

Ejercicios Resueltos Física y Química 3 ESO 2026 / 2027

44 ejercicios con la solución explicada paso a paso, y la teoría de los 12 temas que trae esta selección.

Lo que vas a practicar

La estructura del átomo · Protones, neutrones y electrones a partir de Z y A, y el reparto de los electrones por capas (**ejercicios 1, 2, 3, 4**)

Los isótopos y los iones · Reconocer isótopos por sus neutrones, contar las partículas de un ion y separar las dos ideas (**ejercicios 5, 6, 7, 8**)

La ordenación de los elementos en el sistema periódico · Localizar periodo y grupo a partir del reparto por capas, y por qué se parecen los de un grupo (**ejercicios 9, 10, 11, 12**)

Cómo se unen los átomos: el enlace químico · Deducir el tipo de unión a partir de unas medidas y justificar una fórmula con los electrones (**ejercicios 13, 14, 15**)

La formulación de los compuestos binarios · Escribir fórmulas con la suma cero, nombrar de las dos maneras y por qué la suma cero no decide (**ejercicios 16, 17, 18, 19**)

Las reacciones químicas y su ajuste · Ajustar con coeficientes, contar átomos a los dos lados y leer lo que dice una ecuación ajustada (**ejercicios 20, 21, 22, 23**)

Las reacciones químicas en la vida diaria · Qué hace que una reacción vaya más deprisa, y la combustión y la oxidación con sus consecuencias (**ejercicios 24, 25, 26**)

La carga eléctrica y la corriente · Electrización por frotamiento, conductores y aislantes, y la intensidad como carga por segundo (**ejercicios 27, 28, 29, 30**)

La ley de Ohm · Aplicar y despejar $V = I \cdot R$, y decidir a partir de medidas si un conductor la cumple (**ejercicios 31, 32, 33, 34**)

Los circuitos en serie y en paralelo · Resistencia equivalente, reparto del voltaje y de la intensidad, y qué pasa si se funde un receptor (**ejercicios 35, 36, 37, 38**)

La energía eléctrica: potencia y consumo · Potencia como voltaje por intensidad, consumo en kilovatios hora y lo que cuesta en la factura (**ejercicios 39, 40, 41**)

La energía y sus transformaciones · Rendimiento, energía degradada y cadenas de transformación de las fuentes de uso corriente (**ejercicios 42, 43, 44**)

Material propio de solucionario.es. Los enunciados y las soluciones están escritos por nosotros. La versión al día, con más ejercicios y de todos los cursos, está siempre en:

solucionario.es

Qué entra en esta página y qué no. Entran los doce temas del cuadro: la estructura del átomo, los isótopos y los iones, la ordenación de los elementos en el sistema periódico, el enlace químico a nivel descriptivo, la formulación de compuestos binarios, las reacciones químicas y su ajuste, las reacciones de cada día y su velocidad, la electricidad con la ley de Ohm y los circuitos, y la energía con su rendimiento. **Se ocupan otros cursos de esta colección** de lo que va en 2º de ESO —la medida, la densidad, los estados de la materia, las mezclas y las disoluciones, las fuerzas y el calor— y de lo que se guarda entero para 4º —la cinemática con ecuaciones, las leyes de Newton con fórmula, la energía mecánica, el mol y la estequiometría, la configuración electrónica por subcapas y los ácidos, las bases y el pH—; ese reparto lo decide la colección y no es una raya del currículo. **Queda fuera por espacio**, aunque caben de sobra en 3º y no necesitan ningún dibujo: el magnetismo y su relación con la corriente, y la presión y su medida. Y **queda fuera por el medio**, porque sin un dibujo no se entiende: el esquema de un circuito con sus símbolos —los circuitos sí entran, descritos con palabras—, los diagramas de puntos del enlace covalente y los montajes de laboratorio. Esta página sirve para localizar con lápiz, papel y calculadora lo que flojea; no sustituye al libro, ni al laboratorio, ni a las clases.

La estructura del átomo

Lo que hay que saber

Dentro de un **átomo** hay tres clases de partículas. En el **núcleo**, los **protones** (carga +1) y los **neutrones** (sin carga). Alrededor, en la **corteza**, los **electrones** (carga -1). Protón y neutrón tienen prácticamente la misma masa, 1 u cada uno; el electrón es 1.836 veces más ligero que el protón, y por eso al contar la masa se le suele dejar fuera.

El **número atómico (Z)** es el recuento de protones del núcleo, y es lo que decide de qué **elemento** se trata: cambiar Z es cambiar de elemento. El **número másico (A)** es el recuento de protones y neutrones juntos, así que los neutrones se obtienen con $A - Z$. ▲ A es un recuento de partículas, no una masa: se escribe sin unidad.

Cuando un átomo está **neutro**, el recuento de electrones coincide con el de protones: cada carga negativa de la corteza tiene enfrente una positiva del núcleo, y el conjunto no se inclina hacia ningún lado.

Los electrones de la corteza no están amontonados: se colocan por **capas**, empezando por la de dentro y pasando a la siguiente cuando la anterior se llena. ▲ Los topes que se usan en este curso son **2 en la primera capa, 8 en la segunda y 8 en la tercera**, y funcionan **hasta el calcio, Z = 20**: con Z mayores el reparto real se aparta de esa regla, y por eso los ejercicios no pasan de ahí.

Los electrones que quedan en la **última capa ocupada** son los que deciden cómo se comporta el elemento cuando se junta con otro. Todo lo que viene después —la posición en el sistema periódico y el tipo de unión que forma— sale de ese recuento.

Cada elemento tiene su **símbolo**, de una letra o de dos: la primera va siempre en mayúscula, y la segunda, si la hay, en minúscula. Así se escriben H, O, Na y Ca.

- 1** Un átomo neutro tiene número atómico **Z = 15** y número másico **A = 31**. Calcula cuántos protones, neutrones y electrones tiene, reparte sus electrones por capas y di cuántos le quedan en la última.

Solución

Los protones son lo que cuenta Z: **15 protones**.

Los neutrones se obtienen restando: $A - Z = 31 - 15 = 16$ **neutrones**.

Como está neutro, hay un electrón por cada protón: **15 electrones**.

Ahora se reparten esos 15 empezando por la capa de dentro y pasando a la siguiente cuando la anterior se llena: 2 en la primera, 8 en la segunda y los que sobran en la tercera, o sea $15 - 2 - 8 = 5$. El reparto queda **2, 8, 5**, y en la última capa quedan **5 electrones**.

Comprobación del reparto, que es la que hay que hacer siempre: $2 + 8 + 5 = 15$, los electrones de partida. Si la suma no devuelve ese número, el reparto está mal y todo lo que se deduzca después también.

- 2** Reparte por capas los electrones de estos tres átomos neutros y di cuántos electrones tiene cada uno en su última capa: (a) Z = 8; (b) Z = 12; (c) Z = 18.

Solución

(a) Con Z = 8 hay 8 electrones: 2 en la primera capa y $8 - 2 = 6$ en la segunda. Reparto **2, 6**, y en la última quedan **6**.

(b) Con Z = 12 hay 12 electrones: 2 y 8 llenan las dos primeras capas, y sobran $12 - 2 - 8 = 2$ para la tercera. Reparto **2, 8, 2**, y en la última quedan **2**.

(c) Con Z = 18 hay 18 electrones: 2, 8 y los $18 - 2 - 8 = 8$ restantes. Reparto **2, 8, 8**, y en la última

quedan **8**.

Comprobación de los tres sumando cada reparto: $2 + 6 = 8 \cdot 2 + 8 + 2 = 12 \cdot 2 + 8 + 8 = 18$. Los tres devuelven su Z.

Fíjate en que el tercero se queda con la tercera capa justo llena. Ese reparto, con ocho en la última, es el que tienen los elementos que casi no reaccionan.

3

Un átomo tiene **26 protones, 30 neutrones y 26 electrones**. Sabiendo que un protón y un neutrón tienen **1 u** de masa cada uno y que el electrón es **1.836 veces** más ligero que el protón, calcula la masa del núcleo en u, la masa de todos los electrones juntos y cuántas veces es mayor la primera que la segunda.

Solución

En el núcleo están los protones y los neutrones, y cada uno aporta 1 u: masa del núcleo = $(26 + 30) \times (1 \text{ u}) = \mathbf{56 \text{ u}}$.

Cada electrón tiene $1 \div 1.836 \text{ u}$, así que los 26 juntos son $(26 \div 1.836) \text{ u} = \mathbf{0,0142 \text{ u}}$ con cuatro decimales.

Cuántas veces mayor: $(56 \text{ u}) \div ((26 \div 1.836) \text{ u}) = 56 \times 1.836 \div 26 \approx \mathbf{3.954 \text{ veces}}$. Al dividir u entre u no sobrevive ninguna unidad: el resultado es un recuento de veces, justo lo que se preguntaba.

La conclusión es la que importa: prácticamente toda la masa del átomo está en el núcleo, y por eso el número másico se calcula contando solo protones y neutrones.

Comprobación de que el orden de magnitud es el bueno: cada uno de los 26 electrones es 1.836 veces más ligero que un protón, y en el núcleo hay 56 partículas en vez de 26, así que el cociente tiene que rondar 1.836 multiplicado por algo mayor que 2. Y 3.954 lo es.

4

De tres átomos neutros se conocen estos datos. Calcula para cada uno Z, A, su número de electrones y cuántos electrones le quedan en la última capa: (a) tiene 7 protones y 7 neutrones; (b) tiene 9 electrones y 10 neutrones; (c) tiene número másico 40 y 20 neutrones.

Solución

(a) Z cuenta los protones, así que **Z = 7**. Y A cuenta protones y neutrones juntos: $7 + 7 = \mathbf{A = 14}$. Al ser neutro, **7 electrones**.

(b) Al estar neutro, los electrones coinciden con los protones, así que **Z = 9**. Y $A = 9 + 10 = \mathbf{19}$, con **9 electrones**.

(c) Aquí lo conocido es A y los neutrones, de modo que Z sale despejando de $A - Z = \text{neutrones}$: $Z = 40 - 20 = \mathbf{20}$. El número másico es el dato, **A = 40**, y los electrones son **20**.

Comprobación de los tres rehaciendo la resta $A - Z$, que tiene que devolver los neutrones: $14 - 7 = 7 \cdot 19 - 9 = 10 \cdot 40 - 20 = 20$. Los tres cuadran con el enunciado.

Y el reparto por capas de los tres, que es lo que este curso añade a lo anterior: (a) **2, 5**, con 5 arriba · (b) **2, 7**, con 7 arriba · (c) **2, 8, 8, 2**, con 2 arriba. Las sumas cuadran: $2 + 5 = 7 \cdot 2 + 7 = 9 \cdot 2 + 8 + 8 + 2 = 20$.

