

Ejercicios Resueltos Física y Química 4 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

El movimiento rectilíneo uniforme · Velocidad media, cambios de unidad, ecuación de posición y encuentros (**ejercicios 1, 2, 3, 4**)

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado · Aceleración, las tres ecuaciones, frenadas y caída libre (**ejercicios 5, 6, 7, 8**)

Las fuerzas y las leyes de Newton · Fuerza resultante, segunda ley, peso y rozamiento (**ejercicios 9, 10, 11, 12**)

El trabajo y la potencia · Trabajo de una fuerza, trabajo nulo y cálculo de potencias (**ejercicios 13, 14, 15**)

La energía mecánica y su conservación · Energía cinética y potencial, conservación y energía disipada (**ejercicios 16, 17, 18, 19**)

El átomo: isótopos y configuración electrónica · Protones, neutrones y electrones, iones, isótopos y configuraciones (**ejercicios 20, 21, 22, 23**)

El sistema periódico · Periodos, grupos, familias y radio atómico (**ejercicios 24, 25, 26**)

El enlace químico · Iónico, covalente y metálico, con las propiedades que se esperan (**ejercicios 27, 28, 29**)

Formulación y nomenclatura inorgánica · Fórmulas a partir del nombre, nombres a partir de la fórmula e hidróxidos y ácidos (**ejercicios 30, 31, 32, 33**)

El mol y la masa molar · Masa molar, paso de gramos a moles, número de partículas y volumen molar (**ejercicios 34, 35, 36, 37**)

Las reacciones químicas y la estequiometría · Ajustar ecuaciones, conservación de la masa y cálculos de masa y volumen (**ejercicios 38, 39, 40, 41**)

Ácidos, bases y pH · Leer la escala de pH y ajustar reacciones de neutralización (**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 selección y qué no. Entran los doce temas del cuadro: la cinemática del movimiento uniforme y del uniformemente acelerado —con los datos que se leerían en una gráfica dados dentro del enunciado—, las fuerzas y las leyes de Newton, el trabajo, la potencia y la energía mecánica, y la química que abre el paso a Bachillerato: el átomo, el sistema periódico, el enlace, la formulación inorgánica, el mol, las reacciones con estequiometría y los ácidos y las bases. **Quedan fuera a propósito**, y no todas por el mismo motivo. Por **espacio**, aunque caben de sobra en 4º: la energía térmica (calor, temperatura y cambios de estado) y la gravitación universal. Por el **medio**, porque sin un dibujo no se entienden: la electricidad y los circuitos, los diagramas de Lewis, la presión y los fluidos, y la formulación orgánica con sus cadenas. Y quedan fuera la velocidad de reacción y la radiactividad. El reparto de los 44 ejercicios (19 de física y 25 de química) es una **decisión nuestra al elegirlos**, no un reparto oficial del curso. Esto sirve para localizar lo que flojea con lápiz, papel y calculadora; no sustituye al libro, ni al laboratorio, ni a las clases.

El movimiento rectilíneo uniforme

Lo que hay que saber

Un movimiento es **rectilíneo uniforme** (MRU) cuando la trayectoria es una recta y la velocidad no cambia: en tiempos iguales se recorren distancias iguales. Su ecuación de posición es $x = x_0 + v \cdot t$.

▲ «La velocidad es el espacio partido por el tiempo» define, hilando fino, la **rapidez media**: distancia recorrida entre tiempo. La **velocidad media** es el desplazamiento entre el tiempo, y en un recorrido de ida y vuelta vale cero mientras la rapidez media no. Las dos, además, solo coinciden con lo que marca el velocímetro en cada instante si el movimiento es uniforme: un coche que hace 300 km en 4 h va a 75 km/h de media y puede no haber marcado 75 km/h ni un segundo.

Unidades del SI: metros (m) y segundos (s), y la velocidad en **m/s**. De km/h a m/s se divide entre 3,6, y al revés se multiplica, porque $1 \text{ km/h} = 1.000 \text{ m} \div 3.600 \text{ s}$.

La velocidad es un **vector**: tiene módulo, dirección y sentido. En un movimiento rectilíneo el sentido se indica con el signo, y ese signo depende del sistema de referencia que elijas; conviene decirlo antes de empezar («tomo como positivo el sentido de la marcha»).

Distancia recorrida y desplazamiento no son lo mismo: si vas y vuelves al punto de partida, el desplazamiento es 0 m y la distancia recorrida no. El desplazamiento además lleva signo. En los ejercicios de este tema el móvil no cambia de sentido y avanza hacia el lado positivo del eje, así que la distancia recorrida coincide con el **módulo** del desplazamiento.

Para que dos móviles se encuentren, sus posiciones tienen que ser iguales en el mismo instante. Eso se plantea escribiendo la ecuación de posición de cada uno **con el mismo origen y el mismo instante inicial** e igualándolas.

1

Un ciclista recorre **45 km** a velocidad constante y tarda **1 h 15 min**. Calcula su velocidad en km/h y en m/s.

Solución

El movimiento es uniforme, así que la velocidad es la misma en todo el recorrido y basta con dividir el espacio entre el tiempo: $v = d \div t$.

Primero el tiempo en horas, porque el espacio está en kilómetros: $1 \text{ h } 15 \text{ min} = 1 \text{ h} + (15 \text{ min}) \div (60 \text{ min/h}) = \mathbf{1,25 \text{ h}}$.

$v = (45 \text{ km}) \div (1,25 \text{ h}) = \mathbf{36 \text{ km/h}}$.

Para el SI rehago la cuenta con las unidades del SI, y así sale además una comprobación: $45 \text{ km} = 45.000 \text{ m}$ y $1 \text{ h } 15 \text{ min} = 4.500 \text{ s}$, así que $v = (45.000 \text{ m}) \div (4.500 \text{ s}) = \mathbf{10 \text{ m/s}}$.

Por el atajo sale lo mismo: $(36 \text{ km/h}) \div 3,6 = 10 \text{ m/s}$. Y al revés, $(10 \text{ m/s}) \times 3,6 = 36 \text{ km/h}$, que confirma la conversión en los dos sentidos.

Comprobación de tamaño: 36 km/h es una marcha rápida pero normal en bicicleta, y 10 m/s quiere decir diez metros cada segundo. Las dos cifras dicen lo mismo con otra unidad.

2

Un autocar circula a **90 km/h** constantes por una autovía recta. ¿Qué distancia recorre en **4 minutos**?

Solución

Las unidades no son compatibles: la velocidad va en km/h y el tiempo en minutos. Antes de multiplicar, las paso todas al SI.

$v = (90 \text{ km/h}) \div 3,6 = \mathbf{25 \text{ m/s}}$. Y $t = (4 \text{ min}) \times (60 \text{ s/min}) = \mathbf{240 \text{ s}}$.

$d = v \cdot t = (25 \text{ m/s}) \times (240 \text{ s}) = \mathbf{6.000 \text{ m}}$, que son **6 km**. Fíjate en cómo se cancelan las unidades:

$$(\text{m/s}) \times \text{s} = \text{m}.$$

Comprobación por otro camino, trabajando en horas: $4 \text{ min} = (4 \div 60) \text{ h} = 0,0666... \text{ h}$, y $(90 \text{ km/h}) \times 0,0666... \text{ h} = 6 \text{ km}$. El mismo resultado.

Comprobación de tamaño, la más cómoda de hacer de cabeza: a 90 km/h se recorren 90 km en 60 min , o sea $1,5 \text{ km}$ cada minuto. En 4 minutos , $4 \times 1,5 \text{ km} = 6 \text{ km}$.

3

De un coche que va por una carretera recta se han anotado estas posiciones, medidas desde un **origen de referencia** fijo en la carretera: a los **0 s**, 20 m · a los **5 s**, 45 m · a los **10 s**, 70 m · a los **15 s**, 95 m . Dando por hecho que el movimiento se mantiene igual entre unas mediciones y otras y sigue así hasta los 40 s , di qué movimiento lleva, escribe su ecuación de posición y calcula dónde estará a los 40 s .

Solución

Miro cuánto avanza en cada intervalo: de 0 a 5 s , $45 \text{ m} - 20 \text{ m} = 25 \text{ m}$ · de 5 a 10 s , $70 \text{ m} - 45 \text{ m} = 25 \text{ m}$ · de 10 a 15 s , $95 \text{ m} - 70 \text{ m} = 25 \text{ m}$. Recorre lo mismo en tiempos iguales y, con la hipótesis que da el enunciado, eso vale para todo el recorrido: es un **movimiento rectilíneo uniforme**. Cuatro posiciones sueltas, sin esa hipótesis, no bastarían: entre dos mediciones el coche podría haber acelerado y frenado y llegar igual.

La velocidad es ese avance dividido entre el tiempo: $v = (25 \text{ m}) \div (5 \text{ s}) = \mathbf{5 \text{ m/s}}$, y sale igual en los tres intervalos. Si estos datos se llevaran a unos ejes de posición y tiempo, esos 5 m/s serían la pendiente de la recta que formarían.

A los 0 s el coche no estaba en el origen, sino en 20 m : ese es x_0 . La ecuación es **$x = 20 \text{ m} + (5 \text{ m/s}) \cdot t$** .

A los 40 s : $x = 20 \text{ m} + (5 \text{ m/s}) \times (40 \text{ s}) = 20 \text{ m} + 200 \text{ m} = \mathbf{220 \text{ m}}$.

Comprobación de la ecuación con un dato que ya tenías: para $t = 15 \text{ s}$ da $x = 20 \text{ m} + (5 \text{ m/s}) \times (15 \text{ s}) = 20 \text{ m} + 75 \text{ m} = 95 \text{ m}$, exactamente lo anotado.

▲ Si escribieras $x = (5 \text{ m/s}) \cdot t$, olvidando el término de 20 m , a los 15 s te saldrían 75 m en vez de 95 m . La comprobación anterior es justo la que caza ese olvido.

4

Dos coches salen a la vez de dos pueblos separados **240 km** por una carretera recta y van uno al encuentro del otro. Uno circula a **80 km/h** y el otro a **40 km/h** , los dos constantes. ¿Cuánto tardan en cruzarse y a qué distancia del primer pueblo lo hacen?

