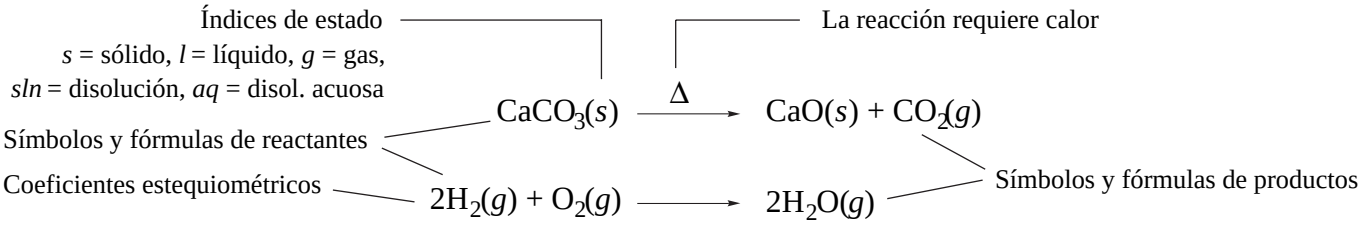
2 Conceptos Básicos

2.1 Cálculos estequiométricos en reacciones químicas
2.2 Expresiones de concentración

2.1 Cálculos estequiométricos en reacciones químicas

Fórmulas químicas. Cada elemento tiene un *símbolo químico.* Cada compuesto tiene una *fórmula química*. Existen diversos tipos de fórmulas. La fórmula *empírica* muestra la relación estequiométrica entre los distintos átomos constituyentes, mientras que la fórmula *molecular* muestra el número de átomos de cada tipo que constituyen una molécula de la sustancia considerada.

Ecuaciones químicas. Las *ecuaciones químicas* se emplean para describir las reacciones químicas. Una ecuación química está ajustada cuando el número de átomos de cada elemento que aparece a cada lado de la flecha es el mismo.



Problemas 2.1 a 2.16.

2.2 Expresiones de la concentración

La tabla 2.1 recoge las formas más comunes de expresar una concentración, es decir, la cantidad de soluto que hay en una cantidad dada de disolución (o disolvente). Las cuatro formas primeras se basan únicamente en magnitudes físicas (masa o volumen) y la *fracción molar,* en magnitudes químicas (cantidad de sustancia-número de moles). La *molaridad* y la *normalidad* son las formas más habituales en experimentación ya que relacionan la cantidad química de soluto con el volumen de disolución. La *molalidad* presenta la ventaja de que no depende de la temperatura.

Tabla 2.1. Formas de expresar la composición de las disoluciones

	Soluto	***Disolvente o disolución***	***Ecuación****	***Unidad más común***
Porcentaje en peso**	Masa	Masa de disolución	$\%_p = 100\Diamond(m_S/m)$	Sin unidades
Porcentaje en volumen	Volumen	Volumen de disolución	$\%_V = 100\Diamond(V_S/V)$	Sin unidades
Porcentaje en peso/volumen***	Masa	Volumen de disolución		
Concentración másica	Masa	Volumen de disolución	$c = m_S/V$	g/l
Concentración molar o molaridad	Cantidad de sustancia	Volumen de disolución	$c_M = n_S/V$	mol/l = M
Concentración normal o normalidad	Núm. de equivalentes	Volumen de disolución	$c_N = eq_S/V$	eq/l = N
Concentración molal o molalidad	Cantidad de sustancia	Masa de disolvente	$c_m = n_S/m_D$	mol/kg = m
Fracción molar	Cantidad de sustancia	Cantidad de sustancia total	$X_S = n_S/n$	Sin unidades

*eq_S = equivalentes de soluto, n_S = cantidad de sustancia de soluto, m_S = masa de soluto, V_S = volumen de soluto, m_D = masa de disolvente, n = cantidad de sustancia de disolución, m = masa de disolución, V = volumen de disolución.

**Estrictamente hablando, es un porcentaje en masa, aunque el largo uso ha hecho de "porcentaje en peso" el término normal.

***No es en realidad un porcentaje ya que se divide una masa por un volumen. En desuso.

Problemas

Buscar las constantes y las masas atómicas relativas en las tablas.

cálculos estequiométricos en reacciones químicas

2.1 ¿Qué cantidad de fósforo se podría obtener a partir de 5,000 kg de $Ca_3(PO_4)_2$?