Los tres datos —Z, A y neutrones— están atados por una sola igualdad: con dos cualesquiera de ellos sale el tercero, y no hace falta saber de qué elemento se trata.

Los isótopos y los iones

Lo que hay que saber

Dos átomos son **isótopos** cuando coinciden en Z pero llevan dentro del núcleo distinta cantidad de neutrones; al cambiar esa cantidad les cambia también A . Como el elemento lo decide Z y nada más, los isótopos son el mismo elemento y tienen **propiedades químicas muy parecidas**: se unen a los demás de la misma forma, aunque la diferencia de masa haga que unas reacciones vayan algo más deprisa con unos que con otros.

El caso más claro es el del hidrógeno, con $Z = 1$: hay átomos de hidrógeno con 0 neutrones ($A = 1$), con 1 neutrón ($A = 2$) y con 2 neutrones ($A = 3$). Los tres son hidrógeno.

Un **ion** es lo que queda cuando un átomo gana o pierde electrones. Si pierde, se queda con más protones que electrones y su carga es positiva: es un **catión**. Si gana, se queda con más electrones que protones y su carga es negativa: es un **anión**.

La **carga** de un ion se calcula restando: **carga = protones – electrones**. Se escribe arriba a la derecha del símbolo, con el número delante del signo: Ca^{2+} , Cl^- , S^{2-} .

▪ Al formarse un ion **el núcleo no se toca**: los protones y los neutrones siguen siendo los mismos, y lo que se ha movido es solo el recuento de electrones. Por eso un ion nunca es un elemento distinto.

No hay que mezclar las dos ideas de este tema: los isótopos se diferencian en los **neutrones** y los iones en los **electrones**. Dos átomos pueden ser isótopos entre sí, iones del mismo elemento, o ninguna de las dos cosas.

5

El neón tiene $Z = 10$ y en la naturaleza aparece con tres números másicos distintos: $A = 20$, $A = 21$ y $A = 22$. Calcula los neutrones de cada uno y explica por qué los tres son neón.

Solución

Los neutrones salen de $A - Z$ en cada caso: $20 - 10 = 10$ neutrones · $21 - 10 = 11$ neutrones · $22 - 10 = 12$ neutrones.

Los tres tienen **10 protones**, porque los tres tienen $Z = 10$, y eso es lo único que decide de qué elemento se trata. Por eso los tres son neón, aunque lleven dentro distinto número de neutrones.

Son, por tanto, **isótopos** entre sí: mismo Z y distinto A .

Al estar neutros, los tres tienen además **10 electrones**, y como son los electrones los que deciden cómo se une un átomo a otro, los tres se comportan prácticamente igual al unirse a otros átomos.

Comprobación rehaciendo la suma: $10 + 10 = 20$ · $10 + 11 = 21$ · $10 + 12 = 22$. Cada protones más neutrones devuelve su número másico.

6

Calcula los protones, los neutrones y los electrones de estos dos iones: (a) Mg^{2+} , con $Z = 12$ y $A = 24$; (b) S^{2-} , con $Z = 16$ y $A = 32$.

Solución

(a) Los protones son Z : **12 protones**. Los neutrones, $A - Z = 24 - 12 = 12$ neutrones. El $2+$ del símbolo señala un exceso de dos cargas positivas, lo que únicamente se consigue soltando 2 electrones: $12 - 2 = 10$ electrones.

(b) Protones, **16**. Neutrones, $32 - 16 = 16$. El $2-$ señala un exceso de dos cargas negativas, o sea 2 electrones recogidos: $16 + 2 = 18$ electrones.

Comprobación con la resta de la carga en los dos: $12 - 10 = +2$, y coincide con el $2+$ del magnesio; $16 - 18 = -2$, y coincide con el $2-$ del azufre.

En los dos casos el núcleo está intacto: el magnesio sigue con sus 12 protones y 12 neutrones, y el azufre con sus 16 y 16. Lo que se ha movido es únicamente el recuento de la corteza.

Fíjate en un detalle que sale solo de las cuentas: los dos iones se han quedado con 10 y con 18

electrones, que son justo los repartos completos 2, 8 y 2, 8, 8. Por ahí es por donde se entiende que un átomo gane o pierda electrones y no se quede a medias.

7

Un ion tiene **19 protones, 20 neutrones y 18 electrones**. Calcula su carga, su número atómico y su número másico, di si es catión o anión y cuántos electrones tendría el átomo neutro correspondiente.

Solución

La carga se calcula restando: $\text{carga} = \text{protones} - \text{electrones} = 19 - 18 = +1$.

El número atómico es el de protones, **$Z = 19$** , y no lo cambia el hecho de ser un ion.

El número másico cuenta protones y neutrones: $A = 19 + 20 = 39$. Los electrones no entran en A.

Como la carga es positiva, ha perdido electrones: es un **catión**.

El átomo neutro del mismo elemento tendría tantos electrones como protones, o sea **19 electrones**.

Comprobación: $19 - 19 = 0$, que es lo que significa estar neutro, y $19 - 18 = +1$ devuelve la carga del ion.

8

De estas cuatro especies, di cuáles son isótopos entre sí, cuáles son el átomo y el ion de un mismo elemento, y cuál no tiene nada que ver con las demás: (a) 17 protones y 18 neutrones, neutra; (b) 17 protones y 20 neutrones, neutra; (c) 17 protones, 18 neutrones y 18 electrones; (d) 18 protones y 22 neutrones, neutra.

Solución

Primero se saca Z de cada una, que es el número de protones: (a) $Z = 17$ · (b) $Z = 17$ · (c) $Z = 17$ · (d) $Z = 18$. Las tres primeras son del mismo elemento y la cuarta, no.

(a) y (b) son isótopos entre sí: mismo $Z = 17$ y distinto número de neutrones, 18 y 20, luego sus números másicos son $A = 35$ y $A = 37$. Y también lo son **(b) y (c)**, que tienen ese mismo $Z = 17$ y números másicos 37 y 35: que la (c) esté además ionizada no toca su núcleo para nada, y las dos clasificaciones conviven.

(a) y (c) son el átomo y el ion del mismo elemento: las dos tienen 17 protones y 18 neutrones, o sea el mismo núcleo y el mismo $A = 35$. La diferencia está en la corteza: la (a), al ser neutra, tiene 17 electrones, y la (c) tiene 18. Su carga es $17 - 18 = -1$.

(d) es otro elemento, porque su Z vale 18 y no 17. Su número másico, $A = 18 + 22 = 40$, se parece al de (b), pero parecerse en A no significa nada: lo que empareja a dos átomos es Z.

▲ Aquí está el error que este ejercicio viene a evitar: (b) y (d) tienen A parecido y no son isótopos, mientras que (a) y (c) tienen el mismo A y no son isótopos tampoco, sino átomo e ion. Los isótopos se diferencian en los neutrones; los iones, en los electrones.

La ordenación de los elementos en el sistema periódico

Lo que hay que saber

En el **sistema periódico** los elementos van colocados de menor a mayor Z . A cada una de sus 7 franjas horizontales se la llama **periodo**, y a cada una de sus 18 columnas, **grupo**. Es la misma tabla periódica que cuelga de la pared del laboratorio.

El **periodo** se lee directamente del reparto por capas: es el **número de capas ocupadas**. Un átomo con los electrones repartidos en tres capas está en el periodo 3.

▲ El **grupo** se deduce de los electrones de la última capa, con dos salvedades que conviene tener delante: si hay 1 o 2, el grupo es ese mismo número; si hay 3 o más, se le añaden **diez**. La regla cubre las dos primeras columnas y las seis últimas, que son las de estos ejercicios, y no sirve para las diez columnas del centro. Y falla en un elemento con nombre propio: el **helio**. Sus dos únicos electrones no lo ponen en el grupo 2, sino en el **18**, porque con la primera capa ya completa se comporta como un gas noble.

Los **metales** ocupan la izquierda y el centro: brillan, conducen la corriente y se estiran en hilos y en láminas. Los **no metales** ocupan la parte de arriba a la derecha y no hacen casi nada de eso.

Cuatro familias que conviene reconocer por su nombre: los **alcalinos** son los de la columna 1 menos el hidrógeno, que está colocado ahí arriba y no es un metal; los **alcalinotérreos**, los de la 2; los **halógenos**, los de la 17; y los **gases nobles**, los de la 18. Los elementos de una misma columna se comportan de forma parecida al unirse a otros, y el motivo es que coinciden en cuántos electrones tienen arriba del todo.

▲ Con la última capa llena, a los gases nobles no les sobra ni les falta ningún electrón, y de ahí que sean los que **menos reaccionan** de toda la colocación. Decir que no se unen nunca a nada sería ir demasiado lejos: en el laboratorio se han conseguido compuestos del kriptón y del xenón.

9

Un elemento tiene $Z = 19$. Reparte sus electrones por capas y deduce su periodo, su grupo, la familia a la que pertenece y si se trata de un metal o de un no metal.

Solución

Reparto de los 19 electrones: 2 en la primera capa, 8 en la segunda, 8 en la tercera y $19 - 2 - 8 - 8 = 1$ en la cuarta. Queda **2, 8, 8, 1**, y la suma lo confirma: $2 + 8 + 8 + 1 = 19$.

El **periodo** es el número de capas ocupadas, y aquí hay cuatro: **periodo 4**.

En la última capa hay **1 electrón**. Cuando arriba del todo hay 1 o 2 electrones, el grupo coincide con ese recuento, así que está en el **grupo 1**.

El grupo 1 es la familia de los **alcalinos**, que queda en la primera columna, en el extremo izquierdo: es por tanto un **metal**.

Repaso de coherencia con lo que suele hacer un alcalino: si le sobra un electrón para dejar debajo una capa completa, lo lógico es que lo suelte y acabe con carga +1. Y el elemento de $Z = 19$ es el potasio, que en los compuestos corrientes aparece de esa forma.

10

Deduce el número atómico, el periodo y el grupo de estos tres elementos: (a) tiene 3 capas ocupadas y 2 electrones en la última; (b) tiene 2 capas ocupadas y 7 electrones en la última; (c) tiene 3 capas ocupadas y 8 electrones en la última.

Solución

(a) Tres capas con 2 y 8 llenas debajo y 2 arriba: reparto **2, 8, 2**, luego $Z = 12$. Tres capas son **periodo 3**, y con 2 en la última el grupo es ese número: **grupo 2**.

(b) Dos capas, con 2 debajo y 7 arriba: reparto **2, 7**, luego $Z = 9$. Dos capas son **periodo 2**. Con 7 en la última, que son más de dos, hay que añadir diez: $7 + 10 =$ **grupo 17**.