Solución

Van en sentidos contrarios, así que la distancia entre ellos disminuye cada hora lo que suman sus velocidades: $80 \text{ km/h} + 40 \text{ km/h} = \mathbf{120 \text{ km/h}}$.

$t = (240 \text{ km}) \div (120 \text{ km/h}) = \mathbf{2 \text{ h}}$. Las unidades lo confirman: $\text{km} \div (\text{km/h}) = \text{h}$.

Lo que recorre el primero en ese tiempo: $d_1 = (80 \text{ km/h}) \times (2 \text{ h}) = \mathbf{160 \text{ km}}$. Se cruzan a 160 km del primer pueblo.

Comprobación: el segundo recorre $d_2 = (40 \text{ km/h}) \times (2 \text{ h}) = 80 \text{ km}$, y $160 \text{ km} + 80 \text{ km} = 240 \text{ km}$, justo la distancia que los separaba. Si esa suma no diera 240 km , habría un error en algún paso.

Comprobación con las ecuaciones de posición, tomando como origen el primer pueblo: $x_1 = (80 \text{ km/h}) \cdot t$ y $x_2 = 240 \text{ km} - (40 \text{ km/h}) \cdot t$. Al igualarlas queda $(120 \text{ km/h}) \cdot t = 240 \text{ km}$, o sea $t = 2 \text{ h}$, y de ahí $x = 160 \text{ km}$.

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Lo que hay que saber

Es **MRUA** cuando la trayectoria es recta y la **aceleración es constante**: la velocidad cambia siempre lo mismo en tiempos iguales. $a = (v - v_0) \div t$, y su unidad en el SI es **m/s²**, que se lee «metros por segundo cada segundo».

Las tres ecuaciones: $v = v_0 + a \cdot t$, $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$, $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot (x - x_0)$. La tercera es la que resuelve los problemas en los que el tiempo no te lo dan ni te lo piden.

▲ Aceleración negativa no significa «frenar»: significa que apunta hacia el sentido negativo del eje. Se frena cuando la aceleración y la velocidad tienen **signos contrarios**; si tienen el mismo signo el móvil acelera, aunque los dos sean negativos.

Si representas la **velocidad frente al tiempo**, en un MRUA sale una recta inclinada: su **pendiente** es la aceleración y el **área** que queda por debajo, contada con signo, es el **desplazamiento**. Solo es también la distancia recorrida cuando la velocidad no cambia de signo, que es lo que pasa en estos ejercicios. Con la posición frente al tiempo sale una curva, no una recta.

La **caída libre** es un MRUA con $a = g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ hacia abajo, y solo mientras se pueda despreciar el rozamiento con el aire. Con aire, el cuerpo deja de acelerar al alcanzar su velocidad límite y estas ecuaciones dejan de valer: una pluma no cae así.

En las ecuaciones de la caída libre **no aparece la masa**: dos cuerpos soltados a la vez desde la misma altura llegan al suelo juntos, si el aire no cuenta.

5

Un coche parte del reposo y alcanza **108 km/h** en **12 s** con aceleración constante. Calcula su aceleración y la distancia que recorre en ese tiempo.

Solución

Paso la velocidad final al SI: $v = (108 \text{ km/h}) \div 3,6 = \mathbf{30 \text{ m/s}}$. Y $v_0 = 0 \text{ m/s}$, porque parte del reposo.

$a = (v - v_0) \div t = (30 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}) \div (12 \text{ s}) = \mathbf{2,5 \text{ m/s}^2}$. La unidad sale sola: $(\text{m/s}) \div \text{s} = \text{m/s}^2$.

Distancia: $x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2} \times (2,5 \text{ m/s}^2) \times (12 \text{ s})^2 = \frac{1}{2} \times 2,5 \times 144 \text{ m} = \mathbf{180 \text{ m}}$. Aquí también cuadran las unidades: $(\text{m/s}^2) \times \text{s}^2 = \text{m}$.

Comprobación por otro camino: con aceleración constante, la velocidad media es la media de la inicial y la final, $(0 \text{ m/s} + 30 \text{ m/s}) \div 2 = 15 \text{ m/s}$, y $(15 \text{ m/s}) \times (12 \text{ s}) = 180 \text{ m}$. Coincide.

Comprobación de lo que significa el resultado: $2,5 \text{ m/s}^2$ quiere decir que cada segundo gana $2,5 \text{ m/s}$ de velocidad; en 12 s , $12 \times 2,5 \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$, la velocidad final del enunciado.

6

Un coche que circula a **72 km/h** frena con aceleración constante y se detiene tras recorrer **40 m**. Calcula su aceleración y el tiempo que tarda en pararse.

Solución

$v_0 = (72 \text{ km/h}) \div 3,6 = \mathbf{20 \text{ m/s}}$, y $v = 0 \text{ m/s}$ al final. Del tiempo no sé nada todavía, así que empiezo por la ecuación que no lo lleva.

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d \rightarrow 0 = (20 \text{ m/s})^2 + 2 \cdot a \cdot (40 \text{ m})$, de donde $a = -(400 \text{ m}^2/\text{s}^2) \div (80 \text{ m}) = \mathbf{-5 \text{ m/s}^2}$.

Unidades: $(\text{m}^2/\text{s}^2) \div \text{m} = \text{m/s}^2$.

El signo menos dice que la aceleración apunta en sentido contrario a la velocidad, y eso es lo que hace que el coche frene.

Tiempo, con la primera ecuación: $t = (v - v_0) \div a = (0 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s}) \div (-5 \text{ m/s}^2) = \mathbf{4 \text{ s}}$. Los dos signos negativos se cancelan y el tiempo sale positivo, como tiene que ser.

Comprobación con la ecuación de la posición: $x = (20 \text{ m/s}) \times (4 \text{ s}) + \frac{1}{2} \times (-5 \text{ m/s}^2) \times (4 \text{ s})^2 = 80 \text{ m} - 40 \text{ m} = 40 \text{ m}$, la distancia de frenado del enunciado.

7

De un móvil que se mueve en línea recta se han medido estas velocidades: a los **0 s**, 4 m/s · a los **2 s**, 10 m/s · a los **4 s**, 16 m/s · a los **6 s**, 22 m/s. Dando por hecho que el movimiento se mantiene igual entre unas mediciones y otras, di qué movimiento lleva, calcula su aceleración y la distancia que recorre en esos 6 s.

Solución

Cuánto cambia la velocidad en cada intervalo: $10 - 4 = 6 \text{ m/s}$ · $16 - 10 = 6 \text{ m/s}$ · $22 - 16 = 6 \text{ m/s}$.

Siempre lo mismo en tiempos iguales y, con la hipótesis que da el enunciado, la aceleración es constante todo el rato: es un **MRUA**. Sin esa hipótesis, cuatro velocidades sueltas no lo demostrarían: entre dos de ellas la aceleración podría haber cambiado y compensarse.

$a = (6 \text{ m/s}) \div (2 \text{ s}) = \mathbf{3 \text{ m/s}^2}$, y sale igual en los tres intervalos. Llevados a unos ejes de velocidad y tiempo, estos datos formarían una recta cuya pendiente serían esos 3 m/s^2 .

Distancia: $x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = (4 \text{ m/s}) \times (6 \text{ s}) + \frac{1}{2} \times (3 \text{ m/s}^2) \times (6 \text{ s})^2 = 24 \text{ m} + 54 \text{ m} = \mathbf{78 \text{ m}}$.

Comprobación por la velocidad media, que con aceleración constante es la media de la inicial y la final: $(4 \text{ m/s} + 22 \text{ m/s}) \div 2 = 13 \text{ m/s}$, y $(13 \text{ m/s}) \times (6 \text{ s}) = 78 \text{ m}$. El mismo número por otro camino.

Ese segundo camino es, sobre esos mismos ejes, el área que queda bajo la recta: un rectángulo de 4 m/s por 6 s (24 m) más un triángulo de base 6 s y altura 18 m/s (54 m). Por eso las dos cuentas tienen que dar lo mismo.

8

Se deja caer una piedra desde un puente y tarda **3 s** en llegar al agua. Con **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** y despreciando el rozamiento con el aire, calcula la altura del puente y la velocidad con que la piedra llega al agua.

Solución

Se deja caer, así que $v_0 = 0 \text{ m/s}$, y es una caída libre: un MRUA con $a = g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Tomo como positivo el sentido de la caída, para no arrastrar signos.

Altura: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (3 \text{ s})^2 = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 9 \text{ m} = \mathbf{44,1 \text{ m}}$.

Velocidad de llegada: $v = g \cdot t = (9,8 \text{ m/s}^2) \times (3 \text{ s}) = \mathbf{29,4 \text{ m/s}}$, que en km/h son $29,4 \times 3,6 = 105,84 \text{ km/h}$.

Comprobación con la ecuación que no lleva tiempo: $v^2 = 2 \cdot g \cdot h = 2 \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (44,1 \text{ m}) = 864,36 \text{ m}^2/\text{s}^2$, y $\sqrt{864,36 \text{ m}^2/\text{s}^2} = 29,4 \text{ m/s}$. La misma velocidad por un camino distinto.

Comprobación de la altura con la velocidad media: $(0 \text{ m/s} + 29,4 \text{ m/s}) \div 2 = 14,7 \text{ m/s}$, y $(14,7 \text{ m/s}) \times (3 \text{ s}) = 44,1 \text{ m}$, la altura de antes.

La masa de la piedra no aparece en ninguna de estas cuentas, y no es que falte un dato: en caída libre no interviene.

Las fuerzas y las leyes de Newton

Lo que hay que saber

Una fuerza se mide en **newtons (N)**, y **1 N = 1 kg · m/s²**. Es un vector: dos fuerzas de 3 N solo suman 6 N si tienen la misma dirección y el mismo sentido.

Primera ley: si la resultante de las fuerzas es cero, el cuerpo sigue en reposo o se mueve en línea recta con velocidad constante. Estar quieto no significa que no haya fuerzas: significa que se compensan.

Segunda ley: $F_{\text{resultante}} = m \cdot a$, y la aceleración va en la dirección y el sentido de esa resultante. ■ No es «la fuerza que yo aplico»: es la suma vectorial de **todas** las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Tercera ley: si A empuja a B, B empuja a A con la misma intensidad y sentido contrario. Las dos fuerzas actúan sobre **cuerpos distintos**, así que no se anulan entre sí.