2.2 Calcula el porcentaje de pérdida de peso que sufre $FeCl_3{\cdot}6H_2O$ cuando se transforma en sal anhidra. ¿Cuántos gramos de la sal hidratada deberán calentarse para obtener 500 g de sal anhidra?

2.3 Se queman 100 g de carbono para dar CO_2. Calcula:
a) la masa de oxígeno (O_2) que se necesita;
b) el volumen de CO_2, medido en condiciones normales (CN), que se produce (el volumen molar, V_m, en condiciones normales es 22,4 l mol^{-1}).

2.4 Según la ecuación $4NH_3(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$, ¿qué masa de O_2, en gramos, se necesita para que reaccione con exactamente 100 g de NH_3?.

2.5 En la reacción $5KI + KIO_3 + 6HNO_3 \longrightarrow 6KNO_3 + 3I_2 + 3H_2O$, se producen 63,5 g de I_2. Determina la masa necesaria de KI, KIO_3 y HNO_3 y la producida de KNO_3.

2.6 Se inyectan 1,00 10^2 l de H_2S gaseoso, medido en condiciones normales, en una solución acuosa de $SbCl_3$. Calcula la masa de Sb_2S_3 precipitado.

2.7 Se quema H_2S en O_2 según la reacción $2H_2S(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) + 2SO_2(g)$. Determina:
a) el volumen de O_2, en condiciones normales (CN), necesario para quemar 20,0 l de H_2S;
b) el volumen de SO_2 obtenido en condiciones normales.

pureza de un reactivo, rendimiento de una reacción, reactivo limitante

2.8 El tricloruro de fosforo reacciona con agua para formar ácido fosforoso y cloruro de hidrógeno:

$$PCl_3(l) + 3H_2O(l) \longrightarrow H_3PO_3(aq) + 3HCl(g)$$

¿Cuánto ácido fosforoso se formará cuando se mezclan 25 g de tricloruro de fósforo con 15 g de agua?

2.9 Calcula las masas de $NaNO_2$ y de las impurezas presentes en 45,2 g de un nitrito de sodio del 99,4% de pureza.

2.10 a) Calcula la masa de cromo presente en 150 g de un mineral de cromo que contiene 67,0% de cromita, $FeCrO_4$, y 33,0% de impurezas en masa.
b) Si se recupera el 87,5% del cromo a partir de 125 g del mineral, ¿qué masa de cromo puro se obtiene?

2.11 Un compuesto de fórmula AH y masa molar 231 g/mol reacciona con otro de fórmula BOH y masa molar 125 g/mol para dar un compuesto AB. En una preparación de AB, reaccionaron 2,45 g de AH y se obtuvieron 2,91 g de AB. ¿Cuál es el rendimiento de la reacción?

2.12 El mesitileno, C_9H_{12}, se obtiene con bajo rendimiento a partir de la acetona, C_3H_6O, en presencia de ácido sulfúrico, $3\ C_3H_6O \longrightarrow C_9H_{12} + 3H_2O$. Se obtienen 13,4 g de mesitileno a partir de 143 g de acetona, según esta reacción. Calcula el rendimiento de la reacción para el mesitileno.

2.13 ¿Qué masa de NH_3 se puede preparar a partir de 77,3 gramos de N_2 y 14,2 gramos de H_2?

2.14 ¿Qué cantidad máxima de $Ca_3(PO_4)_2$ se puede preparar a partir de 7,4 g de $Ca(OH)_2$ y 9,8 g de H_3PO_4?

$$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$$

2.15 En el análisis de una muestra de grobertita se pesan 2,8166 g de mineral que se disuelven en HCl diluído. El líquido se diluye hasta 0,250 l. Se toman 0,050 l de este líquido, se añade amoníaco en exceso y se precipita con fosfato de sodio. El precipitado obtenido se filtra, lava, seca y calcina, en cuyo proceso el fosfato de magnesio se transforma en difosfato de magnesio ($Mg_2P_2O_7$), del que se obtienen 0,622 g. Calcula, en porcentaje, la masa de magnesio del mineral.

2.16 Halla la composición en masa de la mezcla de vapor de gasolina y aire que debe formarse en el carburador de un motor de explosión para que la combustión en dióxido de carbono y agua sea completa. Supón que la gasolina está formada exclusivamente por octano (C_8H_{14}).

molaridad

2.17 Preparamos una disolución disolviendo 127 g de alcohol etílico (C_2H_5OH) en agua suficiente para hacer 1,35 l de disolución. ¿Cuál es la molaridad de ésta?.