(c) Tres capas, con 2 y 8 debajo y 8 arriba: reparto **2, 8, 8**, luego $Z = 18$. Tres capas son **periodo 3**, y con 8 en la última, $8 + 10 =$ **grupo 18**.

Comprobación de los tres números atómicos sumando su reparto: $2 + 8 + 2 = 12$ · $2 + 7 = 9$ · $2 + 8 + 8 = 18$.

Los tres caen donde cabía esperar: el (a) entre los alcalinotérreos, el (b) entre los halógenos y el (c) entre los gases nobles, que es el único de los tres con la última capa llena.

11

El litio ($Z = 3$) y el sodio ($Z = 11$) reaccionan de forma muy parecida, y el neón ($Z = 10$) y el argón ($Z = 18$) casi no reaccionan con nada. Explica las dos cosas repartiendo sus electrones por capas.

Solución

Litio: 2 y $3 - 2 = 1$, o sea **2, 1**. Sodio: 2, 8 y $11 - 2 - 8 = 1$, o sea **2, 8, 1**. Los dos acaban con **1 electrón en la última capa**.

Ese electrón solitario es lo que decide su comportamiento: los dos tienden a soltarlo, y por eso forman iones de carga +1 y dan compuestos del mismo estilo. Están, en efecto, en el mismo grupo, el 1.

Neón: 2 y $10 - 2 = 8$, o sea **2, 8**. Argón: 2, 8 y $18 - 2 - 8 = 8$, o sea **2, 8, 8**. Los dos acaban con **8 electrones en la última capa**, que es el tope.

Con la última capa llena no les sobra ni les falta nada que intercambiar, así que apenas se unen a otros átomos. Los dos están en el grupo 18, el de los gases nobles.

▲ «Casi no reaccionan» no es «no reaccionan nunca»: en el laboratorio se han preparado compuestos de xenón, que es de esa misma familia. Lo exacto es que son los que menos reaccionan de todo el sistema periódico, no que no se unan a nada.

12

Di el periodo y el grupo de los elementos con $Z = 20$, $Z = 7$ y $Z = 13$, y señala cuál de los tres es un no metal.

Solución

$Z = 20$: reparto 2, 8, 8, 2 (suma 20). Cuatro capas, **periodo 4**; 2 en la última, **grupo 2**.

$Z = 7$: reparto 2, 5 (suma 7). Dos capas, **periodo 2**; 5 en la última, y como son más de dos hay que añadir diez: $5 + 10 =$ **grupo 15**.

$Z = 13$: reparto 2, 8, 3 (suma 13). Tres capas, **periodo 3**; 3 en la última, luego $3 + 10 =$ **grupo 13**.

El **no metal** es el de $Z = 7$. Los grupos altos de los periodos cortos van a parar al rincón superior derecho, que es donde se agrupan los no metales; los otros dos, con $Z = 20$ y $Z = 13$, caen hacia el lado izquierdo, y son metales.

Comprobación de los tres repartos: $2 + 8 + 8 + 2 = 20$ · $2 + 5 = 7$ · $2 + 8 + 3 = 13$. Cada uno devuelve su número atómico, que es lo único que se ha usado como dato.

Cómo se unen los átomos: el enlace químico

Lo que hay que saber

Hay un modelo que funciona bien con los compuestos sencillos de este curso: los átomos se unen para acabar con un reparto de electrones parecido al de un gas noble —ocho en la última capa, o dos si la única capa que tienen es la primera—. No explica todos los casos que existen, pero de él salen los tres tipos de unión que se ven aquí.

Enlace iónico: lo forman un metal con un no metal. El metal suelta los electrones que le sobran, el no metal recoge los que le faltan, y los iones resultantes —positivos unos, negativos otros— se atraen y se apilan en una **red** ordenada. La **fórmula** de un compuesto así no describe ninguna **molécula** suelta: dice en qué proporción se alternan los iones dentro de la red, y el **subíndice** de cada símbolo es ese recuento.

Enlace covalente: ocurre entre no metales. Ninguno de los dos suelta electrones, así que los **comparten** por pares. Casi siempre da moléculas sueltas, unas de dos átomos y otras mayores.

Enlace metálico: ocurre entre metales. Los átomos dejan sueltos sus electrones de la última capa, que se pasean por toda la pieza mientras los iones positivos se quedan colocados en su sitio. Esos electrones sueltos son los que hacen que un metal conduzca.

Lo que cabe esperar de cada uno, y que sirve para reconocerlos a partir de unas medidas: los **iónicos**, sólidos duros de temperatura de fusión alta, que no conducen en estado sólido y sí una vez fundidos o repartidos en agua. Los **covalentes** de moléculas sueltas, de temperatura de fusión baja frente a los otros dos, y que no conducen ni estando sólidos ni una vez fundidos. Los **metálicos**, que conducen ya estando sólidos y son los únicos que lo hacen entre los ejemplos de este curso; fuera de ellos hay excepciones, como el grafito, que es covalente y también conduce.

▲ Ese repaso de propiedades separa los tres tipos con bastante fiabilidad, aunque por sí solo no cierra un caso suelto, y tampoco anticipa en qué estado se encuentra una sustancia: hay covalentes sólidos a temperatura ambiente, como el yodo, y otros que son gases. Para decidir hacen falta al menos dos medidas, y la de conducir es la que más separa.

13

En el laboratorio se han medido tres sólidos. El primero funde a **801 °C**, no conduce la corriente en estado sólido y sí la conduce una vez fundido. El segundo funde a **-7 °C** y no conduce ni sólido ni líquido. El tercero funde a **1.085 °C** y conduce la corriente ya en estado sólido. Di qué clase de unión hay en cada uno.

Solución

El primero tiene **enlace iónico**. Las dos medidas apuntan a lo mismo: temperatura de fusión muy alta, porque para fundirlo hay que deshacer de golpe toda una red de atracciones, y el salto de no conducir a conducir al fundirse, que es lo que ocurre cuando los iones dejan de estar sujetos y pueden desplazarse.

El segundo tiene **enlace covalente**, del que forma moléculas sueltas. Funde a una temperatura bajísima comparada con los otros dos y no conduce ni sólido ni líquido, que es lo que dice el enunciado, porque no hay cargas libres que puedan desplazarse.

El tercero tiene **enlace metálico**. Conducir estando sólido es lo que lo separa de los otros dos: en un metal los electrones de la última capa están sueltos por toda la pieza sin necesidad de fundir nada.

Una pista que avisa: cada uno responde distinto a la pregunta «¿conduce sólido, fundido o nunca?», y con estos tres eso basta para separarlos. No siempre basta —hay sustancias que no se dejan clasificar con una sola medida—, y por eso el enunciado da además las tres temperaturas de fusión.

Por si sirve de referencia, los tres son sustancias conocidas: el primero es la sal común, el segundo es el bromo y el tercero, el cobre.

14

El litio tiene $Z = 3$, el flúor $Z = 9$ y el oxígeno $Z = 8$. Explica qué clase de unión forman el litio con el flúor y averigua qué fórmula tiene el compuesto al que dan lugar; después explica qué clase de unión forman dos átomos de oxígeno entre sí.

Solución

Repartos: litio **2, 1** · flúor **2, 7** · oxígeno **2, 6**. Las sumas devuelven 3, 9 y 8.

Al litio le sobra 1 electrón para que la capa de debajo le quede completa, y al flúor le falta justo 1 para completar la suya. El litio lo suelta y el flúor lo recoge: quedan Li^+ y F^- , que se atraen. Un metal con un no metal da **enlace iónico**.

Con una carga de cada signo el conjunto ya queda neutro poniendo uno de cada, porque $(+1)$ sumado a (-1) da 0, y la fórmula es **LiF**. Lo que expresa es que en la red se alterna un ion de cada clase, no que exista ninguna molécula suelta de LiF.

Dos átomos de oxígeno son dos no metales: ninguno de los dos va a soltar electrones para que se los quede el otro. Lo que hacen es **compartir**, y la unión es **covalente**.

A cada oxígeno le faltan 2 electrones para llegar a ocho, así que comparten dos pares y los dos se quedan contando ocho. El resultado es la molécula **O₂**, que es como está el oxígeno en el aire.

15

El sulfuro de potasio tiene fórmula **K₂S** y el cloruro de potasio, **KCl**. Justifica los subíndices de las dos a partir de los electrones que suelta o recoge cada átomo. Datos: potasio $Z = 19$, azufre $Z = 16$, cloro $Z = 17$.

Solución

Repartos: potasio **2, 8, 8, 1** (suma 19) · azufre **2, 8, 6** (suma 16) · cloro **2, 8, 7** (suma 17).

El potasio guarda 1 solo electrón arriba del todo, y lo suelta: queda K^+ , con una carga positiva. Eso vale igual para los dos compuestos, porque el potasio es el mismo en ambos.

Al azufre le faltan $8 - 6 = 2$ electrones, así que recoge dos y queda S^{2-} . Como cada potasio solo aporta uno, hacen falta **dos potasios por cada azufre**, y por eso **K₂S** lleva un 2 detrás del potasio.

Al cloro le falta $8 - 7 = 1$ electrón, así que recoge uno y queda Cl^- . Con un potasio basta, y por eso **KCl** no lleva ningún subíndice.

Comprobación de las dos con las cargas, que tienen que anularse: $\text{K}_2\text{S} \rightarrow 2 \cdot (+1) + (-2) = 0$ · $\text{KCl} \rightarrow (+1) + (-1) = 0$. Si una de las dos no diera cero, el compuesto tendría carga sobrante y no podría existir así.

La formulación de los compuestos binarios

Lo que hay que saber

Un compuesto **binario** lleva solo dos elementos. Su **fórmula** se escribe con los dos símbolos y un **subíndice** detrás de cada uno que dice cuántos átomos entran; si no hay subíndice, es uno.

El **número de oxidación** es el valor, con su signo, que se le asigna a cada elemento dentro del compuesto. Los subíndices se eligen para que, multiplicando cada número de oxidación por el subíndice que le corresponde y sumándolo todo, **el resultado sea cero**. Con el aluminio a +3 y el cloro a -1 eso obliga a poner tres cloros, y queda AlCl_3 : $(+3) + 3 \cdot (-1) = 0$.

▲ Esa suma cero comprueba que la fórmula es coherente **con los números de oxidación que has usado**, y nada más. No decide cuál te están pidiendo: Cu_2O y CuO suman cero las dos, y son dos óxidos distintos del cobre. Cuando un elemento admite varios números de oxidación, quien decide es el nombre.

En la fórmula va delante el elemento con el número positivo, que suele ser un metal o el hidrógeno, y detrás el que lleva el negativo. El nombre recorre los dos en sentido contrario: arranca por el que está escrito en segundo lugar.