El **peso** es la fuerza con que un planeta atrae al cuerpo: $P = m \cdot g$. La masa se mide en kg y es la misma en todas partes; el peso se mide en N y depende de dónde estés.

▲ El **rozamiento** se opone al movimiento relativo entre las superficies, o a la tendencia a moverse; eso no quiere decir que siempre frene al cuerpo. Cuando andas o cuando un coche arranca, el rozamiento del suelo es justo la fuerza que empuja hacia delante.

9

Sobre un cuerpo de **4 kg** que está en reposo sobre una superficie horizontal **sin rozamiento** se aplica una fuerza horizontal de **10 N**. Con el dato **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** , calcula su aceleración y la velocidad que tendrá a los 6 s.

Solución

En horizontal y sin rozamiento, la única fuerza sin compensar es la que se aplica: el peso lo compensa la fuerza que la superficie hace hacia arriba. Así que la resultante vale 10 N.

Segunda ley: $a = F \div m = (10 \text{ N}) \div (4 \text{ kg}) = \mathbf{2,5 \text{ m/s}^2}$. Las unidades salen porque $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$, y entonces $\text{N} \div \text{kg} = \text{m/s}^2$.

La fuerza es constante, así que la aceleración también: es un MRUA que parte del reposo. $v = a \cdot t = (2,5 \text{ m/s}^2) \times (6 \text{ s}) = \mathbf{15 \text{ m/s}}$.

Comprobación de la primera cuenta al revés: $F = m \cdot a = (4 \text{ kg}) \times (2,5 \text{ m/s}^2) = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 10 \text{ N}$, la fuerza del enunciado.

▲ El peso del cuerpo, $(4 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) = 39,2 \text{ N}$, no se suma a los 10 N: es vertical, los 10 N son horizontales y además está compensado. Sumar fuerzas de direcciones distintas como si fueran números sueltos es el fallo que hay que evitar.

10

Se empuja una caja de **20 kg** por un suelo horizontal con una fuerza horizontal de **60 N**. La fuerza de rozamiento vale **20 N**. Calcula la fuerza resultante y la aceleración de la caja.

Solución

Las dos fuerzas van en la misma dirección (la horizontal) y en sentidos contrarios: el empuje hacia delante y el rozamiento hacia atrás. Por eso se restan.

$F_{\text{resultante}} = 60 \text{ N} - 20 \text{ N} = \mathbf{40 \text{ N}}$, en el sentido del empuje.

$a = F_{\text{resultante}} \div m = (40 \text{ N}) \div (20 \text{ kg}) = \mathbf{2 \text{ m/s}^2}$, en la dirección y el sentido de esa resultante.

Comprobación al revés: $(20 \text{ kg}) \times (2 \text{ m/s}^2) = 40 \text{ N}$, y $40 \text{ N} + 20 \text{ N}$ de rozamiento = 60 N, la fuerza aplicada. Cuadra.

Si se empujara con 20 N justos, la resultante sería 0 N y la caja no aceleraría: seguiría quieta, o iría a velocidad constante si ya se movía. Es la primera ley.

11

Un objeto tiene una masa de **6 kg**. Calcula su peso en la Tierra (**$g = 9,8 \text{ m/s}^2$**) y en la Luna (**$g = 1,6 \text{ m/s}^2$**), y di si cambia su masa.

Solución

En la Tierra: $P = m \cdot g = (6 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) = \mathbf{58,8 \text{ N}}$. Un kg multiplicado por un m/s^2 da un newton, así que el resultado queda en N.

En la Luna: $P = (6 \text{ kg}) \times (1,6 \text{ m/s}^2) = \mathbf{9,6 \text{ N}}$.

La **masa no cambia**: sigue siendo 6 kg en los dos sitios. Lo que cambia es el peso, porque depende de la g del astro en el que estés.

Comprobación con las proporciones: $(58,8 \text{ N}) \div (9,6 \text{ N}) = 6,125$, y $(9,8 \text{ m/s}^2) \div (1,6 \text{ m/s}^2) = 6,125$. El peso se reduce en la misma proporción que la g , que es lo que tiene que pasar si la masa es la misma.

Una balanza de cocina llevada a la Luna marcaría menos, porque en realidad mide el peso y está graduada para la g de la Tierra. La cantidad de materia del objeto sería la misma.

12

Dos personas tiran de una cuerda atada a un trineo de **25 kg** que está sobre hielo horizontal **sin rozamiento**. Una tira hacia la derecha con **120 N** y la otra hacia la izquierda con **45 N**, las dos en la misma línea recta. Calcula la fuerza resultante y la aceleración del trineo.

Solución

Misma dirección y sentidos contrarios, así que la resultante es la resta y va en el sentido de la mayor: $F_{\text{resultante}} = 120 \text{ N} - 45 \text{ N} = \mathbf{75 \text{ N hacia la derecha}}$.

$a = (75 \text{ N}) \div (25 \text{ kg}) = \mathbf{3 \text{ m/s}^2}$, también hacia la derecha: la aceleración va siempre en la dirección y el sentido de la resultante.

Comprobación al revés: $(25 \text{ kg}) \times (3 \text{ m/s}^2) = 75 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 75 \text{ N}$. Y $75 \text{ N} + 45 \text{ N} = 120 \text{ N}$, o sea que la fuerza mayor se reparte entre vencer a la otra y acelerar el trineo.

▲ Los 165 N de sumar las dos no valen aquí: se suman las fuerzas del mismo sentido, y estas son contrarias. Antes de sumar o restar hay que mirar el sentido de cada una.

Si las dos tiraran hacia la derecha, entonces sí: la resultante sería $120 \text{ N} + 45 \text{ N} = 165 \text{ N}$ y la aceleración $(165 \text{ N}) \div (25 \text{ kg}) = 6,6 \text{ m/s}^2$.

El trabajo y la potencia

Lo que hay que saber

Hay **trabajo** cuando una fuerza desplaza el punto donde se aplica. Si la fuerza va en la misma dirección y sentido que el desplazamiento, **$W = F \cdot d$** , en **julios (J)**, y $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Si la fuerza es **perpendicular** al desplazamiento, su trabajo es 0 J: llevar una bolsa en la mano por un pasillo horizontal no hace trabajo contra el peso, aunque cueste.

▲ «Cansarse» no es hacer trabajo en el sentido de la física: sostener una mochila quieta no desplaza nada, así que $W = 0 \text{ J}$ aunque los músculos consuman energía.

La **potencia** dice lo rápido que se hace ese trabajo: **$P = W \div t$** , en **vattios (W)**, y $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$. La misma tarea hecha en la mitad de tiempo pide el doble de potencia. Aquí la P es la potencia; en el tema anterior la misma letra era el peso, así que mira siempre de qué se está hablando.

Cuidado con la letra: **W** es a la vez el símbolo del trabajo y el del vatio. Se distinguen por el sitio: «500 W» es una potencia, « $W = 500 \text{ J}$ » es un trabajo.

Múltiplos que vas a encontrar: $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$. Y el **kWh** es una **energía** (la que da una potencia de 1.000 W durante una hora), no una potencia, aunque lleve la W en el nombre.

13

Se arrastra un baúl **8 m** por el suelo aplicando una fuerza constante de **150 N**, horizontal y en el mismo sentido que el desplazamiento. Calcula el trabajo de esa fuerza y el trabajo que hace el peso del baúl en ese mismo recorrido.

Solución

La fuerza va en la misma dirección y sentido que el desplazamiento, así que $W = F \cdot d = (150 \text{ N}) \times (8 \text{ m}) = \mathbf{1.200 \text{ J}}$, porque $1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$.

El **peso** es vertical y el desplazamiento es horizontal: son perpendiculares, y entonces el trabajo del peso es **0 J**. El baúl no sube ni baja.

Comprobación de la primera cuenta al revés: $(1.200 \text{ J}) \div (8 \text{ m}) = 150 \text{ J/m} = 150 \text{ N}$, la fuerza del enunciado.

▲ Que el trabajo del peso sea 0 J no significa que el peso no cuente: es el peso el que determina el rozamiento, y por eso arrastrar el baúl cuesta. Lo que vale cero es su trabajo, no su valor.

Y los 1.200 J son el trabajo de **esa** fuerza, no toda la energía que gasta quien empuja: parte de ese trabajo se emplea en vencer el rozamiento y acaba calentando el suelo y el baúl.

14

Una grúa sube un bloque de **300 kg** hasta **12 m** de altura, a velocidad constante, en **20 s**. Con **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** , calcula el trabajo que hace y su potencia.

Solución

A velocidad constante la resultante es cero, así que la fuerza que tira del cable es igual al peso del bloque: $P = (300 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) = \mathbf{2.940 \text{ N}}$.

Esa fuerza va hacia arriba y el desplazamiento también, así que $W = F \cdot d = (2.940 \text{ N}) \times (12 \text{ m}) = \mathbf{35.280 \text{ J}}$.

Potencia = trabajo $\div$ tiempo = $(35.280 \text{ J}) \div (20 \text{ s}) = \mathbf{1.764 \text{ W}}$, es decir **1,764 kW**. La unidad sale de $\text{J} \div \text{s} = \text{W}$.

Comprobación al revés: $(1.764 \text{ W}) \times (20 \text{ s}) = 35.280 \text{ J}$, el trabajo de antes.

Comprobación por el otro lado, usando la energía: ese trabajo es la energía potencial que gana el bloque, $m \cdot g \cdot h = (300 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (12 \text{ m}) = 35.280 \text{ J}$. Sale lo mismo porque, al subir a velocidad constante, toda la energía va a la altura y nada a la velocidad.

15

Un motor de **2,5 kW** funciona durante **4 minutos**. ¿Qué trabajo realiza? Exprésalo en julios y en kilojulios.

Solución

Paso los dos datos al SI: $2,5 \text{ kW} = 2,5 \times 1.000 \text{ W} = \mathbf{2.500 \text{ W}}$, y $t = (4 \text{ min}) \times (60 \text{ s/min}) = \mathbf{240 \text{ s}}$.

De $P = W \div t$ se despeja $W = P \cdot t = (2.500 \text{ W}) \times (240 \text{ s}) = \mathbf{600.000 \text{ J}}$. Las unidades: $\text{W} \times \text{s} = (\text{J/s}) \times \text{s} = \text{J}$.