2.18 Tenemos una disolución de concentración 0,693 mol l^{-1} en HCl. Para una determinada reacción necesitamos 0,0525 mol de HCl. ¿Cuánta disolución deberemos tomar?.

2.19 ¿Qué masa de etanol ($CH_3–CH_2OH$) hay en 250 ml de una disolución 0,10 M?

2.20 ¿Cuál es la molaridad de una disolución de $Ba(OH)_2·8H_2O$ que contiene 280 g de sal en 900 ml de disolución?

2.21 Deseamos preparar 0,150 l de disolución de $CuSO_4$ 0,240 M. ¿Qué masa necesitamos de $CuSO_4·5H_2O$ cristalizado?

molalidad

2.22 Se prepara una disolución disolviendo 1,69 g de NaCl en 869 g de H_2O. ¿Cuál es la concentración molal?.

2.23 ¿Cuántos gramos de $Al_2(SO_4)_3$ se necesitan para preparar 87,62 g de disolución 0,0162 m?.

2.24 Tenemos una disolución que contiene 410,3 g de H_2SO_4 en 1,000 l de disolución a 20 °C. Si la densidad de la disolución es de 1,243 g ml^{-1},
a) ¿cuál es la molalidad de la disolución?; b) ¿cuál es la molaridad de la disolución?.

2.25 En el método de las cámaras de plomo para la fabricación de ácido sulfúrico, éste se produce por la reacción entre SO_3 y agua. El SO_3 se obtiene por tostación de piritas o azufre. Si partimos de 5,00 g de azufre (M = 32,066 g mol^{-1}) y todo el SO_3 producido se recoge sobre 600 ml de agua (d = 0,998 g mol^{-1}) con un rendimiento del 100%, ¿cuál será la molalidad de la disolución obtenida?

fracción molar

2.26 Calcula la fracción molar de tetracloruro de carbono, CCl_4, en una disolución preparada mezclando 64,0 g de CCl_4 (M = 153,82 g/mol) con 36,0 g de benceno, C_6H_6 (M = 78,11 g/mol).

2.27 ¿Qué masa de glucosa, $C_6H_{12}O_6$, debe disolverse en 150,0 ml de agua (d = 1,00 g ml^{-1}) para que la fracción molar de $C_6H_{12}O_6$ sea 0,125?

porcentaje en peso y volumen

2.28 Preparamos una disolución añadiendo agua a 32,86 g de C_2H_5OH hasta un volumen total de 100,00 ml. Si la densidad del C_2H_5OH puro es 0,7851 g ml^{-1}, ¿cuál será la concentración de la disolución, expresada en porcentaje de C_2H_5OH en volumen?.

2.29 Al evaporar 20,0 ml de una disolución de $KClO_3$, que pesaban 21,0 g, se ha obtenido un residuo de $KClO_3$ de 1,45 g. Calcula su concentración molar, molal y en % en peso.

2.30 Calcula:
a) La masa de ácido acético (CH_3COOH) que hay en 450 g de una disolución al 10,0% en peso.
b) La masa de $(NH_4)_2SO_4$ necesaria para preparar 1000 g de una disolución al 7,0% en peso.

2.31 Una disolución de ácido sulfúrico concentrado tiene una densidad de 1,836% g/ml y una riqueza del 98%. ¿Qué masa de ácido hay en 100 ml de dicha disolución concentrada?

2.32 ¿Qué masa de NH_4Cl hay en 1,00 ml de una disolución que contiene el 5,00% en peso de NH_4Cl y tiene una densidad de 1,014 g/ml?

2.33 Calcula para una disolución de 54,35 g de KOH en 489,30 g de agua, cuya densidad es 1,087 g/ml:
a) la concentración en % en peso; b) la concentración en g/l; c) la molaridad; d) la molalidad.

relaciones entre distintas formas de expresar la concentración

2.34 Calcula la concentración en g/l de una disolución de H_2SO_4 del 96% y densidad 1,84 g/ml. ¿Qué volumen de este ácido contendrá 100 g de H_2SO_4?

2.35 ¿Cuál es la fracción molar de C_2H_5OH en una disolución acuosa que al mismo tiempo es 3,86 m en C_2H_5OH y 2,14 m en CH_3OH?.

2.36 Calcula la densidad de una disolución de $MgSO_4$ en agua que es 1,82 M y del l8% en peso.

2.37 La densidad de una disolución acuosa de K_2SO_4 0,62 M es l,081 g/ml. Calcula:
a) su concentración en % en peso; b) la fracción molar del K_2SO_4 en la disolución.