Hay dos maneras de nombrarlos, y las dos son correctas: usando **prefijos** que dicen cuántos átomos hay de cada uno (mono-, di-, tri-, tetra-, penta-), o escribiendo tras el primer elemento su número de oxidación **en cifras romanas dentro de un paréntesis**. Ese paréntesis solo hace falta cuando el elemento admite más de un valor.

Los tres tipos binarios de este curso: **óxidos**, que llevan oxígeno con -2 · **hidruros**, que llevan hidrógeno con -1 junto a un metal · y **sales binarias**, un metal con un no metal que no sea oxígeno.

16

Escribe la fórmula de estos cuatro compuestos: (a) óxido de litio; (b) sulfuro de cinc; (c) cloruro de aluminio; (d) óxido de plomo(IV). Datos de números de oxidación: Li +1 · Zn +2 · Al +3 · Pb +4 · O -2 · S -2 · Cl -1.

Solución

(a) **Óxido de litio**. El litio va con +1 y el oxígeno con -2. Hay que elegir los subíndices con los que todo se anule: con dos litios, $2 \cdot (+1) + (-2) = +2 - 2 = 0$. Queda **Li_2O** .

(b) **Sulfuro de cinc**. Cinc +2 y azufre -2: $(+2) + (-2) = 0$ con un átomo de cada uno. Queda **ZnS** , sin ningún subíndice.

(c) **Cloruro de aluminio**. Aluminio +3 y cloro -1: hacen falta tres cloros, porque $(+3) + 3 \cdot (-1) = +3 - 3 = 0$. Queda **AlCl_3** .

(d) **Óxido de plomo(IV)**. El romano dice con qué número actúa el plomo, +4. Con el oxígeno a -2 hacen falta dos oxígenos: $(+4) + 2 \cdot (-2) = +4 - 4 = 0$. Queda **PbO_2** .

Repaso de las cuatro, anulando la suma en cada una: $\text{Li}_2\text{O} \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{ZnS} \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{AlCl}_3 \rightarrow +3 - 3 = 0$ · $\text{PbO}_2 \rightarrow +4 - 4 = 0$. A ninguna le queda carga sobrante.

17

Nombra estos cuatro compuestos de las maneras que admita cada uno: **CuO** , **Cu_2O** , **K_2S** y **SiO_2** . Datos: el cobre actúa con +2 y con +1 · K +1 · Si +4 · O -2 · S -2.

Solución

CuO . Con un oxígeno a -2, el cobre está actuando con +2, porque $(+2) + (-2) = 0$. Con el romano se llama **óxido de cobre(II)**; contando átomos, **monóxido de cobre**.

Cu_2O . Aquí el mismo oxígeno a -2 se reparte entre dos cobres, así que cada uno actúa con +1: $2 \cdot (+1) + (-2) = 0$. Se llama **óxido de cobre(I)** o bien **óxido de dicobre**.

K_2S . Al potasio solo se le conoce el valor +1, de modo que el romano no hace ninguna falta: **sulfuro de potasio**. Y contando átomos vale también **sulfuro de dipotasio**, que es la forma con prefijos.

SiO_2 . Los dos oxígenos aportan $2 \cdot (-2) = -4$, así que al silicio le toca +4 para dejarlo todo en cero.

Se llama **dióxido de silicio** o **óxido de silicio(IV)**.

Repaso de los cuatro, anulando la suma en cada uno: $\text{CuO} \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{Cu}_2\text{O} \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{K}_2\text{S} \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{SiO}_2 \rightarrow +4 - 4 = 0$.

18

Escribe la fórmula de: (a) hidruro de calcio; (b) sulfuro de hidrógeno; (c) yoduro de potasio; (d) tricloruro de fósforo. Datos: Ca +2 · H +1 junto a un no metal y -1 junto a un metal · K +1 · P +3 · S -2 · I -1 · Cl -1.

Solución

(a) **Hidruro de calcio**. En un hidruro el hidrógeno va con -1, porque el otro elemento es un metal. Calcio +2 e hidrógeno -1: $(+2) + 2 \cdot (-1) = 0$, así que **CaH₂**.

(b) **Sulfuro de hidrógeno**. Ahora el hidrógeno acompaña a un no metal, así que va con +1, y el azufre con -2: $2 \cdot (+1) + (-2) = 0$, luego **H₂S**. Fíjate en que el hidrógeno se escribe delante porque aquí lleva el número positivo.

(c) **Yoduro de potasio**. Potasio +1 y yodo -1: $(+1) + (-1) = 0$ con un átomo de cada uno, o sea **KI**.

(d) **Tricloruro de fósforo**. El prefijo tri- ya dice que van tres cloros, y como el fósforo viene sin prefijo, de él hay uno solo: **PCl₃**. Cuadra con los datos, porque $(+3) + 3 \cdot (-1) = 0$.

▲ El hidrógeno es el único de esta lista que cambia de signo según con quién vaya, y en los apartados (a) y (b) va de las dos maneras. Mirar quién lo acompaña, metal o no metal, es lo que decide.

19

El cobre forma dos óxidos distintos, uno actuando con **+1** y otro con **+2**, y el oxígeno va con **-2** en los dos. Escribe las dos fórmulas, comprueba que en las dos se anulan los números de oxidación y explica qué le falta a esa comprobación para decidir cuál de los dos te están pidiendo.

Solución

Con el cobre a +1 hacen falta dos cobres por cada oxígeno: $2 \cdot (+1) + (-2) = 0$, así que **Cu₂O**.

Con el cobre a +2 basta uno: $(+2) + (-2) = 0$, así que **CuO**.

Las dos se anulan igual de bien, y las dos están correctamente escritas. Son sustancias distintas: una es un sólido rojizo y la otra, negra.

Esa anulación dice únicamente que la fórmula es coherente **con el valor que tú has empleado**. No mira si ese valor es el que pedía el nombre, y por eso no sirve para elegir entre las dos.

Lo que sí decide es el nombre: óxido de cobre(I) es Cu₂O y óxido de cobre(II) es CuO; y con prefijos, óxido de dicobre y monóxido de cobre. Cuando un elemento admite varios valores, el romano o el prefijo no son un adorno: son el dato que falta.

Las reacciones químicas y su ajuste

Lo que hay que saber

En una **reacción química** unas sustancias, los **reactivos**, se convierten en otras distintas, los **productos**. Los átomos que había al empezar son exactamente los mismos que hay al terminar: lo único que cambia es cómo están unidos.

Una **ecuación química** escribe eso con fórmulas: los reactivos a la izquierda, una flecha, y los productos a la derecha. La flecha se lee «se transforma en» y apunta siempre en el sentido en que ocurre la reacción.

Ajustar consiste en poner un **coeficiente** delante de cada fórmula, hasta conseguir que de todo elemento haya el mismo recuento de átomos antes y después de la flecha. ■ Los subíndices viven dentro de la fórmula y no se tocan nunca: al tocarlos se cambia de sustancia, y entonces lo que se resuelve es otro problema.

El orden que menos vueltas da: empezar por el elemento que aparezca en **una sola fórmula de cada lado**, dejar para el final el oxígeno y el hidrógeno —que suelen estar repartidos en varias—, y recontar al acabar.

Un coeficiente cuenta unidades enteras de esa fórmula. En $2 \text{H}_2\text{O}$ hay dos moléculas de agua, o sea 4 átomos de hidrógeno y 2 de oxígeno; en H_4O_2 , que no es agua, habría una sola partícula con esos mismos átomos dentro.

▲ Para dar por buena una ecuación se cuentan **átomos**, no coeficientes. Que los coeficientes sumen lo mismo a los dos lados no demuestra nada: pasa en unas ecuaciones bien ajustadas y no pasa en otras igual de bien ajustadas.

20

El metano, de fórmula CH_4 , arde con el oxígeno del aire, O_2 , y produce agua, H_2O , junto a dióxido de carbono, CO_2 . Escribe la ecuación de esa reacción y ajústala.

Solución

El carbono es el más cómodo para arrancar, porque está en una sola fórmula de cada lado: hay 1 dentro del CH_4 y 1 dentro del CO_2 , así que de momento no hace falta tocar nada.

Sigo con el hidrógeno: a la izquierda hay 4, y cada agua lleva 2, de modo que hacen falta **2 H_2O** para reunir esos cuatro.

Queda el oxígeno, y se deja para el último lugar porque aparece repartido en dos fórmulas del lado derecho: el CO_2 aporta 2 y las dos aguas aportan $2 \cdot 1 = 2$, en total **4**. Como el O_2 viene de dos en dos, hacen falta $4 \div 2 = \mathbf{2 \text{ O}_2}$.

La ecuación ajustada queda $\mathbf{\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}}$.

Recuento final, sin el cual el ejercicio no queda cerrado: carbono, 1 y 1 · hidrógeno, 4 y $2 \cdot 2 = 4$ · oxígeno, $2 \cdot 2 = 4$ y $2 + 2 \cdot 1 = 4$. Los tres cuadran, y ningún subíndice se ha movido: lo único añadido son cifras por delante de las fórmulas.

21

Ajusta estas tres ecuaciones: (a) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl}$; (b) $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$; (c) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$.

Solución

(a) A la izquierda el hidrógeno y el cloro vienen de dos en dos, y a la derecha cada HCl lleva uno de cada. Poniendo **2 HCl** queda $\mathbf{\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}}$. Recuento: hidrógeno 2 y 2, cloro 2 y 2.

(b) El cinc ya está igualado, 1 y 1. A la derecha el ZnCl_2 pide 2 cloros, que solo pueden venir de **2 HCl** ; esos dos HCl traen además 2 hidrógenos, que son justo los de la molécula H_2 de la derecha. Queda $\mathbf{\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2}$. Recuento: cinc 1 y 1, hidrógeno 2 y 2, cloro 2 y 2.

(c) Aquí el oxígeno es el que estorba: a la izquierda va de tres en tres y a la derecha de dos en dos. El número más pequeño que admite las dos cosas es 6, así que pongo **2 KClO_3** ($2 \cdot 3 = 6$) y **3 O_2** ($3 \cdot 2 = 6$). El potasio y el cloro quedan entonces a 2, y por eso hace falta **2 KCl** : $\mathbf{2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2}$.

O₂.

Recuento del apartado (c), que es el que más se tuerce: potasio, 2 y 2 · cloro, 2 y 2 · oxígeno, 2 · 3 = 6 y 3 · 2 = 6.

Fíjate en cómo se ha elegido el 6 del último: cuando un elemento está en dos fórmulas con subíndices distintos, el camino corto es buscar el menor número que sirva para los dos y repartirlo.