En kilojulios: $(600.000 \text{ J}) \div (1.000 \text{ J/kJ}) = \mathbf{600 \text{ kJ}}$.

Comprobación al revés: $(600.000 \text{ J}) \div (240 \text{ s}) = 2.500 \text{ J/s} = 2.500 \text{ W}$, la potencia del enunciado.

Comprobación de tamaño sin calculadora: son 2,5 kJ cada segundo durante 240 s, o sea $2,5 \times 240 = 600 \text{ kJ}$. Encaja.

La energía mecánica y su conservación

Lo que hay que saber

Energía cinética: $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, en julios. Va con el **cuadrado** de la velocidad: al doble de velocidad, cuatro veces la energía.

Energía potencial gravitatoria: $E_p = m \cdot g \cdot h$. Su valor depende de qué altura tomes como cero, así que hay que decir respecto a qué se mide; lo que no depende de ese origen es su **variación**.

Energía mecánica = $E_c + E_p$.

▪ «La energía mecánica se conserva» solo vale si **no hay rozamiento** ni otras fuerzas que la disipen. Con rozamiento, parte se transforma en energía térmica y la mecánica baja: lo que se conserva siempre es la energía **total**, no la mecánica.

Cuando sí se conserva, lo que se escribe es $E_{c \text{ inicial}} + E_{p \text{ inicial}} = E_{c \text{ final}} + E_{p \text{ final}}$. Solo si el cuerpo parte del **reposo** y acaba en la altura que has tomado como **cero** se queda en «la potencial de arriba es igual a la cinética de abajo», que es el caso de estos ejercicios; ahí la masa se simplifica y el resultado no depende de ella.

La energía no se «gasta»: se transforma y se transfiere. Lo que se pierde en el camino es energía **aprovechable**, y reaparece como energía térmica, y en parte como sonido o luz.

- 16** Un coche de **900 kg** circula a **20 m/s**. Calcula su energía cinética. ¿Y si duplicara su velocidad hasta **40 m/s**?

Solución

$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times (900 \text{ kg}) \times (20 \text{ m/s})^2 = \frac{1}{2} \times 900 \times 400 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = \mathbf{180.000 \text{ J}}$, o 180 kJ. Que $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ sea un julio se ve desarrollando: $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = (1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2) \cdot \text{m}$.

A 40 m/s: $E_c = \frac{1}{2} \times (900 \text{ kg}) \times (40 \text{ m/s})^2 = \frac{1}{2} \times 900 \times 1.600 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = \mathbf{720.000 \text{ J}}$, o 720 kJ.

Al duplicar la velocidad la energía se ha hecho **cuatro** veces mayor: $(720.000 \text{ J}) \div (180.000 \text{ J}) = 4$. Es lo que dice el cuadrado de la fórmula, y por eso la distancia de frenado crece tanto con la velocidad.

Comprobación de la segunda sin repetir la multiplicación entera: como solo cambia la velocidad y entra al cuadrado, basta multiplicar la primera por $2^2 = 4$, y $180.000 \text{ J} \times 4 = 720.000 \text{ J}$.

Comprobación de la unidad: en la fórmula hay dos velocidades multiplicadas, no una. Si el resultado te sale con un solo m/s, te has dejado un factor por el camino.

- 17** Un saco de **25 kg** está colocado en una estantería, a **1,8 m** del suelo. Con **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** , calcula su energía potencial gravitatoria respecto al suelo y respecto a la superficie de una mesa que está a **0,8 m** del suelo.

Solución

Respecto al suelo, la altura es 1,8 m: $E_p = m \cdot g \cdot h = (25 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (1,8 \text{ m}) = \mathbf{441 \text{ J}}$.

Respecto a la mesa, la altura ya no es esa: $h = 1,8 \text{ m} - 0,8 \text{ m} = \mathbf{1 \text{ m}}$. Entonces $E_p = (25 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (1 \text{ m}) = \mathbf{245 \text{ J}}$.

Los dos resultados son correctos y no se contradicen: la energía potencial **depende del nivel que tomes como cero**, y por eso hay que decir respecto a qué se mide.

Comprobación de la segunda a partir de la primera: subir el nivel de referencia 0,8 m resta $(25 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (0,8 \text{ m}) = 196 \text{ J}$, y $441 \text{ J} - 196 \text{ J} = 245 \text{ J}$. Coincide.

Lo que no depende del nivel elegido es la **variación**: si el saco cae al suelo, pierde 441 J medido desde el suelo; medido desde la mesa pierde 245 J hasta la mesa y 196 J más hasta el suelo, y $245 \text{ J} + 196 \text{ J} = 441 \text{ J}$.

18

Se deja caer una pelota de **0,4 kg** desde **10 m** de altura. Despreciando el rozamiento con el aire y con **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** , calcula con qué velocidad llega al suelo usando la conservación de la energía mecánica.

Solución

Arriba, quieta: toda su energía mecánica es potencial. $E_p = (0,4 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (10 \text{ m}) = \mathbf{39,2 \text{ J}}$, y $E_c = 0 \text{ J}$.

Abajo, al llegar al suelo, la altura es 0 m y toda la energía mecánica es cinética. Sin rozamiento la mecánica se conserva, así que $E_c \text{ abajo} = 39,2 \text{ J}$.

De $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 39,2 \text{ J}$ se despeja $v^2 = (2 \times 39,2 \text{ J}) \div (0,4 \text{ kg}) = 196 \text{ m}^2/\text{s}^2$, y $v = \mathbf{14 \text{ m/s}}$. Las unidades cuadran: $\text{J} \div \text{kg} = (\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2) \div \text{kg} = \text{m}^2/\text{s}^2$, cuya raíz es m/s.

Comprobación metiendo el resultado en la fórmula: $\frac{1}{2} \times (0,4 \text{ kg}) \times (14 \text{ m/s})^2 = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 196 = 39,2 \text{ J}$, la energía de partida.

Comprobación por cinemática, que es un camino completamente distinto: $v^2 = 2 \cdot g \cdot h = 2 \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (10 \text{ m}) = 196 \text{ m}^2/\text{s}^2$, o sea 14 m/s. En esa igualdad la masa tampoco aparece: la pelota llegaría a 14 m/s pesara lo que pesara.

19

Un trineo de **30 kg** baja por una rampa nevada desde **4 m** de altura, partiendo del reposo, y llega abajo a **6 m/s**. Con **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** , calcula su energía mecánica arriba y abajo y di cuánta energía ha disipado el rozamiento.

Solución

Arriba: $E_p = (30 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) \times (4 \text{ m}) = 1.176 \text{ J}$, y $E_c = 0 \text{ J}$ porque parte del reposo. Energía mecánica arriba = **1.176 J**.

Abajo, tomando el suelo como nivel cero: $E_p = 0 \text{ J}$ y $E_c = \frac{1}{2} \times (30 \text{ kg}) \times (6 \text{ m/s})^2 = \frac{1}{2} \times 30 \times 36 = 540 \text{ J}$. Energía mecánica abajo = **540 J**.

La mecánica **no** se ha conservado: faltan $1.176 \text{ J} - 540 \text{ J} = \mathbf{636 \text{ J}}$, que es lo que el rozamiento ha convertido en energía térmica. La energía total sí se conserva; la mecánica, no.

Comprobación con la velocidad que habría tenido sin rozamiento: $v = \sqrt{(2 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 4 \text{ m})} = \sqrt{(78,4 \text{ m}^2/\text{s}^2)} \approx \mathbf{8,85 \text{ m/s}}$. Llega a 6 m/s, que es menos, y eso confirma que algo se ha quedado por el camino.

Comprobación del signo, y con su alcance: en esta rampa, que está quieta y donde lo único que falta por contar es el rozamiento, la energía disipada tiene que salir **positiva**. Si saliera negativa, el balance estaría diciendo que el trineo llega abajo con más energía mecánica de la que tenía arriba, y aquí no hay de dónde sacarla. Como ley general no vale: sobre una cinta transportadora en marcha, el rozamiento es justo lo que acelera la carga.

El átomo: isótopos y configuración electrónica

Lo que hay que saber

Z (número atómico) = número de protones, y es lo que define al elemento. **A** (número másico) = protones + neutrones. De ahí, **neutrones** = $A - Z$.

En un átomo **neutro**, electrones = protones = **Z**. En un **ion** no: un **catión** ha perdido electrones y queda con carga positiva; un **anión** los ha ganado y queda con carga negativa. El núcleo no cambia al formarse un ion.

Isótopos: átomos del mismo elemento (mismo **Z**) con distinto número de neutrones, y por tanto distinto **A**. Siguen siendo el mismo elemento y se comportan químicamente casi igual.

La **masa atómica relativa** que aparece en el sistema periódico es la media de las masas de los isótopos naturales **ponderada por su abundancia**, no la media aritmética; y es un número **sin unidades**, porque compara esa masa media con 1 u. Casi nunca sale entera por dos motivos a la vez: se promedian varios isótopos, y la masa de cada isótopo tampoco es un número entero de u. ▲ No confundas la masa de un isótopo con su número másico: el carbono tiene dos isótopos naturales y su masa relativa es 12,011.

Los electrones se reparten por capas y subcapas, y se van llenando en este orden: **1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s²...** El superíndice dice cuántos electrones hay, y cada tipo de subcapa tiene su tope: s hasta 2, p hasta 6, d hasta 10.

▲ Ese orden es el que se usa en 4º de ESO y da el reparto correcto hasta el calcio; a partir de ahí hay elementos, como el cromo y el cobre, cuyo reparto real no sale de aplicarlo sin más.

20

El aluminio tiene número atómico **Z = 13**, y su isótopo más abundante, número másico **A = 27**. Di cuántos protones, electrones y neutrones tiene ese átomo neutro, y cuántos tiene el ion **Al³⁺**.

Solución

Protones = **Z = 13**, y eso no cambia nunca sin cambiar de elemento: 13 protones es ser aluminio.

Neutrones = $A - Z = 27 - 13 = 14$.

En el átomo neutro, electrones = protones = **13**.

El ion **Al³⁺** tiene tres cargas positivas de más, y eso solo puede ser porque ha **perdido 3 electrones**: $13 - 3 = 10$ **electrones**. Sigue teniendo 13 protones y 14 neutrones: el núcleo no se toca al formarse un ion.

