 ¿Podemos afirmar que tanto la Física como la Química son disciplinas científicas de gran influencia en nuestra vida cotidiana? Responde indicando tres ejemplos que lo ilustren.
- 2 ¿Qué entendemos por desarrollo sostenible? ¿Cuáles son las medidas, en rasgos generales, que impulsan este tipo de desarrollo?
- 3 ¿Cómo se produce la lluvia ácida? ¿Se trata de un problema medioambiental de carácter global o localizado en ciertas zonas?
- 4 ¿Desde cuando se tiene conciencia de la existencia del agujero de la capa de ozono? ¿Cuáles han sido considerados sus causantes, desde el punto de vista químico?
- 5 ¿Cuáles son las principales consecuencias que se atribuyen al aumento de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera? ¿Qué otros gases de efecto invernadero conoces?
- 6 Enumera tres razones por las que sea aconsejable impulsar el reciclaje de materias primas. ¿Debemos considerar que esta labor compete solo a las administraciones e instituciones?
- 7 ¿Cómo se entiende en la actualidad la Ciencia? ¿Qué características la distinguen frente a la ciencia de épocas pasadas?
- 8 Cita cuatro campos de investigación en los que los científicos trabajen actualmente para lograr nuevos avances que redunden en la mejora de nuestra calidad de vida y/o la protección del medio ambiente.

Ficha de ampliación

Resuelve estos ejercicios poniendo en práctica tus conocimientos

- 1 El Instituto Nacional de Estadística (INE) proporciona los siguientes datos (en toneladas) sobre residuos urbanos recogidos en el año 2004:

Residuos mezclados		Residuos recogidos selectivamente	
Domésticos y de las vías públicas	20 179 268	Aceites minerales	57 280
Enseres domésticos	1 028 347	Medicamentos	6 041
		Metálicos	138 527
		Sanitarios y biológicos	380 016
		Caucho	55 982
		Papel y cartón	703 378
		Vidrio	439 361
		Plásticos (excepto embalajes)	105 714
		Madera	102 069
		Ropa y textiles	4 850
		Vehículos	13 290
		Equipos eléctricos	11 515
		Pilas y baterías	12 954
		Residuos animales y vegetales	449 785
		Envases y embalajes	1 954 004
		Lodos	125 626
		Construcción y demolición	1 721 940
		Otros	103 195

- a) Calcula el total de residuos urbanos correspondiente al año 2004 y el porcentaje de basuras separadas frente al total.
- b) Elabora una gráfica de barras en la que se vea la cantidad de residuos separados por tipos y el porcentaje que representa cada uno de ellos. Considera solo los residuos mayoritarios.
- c) Haz un análisis crítico de los datos.
- 2 Lee este extracto del B.O.E. nº 260 de 2002 que recoge el texto del Real Decreto 1 073/2002 sobre evaluación y gestión de la calidad del aire:

«Las Administraciones públicas adoptarán las medidas necesarias para garantizar el respeto de los valores límite de los contaminantes regulados, teniendo en cuenta un enfoque integrado de la protección del medio ambiente, que no se causen efectos negativos y significativos sobre el medio ambiente de los demás Estados miembros de la Unión Europea, y que no se contravenga la legislación sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores en el lugar de trabajo.»

Comenta el texto, señalando qué obligaciones de las instituciones para con el medio ambiente y los ciudadanos se reflejan en él.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

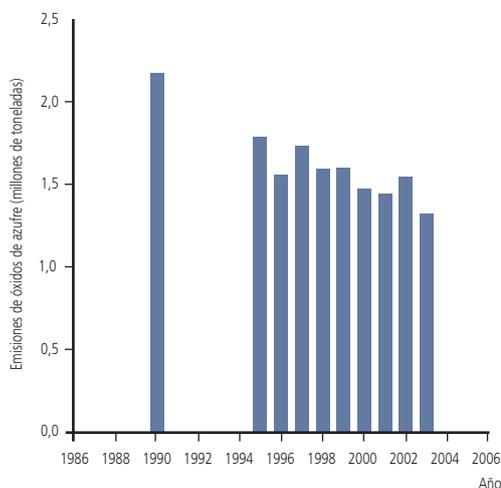
Desde 1901 se conceden anualmente los premios Nobel, que distinguen por su labor a las personas que han destacado en Física, Química, Medicina, Literatura, Economía y la lucha por la Paz, en cumplimiento de la voluntad del químico sueco Alfred Nobel, quien legó su inmensa fortuna a este fin.

Busca la información en libros o en Internet, y responde a estas preguntas:

- ¿Quién o quiénes han recibido el premio Nobel de Física este año?
- ¿Cuáles han sido sus aportaciones?
- ¿Quiénes han sido galardonados con el premio Nobel de Química?
- ¿Qué descubrimientos se les han reconocido?

Resuelve paso a paso. La información científica

- Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), las emisiones de óxidos de azufre, expresadas en millones de toneladas, evolucionaron en España en los últimos años del siguiente modo:



De acuerdo con estos datos podemos concluir que estas emisiones se han reducido progresivamente. Sin embargo, no debemos considerar la lluvia ácida como un problema ajeno, pues el origen de las precipitaciones ácidas puede estar muy lejos de la zona en la que ocurren.