22

En esta ecuación ya ajustada, la de la reacción del etano con el oxígeno, **2 C₂H₆ + 7 O₂ → 4 CO₂ + 6 H₂O**, recuenta, elemento por elemento, los átomos que hay antes y después de la flecha, y calcula cuántas moléculas de agua y de dióxido de carbono se obtienen a partir de **10 moléculas de etano**.

Solución

Carbono: a la izquierda 2 · 2 = **4** y a la derecha 4 · 1 = **4**.

Hidrógeno: a la izquierda 2 · 6 = **12** y a la derecha 6 · 2 = **12**.

Oxígeno: a la izquierda 7 · 2 = **14** y a la derecha 4 · 2 + 6 · 1 = 8 + 6 = **14**. Los tres elementos cuadran, así que la ecuación está bien ajustada.

La ecuación habla de 2 moléculas de etano; 10 son 10 ÷ 2 = **5 veces** esa cantidad. Multiplicando por 5 los demás coeficientes salen 5 · 6 = **30 moléculas de agua** y 5 · 4 = **20 moléculas de dióxido de carbono** (y harían falta 5 · 7 = 35 de oxígeno).

▲ Aquí conviene fijarse en una comprobación que **no** sirve: los coeficientes suman 2 + 7 = 9 a la izquierda y 4 + 6 = 10 a la derecha, y la ecuación está perfectamente ajustada. Sumar coeficientes no comprueba nada; lo único que se cuenta son los átomos, elemento por elemento.

23

Escribe y ajusta la ecuación de estas tres reacciones: (a) el hidrógeno y el oxígeno se combinan y dan agua; (b) el sodio y el azufre dan sulfuro de sodio; (c) el nitrógeno y el oxígeno dan monóxido de nitrógeno. Datos: el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno forman moléculas de dos átomos; sulfuro de sodio es Na₂S y monóxido de nitrógeno es NO.

Solución

(a) Sin ajustar sería H₂ + O₂ → H₂O. A la izquierda hay 2 oxígenos y a la derecha 1, así que pongo **2 H₂O**; eso sube el hidrógeno a 4 y obliga a **2 H₂**. Queda **2 H₂ + O₂ → 2 H₂O**. Recuento: hidrógeno 4 y 4, oxígeno 2 y 2.

(b) Sin ajustar, Na + S → Na₂S. El azufre ya está a 1 y 1; el sodio está a 1 a la izquierda y a 2 a la derecha, de modo que basta con **2 Na**. Queda **2 Na + S → Na₂S**. Recuento: sodio 2 y 2, azufre 1 y 1.

(c) Sin ajustar, N₂ + O₂ → NO. A la izquierda hay 2 nitrógenos y 2 oxígenos y a la derecha uno de cada, así que con **2 NO** se igualan los dos de golpe: **N₂ + O₂ → 2 NO**. Recuento: nitrógeno 2 y 2, oxígeno 2 y 2.

Comprobación común a los tres: en ninguno se ha tocado un subíndice. H₂O sigue siendo H₂O y Na₂S sigue siendo Na₂S; lo único que se ha movido son los números de delante.

Fíjate en que el sodio, por ser un metal, entra suelto en la ecuación y no como molécula de dos átomos. El hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno, que son no metales, sí van de dos en dos, y el enunciado lo dice a propósito porque es el dato que cambia el ajuste.

Las reacciones químicas en la vida diaria

Lo que hay que saber

Una **combustión** es la reacción de un combustible con el oxígeno del aire que desprende **energía** en forma de calor y de luz. Cuando el combustible lleva carbono e hidrógeno y hay oxígeno de sobra, los productos son dióxido de carbono y agua.

La **oxidación** de un metal al aire es la misma clase de reacción, pero sin llama y mucho más despacio: el metal se une al oxígeno y se convierte en un óxido, que es otra sustancia, con otro color y otra dureza.

Lo que hace que una reacción vaya más deprisa o más despacio: la **temperatura** (más caliente, más rápida), el **grado de división** del sólido (cuanto más partido, más superficie tocándose y más rápida), la cantidad de reactivo que hay en cada trozo de espacio, y la presencia de un **catalizador**, que es una sustancia que acelera la reacción sin gastarse en ella.

El dióxido de carbono que sale de las combustiones se acumula en la atmósfera y refuerza el **efecto invernadero**. Y los óxidos de azufre y de nitrógeno que salen de algunos combustibles se combinan con el agua de las nubes y caen como **lluvia ácida**.

▲ Que una reacción vaya deprisa no la hace mejor ni peor: interesa acelerarla cuando el producto hace falta, como en un motor, e interesa frenarla cuando lo que se estropea es el material, como en una reja que se oxida. Las mismas cuatro cosas de arriba sirven para lo uno y para lo otro.

24

Se echa una pastilla efervescente en un vaso de agua de cuatro maneras: (a) entera, en agua fría; (b) entera, en agua caliente; (c) machacada, en agua fría; (d) machacada, en agua caliente. Di en cuál se acabará antes la reacción, en cuál tardará más y qué se puede decir de las otras dos.

Solución

La reacción va más deprisa cuanto mayor es la temperatura y cuanto más partido está el sólido, porque entonces hay más superficie del sólido tocando el agua.

La más rápida es **la (d)**: es la única que reúne los dos factores a su favor, estar machacada y estar en agua caliente.

La más lenta es **la (a)**: es la única que tiene las dos en contra, entera y en agua fría.

Entre **la (b) y la (c) no se puede decidir con estos datos**, y esa es la respuesta correcta al tercer apartado. Una tiene a su favor la temperatura y la otra la superficie, y cuál pesa más depende de cuánto se haya calentado el agua y de en cuántos trozos haya quedado la pastilla. Para ordenarlas habría que medirlo.

▲ Conviene no forzar una respuesta donde no la hay: ordenar las cuatro de principio a fin parece lo que pide el ejercicio, pero con dos factores sueltos y sin medidas solo están decididos el primer puesto y el último.

25

El butano, C_4H_{10} , arde por completo con el oxígeno del aire, O_2 , y produce agua, H_2O , junto a dióxido de carbono, CO_2 . Escribe esa ecuación, ajústala y di cuál de los dos productos es el que se acumula en la atmósfera y refuerza el efecto invernadero.

Solución

Carbono: hay 4 a la izquierda, así que hacen falta **4 CO_2** a la derecha.

Hidrógeno: hay 10 a la izquierda, y cada agua lleva 2, de modo que hacen falta **5 H_2O** .

Oxígeno: a la derecha quedan $4 \cdot 2 + 5 \cdot 1 = 8 + 5 = 13$ átomos, y el O_2 los trae de dos en dos. $13 \div 2$ no es entero, así que se duplica todo lo anterior: **$2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$** .

Recuento de la ecuación duplicada: carbono, $2 \cdot 4 = 8$ y $8 \cdot 1 = 8$; hidrógeno, $2 \cdot 10 = 20$ y $10 \cdot 2 = 20$; oxígeno, $13 \cdot 2 = 26$ y $8 \cdot 2 + 10 \cdot 1 = 16 + 10 = 26$. Los tres cuadran.

El producto que refuerza el efecto invernadero es el **dióxido de carbono**. Los dos gases retienen calor, y el dióxido de carbono también tiene su ciclo natural; la diferencia está en cuánto aguantan arriba: el agua que sale vuelve a caer como lluvia en unos días, y el dióxido de carbono que se añade tarda muchísimo más en retirarse, así que su cantidad va subiendo año tras año.

26

Una reja de hierro sin pintar, a la intemperie, aparece oxidada al cabo de unos meses. La misma reja recién pintada aguanta años sin oxidarse. Y un clavo de hierro metido en agua con sal se oxida en unos días. Explica las tres cosas y di qué hace la pintura.

Solución

Oxidarse es unirse al oxígeno para formar un óxido, que es otra sustancia: por eso el hierro oxidado tiene otro color y se deshace con facilidad, mientras que el hierro de partida no.

En la reja sin pintar la reacción ocurre, pero es lenta: el oxígeno del aire y la humedad tardan meses en transformar una capa apreciable de hierro. Es la misma clase de reacción que una combustión, sin llama y mucho más despacio.

La **pintura** actúa como barrera: mientras la capa siga entera, el oxígeno y el agua no llegan al hierro y la reacción no arranca. En cuanto se raya o se cuartea, el hierro queda al aire por ahí y empieza a oxidarse, de modo que la protección dura lo que dure la película.

El clavo en agua con sal se oxida mucho más deprisa porque la sal disuelta hace que el agua conduzca mucho mejor, y en la corrosión del hierro hay cargas desplazándose de un punto a otro del metal: cuanto mejor conduce el medio que lo rodea, más deprisa va todo.

▲ Aquí interesa lo contrario que en un motor: acelerar la reacción sería un problema, no una ventaja. De los factores del tema, el que se usa a diario contra la corrosión es quitar el contacto —pintar, engrasar—, y no bajar la temperatura, que en la calle no está en nuestra mano. Galvanizar suma los dos efectos: la capa de cinc separa, y además el cinc se oxida antes que el hierro y va gastándose en su lugar.

La carga eléctrica y la corriente

Lo que hay que saber

Hay dos clases de **carga eléctrica**, la positiva y la negativa. Dos cargas de la misma clase se repelen y dos de distinta clase se atraen; esa es toda la regla, y de ella sale el resto del tema.

Un cuerpo se **electriza** cuando gana o pierde electrones. ■ Los protones no se mueven de sitio: están amarrados en el núcleo. Un cuerpo que ha perdido electrones queda positivo y uno que los ha ganado queda negativo, y en el frotamiento lo que gana uno lo pierde el otro.

Conductores son los materiales por los que los electrones circulan con facilidad, como los metales; **aislantes**, aquellos por los que no circulan, como el plástico, el vidrio o la madera seca. Un cable lleva las dos cosas: metal por dentro y aislante por fuera.

La **corriente eléctrica** es el paso ordenado de cargas por un conductor: en los cables metálicos de estos ejercicios las llevan los electrones, y en una sal fundida o en agua salada las llevan los iones. Lo que se mide es la **intensidad**: cuánta carga pasa por cada segundo. $I = Q \div t$, con la carga en **culombios** (C), el tiempo en segundos y la intensidad en **amperios** (A). Un amperio es un culombio por segundo.

Un culombio es muchísima carga a escala de un átomo: la carga de un electrón es $-1,6 \times 10^{-19}$ C, y para contarlos se usa ese mismo valor sin el signo, así que para juntar un culombio hacen falta más de seis trillones de electrones. Por eso las intensidades de clase, de décimas de amperio, ya suponen cantidades enormes de electrones por segundo.

27

Una barra de plástico frotada con un paño de lana queda cargada negativamente. Responde: (a) qué ha ganado o perdido la barra; (b) con qué carga se queda el paño; (c) qué ocurre si se acerca esa barra a otra barra igual, frotada del mismo modo.