Comprobación de la carga: 13 cargas positivas de los protones y 10 negativas de los electrones dan $13 - 10 = +3$, que es justo lo que dice el superíndice.

▲ El signo + de un ion significa electrones **perdidos**, no protones ganados. Si le sumaras 3 protones tendrías **Z = 16**, que es azufre, y no un ion del aluminio.

21

El cloro natural es una mezcla de dos isótopos: **cloro-35**, de masa **34,97 u** y abundancia **75,8 %**, y **cloro-37**, de masa **36,97 u** y abundancia **24,2 %**. Calcula la masa media de sus átomos, en u, y a partir de ella la masa atómica relativa del cloro.

Solución

No es la media de 34,97 u y 36,97 u: hay que **ponderar** cada masa por su abundancia, porque hay mucho más del primer isótopo que del segundo.

Paso los porcentajes a fracción: 75,8 % = 0,758 y 24,2 % = 0,242. Comprobación de partida: $0,758 + 0,242 = 1$, o sea el 100 % de los átomos.

Masa media de un átomo de cloro = $(34,97 \text{ u}) \times 0,758 + (36,97 \text{ u}) \times 0,242 = 26,507 \text{ u} + 8,947 \text{ u} = 35,454 \text{ u}$, que se suele dar redondeada como 35,45 u. La masa atómica relativa es esa masa media comparada con 1 u, así que es el mismo número **sin unidades**: **$A_r(\text{Cl}) \approx 35,45$** , que es lo que aparece en el sistema periódico.

Comprobación de tamaño, y es la que caza una ponderación hecha al revés: el resultado tiene que quedar **entre** 34,97 u y 36,97 u, y más cerca del isótopo abundante. Está en 35,45 u, cerca del 35. Cambiando los porcentajes de sitio saldrían 36,49 u, cerca del 37, y eso no encaja con que tres cuartas partes de los átomos sean los ligeros.

La media aritmética sin ponderar sería $(34,97 \text{ u} + 36,97 \text{ u}) \div 2 = 35,97 \text{ u}$, y no es la masa atómica del cloro: solo valdría si los dos isótopos fueran igual de abundantes.

22

Escribe la configuración electrónica del azufre (**Z = 16**), di en qué periodo y en qué grupo del sistema periódico está y cuántos electrones tiene en su última capa.

Solución

Reparto los 16 electrones en el orden de llenado: $1s^2 (2) \cdot 2s^2 (2) \cdot 2p^6 (6) \cdot 3s^2 (2) \cdot 3p^4 (4)$. Queda **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$** .

Comprobación obligada: $2 + 2 + 6 + 2 + 4 = 16$ electrones, los que pide $Z = 16$. Si la suma no da Z , hay un error en el reparto.

La última capa que se ha empezado a llenar es la **3**, así que el azufre está en el **periodo 3**.

En esa última capa hay $3s^2$ y $3p^4$, o sea $2 + 4 = 6$ **electrones**. Al ser de los grupos 13 a 18, el grupo son esos electrones más 10: $6 + 10 =$ **grupo 16**.

Comprobación con algo que ya conoces: si tiene 6 en la última capa le faltan 2 para los ocho, así que cabe esperar el ion S^{2-} , y eso encaja con la fórmula del sulfuro de sodio, Na_2S , donde dos sodios de +1 equilibran un azufre de -2.

23

Un átomo neutro tiene **20 electrones**. Escribe su configuración electrónica, di de qué elemento se trata y qué ion cabe esperar que forme.

Solución

Si es neutro, electrones = protones = Z , así que **$Z = 20$** .

Reparto esos 20 en el orden de llenado: **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$** . Comprobación: $2 + 2 + 6 + 2 + 6 + 2 = 20$.

La última capa empezada es la 4, con 2 electrones en su subcapa s: **periodo 4 y grupo 2**, el de los alcalinotérreos. Es el **calcio**.

Como metal del grupo 2, lo que le sale más fácil es perder esos 2 electrones de la última capa: forma el ion **Ca^{2+}** , con 20 protones y 18 electrones.

Comprobación de esa carga: $20 - 18 = +2$. Y el resultado encaja con fórmulas conocidas como $CaCl_2$, donde un Ca^{2+} necesita dos Cl^- para dar carga total cero.

El sistema periódico

Lo que hay que saber

Los elementos están ordenados por Z creciente. Cada fila es un **periodo** y cada columna un **grupo**. Los de un mismo grupo tienen, salvo excepciones como la del helio, el mismo número de electrones en su última capa, y de ahí que se parezcan al reaccionar.

Familias que hay que reconocer: grupo 1 **alcalinos** —salvo el hidrógeno, que está en ese grupo y no es un metal alcalino—, grupo 2 **alcalinotérreos**, grupo 17 **halógenos**, grupo 18 **gases nobles**. Los metales quedan a la izquierda y en el centro; los no metales, arriba a la derecha.

Con la configuración electrónica se localiza un elemento: el número de la **última capa** es el periodo, y los electrones de esa última capa dan el grupo (para los grupos 1 y 2, ese número tal cual; del 13 al 18, esos electrones **más 10**). Esto vale para los grupos 1, 2 y 13 a 18, que son los de estos ejercicios, con dos excepciones: los metales de transición, grupos 3 a 12, que se localizan contando además los electrones de la subcapa d , y el **helio**, que tiene 2 electrones en su única capa y está en el grupo 18, no en el 2.

El **radio atómico** crece al bajar en un grupo, porque se añaden capas, y disminuye hacia la derecha dentro de un periodo, porque hay más protones tirando de las mismas capas.

▲ Los metales tienden a **perder** electrones y formar cationes, y los no metales a **ganarlos** y formar aniones. Es la tendencia general del sistema periódico, no una ley sin excepciones: el hidrógeno hace las dos cosas según con quién reaccione.

Los gases nobles tienen la última capa completa y **apenas** forman compuestos. Decir que «no reaccionan nunca» es falso: hay compuestos de xenón y de kriptón preparados en el laboratorio. Lo cierto es que son los elementos menos reactivos.

24

La configuración electrónica de un elemento acaba en $3s^2 3p^5$. Escríbela completa, di su número atómico, su periodo, su grupo, el nombre de su familia y si es metal o no metal.

Solución

Completa, desde el principio: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$.

Sumo los electrones: $2 + 2 + 6 + 2 + 5 = 17$. Al ser neutro, $Z = 17$: es el **cloro**.

La última capa empezada es la 3, así que **periodo 3**. Electrones en esa capa: $2 + 5 = 7$, y al ser de los grupos 13 a 18 hay que sumar 10: **grupo 17**.

El grupo 17 es la familia de los **halógenos**, y queda arriba a la derecha del sistema periódico: es un **no metal**.

Comprobación con lo que se espera de un halógeno: le falta un electrón para completar los ocho de la última capa, así que forma el ion Cl^- . Eso encaja con $NaCl$ y con HCl , donde el cloro va con -1 .

25

Ordena de **menor a mayor radio atómico** estos tres elementos del tercer periodo: sodio ($Z = 11$), magnesio ($Z = 12$) y cloro ($Z = 17$). Justifica el orden.

Solución

Los tres están en el mismo periodo, el 3, así que sus electrones ocupan las mismas capas: lo que decide la comparación son los protones del núcleo.

Cuanto más protones tiene el núcleo, más tira de esos electrones y más se acerca la última capa. Dentro de un periodo, el radio **disminuye hacia la derecha**.

El orden de protones es $11 (Na) < 12 (Mg) < 17 (Cl)$, luego el de radios es el contrario: **$Cl < Mg < Na$** .

Comprobación con la posición, que apunta en el mismo sentido: el sodio es el que está más a la izquierda de los tres (grupo 1) y es el de radio mayor; el cloro es el que está más a la derecha (grupo 17) y el de radio menor.

▲ El radio no se decide por el número másico ni por lo grande que suene el nombre del elemento:

aquí el cloro tiene más protones y más electrones que el sodio y su átomo es **más pequeño**.

26

El nitrógeno está en el **grupo 15** y el **periodo 2**. Deduce de esa posición su número atómico y su configuración electrónica, y di cuántos electrones le faltan para completar su última capa.

Solución

Periodo 2 quiere decir que su última capa es la 2, así que solo intervienen las subcapas 1s, 2s y 2p.

Grupo 15: como está entre el 13 y el 18, los electrones de su última capa son $15 - 10 = 5$, y esos 5 se reparten $2s^2 2p^3$.

Con la capa 1 completa por debajo, la configuración es **$1s^2 2s^2 2p^3$** . Sumando: $2 + 2 + 3 = 7$ **electrones**, así que al ser neutro **$Z = 7$** .

Le faltan $8 - 5 = 3$ **electrones** para los ocho de la última capa.

Comprobación con una fórmula que ya conoces: si le faltan tres, cabe esperar que comparta un par de electrones con cada uno de tres hidrógenos, y eso da NH_3 , el amoníaco. Encaja.

El enlace químico

Lo que hay que saber

Los átomos se unen para quedar con un reparto de electrones más estable, que en los elementos de estos grupos suele ser el de **ocho electrones** en la última capa (la regla del octeto). ▲ Tiene excepciones que conviene tener presentes: el hidrógeno se queda con dos, y el berilio y el boro con menos de ocho.

Enlace iónico: entre un metal y un no metal. El metal cede electrones y el no metal los toma; los iones que resultan se atraen y forman una **red**. La fórmula dice la proporción de iones en esa red, no una molécula suelta.

Enlace covalente: entre no metales, que **comparten** pares de electrones. Puede dar moléculas pequeñas (H_2O , CO_2 , Cl_2) o redes gigantes, como el diamante.

Enlace metálico: entre metales. Los cationes quedan colocados en una red y los electrones de valencia se mueven por ella. De ahí que conduzcan la electricidad y el calor en estado sólido y que se puedan estirar en hilos y en láminas.

Propiedades que cabe esperar de cada tipo: los **iónicos**, sólidos duros y quebradizos, de punto de fusión alto, que conducen fundidos o disueltos en agua pero no en estado sólido. Los **covalentes moleculares**, de punto de fusión bajo *comparado con los otros dos tipos*, y malos conductores: unos son gases o líquidos a temperatura ambiente y otros sólidos blandos, como el yodo o el azúcar. Los **metálicos**, conductores ya en estado sólido.

