

Ejercicios: ajuste, estequiometría y reactivo limitante

Ocho ejercicios graduados: distinguir cambios físicos y químicos, ajustar ecuaciones, conservación de la masa con gases, mol y número de partículas, estequiometría de una combustión, reactivo limitante, análisis crítico de un rendimiento y química en la sociedad.

DURACIÓN

2 sesiones de 55 min

AGRUPACIÓN

individual, con corrección en parejas

UNIDAD 4

Reacciones químicas: leyes, estequiometría y química en la sociedad

MATERIALES

- Calculadora científica

ENCAJE CURRICULAR · Saberes B.5 · Comp. específicas CE2, CE4 · Comp. clave STEM, CCL, CPSAA

Criterios: 2.3, 4.1, 4.2

Datos: $N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (exacta); $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (CODATA 2022). Masas atómicas (CIAAW): H = 1,0080; C = 12,011; N = 14,007; O = 15,999; Mg = 24,305; Cl = 35,45; Ca = 40,078. $T (\text{K}) = t (\text{°C}) + 273,15$.

Ejercicios

- ¿Físico o químico?** Clasifica cada cambio y justifícalo en una línea: a) un clavo de hierro se oxida al aire húmedo; b) el agua de un charco se congela; c) una vela arde; d) la sal se disuelve en agua; e) una pastilla efervescente burbujea en agua; f) el agua de una olla hierve.
- Ajuste.** Ajusta estas ecuaciones y comprueba el número de átomos de cada elemento: a) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$ (reacción del alto horno) b) $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (combustión del propano) c) $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ d) $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ e) Un compañero ajusta $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ escribiendo $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$. ¿Qué ha hecho mal?
- La masa que «aparece».** Se queman 0,243 g de cinta de magnesio y se obtiene óxido de magnesio. a) Escribe la ecuación ajustada. b) Calcula la masa de óxido de magnesio que se forma. c) Un estudiante dice que la ley de conservación de la masa no se cumple porque el producto pesa más que el metal. Explica de dónde sale la diferencia y calcúlala.
- Contar moléculas.** ¿Cuántas moléculas y cuántos átomos hay en 9,0 g de agua?
- Una bombona de butano.** Una bombona doméstica contiene 12,5 kg de butano (C_4H_{10}). a) Escribe la ecuación ajustada de su combustión. b) Calcula la masa de CO_2 que se emite al quemarla entera. c) ¿Qué volumen ocuparía ese CO_2 a 20 °C y 101 325 Pa? d) Calcula la masa de oxígeno consumida y comprueba que se conserva la masa.

- 6. Reactivo limitante.** Se añaden 5,00 g de carbonato de calcio a 50,0 mL de ácido clorhídrico de concentración 1,00 mol/L. Se forman cloruro de calcio, agua y dióxido de carbono. a) Escribe la ecuación ajustada. b) ¿Cuál es el reactivo limitante? c) ¿Qué masa de CO_2 se forma? d) ¿Qué masa del reactivo en exceso queda sin reaccionar?
- 7. Analiza el resultado.** En la práctica de la unidad, un grupo mezcla 1,50 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ con carbonato de sodio en exceso y pesa 1,14 g de carbonato de calcio «seco». a) Calcula su rendimiento. b) ¿Es posible ese resultado? c) Propón tres causas y cómo comprobarías cada una. d) ¿Qué debería hacer el grupo con su conclusión?
- 8. Química y sociedad.** En unas diez líneas, explica por qué la síntesis del amoníaco se considera una de las reacciones más importantes del siglo XX y qué problemas ha creado. Usa al menos una ecuación química y un dato con su fuente.

Solución orientativa

Para el profesorado: pasos de la resolución del ejercicio.