Solución

(a) La barra ha **ganado electrones**. Es la única manera de quedarse con carga negativa: los protones están amarrados en el núcleo y no pasan de un cuerpo a otro.

(b) El paño se queda con carga **positiva**, y exactamente con tanta carga positiva como negativa ha ganado la barra. Los electrones que tiene ahora la barra son los que le faltan al paño.

(c) Las dos barras están cargadas del mismo signo, el negativo, así que **se repelen**.

La regla que resuelve el apartado (c) es la única de este tema: cargas del mismo signo se repelen y cargas de distinto signo se atraen.

Comprobación de que (a) y (b) son coherentes: al frotar no aparece ni desaparece carga; únicamente cambia de sitio. Si la barra ha ganado, el paño ha perdido lo mismo, y sumando los dos cuerpos la carga total sigue siendo la que era antes de frotar.

28

Por la sección de un cable pasa una carga de **48 C** en **2 minutos**. Calcula la intensidad de la corriente y, manteniendo esa misma intensidad, la carga que pasaría en **media hora**.

Solución

Primero el tiempo en segundos, porque la intensidad se mide en culombios por segundo: $2 \text{ min} = (2 \text{ min}) \times (60 \text{ s/min}) = \mathbf{120 \text{ s}}$.

$I = Q \div t = (48 \text{ C}) \div (120 \text{ s}) = \mathbf{0,4 \text{ A}}$. La división trae ya puesta la unidad: culombios repartidos entre segundos son amperios.

Para la segunda parte, media hora en segundos: $(0,5 \text{ h}) \times (3.600 \text{ s/h}) = \mathbf{1.800 \text{ s}}$.

De $I = Q \div t$ se despeja $Q = I \cdot t = (0,4 \text{ A}) \times (1.800 \text{ s}) = \mathbf{720 \text{ C}}$. Al multiplicar, los segundos se cancelan con los que lleva dentro el amperio y lo que sobrevive es una carga.

Comprobación por la operación inversa: $(720 \text{ C}) \div (1.800 \text{ s}) = 0,4 \text{ A}$, la intensidad de partida. Y de tamaño: media hora son $1.800 \div 120 = 15$ veces los dos minutos del principio, y $15 \times 48 \text{ C} = 720 \text{ C}$.

29

Por el filamento de una bombilla circula una intensidad de **0,25 A** durante **5 minutos**. Calcula la carga total que ha pasado y cuántos electrones son, sabiendo que la carga de un electrón es $\mathbf{-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}}$ y que, para contar electrones, lo que se usa es ese valor sin el signo.

Solución

El tiempo, en segundos: $5 \text{ min} = (5 \text{ min}) \times (60 \text{ s/min}) = \mathbf{300 \text{ s}}$.

$Q = I \cdot t = (0,25 \text{ A}) \times (300 \text{ s}) = \mathbf{75 \text{ C}}$. Amperios por segundos dan culombios, porque un amperio es un culombio por segundo.

El número de electrones sale de repartir esa carga entre la de uno solo, tomada sin signo: $N = (75 \text{ C}) \div (1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) = \mathbf{4,6875 \times 10^{20} \text{ electrones}}$. Aquí se reparten culombios entre culombios, de modo que el resultado sale sin unidad: es un recuento de electrones.

Comprobación por la inversa: $(4,6875 \times 10^{20}) \times (1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 75 \text{ C}$, la carga de antes.

Lo que dice ese resultado: por una bombilla corriente, en cinco minutos, han pasado más de cuatrocientos trillones de electrones, porque un trillón es un 1 seguido de dieciocho ceros. Las intensidades que se manejan en clase parecen pequeñas y no lo son en absoluto a escala de las partículas.

Responde a estas tres preguntas sobre materiales: (a) por qué un cable lleva cobre por dentro y plástico por fuera; (b) por qué al frotar dos cuerpos se mueven los electrones y no los protones; (c) por qué una varilla metálica sujeta con la mano es más difícil de cargar por frotamiento que una de plástico.

Solución

(a) El **cobre** es un conductor: sus electrones circulan por él con facilidad, y para eso está el cable. El **plástico** es un aislante: impide que la corriente salga hacia la mano de quien lo toca o hacia otro cable.

(b) Porque los **protones están en el núcleo**, sujetos, y los electrones de la última capa están en la parte de fuera del átomo y pueden pasar de un cuerpo a otro. Al frotar, lo único que se traslada son electrones.

(c) Porque la varilla metálica conduce: los electrones que se le arrancan o se le añaden se van por el metal y por el cuerpo de quien la sujeta, y el cuerpo no llega a quedarse cargado. En el plástico, en cambio, la carga se queda donde se ha puesto.

Las tres respuestas usan la misma idea: en un conductor la carga se mueve y en un aislante se queda quieta.

Comprobación de coherencia entre (a) y (c): si el plástico impide que la corriente salga de un cable, tiene que impedir también que la carga se escape de una varilla frotada. Es exactamente la misma propiedad vista desde dos sitios.

La ley de Ohm

Lo que hay que saber

Un **generador** —una pila, un enchufe— mantiene entre sus dos bornes una diferencia que empuja a los electrones. Eso es el **voltaje**, se mide en **voltios** (V), y sin él no hay corriente por mucho conductor que haya.

La **resistencia** mide lo que un material dificulta el paso de la corriente. Se mide en **ohmios** (Ω). A igual voltaje, cuanto más resistencia, menos intensidad pasa.

La **ley de Ohm** relaciona las tres: $V = I \cdot R$, con V en voltios, I en amperios y R en ohmios. Despejando salen las otras dos: $I = V \div R$ y $R = V \div I$.

Comprueba siempre con la unidad y no con el aspecto del número. ▲ Al despejar es fácil dividir al revés, y el resultado **no tiene por qué chirriar**: con 4,5 V y 25 Ω lo correcto son 0,18 A, y quien divida al revés obtiene 5,56, que a la vista pasa por una intensidad normal de un electrodoméstico. Lo que lo delata es que ahí las unidades salen en ohmios por voltio, que no es una intensidad.

▲ La ley de Ohm describe bien a los conductores cuya resistencia se mantiene mientras se les aplica más voltaje, que son los que aparecen aquí. No vale para todo: el filamento de una bombilla se calienta al pasar la corriente y entonces su resistencia sube, así que la proporción deja de cumplirse.

La resistencia de un hilo depende del material del que esté hecho, de lo largo que sea —cuanto más largo, más resistencia— y de lo grueso —cuanto más grueso, menos—.

Una resistencia de **25 Ω** se conecta a una pila de **4,5 V**. Calcula la intensidad que circula por ella.

Solución

La ley de Ohm dice $V = I \cdot R$, y aquí lo desconocido es I, así que se despeja: $I = V \div R$.

$I = (4,5 \text{ V}) \div (25 \Omega) = \mathbf{0,18 \text{ A}}$. La división trae ya puesta la unidad: voltios repartidos entre ohmios son amperios.

Comprobación por la operación inversa: $(0,18 \text{ A}) \times (25 \Omega) = 4,5 \text{ V}$, el voltaje del enunciado.

Comprobación de tamaño: se están repartiendo 4,5 V entre 25 Ω , o sea un número pequeño entre otro bastante mayor, de modo que el resultado tenía que quedar muy por debajo de 1 A. Y 0,18 A lo está.

▲ Conviene escribir la unidad también en el paso del despeje. Invirtiendo la división salen $(25 \Omega) \div (4,5 \text{ V}) \approx 5,56$ ohmios por voltio, y esa cifra, escrita a secas, se confunde sin ningún esfuerzo con la intensidad de un electrodoméstico. La unidad es lo que los separa de un vistazo; y si aun así queda duda, se sustituye en $V = I \cdot R$, porque 5,56 multiplicado por los 25 Ω no devuelve los 4,5 V del enunciado y 0,18 A sí.

- 32** Por una resistencia circulan **0,5 A** cuando se le aplican **12 V**. Calcula su resistencia y el voltaje que habría que aplicarle para que circularan **0,8 A**.

Solución

De $V = I \cdot R$ se despeja **$R = V \div I$** .

$R = (12 \text{ V}) \div (0,5 \text{ A}) = \mathbf{24 \Omega}$. Voltios entre amperios dan ohmios.

La resistencia es la misma pieza en los dos casos, así que para la segunda parte se usa ese valor: $V = I \cdot R = (0,8 \text{ A}) \times (24 \Omega) = \mathbf{19,2 \text{ V}}$. Amperios por ohmios devuelven voltios.

Comprobación de la segunda por la inversa: $(19,2 \text{ V}) \div (24 \Omega) = 0,8 \text{ A}$, la intensidad que se pedía.

Comprobación de tamaño, que se hace casi de cabeza: 0,8 A es 1,6 veces 0,5 A, y con la misma resistencia el voltaje tiene que crecer en esa misma proporción. Y $1,6 \times 12 \text{ V} = 19,2 \text{ V}$.

- 33** Calcula el dato que falta en cada uno de estos tres casos: (a) un aparato de 15 Ω conectado a 4,5 V; (b) una resistencia de 40 Ω por la que circulan 0,3 A; (c) un radiador conectado a 230 V por el que circulan 2 A.

Solución

(a) Falta la intensidad, así que se usa $I = V \div R$: $I = (4,5 \text{ V}) \div (15 \Omega) = \mathbf{0,3 \text{ A}}$.

(b) Falta el voltaje, así que se usa la ley tal cual: $V = I \cdot R = (0,3 \text{ A}) \times (40 \Omega) = \mathbf{12 \text{ V}}$.

(c) Falta la resistencia, así que se usa $R = V \div I$: $R = (230 \text{ V}) \div (2 \text{ A}) = \mathbf{115 \Omega}$.

Comprobación de los tres devolviendo el dato de partida: $(0,3 \text{ A}) \times (15 \Omega) = 4,5 \text{ V}$ · $(12 \text{ V}) \div (40 \Omega) = 0,3 \text{ A}$ · $(230 \text{ V}) \div (115 \Omega) = 2 \text{ A}$.

Fíjate en que la unidad del resultado avisa de si se ha despejado bien: en (a) tenían que salir amperios, en (b) voltios y en (c) ohmios. Si en el (c) hubieras dividido al revés, el resultado habría salido en amperios por voltio, que no es una resistencia.

- 34** De un hilo metálico se mide la intensidad que circula para tres voltajes distintos: con **2 V** pasan **0,1 A**; con **4 V**, **0,2 A**; y con **6 V**, **0,3 A**. Di si el hilo se comporta según la ley de Ohm, calcula su resistencia y la intensidad que cabe esperar con **9 V**.