Esas propiedades ordenan bien los tres grupos, pero no deciden un caso suelto por sí solas: el agua es covalente molecular y hierve a $100\text{ }^\circ\text{C}$, mucho más que otras moléculas de tamaño parecido, por las uniones que se forman entre sus propias moléculas.

27

Explica qué tipo de enlace se forma entre el sodio (**$Z = 11$**) y el cloro (**$Z = 17$**), escribe la fórmula del compuesto y di dos propiedades que cabe esperar de él.

Solución

Configuraciones: sodio $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ (suma 11) y cloro $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ (suma 17).

Al sodio le sobra 1 electrón para dejar completa la capa de debajo, y al cloro le falta 1 para completar la suya. Así que el sodio lo cede y el cloro lo toma: quedan **Na^+** y **Cl^-** , que se atraen. Es un **enlace iónico**, el esperable entre un metal y un no metal.

La fórmula es **$NaCl$** : hace falta un ion de cada uno para que la carga total sea cero, $(+1) + (-1) = 0$.

Dos propiedades esperables: **sólido con punto de fusión alto** a temperatura ambiente, porque para fundirlo hay que romper una red entera de atracciones, y **no conduce la electricidad en estado**

sólido pero sí disuelto en agua, porque entonces los iones quedan libres para moverse.

La fórmula NaCl indica la **proporción** 1:1 de iones en la red, no que existan moléculas sueltas de NaCl: un cristal de sal es una red de muchísimos iones alternados.

28

Di qué tipo de enlace hay en cada una de estas sustancias y en qué estado cabe esperar encontrarlas a temperatura ambiente: **Cl₂**, **MgO**, **Cu** y **H₂O**.

Solución

Cl₂: dos átomos de un no metal, así que **covalente**, formando moléculas pequeñas. Cabe esperar **gas** a temperatura ambiente.

MgO: un metal (magnesio) con un no metal (oxígeno), así que **iónico**. Red y punto de fusión alto: **sólido**.

Cu: un metal solo, así que **metálico**. **Sólido**, y conductor de la electricidad ya en estado sólido, que es lo que distingue a este enlace de los otros dos.

H₂O: dos no metales, **covalente** molecular. Es **líquida** a temperatura ambiente, y ahí se separa de otras moléculas covalentes de tamaño parecido: las uniones que se forman entre unas moléculas de agua y otras la mantienen unida hasta los 100 °C.

▲ El razonamiento «metal con no metal, iónico · no metal con no metal, covalente · metal solo, metálico» acierta en estos cuatro casos, pero clasifica el **enlace**, no predice el **estado**: el estado depende además de la fuerza de las uniones entre unas moléculas y otras. El agua es el ejemplo de que eso importa, y el yodo, que es covalente molecular y sólido, otro.

29

El cloruro de magnesio tiene fórmula **MgCl₂**. Justifica esa proporción de un magnesio por cada dos cloros con los electrones que pierde y gana cada átomo. Datos: magnesio **Z = 12**, cloro **Z = 17**.

Solución

Magnesio: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, que suma 12. Tiene 2 electrones en la última capa y lo que le sale más fácil es perderlos: forma **Mg²⁺**.

Cloro: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, que suma 17. Tiene 7 en la última capa y le falta **1**: forma **Cl⁻**.

Cada magnesio suelta 2 electrones y cada cloro solo puede recoger 1, así que hacen falta **dos cloros por cada magnesio**. De ahí el subíndice 2 de la fórmula.

Comprobación con las cargas, que es la regla general: $(+2) + 2 \times (-1) = 0$. La red tiene que ser eléctricamente neutra; con un solo cloro quedaría $(+2) + (-1) = +1$, que no vale.

El mismo razonamiento con el oxígeno da otra fórmula: el oxígeno forma **O²⁻**, así que basta uno por cada magnesio, $(+2) + (-2) = 0$. Es el MgO del ejercicio anterior.

Lo que hay que saber

En una fórmula, el **subíndice** dice cuántos átomos de ese elemento hay: H_2SO_4 lleva 2 de hidrógeno, 1 de azufre y 4 de oxígeno. Sin subíndice, uno.

La regla con la que se colocan los subíndices: **la suma de los números de oxidación de todos los átomos tiene que dar cero** en un compuesto neutro. Es una condición que la fórmula tiene que cumplir, no una prueba de que sea la que te piden: otras fórmulas distintas también la cumplen. Con el oxígeno a -2 y el hierro a $+3$ sale Fe_2O_3 , porque $2 \cdot (+3) + 3 \cdot (-2) = 0$.

Orden de escritura: primero el elemento menos electronegativo —el metal, o el hidrógeno— y después el otro. Al nombrarlo se invierte ese orden: Al_2O_3 es **óxido de aluminio**. Con el hidrógeno la regla de escritura tiene excepciones que se aprenden de memoria: el amoníaco se escribe NH_3 , con el hidrógeno detrás.

Dos formas admitidas de nombrar: con **prefijos** que cuentan los átomos (di-, tri-, tetra-, penta-) o con el **número de oxidación en romanos y entre paréntesis**, que no es cosa solo de los metales: óxido de carbono(IV) también es correcto. Así, N_2O_5 es pentaóxido de dinitrógeno, y FeCl_3 es tricloruro de hierro o cloruro de hierro(III).

Los **hidróxidos** llevan el grupo **OH**, que funciona con -1 en bloque: con el calcio ($+2$) sale $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y ese subíndice 2 fuera del paréntesis significa dos grupos OH enteros.

▲ Los ácidos más usados se piden de memoria, porque su nombre tradicional no se deduce contando átomos: **HCl** clorhídrico · **H_2SO_4** sulfúrico · **HNO_3** nítrico · **H_2CO_3** carbónico.

30

Escribe la fórmula de: **óxido de aluminio, cloruro de calcio, sulfuro de sodio y trióxido de azufre**. Datos de números de oxidación: Al $+3$ · Ca $+2$ · Na $+1$ · O -2 · Cl -1 · S -2 como sulfuro y $+6$ en el trióxido.

Solución

Óxido de aluminio: el Al va con $+3$ y el O con -2 . Busco los subíndices que hagan cero la suma: $2 \times (+3) + 3 \times (-2) = +6 - 6 = 0$, así que **Al_2O_3** .

Cloruro de calcio: Ca $+2$ y Cl -1 . Con $1 \times (+2) + 2 \times (-1) = 0$ sale **CaCl_2** .

Sulfuro de sodio: Na $+1$ y S -2 . Con $2 \times (+1) + 1 \times (-2) = 0$ sale **Na_2S** .

Trióxido de azufre: aquí el prefijo ya dice el número de oxígenos, tres, y no hay prefijo delante del azufre, así que es uno: **SO_3** .

Comprobación de las cuatro con la regla de la suma cero, una a una: $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow +6 - 6 = 0$ · $\text{CaCl}_2 \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{Na}_2\text{S} \rightarrow +2 - 2 = 0$ · $\text{SO}_3 \rightarrow +6 - 6 = 0$. Ninguna queda con carga sobrante.

31

Nombra estos cuatro compuestos: **FeCl_3 , CO_2 , N_2O_5 y KBr** . Datos: el cloro y el bromo actúan aquí con -1 , el oxígeno con -2 y el potasio con $+1$.

Solución

FeCl_3 : con prefijos, **tricloruro de hierro**. Con el número de oxidación en romanos: los 3 cloros aportan $3 \times (-1) = -3$, así que el hierro está actuando con $+3$, y queda **cloruro de hierro(III)**. Las dos formas son correctas.

CO_2 : **dióxido de carbono**. El carbono actúa con $+4$, porque $(+4) + 2 \times (-2) = 0$.

N_2O_5 : hay que contar los átomos de los dos elementos, así que lleva dos prefijos: **pentaóxido de dinitrógeno**. Los 5 oxígenos aportan -10 , repartidos entre 2 nitrógenos dan $+5$ cada uno, y $+5$ es un número de oxidación posible del nitrógeno.

KBr : **bromuro de potasio**. No hace falta prefijo ni romano, porque el potasio solo actúa con $+1$ y no hay ninguna ambigüedad que aclarar.

Comprobación de los cuatro con la suma cero: $\text{FeCl}_3 \rightarrow (+3) + 3 \times (-1) = 0$ · $\text{CO}_2 \rightarrow (+4) + 2 \times (-2) = 0$ · $\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 2 \times (+5) + 5 \times (-2) = 0$ · $\text{KBr} \rightarrow (+1) + (-1) = 0$.

32

Escribe la fórmula de: **hidróxido de calcio, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido nítrico.**

Solución

Hidróxido de calcio: el calcio va con +2 y el grupo OH funciona con -1 en bloque, así que hacen falta dos grupos enteros: **Ca(OH)₂**. El paréntesis es imprescindible: CaOH_2 diría un calcio, un oxígeno y dos hidrógenos, que es otra cosa.

Ácido sulfúrico: **H₂SO₄**. Comprobación con los números de oxidación: $2 \times (+1) + (+6) + 4 \times (-2) = 2 + 6 - 8 = 0$.

Ácido clorhídrico: **HCl**. Comprobación: $(+1) + (-1) = 0$.

Ácido nítrico: **HNO₃**. Comprobación: $(+1) + (+5) + 3 \times (-2) = 1 + 5 - 6 = 0$.

▲ De los cuatro, los tres ácidos llevan **nombre tradicional**, que no se deduce contando átomos: hay que tenerlos aprendidos. Y la comprobación de la suma cero ayuda menos de lo que parece: solo dice que la fórmula que has escrito es coherente, no que sea la que te piden. HNO_2 también suma cero, $(+1) + (+3) + 2 \times (-2) = 0$, y es el ácido nitroso, no el nítrico.

33

Deduce la fórmula del compuesto que forman el hierro actuando con número de oxidación **+3** y el oxígeno con **-2**, y nómbralo de las dos maneras.

Solución

Busco los subíndices más pequeños que hagan cero la suma. Con un hierro y un oxígeno: $(+3) + (-2) = +1$, no vale.

Pruebo a igualar los totales: dos hierros dan $2 \times (+3) = +6$ y tres oxígenos dan $3 \times (-2) = -6$. La suma es 0, así que la fórmula es **Fe₂O₃**.