Resuelve paso a paso. El reciclaje

- El reciclaje en España es una actividad en creciente aumento, aunque todavía es necesario impulsar medidas al respecto. De acuerdo con los datos proporcionados por la Asociación Nacional de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón (Aspapel), en el año 2005 se recogieron 4 322 600 toneladas de papel, lo cual supuso una tasa de reciclaje del 59 % del papel producido, muy similar a la media de la Unión Europea (60%), pero inferior a la de países como Noruega (72%) o Alemania (74%), en los que la conciencia ciudadana es mayor.

Los 4,3 millones de toneladas de papel suponen aproximadamente un volumen de unos 40 campos de fútbol, según datos de esta asociación.

- Respuesta libre.

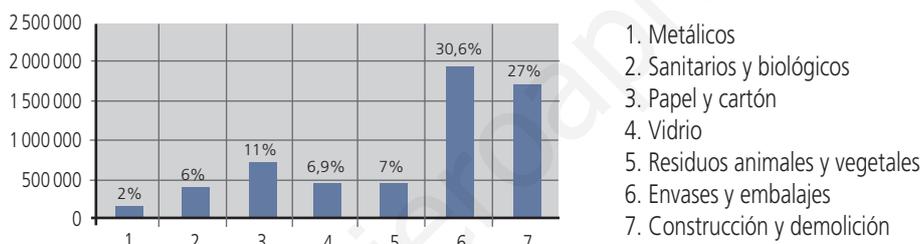
Comprueba tus conocimientos

- 1 Debemos concluir que sí, pues tanto la Física como la Química tienen una amplia influencia en nuestro entorno cotidiano, ya sea directa o indirectamente.
Ejemplos de actividades que guardan relación con la Física son la producción energética, el desarrollo de máquinas y motores o las comunicaciones, mientras que la Química está relacionada con la producción farmacéutica, los tratamientos de depuración o la conservación de alimentos.
- 2 El desarrollo sostenible consiste en explotar racionalmente los recursos energéticos y materiales para mejorar la calidad de vida, mantener el progreso tecnológico y garantizar la disponibilidad para las futuras generaciones. Se puede impulsar con medidas como:
 - Promover el ahorro energético y la gestión eficaz de los recursos.
 - Potenciar el reciclaje de las materias primas.
 - Preservar el medio ambiente.
 - Investigar sobre energías y procesos «limpios».
- 3 La lluvia ácida es una precipitación cuyo pH es inferior a 5,6. Se produce por la presencia en el agua de lluvia de ácidos procedentes de los óxidos de azufre y nitrógeno que resultan de la combustión del carbón o los derivados del petróleo.
Aunque su origen puede localizarse en ciertas zonas urbanas e industrializadas, no debe considerarse un problema local, sino global, pues las masas nubosas se desplazan libremente de unas zonas a otras, pudiendo descargar este tipo de lluvia en lugares en los que no existe industria ni contaminación.
- 4 La percepción de que el agujero de la capa de ozono constituye un auténtico problema medioambiental llegó a finales del siglo xx y es a partir de ese momento cuando comienza a desarrollarse una conciencia internacional a favor de la búsqueda de soluciones. Una de las soluciones pasa por evitar el uso de los CFCs (clorofluorocarbonos) como propelentes, considerados sus principales causantes.

- 5 Además del dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua son gases de efecto invernadero. La consecuencia de la acumulación de estos gases en la atmósfera es un aumento de la temperatura media de la Tierra, que ocasiona el deshielo de las masas heladas y el cambio climático.
- 6 El reciclaje de materias primas es importante por varias razones, entre las cuales podemos citar que disminuye el tamaño de los vertederos, la contaminación del medio ambiente y la explotación del medio natural para obtener recursos. Es función de las administraciones legislar y crear la infraestructura necesaria para ello, pero los ciudadanos debemos participar separando nuestras basuras y depositándolas en los contenedores destinados para ello.
- 7 Actualmente la ciencia se entiende como una actividad profesional y colectiva ampliamente valorada, en la que los avances se divulgan.
En épocas pasadas, la ciencia era una actividad individual y poco reconocida fuera de su propio ámbito.
- 8 Son muchos, entre los cuales se pueden citar:
- Desarrollo de nuevas energías.
 - Estructura de la materia.
 - Nanotecnología.
 - Nuevos procesos químicos menos contaminantes (química verde).

Ficha de ampliación

- 1 a) Según la tabla, el total de residuos urbanos fue de 27 593 142 toneladas, de las cuales se recogieron de forma selectiva 6 385 527 toneladas, lo que supone un porcentaje del 23%.
- b) Para los residuos recogidos selectivamente, podemos elaborar esta gráfica:



- c) El porcentaje de residuos recogidos selectivamente es bastante escaso, pues apenas alcanza la cuarta parte de los residuos totales. Eso significa que la implicación ciudadana en la separación de los residuos es aún poca y puede mejorarse con una mayor concienciación.
- 2 El texto recoge claramente cómo las instituciones deben garantizar la protección del medio ambiente frente a la contaminación. La legislación al respecto debe tener en cuenta también a los países vecinos, pues el medio ambiente es compartido por todos los habitantes de la Tierra y no es propiedad exclusiva de un país. Además, es destacable el hecho de que se antepone la salud y la seguridad individual de los ciudadanos.

Profundiza en los grandes hitos de la Ciencia

- Respuesta abierta.