Solución

Se calcula $R = V \div I$ en cada medida: $(2 \text{ V}) \div (0,1 \text{ A}) = \mathbf{20 \Omega}$ · $(4 \text{ V}) \div (0,2 \text{ A}) = \mathbf{20 \Omega}$ · $(6 \text{ V}) \div (0,3 \text{ A}) = \mathbf{20 \Omega}$.

Los tres cocientes dan el mismo valor, de modo que la resistencia del hilo **no cambia** al cambiar el voltaje: el hilo se comporta según la ley de Ohm, y su resistencia es **20 Ω** .

Con 9 V cabe esperar $I = (9 \text{ V}) \div (20 \Omega) = \mathbf{0,45 \text{ A}}$.

Comprobación de esa predicción con la proporción: 9 V es 4,5 veces los 2 V de la primera medida, y $4,5 \times 0,1 \text{ A} = 0,45 \text{ A}$. Los dos caminos llevan al mismo sitio.

▲ Ese «cabe esperar» es literal, y el ejercicio lo dice así a propósito: la predicción vale mientras el hilo siga comportándose igual. El filamento de una bombilla, por ejemplo, se calienta al pasar la

corriente y su resistencia sube, así que con él los tres cocientes no habrían salido iguales.

Los circuitos en serie y en paralelo

Lo que hay que saber

Un **circuito** es un camino cerrado con cuatro cosas: un generador que empuja, unos conductores que llevan, uno o varios **receptores** que aprovechan la corriente —bombillas, motores, resistencias— y un **interruptor** que abre y cierra el paso.

En **serie** los receptores van uno detrás de otro y hay un solo camino. Por todos pasa **la misma intensidad**, el voltaje del generador **se reparte** entre ellos, y la resistencia total es la suma: $R = R_1 + R_2$.

En **paralelo** cada receptor tiene su propio camino entre los mismos dos puntos. Todos reciben **el voltaje entero** del generador, la intensidad se reparte entre las ramas, y la resistencia total sale de $1 \div R = 1 \div R_1 + 1 \div R_2$, que siempre da un valor **menor que la más pequeña** de las dos.

Si en serie se funde un receptor, el camino se corta y se apagan todos. En paralelo, los demás siguen encendidos porque su camino no se ha tocado, y por eso la instalación de una vivienda va en paralelo.

▲ Con el mismo generador, un receptor luce más en paralelo que en serie, porque recibe el voltaje entero en vez de una parte. Lo que no conviene olvidar es la otra cara: al añadir ramas la resistencia total baja y la **intensidad total sube**, y de ahí que se puedan sobrecargar los cables.

Para comprobar un circuito en serie se suman los voltajes de los receptores y tiene que salir el del generador. ▲ Eso descarta un error de suma, pero **deja pasar otro fallo muy fácil de cometer**: repartir el voltaje del generador a partes iguales sin mirar las resistencias. Un reparto a medias también suma el total, así que cada voltaje hay que sacarlo aparte con $I \cdot R$.

- 35** Una pila de **12 V** alimenta dos resistencias de **20 Ω** y **30 Ω** conectadas **en serie**. Calcula la resistencia equivalente, la intensidad que circula y el voltaje que soporta cada resistencia.

Solución

En serie las resistencias se suman: $R = (20 \Omega) + (30 \Omega) = 50 \Omega$.

La intensidad se calcula con esa resistencia equivalente y el voltaje de la pila: $I = V \div R = (12 \text{ V}) \div (50 \Omega) = 0,24 \text{ A}$. Por las dos resistencias pasa esa misma intensidad, porque hay un solo camino.

Voltaje de la primera: $V = I \cdot R = (0,24 \text{ A}) \times (20 \Omega) = 4,8 \text{ V}$.

Voltaje de la segunda: $V = (0,24 \text{ A}) \times (30 \Omega) = 7,2 \text{ V}$.

Comprobación de la suma: los dos voltajes tienen que dar el de la pila, y $4,8 \text{ V} + 7,2 \text{ V} = 12 \text{ V}$. Fíjate además en que la resistencia mayor se queda con el voltaje mayor, que es lo coherente cuando por las dos circula idéntica intensidad.

- 36** Dos resistencias de **20 Ω** y **30 Ω** se conectan **en paralelo** a una pila de **12 V**. Calcula la intensidad por cada rama, la intensidad total y la resistencia equivalente, y compara el resultado con el que dan esas mismas dos resistencias conectadas en serie, que son **50 Ω** y **0,24 A**.

Solución

En paralelo cada rama recibe el voltaje entero de la pila, los 12 V. Rama de 20 Ω: $I = (12 \text{ V}) \div (20 \Omega) = 0,6 \text{ A}$.

Rama de 30 Ω: $I = (12 \text{ V}) \div (30 \Omega) = 0,4 \text{ A}$.

La intensidad total se obtiene sumando las dos, porque la corriente que sale de la pila se reparte entre las ramas: $(0,6 \text{ A}) + (0,4 \text{ A}) = 1 \text{ A}$.

Resistencia equivalente: $R = V \div I = (12 \text{ V}) \div (1 \text{ A}) = 12 \Omega$. Por el otro camino sale lo mismo: $1 \div R = 1 \div 20 + 1 \div 30$, y poniendo las dos partes con el mismo denominador, $3 \div 60 + 2 \div 60 = 5 \div 60 = 1 \div 12$.

12. Si $1 \div R$ vale $1 \div 12$, entonces R vale 12Ω .

▲ Comparado con los 50Ω y los $0,24 \text{ A}$ de la conexión en serie que da el enunciado, aquí salen 12Ω y 1 A : la resistencia equivalente es incluso **menor que la más pequeña** de las dos, porque añadir una rama es abrir un camino más, no cerrarlo. Quien suma las resistencias en paralelo obtiene 50Ω , que es un valor de aspecto perfectamente normal: el error no se nota mirando ese número a secas. Lo que sí lo delata es la regla de la propia conexión: en paralelo la equivalente no puede pasar de los 20Ω de la rama más pequeña, y 50Ω se los salta de largo.

37

Un circuito lleva una pila de **4,5 V** y dos bombillas iguales que en este ejercicio se modelan como resistencias constantes de **10 Ω** cada una, conectadas **en serie**. Calcula la resistencia total, la intensidad y el voltaje de cada bombilla; di qué ocurre si una de las dos se funde; y calcula qué valores habría si estuvieran en paralelo.

Solución

Resistencia total en serie: $(10 \Omega) + (10 \Omega) = \mathbf{20 \Omega}$. Intensidad: $I = (4,5 \text{ V}) \div (20 \Omega) = \mathbf{0,225 \text{ A}}$.

Voltaje de cada bombilla: $V = (0,225 \text{ A}) \times (10 \Omega) = \mathbf{2,25 \text{ V}}$ cada una. Al ser iguales, se reparten el voltaje de la pila a partes iguales.

Si una de las dos se funde, el camino queda cortado y **se apagan las dos**: en serie hay un solo camino y no hay por dónde seguir.

En paralelo cada bombilla recibiría los $4,5 \text{ V}$ enteros: por cada una pasarían $(4,5 \text{ V}) \div (10 \Omega) = \mathbf{0,45 \text{ A}}$, la intensidad total sería $(0,45 \text{ A}) + (0,45 \text{ A}) = \mathbf{0,9 \text{ A}}$ y la resistencia equivalente $(4,5 \text{ V}) \div (0,9 \text{ A}) = \mathbf{5 \Omega}$. Cada bombilla luciría más, y si una se fundiera la otra seguiría encendida.

▲ La comprobación de que los voltajes sumen el de la pila sale bien, $2,25 \text{ V} + 2,25 \text{ V} = 4,5 \text{ V}$, y conviene saber qué es lo que **no** comprueba: repartir el voltaje a medias sin mirar las resistencias la pasa igual. Aquí el reparto a medias acierta porque las dos bombillas son iguales; con dos receptores de 20Ω y 30Ω daría 6 V y 6 V , que es falso y aun así suma los 12 V de su pila. Para cazarlo hay que sacar cada voltaje con $I \cdot R$; y también lo delata dividir cada voltaje entre su resistencia, porque $6 \div 20$ y $6 \div 30$ dan intensidades distintas y en serie tiene que pasar la misma por las dos.

38

Tres receptores están conectados **en serie** a una pila de **9 V**. Se mide el voltaje de los dos primeros y salen **3 V** y **2 V**, y se mide la intensidad del circuito, que es de **0,2 A**. Calcula el voltaje del tercero, la resistencia de cada uno y la resistencia total.

Solución

En serie los voltajes se reparten y tienen que sumar el de la pila, así que el del tercero es lo que falta: $(9 \text{ V}) - (3 \text{ V}) - (2 \text{ V}) = \mathbf{4 \text{ V}}$.

Por los tres pasa la misma intensidad, los $0,2 \text{ A}$, de modo que cada resistencia sale con $R = V \div I$.

Primero: $(3 \text{ V}) \div (0,2 \text{ A}) = \mathbf{15 \Omega}$.

Segundo: $(2 \text{ V}) \div (0,2 \text{ A}) = \mathbf{10 \Omega}$. Tercero: $(4 \text{ V}) \div (0,2 \text{ A}) = \mathbf{20 \Omega}$.

Resistencia total, sumando las tres: $(15 \Omega) + (10 \Omega) + (20 \Omega) = \mathbf{45 \Omega}$.

Comprobación por otro camino: la resistencia total también sale de la pila y la intensidad, $R = (9 \text{ V}) \div (0,2 \text{ A}) = 45 \Omega$. ▲ Que los dos coincidan caza un error en el voltaje del tercero, y no caza confundir de quién es cada voltaje: intercambiar los 3 V y los 2 V daría 10Ω y 15Ω , cambiadas de sitio, y la suma seguiría siendo 45Ω .

La energía eléctrica: potencia y consumo

Lo que hay que saber

La **potencia eléctrica** de un aparato dice cuánta energía consume por cada segundo: $P = V \cdot I$, con el voltaje en voltios, la intensidad en amperios y la potencia en **vatios** (W). Es el número que viene escrito en la etiqueta.

La energía consumida sale de multiplicar la potencia por el rato que ha estado encendido: $E = P \cdot t$. Esa cuenta da por hecho que el aparato mantiene esa potencia de principio a fin; si va parando y arrancando, hay que usar su potencia media. En la factura de la luz esa energía se cuenta en **kilovatios hora** (kWh), y la cuenta se hace con la potencia en kilovatios y el tiempo en horas. $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$.

▲ El kilovatio hora, pese a su nombre, no mide una potencia: mide **lo consumido**, y por eso aparece multiplicado por un precio en la factura. Lo que cuenta el contador es potencia **por** tiempo. (La factura española cobra además un cargo fijo por la potencia contratada, que se paga aunque no se encienda nada: es otro concepto y no se mezcla con este.)