Con el número de oxidación en romanos se llama **óxido de hierro(III)**; con prefijos que cuentan los átomos, **trióxido de dihierro**.

Comprobación: $2 \times (+3) + 3 \times (-2) = +6 - 6 = 0$. Y los subíndices 2 y 3 no tienen ningún divisor común, así que esta es la fórmula más sencilla: Fe_4O_6 también sumaría cero, pero no se escribe así.

El romano hace falta porque el hierro tiene más de un número de oxidación: con +2, el mismo procedimiento da FeO , óxido de hierro(II), que es un compuesto distinto.

El mol y la masa molar

Lo que hay que saber

El **mol** es la cantidad de sustancia que contiene $6,022 \times 10^{23}$ partículas (el número de Avogadro, N_A). «Partículas» hay que concretarlo cada vez: moléculas, átomos o iones, según de qué se hable.

La **masa molar** (M) es la masa de un mol, en **g/mol**. Su valor coincide con la masa atómica o molecular expresada en u: el agua tiene 18 u de masa molecular y 18 g/mol de masa molar.

Las dos cuentas que resuelven casi todo: $n = m \div M$ y $N = n \cdot N_A$. Arrastra las unidades y te avisan si has dividido al revés: g ÷ (g/mol) da mol.

La masa molecular se calcula sumando las masas atómicas con sus subíndices. Para el H_2SO_4 : $2 \cdot 1 \text{ u} + 32 \text{ u} + 4 \cdot 16 \text{ u} = 98 \text{ u}$, y por tanto $M = 98 \text{ g/mol}$.

▪ Un mol de **gas** ocupa **aproximadamente 22,4 L**, y solo en condiciones normales (0 °C y 1 atm) y tratándolo como gas ideal, que es como se hace en este curso. No vale para líquidos ni para sólidos: un mol de agua líquida ocupa unos 18 mL, no 22,4 L.

Fíjate en qué estás contando: 1 mol de CO_2 son $6,022 \times 10^{23}$ **moléculas**, pero $3 \cdot 6,022 \times 10^{23}$ **átomos**, porque cada molécula lleva tres.

- 34** Calcula la masa molar del ácido sulfúrico, H_2SO_4 . Datos de masas atómicas: H = 1 u · S = 32 u · O = 16 u.

Solución

Cuento los átomos que dice la fórmula: **2** de hidrógeno (el subíndice del H), **1** de azufre (sin subíndice, luego uno) y **4** de oxígeno.

Masa molecular = $2 \times (1 \text{ u}) + 1 \times (32 \text{ u}) + 4 \times (16 \text{ u}) = 2 \text{ u} + 32 \text{ u} + 64 \text{ u} = \mathbf{98 \text{ u}}$.

La masa molar lleva el mismo número con otra unidad: **$M = 98 \text{ g/mol}$** . Es decir, un mol de ácido sulfúrico son 98 g.

Comprobación de la suma, hecha por partes para no arrastrar un error: solo el oxígeno aporta 64 u, más que todo lo demás junto ($2 \text{ u} + 32 \text{ u} = 34 \text{ u}$), y $64 + 34 = 98$.

▲ El subíndice 4 multiplica solo al oxígeno que tiene delante, no al grupo SO entero. Aplicándolo a los dos saldrían 4 azufres y 4 oxígenos, o sea $2 + 128 + 64 = 194 \text{ u}$, casi el doble de lo correcto.

- 35** ¿Cuántos moles hay en **120 g** de hidróxido de sodio, $NaOH$? Datos: Na = 23 u · O = 16 u · H = 1 u · $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Solución

Primero la masa de una unidad fórmula, sumando las masas atómicas: $23 \text{ u} + 16 \text{ u} + 1 \text{ u} = 40 \text{ u}$. La masa molar es ese mismo número en otra unidad: **$M = 40 \text{ g/mol}$** .

$n = m \div M = (120 \text{ g}) \div (40 \text{ g/mol}) = \mathbf{3 \text{ mol}}$. Fíjate en cómo cuadran las unidades: g ÷ (g/mol) = mol. Si el mol te saliera en el denominador, habrías dividido al revés.

Comprobación al revés: $(3 \text{ mol}) \times (40 \text{ g/mol}) = 120 \text{ g}$, la masa del enunciado.

Comprobación de tamaño: 120 g son tres veces 40 g, y 40 g es justo un mol, así que tienen que salir 3 mol. Con la masa molar delante, esta cuenta se ve casi sin calculadora.

Si además quisieras el número de unidades: $N = (3 \text{ mol}) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 1,8066 \times 10^{24}$ unidades de NaOH.

36

¿Cuántas moléculas hay en **11 g** de dióxido de carbono, **CO₂**? ¿Y cuántos átomos en total?

Datos: C = 12 u · O = 16 u · N_A = 6,022 × 10²³ moléculas por mol.

Solución

Masa molecular: 12 u + 2 × (16 u) = 44 u, así que la masa molar es **M = 44 g/mol**.

Moles: $n = (11 \text{ g}) \div (44 \text{ g/mol}) = \mathbf{0,25 \text{ mol}}$.

Moléculas: $N = n \cdot N_A = (0,25 \text{ mol}) \times (6,022 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol}) = \mathbf{1,5055 \times 10^{23} \text{ moléculas}}$, o 1,51 × 10²³ redondeando.

Átomos: cada molécula de CO₂ lleva 3 átomos, uno de carbono y dos de oxígeno, así que son 3 × 1,5055 × 10²³ = **4,5165 × 10²³ átomos**.

Comprobación de tamaño: 11 g es la cuarta parte de 44 g, luego tiene que salir la cuarta parte de un mol y la cuarta parte del número de Avogadro. Y 1,5055 × 10²³ es, en efecto, la cuarta parte de 6,022 × 10²³.

▲ Moléculas y átomos no son lo mismo, y el enunciado pide las dos cosas por separado: contestar 1,51 × 10²³ a las dos preguntas deja una mal.

37

¿Qué volumen ocupan **8 g** de oxígeno gas, **O₂**, en condiciones normales (0 °C y 1 atm), donde un mol de cualquier gas ocupa **22,4 L**? Dato: O = 16 u.

Solución

El oxígeno gas es diatómico, así que su molécula tiene 2 × (16 u) = 32 u de masa, y de ahí una masa molar de **32 g/mol**.

Moles: $n = (8 \text{ g}) \div (32 \text{ g/mol}) = \mathbf{0,25 \text{ mol}}$.

Volumen: $V = n \times 22,4 \text{ L/mol} = (0,25 \text{ mol}) \times (22,4 \text{ L/mol}) = \mathbf{5,6 \text{ L}}$. Las unidades: mol × (L/mol) = L.

Comprobación deshaciendo los dos pasos: (5,6 L) ÷ (22,4 L/mol) = 0,25 mol, y (0,25 mol) × (32 g/mol) = 8 g, la masa del enunciado.

▲ La masa molar del oxígeno **gas** es 32 g/mol, no 16 g/mol: 16 u es la masa de un átomo y la molécula lleva dos. Usando 16 g/mol saldrían 0,5 mol y 11,2 L, el doble de lo correcto.

Las reacciones químicas y la estequiometría

Lo que hay que saber

En una reacción química los átomos se reorganizan: se rompen unos enlaces y se forman otros. Los átomos de cada elemento son los mismos antes y después, y de ahí sale la **ley de conservación de la masa**.

▪ Esa ley se comprueba en un **recipiente cerrado**. Si un gas se escapa, la balanza marca menos y parece que la masa ha desaparecido: no ha desaparecido, se ha ido. (Y en las reacciones **nucleares**, que no son reacciones químicas, la masa sí cambia.)

Ajustar una ecuación es poner **coeficientes** delante de las fórmulas hasta que haya el mismo número de átomos de cada elemento a los dos lados. ▪ Los subíndices no se tocan: cambiarlos cambia la sustancia. 2 H₂O son dos moléculas de agua; H₄O₂ no es agua.

Los coeficientes se leen en **moles**, no en gramos: en N₂ + 3 H₂ → 2 NH₃, un mol de nitrógeno reacciona con tres de hidrógeno y da dos de amoníaco.

Cuando el dato es una masa y lo que piden es otra masa o un volumen de gas, el camino es este: **gramos del dato** → **moles** (dividiendo entre su M) → **moles de lo que te piden** (con la proporción de los coeficientes) → **gramos o litros** (multiplicando por su M, o por los 22,4 L/mol solo si lo que piden es un volumen de gas y el enunciado dice que está en condiciones normales). Si el dato ya viene en moles, el primer paso se salta.

▲ Esas cuentas suponen que el reactivo del que te dan el dato se consume por completo. Si el enunciado da las cantidades de los dos reactivos, hay que mirar primero cuál se acaba antes: ese es el que manda.

38

Ajusta esta ecuación, que es la combustión del propano: **C₃H₈ + O₂ → CO₂ + H₂O**.

Solución

Empiezo por el carbono, que solo aparece en un compuesto de cada lado: hay 3 a la izquierda, luego hacen falta **3 CO₂** a la derecha.

Sigo con el hidrógeno: 8 a la izquierda, y cada H₂O lleva 2, así que **4 H₂O**.

El oxígeno se deja para el final, porque está en los dos productos: a la derecha hay 3 × 2 = 6 en los CO₂ y 4 × 1 = 4 en las aguas, en total **10**. Como el O₂ lleva dos átomos, hacen falta 10 ÷ 2 = **5 O₂**.

Ecuación ajustada: **C₃H₈ + 5 O₂ → 3 CO₂ + 4 H₂O**.

Comprobación átomo por átomo, que es lo único que cierra este ejercicio: C, 3 = 3 · H, 8 = 4 × 2 = 8 · O, 5 × 2 = 10 = 6 + 4 = 10. Los tres cuadran, y en ningún paso se ha tocado un subíndice: solo se han puesto números delante.

39

En la reacción **N₂ + 3 H₂ → 2 NH₃**, ya ajustada, ¿qué masa de amoníaco se obtiene a partir de **28 g de nitrógeno**, si todo el nitrógeno reacciona? Datos: N = 14 u · H = 1 u.