1. 1. a) Químico: se forma una sustancia nueva (óxido de hierro hidratado). b) Físico: el agua sigue siendo agua. c) Químico: la combustión forma CO_2 y H_2O . d) Físico: la sal se recupera evaporando el agua. e) Químico: el gas que se desprende (CO_2) es una sustancia nueva. f) Físico: aunque se desprende gas, es vapor de agua; no hay sustancia nueva.
2. 2. a) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{CO} \rightarrow 2 \text{Fe} + 3 \text{CO}_2$ (Fe 2 = 2; O 3 + 3 = 6; C 3 = 3). b) $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ (C 3 = 3; H 8 = 8; O 10 = 6 + 4). c) $4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3$ (Al 4 = 4; O 6 = 6). d) $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$ (N 2 = 2; H 6 = 6). e) El ajuste es incorrecto: al cambiar el subíndice, H_2O_2 ya no es agua sino peróxido de hidrógeno. Correcto: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$.
3. 3. a) $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$. b) $n(\text{Mg}) = 0,243 \text{ g} / 24,305 \text{ g/mol} = 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $n(\text{MgO}) = 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $m(\text{MgO}) = 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 40,304 \text{ g/mol} = 0,403 \text{ g}$. c) La masa aumenta $0,403 - 0,243 = 0,160 \text{ g}$, que es la masa del oxígeno del aire incorporado: $1,000 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 15,999 \text{ g/mol} = 0,160 \text{ g}$. La ley de conservación de la masa se cumple si se cuenta el oxígeno como reactivo.
4. 4. $M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1,0080 + 15,999 = 18,015 \text{ g/mol}$. $n = 9,0 \text{ g} / 18,015 \text{ g/mol} = 0,50 \text{ mol}$. Moléculas: $0,4996 \text{ mol} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,0 \times 10^{23}$. Átomos: tres por molécula, $9,0 \times 10^{23}$. (Con dos cifras significativas, como el dato.)
5. 5. a) $2 \text{C}_4\text{H}_{10} + 13 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$. b) $M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 58,124 \text{ g/mol}$; $n = 12,5 \times 10^3 \text{ g} / 58,124 \text{ g/mol} = 215,1 \text{ mol}$. $n(\text{CO}_2) = 4 \times 215,1 = 860,2 \text{ mol}$; $m(\text{CO}_2) = 860,2 \text{ mol} \times 44,009 \text{ g/mol} = 3,786 \times 10^4 \text{ g} = 37,9 \text{ kg}$. c) $V = nRT/p = 860,2 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 293,15 \text{ K} / 101\,325 \text{ Pa} = 20,7 \text{ m}^3$. d) $n(\text{O}_2) = (13/2) \times 215,1 = 1398 \text{ mol}$; $m(\text{O}_2) = 1398 \text{ mol} \times 31,998 \text{ g/mol} = 44,73 \text{ kg}$. Agua: $n(\text{H}_2\text{O}) = 5 \times 215,1 = 1075 \text{ mol}$; $m = 19,37 \text{ kg}$. El CO_2 pesa unas tres veces más que el butano porque incorpora oxígeno del aire; la masa total se conserva: reactivos, $12,50 + 44,73 = 57,23 \text{ kg}$; productos, $37,86 + 19,37 = 57,23 \text{ kg}$.
6. 6. a) $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. b) $n(\text{CaCO}_3) = 5,00 \text{ g} / 100,086 \text{ g/mol} = 4,996 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $n(\text{HCl}) = 1,00 \text{ mol/L} \times 0,0500 \text{ L} = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$. Para consumir todo el CaCO_3 harían falta $2 \times 4,996 \times 10^{-2} = 9,99 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de HCl , y solo hay $5,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$: el limitante es el HCl , aunque los moles de los dos reactivos sean casi iguales. c) $n(\text{CO}_2) = 5,00 \times 10^{-2} / 2 = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $m = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 44,009 \text{ g/mol} = 1,10 \text{ g}$. d) Reacciona $2,50 \times 10^{-2} \text{ mol}$ de CaCO_3 ; sobran $2,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 100,086 \text{ g/mol} = 2,50 \text{ g}$ de CaCO_3 sin disolver. El error típico es tomar como limitante el reactivo con menos moles sin mirar los coeficientes.
7. 7. a) Masa teórica: $1,021 \text{ g}$ (ver práctica de la unidad). $1,14 \text{ g} / 1,021 \text{ g} \times 100 = 112 \%$. b) No puede ser real: no se puede obtener más producto del que permiten los átomos de calcio disponibles. c) Causas: sólido húmedo (secar y pesar hasta masa constante), cloruro de sodio no lavado (lavar con más agua destilada y volver a secar), error al pesar el papel. d) La conclusión debe rehacerse: el dato no se publica como «rendimiento del 112 %»; se repite la medida o se declara que no es válido y por qué.
8. 8. Respuesta abierta. Se valora que mencione: que la síntesis del amoníaco ($\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$) permite fabricar fertilizantes a partir del nitrógeno del aire, y que Erisman et al. (2008) estimaron que cerca de la mitad de la población mundial dependía de ese nitrógeno para alimentarse; que el mismo proceso tiene costes ambientales (contaminación por nitratos) y usos militares; y que la decisión no es puramente técnica. Error que debe evitarse: «la química es mala porque contamina» o «es buena porque da comida», sin datos ni matices.