▲ De ahí que «a más vatios, más gasto» haya que decirlo entero: más gasto **por cada hora encendido**. Un aparato de mucha potencia usado un momento puede consumir lo mismo que uno pequeño encendido toda la tarde, y el último ejercicio de este tema lo pone con números.

El **efecto Joule** es el calentamiento que produce la corriente al pasar por una resistencia. Es lo que se busca en una estufa, una plancha o un tostador, y es una pérdida en los cables de la instalación, que se calientan sin que a nadie le sirva.

- 39** Una plancha tiene una potencia de **1.380 W** y se conecta a una tensión de **230 V**. Calcula la intensidad que circula por ella y la energía que consume en **20 minutos**, expresada en kilovatios hora.

Solución

De $P = V \cdot I$ se despeja $I = P \div V = (1.380 \text{ W}) \div (230 \text{ V}) = \mathbf{6 \text{ A}}$. Vatios entre voltios dan amperios.

Para la energía conviene pasar la potencia a kilovatios y el tiempo a horas, que es como se cuenta en la factura: $1.380 \text{ W} = (1.380 \text{ W}) \div (1.000 \text{ W/kW}) = \mathbf{1,38 \text{ kW}}$.

El tiempo: $20 \text{ min} = (20 \text{ min}) \div (60 \text{ min/h}) = \mathbf{1/3 \text{ h}}$, es decir, un tercio de hora.

$E = P \cdot t = (1,38 \text{ kW}) \times (1/3 \text{ h}) = \mathbf{0,46 \text{ kWh}}$. Kilovatios por horas dan kilovatios hora, que es una energía y no una potencia.

Comprobación por la inversa: $(0,46 \text{ kWh}) \div (1/3 \text{ h}) = 1,38 \text{ kW}$, la potencia del enunciado. Y de tamaño: en una hora entera consumiría 1,38 kWh, así que en un tercio de hora tenía que salir un tercio de esa cifra.

- 40** Un frigorífico consume **150 W** de media y está en marcha las **24 horas** del día. Calcula la energía que consume en **30 días**, en kilovatios hora, y lo que cuesta si el precio es de **0,15 €/kWh**.

Solución

La potencia, en kilovatios: $150 \text{ W} = (150 \text{ W}) \div (1.000 \text{ W/kW}) = \mathbf{0,15 \text{ kW}}$.

El tiempo total, en horas: $(24 \text{ h/día}) \times (30 \text{ días}) = \mathbf{720 \text{ h}}$.

$E = P \cdot t = (0,15 \text{ kW}) \times (720 \text{ h}) = \mathbf{108 \text{ kWh}}$.

El coste se obtiene multiplicando por el precio: $(108 \text{ kWh}) \times (0,15 \text{ €/kWh}) = \mathbf{16,20 \text{ €}}$. Al multiplicar, los kWh se cancelan con los del precio y lo que sobrevive es un importe en euros.

▲ No hay que confundir los dos 0,15 del enunciado: uno son kilovatios de potencia y el otro, euros por cada kilovatio hora. Coinciden por casualidad, y el que decide en cada paso es el que lleva la unidad que hace falta. Escribir las unidades ayuda, pero no basta: al multiplicar los dos, los kW por

los €/kWh darían €/h, que es un coste por hora, una cantidad con sentido. Lo que descarta ese producto es que aquí no se pide un coste por hora, sino el de treinta días.

41

Un televisor de **100 W** se ve **4 horas al día**. Un horno de **2.400 W** se usa **10 minutos al día**. Calcula la energía que consume cada uno en un día y di cuál de los dos gasta más.

Solución

Televisor: $E = P \cdot t = (100 \text{ W}) \times (4 \text{ h}) = \mathbf{400 \text{ Wh}}$, que son $(400 \text{ Wh}) \div (1.000 \text{ Wh/kWh}) = \mathbf{0,4 \text{ kWh}}$.

Horno: el tiempo en horas es $(10 \text{ min}) \div (60 \text{ min/h}) = 1/6 \text{ h}$, y $E = (2.400 \text{ W}) \times (1/6 \text{ h}) = \mathbf{400 \text{ Wh}}$, o sea **0,4 kWh** también.

Los dos consumen **exactamente lo mismo** en un día, aunque el horno tenga veinticuatro veces más potencia: $(2.400 \text{ W}) \div (100 \text{ W}) = 24$.

El motivo se ve comparando los tiempos: el televisor está encendido $(4 \text{ h}) \div (1/6 \text{ h}) = 24$ veces más rato. Las dos proporciones son la misma, una al revés de la otra, y por eso el producto de potencia por tiempo sale igual.

▲ Este resultado es el que desmonta el «a más vatios, más gasto» dicho a medias: el horno tiene veinticuatro veces más potencia y en un día consume exactamente igual. Para saber qué aparato sale caro hay que mirar los dos números, el de la etiqueta y el rato que está encendido.

La energía y sus transformaciones

Lo que hay que saber

En cada aparato la energía llega de una forma y sale de otra, y casi nunca sale toda por donde interesa. Lo que se aprovecha se llama energía **útil** y el resto se marcha, casi siempre calentando el aire de alrededor.

El **rendimiento** pone número a ese reparto: **rendimiento = (energía útil ÷ energía suministrada) × 100**, y sale en tanto por ciento. Arriba y abajo van energías en la misma unidad, así que el resultado no lleva unidad.

Lo que no se aprovecha no desaparece: se ha **degradado**, es decir, se ha repartido como calor por el entorno, y así repartido pierde casi toda su capacidad de mover nada; algo se puede recoger todavía —el calor de un motor sirve para calentar el habitáculo—, pero nunca todo. Energía **suministrada = útil + degradada**, y esa suma es una forma rápida de comprobar un rendimiento.

▲ Se oye que ninguna máquina aprovecha el 100 %, y como regla general vale; pero depende de qué se cuente como útil. En una estufa eléctrica lo útil **es** el calor, así que se aprovecha casi toda la energía que entra. Lo que nunca ocurre es que salga más de la que entró: un rendimiento mayor que 100 % significa que la cuenta está mal.

Las **fuentes renovables** —el agua de los ríos, el viento, el sol, la biomasa— se regeneran por sí solas en una escala de tiempo humana; eso no garantiza que aguanten cualquier consumo, porque un embalse se puede vaciar antes de que lo rellenen las lluvias y un bosque se puede talar más deprisa de lo que crece. Las **no renovables** —el carbón, el petróleo, el gas natural, el uranio— no, y además las tres primeras desprenden dióxido de carbono al quemarse.

42

Un motor eléctrico recibe **800 J** de energía eléctrica y entrega **600 J** de energía de movimiento. Calcula su rendimiento y la energía que se ha degradado.

Solución

El rendimiento es la parte que se aprovecha, en tanto por ciento: **rendimiento = (energía útil ÷ energía suministrada) × 100 = $(600 \text{ J}) \div (800 \text{ J}) \times 100 = \mathbf{75 \%}$** .

Al repartir julios entre julios no sobrevive ninguna unidad, y de ahí que un rendimiento se dé como un número pelado. Si al dividir te quedara algo con unidad, arriba y abajo no habría energías.

La energía degradada es la que falta para completar lo que entró: $(800 \text{ J}) - (600 \text{ J}) = 200 \text{ J}$, que se han repartido como calor por el motor y por el aire de alrededor.

Comprobación de que el reparto cierra: útil más degradada tiene que devolver lo suministrado, y $600 \text{ J} + 200 \text{ J} = 800 \text{ J}$.

Segunda comprobación, sobre el porcentaje: si el 75 % se aprovecha, lo degradado es el 25 % restante, y el 25 % de 800 J son $(800 \text{ J}) \times 25 \div 100 = 200 \text{ J}$. Coincide con la resta.

43

Una bombilla antigua de **60 W** convierte en luz solo **3 W**. Un LED de **9 W** da la misma luz, es decir, también **3 W**. Calcula el rendimiento de cada uno como fuente de luz y cuántas veces es mejor el segundo.

Solución

Bombilla antigua: $\text{rendimiento} = (3 \text{ W}) \div (60 \text{ W}) \times 100 = 5 \%$. Los otros 57 W se van como calor, y por eso esas bombillas queman al tocarlas.

LED: $\text{rendimiento} = (3 \text{ W}) \div (9 \text{ W}) \times 100 = 33,3 \%$ con un decimal. Se desperdician 6 W, mucho menos que antes.

Cuántas veces mejor: $33,3 \div 5 \approx 6,7$ veces. Aquí se dividen dos porcentajes, que son números sin unidad, y el resultado es un número de veces.

Comprobación por otro camino, que no pasa por los porcentajes: para dar la misma luz, una gasta 60 W y la otra 9 W, y $(60 \text{ W}) \div (9 \text{ W}) \approx 6,7$. Sale la misma cifra, como tenía que ser: si la luz obtenida es igual, la proporción de rendimientos es la de las potencias al revés.

▲ Se dice que ninguna máquina aprovecha el 100 %, y con estas dos se cumple de sobra. Pero conviene saber de qué depende: en una estufa eléctrica lo útil **es** el calor, así que casi toda la energía que entra se aprovecha. Lo que no ocurre nunca es pasar del 100 %.

44

Describe la cadena de transformaciones de energía en estos tres casos y di cuál de las tres fuentes de partida es renovable: (a) el agua embalsada que cae y mueve una turbina unida a un alternador; (b) un coche de gasolina; (c) una estufa eléctrica.

Solución

(a) El agua embalsada tiene energía por estar en alto; al caer, esa energía pasa a ser energía del movimiento del agua, que mueve la turbina, y el alternador la convierte en **energía eléctrica**. La cadena es: energía de posición → energía de movimiento → energía eléctrica.

(b) En el motor, la energía guardada en la gasolina se libera al arder y calienta los gases, que empujan las piezas del motor: energía **química** → energía **térmica** → energía de **movimiento**. Buena parte se queda por el camino como calor, que es lo que evacúa el radiador.

(c) La estufa recibe energía **eléctrica** y la convierte en energía **térmica** al pasar la corriente por su resistencia. Es la cadena más corta de las tres: un solo paso.

La fuente **renovable** es la del apartado (a): el agua de los ríos la reponen las lluvias sin que haya que esperar una escala de tiempo geológica, siempre que del embalse no se saque más de la que entra. La gasolina viene del petróleo, que no se repone en una escala de tiempo humana.

El apartado (c) no dice de dónde sale la electricidad, y por eso no se puede clasificar como renovable ni como no renovable: depende de cómo se haya generado esa corriente antes de llegar al enchufe.