Solución

Masas moleculares primero, y de ahí las molares: el N₂ tiene 2 × (14 u) = 28 u, luego M(N₂) = 28 g/mol; el NH₃ tiene 14 u + 3 × (1 u) = 17 u, luego M(NH₃) = 17 g/mol.

Paso el dato a moles: n(N₂) = (28 g) ÷ (28 g/mol) = **1 mol**.

Aplico la proporción de los coeficientes: por cada 1 mol de N₂ salen 2 mol de NH₃, así que n(NH₃) = 1 mol × 2 = **2 mol**.

Vuelvo a gramos: m = n · M = (2 mol) × (17 g/mol) = **34 g de amoníaco**.

Comprobación con la conservación de la masa: los 3 mol de H₂ que reaccionan son (3 mol) × (2 g/mol) = 6 g, y 28 g + 6 g = 34 g, exactamente el amoníaco obtenido. Si la masa de los productos no cuadrara con la de los reactivos, habría un error.

Comprobación del ajuste, que es lo primero que hay que dar por bueno antes de usar la proporción:

N, 2 a la izquierda y $2 \times 1 = 2$ a la derecha · H, $3 \times 2 = 6$ y $2 \times 3 = 6$.

40

Al quemar **24 g de magnesio** al aire se obtienen **40 g de óxido de magnesio, MgO**. Escribe y ajusta la ecuación y calcula qué masa de oxígeno se ha combinado. Datos: Mg = 24 u · O = 16 u.

Solución

Sin ajustar, la ecuación es $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$. Ajustada queda **$2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$** : Mg, $2 = 2 \cdot 1$, $1 \times 2 = 2 = 2 \times 1$.

La masa del magnesio más la del oxígeno que se combina con él tiene que dar la del óxido, así que el oxígeno combinado es la diferencia: $m(\text{O}_2) = 40 \text{ g} - 24 \text{ g} = \mathbf{16 \text{ g}}$.

Comprobación por moles, que es un camino independiente de esa resta: $n(\text{Mg}) = (24 \text{ g}) \div (24 \text{ g/mol}) = 1 \text{ mol}$. Por el ajuste, 2 Mg consumen 1 O₂, así que 1 mol de Mg consume 0,5 mol de O₂, y eso son $(0,5 \text{ mol}) \times (32 \text{ g/mol}) = 16 \text{ g}$. Los mismos 16 g.

Segunda comprobación, por el producto: 1 mol de Mg da 1 mol de MgO; una unidad fórmula de MgO tiene 24 u + 16 u = 40 u, luego $M(\text{MgO}) = 40 \text{ g/mol}$, y $(1 \text{ mol}) \times (40 \text{ g/mol}) = 40 \text{ g}$, los del enunciado.

▪ El magnesio no «pesa más al quemarse» por arte de magia: los 16 g que gana la balanza son oxígeno del aire que ha entrado a formar parte del compuesto. Y al revés, en una reacción que desprenda un gas en recipiente abierto la balanza marcará menos sin que se haya destruido nada.

41

En la descomposición **$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$** , ya ajustada, ¿qué volumen de CO₂ en condiciones normales (un mol de gas ocupa **22,4 L**) se desprende al descomponer **50 g** de carbonato de calcio? Calcula también la masa de CaO que queda. Datos: Ca = 40 u · C = 12 u · O = 16 u.

Solución

Masa de una unidad fórmula del carbonato: $40 \text{ u} + 12 \text{ u} + 3 \times (16 \text{ u}) = 40 \text{ u} + 12 \text{ u} + 48 \text{ u} = \mathbf{100 \text{ u}}$, y de ahí $M(\text{CaCO}_3) = \mathbf{100 \text{ g/mol}}$.

Moles de partida: $n = (50 \text{ g}) \div (100 \text{ g/mol}) = \mathbf{0,5 \text{ mol}}$.

La ecuación va 1 a 1 a 1, así que se desprenden 0,5 mol de CO₂. En condiciones normales, $V = (0,5 \text{ mol}) \times (22,4 \text{ L/mol}) = \mathbf{11,2 \text{ L}}$.

Para cerrar el balance de masas, la del CO₂: su molécula tiene $12 \text{ u} + 2 \times (16 \text{ u}) = 44 \text{ u}$, luego $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$, y $m = (0,5 \text{ mol}) \times (44 \text{ g/mol}) = 22 \text{ g}$.

El CaO que queda, por conservación de la masa: $50 \text{ g} - 22 \text{ g} = \mathbf{28 \text{ g}}$. Comprobación por moles, que no depende de esa resta: una unidad fórmula de CaO tiene $40 \text{ u} + 16 \text{ u} = 56 \text{ u}$, luego $M(\text{CaO}) = 56 \text{ g/mol}$, y $(0,5 \text{ mol}) \times (56 \text{ g/mol}) = 28 \text{ g}$. Coincide.

Comprobación de tamaño del volumen: 0,5 mol es medio mol, así que tiene que salir la mitad de 22,4 L. Y 11,2 L es la mitad.

Ácidos, bases y pH

Lo que hay que saber

En disolución acuosa, un **ácido** aumenta la concentración de iones H^+ y una **base**, la de iones OH^- . El HCl en agua da H^+ y Cl^- ; el NaOH, que ya lleva el grupo OH, da Na^+ y OH^- . El amoníaco no lleva ninguno y aun así es una base: los fabrica al reaccionar con el agua, $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$.

▲ La escala de **pH** va de 0 a 14 en las disoluciones corrientes: por debajo de 7 es ácida y por encima, básica. El 7 es el valor neutro del agua **a 25 °C**; a otra temperatura ese valor neutro cambia, y disoluciones muy concentradas se salen de la escala.

Cuanto más pequeño es el pH, más ácida es la disolución. Y la escala no avanza de uno en uno: cada unidad de pH menos es una **concentración** de H^+ diez veces mayor. Decir «más iones» a secas no vale, porque el número de iones depende además del volumen que tengas.

Neutralización: cuando la base es un **hidróxido**, que es el caso de estos ejercicios, el ácido y la base dan una **sal** y **agua**. $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$. Con otras bases no siempre hay agua entre los productos: el amoníaco con HCl da solo la sal, NH_4Cl .

Para ajustar una neutralización, cuenta los H que cede el ácido: el H_2SO_4 cede dos, así que pide **dos** NaOH por cada molécula de ácido.

Los **indicadores** (el papel de tornasol, la fenolftaleína) cambian de color según el pH y sirven para decir si una disolución es ácida o básica; dan un intervalo, no un número. Para un número hace falta un pH-metro.

42

Clasifica cada disolución como ácida, básica o neutra a partir de su pH, medido a 25 °C, y di cuál es la más ácida: zumo de limón, **pH 2,3** · agua destilada, **pH 7,0** · disolución de amoníaco, **pH 11,5** · refresco de cola, **pH 2,5**.

Solución

A 25 °C el valor neutro es 7: por debajo la disolución es ácida y por encima, básica.

Zumo de limón, pH 2,3: **ácida**, y bastante. Refresco de cola, pH 2,5: **ácida** también.

Agua destilada, pH 7,0: **neutra**. Disolución de amoníaco, pH 11,5: **básica**.

La más ácida es la de pH **más bajo**: el zumo de limón, con 2,3, por delante de la cola, con 2,5.

Esa diferencia de $2,5 - 2,3 = 0,2$ unidades parece pequeña y no lo es tanto: en la escala de pH cada unidad menos es diez veces más concentración de H^+ , así que 0,2 unidades no son un 8 % más, sino algo más de vez y media más concentración.

▲ Con el pH pasa como con los números negativos: el más ácido es el del número **más pequeño**.

Un pH 11,5 no es «más fuerte» que un pH 2,3: es una disolución claramente **básica**, y eso es otra cosa. Un pH alto tampoco dice que la base sea fuerte: el amoníaco es una base **débil** y su disolución llega igualmente a 11,5.

43

Escribe y ajusta la reacción de neutralización entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio, y di qué sal se forma.

Solución

Fórmulas: ácido clorhídrico **HCl** e hidróxido de sodio **NaOH**.

Una neutralización da una **sal** y **agua**. La sal la forman el metal de la base (Na^+) y el no metal del ácido (Cl^-): **NaCl**, cloruro de sodio, que es la sal común.

La ecuación queda **$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$** .

Comprobación átomo por átomo: H, 1 del ácido + 1 del hidróxido = 2, y a la derecha los 2 del agua · Cl, $1 = 1 \cdot \text{Na}$, $1 = 1 \cdot \text{O}$, $1 = 1$. Está ajustada tal cual, sin necesidad de poner ningún coeficiente.

Quienes se juntan para dar el agua son el H^+ del ácido y el OH^- de la base; el Na^+ y el Cl^- se quedan en disolución, y son los que forman la sal.

Se neutralizan **0,2 mol de ácido sulfúrico** con hidróxido de sodio, según la reacción ya ajustada $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$. Calcula cuántos moles de NaOH hacen falta y qué masa son. Datos: Na = 23 u · O = 16 u · H = 1 u.

Solución

La proporción la dan los coeficientes: por cada 1 mol de H_2SO_4 hacen falta 2 mol de NaOH, y eso es así porque el ácido sulfúrico cede dos H^+ .

$$n(\text{NaOH}) = (0,2 \text{ mol}) \times 2 = \mathbf{0,4 \text{ mol}}.$$

Masa molar del NaOH: su unidad fórmula tiene 23 u + 16 u + 1 u = 40 u, luego **M = 40 g/mol**.

$$m = n \cdot M = (0,4 \text{ mol}) \times (40 \text{ g/mol}) = \mathbf{16 \text{ g de hidróxido de sodio}}.$$

Comprobación del ajuste antes de fiarse de esa proporción: H, 2 del ácido + 2 de los NaOH = 4, y a la derecha 2 aguas $\times 2 \text{ H} = 4$ · S, 1 = 1 · O, 4 del ácido + 2 de los NaOH = 6, y a la derecha 4 del sulfato + 2 de las aguas = 6 · Na, 2 = 2.

▲ Con 0,2 mol de NaOH solo se aporta la mitad del hidróxido que hace falta para la neutralización completa, así que la disolución seguiría siendo ácida. No es que la mitad del ácido quede intacta y la otra mitad reaccione del todo: lo que se obtiene es la sal ácida, $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. El coeficiente 2 no es decorativo.