2.38 El ácido sulfúrico concentrado que suele venderse comercialmente es del 95% en peso en H_2SO_4. Si su densidad es 1,834 g ml^{-1}, ¿cuál es su molaridad?.

2.39 El ácido nítrico comercial concentrado acostumbra a ser 15,5 M. Si su densidad es 1,409 g ml^{-1}, ¿cuál será su composición expresada en porcentaje en peso del H_2O?.

2.40 Una disolución de HCl al 20,0% en peso tiene una densidad de 1,098 g/ml. Expresa la concentración de la misma en molaridad, molalidad y fracción molar.

2.41 Calcula la molaridad y molalidad de una disolución concentrada de H_2SO_4, de densidad 1,824 g/ml y del 92% en peso.

dilución de disoluciones

2.42 ¿Cuál será la concentración molar de una disolución de HNO_3 preparada por dilución a 500 ml de 32,0 ml de un ácido concentrado de d = 1,42 g/ml y una riqueza del 69,5%?

2.43 Calcula el volumen necesario de NH_3 del 25,0% (d = 0,910 g/ml) para preparar 125 g de disolución al 15,0% en peso.

2.44 Calcula el volumen necesario de HCl concentrado de 36,0% (d = 1,18 g/ml) para preparar l,00 litros de disolución 2,00 M.

2.45 ¿Qué volumen de disolución de HCl del 36,0% en peso (d = 1,179 g/ml) hay que tomar para preparar 50,0 ml del 12,0%, cuya densidad es 1,053 g/ml?

2.46 Se dispone de una disolución de H_2SO_4 98% en peso (d = l,836 g/ml). Calcula el volumen de ácido necesario para preparar l00 ml de disolución 2,00 M.

mezcla de disoluciones de distinta concentración

2.47 Mezclamos 3,65 litros de NaCl 0,105 M con 5,11 litros de NaCl 0,162 M. Suponiendo que los volúmenes son aditivos, es decir, que el volumen después de la mezcla es 8,76 litros, ¿cuál será la concentración molar de la disolución final?.

2.48 Se mezclan 30,00 ml de H_2O (densidad 1,000 g ml^{-1}) con 70,00 ml de alcohol metílico CH_3OH (densidad 0,7958 g ml^{-1}). La disolución resultante tiene una densidad de 0,8866 g ml^{-1}. Calcula la concentración de la disolución, como molaridad, molalidad, porcentaje en peso y porcentaje en volumen de CH_3OH.

2.49 Mezclamos 2,00 litros de ácido sulfúrico del 54,0% en peso y d = 1,435 g/ml con 5,00 litros de una disolución de ácido sulfúrico 1,25 M y d = 1,069 g/ml. Calcula la molaridad y molalidad de la mezcla, considerando los volúmenes como aditivos.

2.50 Se añaden 10 g de $K_2Cr_2O_7$ a 100 g de una disolución de dicromato al 20%. Halla la concentración en % en peso de la disolución resultante.

2.51 Tenemos dos disoluciones de ácido clorhídrico, una del 36,0% y la otra del 10,0%. Calcula la masa que hay que tomar de cada una de ellas para preparar 500 g de disolución al 30,0%.

2.52 ¿Qué volúmenes hay que mezclar de una disolución de HCl del 36,0% (d = l,l79 g/ml) y de otra del 5,0% (d = l,023 g/ml), para preparar 500 ml de disolución al 15,0% (d = l,073 g/ml)?

2.53 Se mezclan 500 ml de ácido sulfúrico del 46%, (d = l,357 g/ml) con l00 ml de ácido sulfúrico del 96%, (d = l,835 g/ml). Si la densidad de la disolución resultante es 1,463 g/ml, calcula:
a) su concentración en % en peso, b) su volumen total y c) su molaridad.

Soluciones a los problemas

2.1 999,3 kg.
2.2 40,0%, 833 g.
2.3 a) $m(O_2)$ = 267 g; b) $m(CO_2)$ = 367 g, $v(CO_2)$ = 187 l.
2.4 $m(O_2)$ = 235 g.
2.5 m(KI) = 69,2 g, $m(KIO_3)$ = 17,8 g, $m(HNO_3)$ = 31,5 g, $m(KNO_3)$ = 50,5 g.
2.6 $m(Sb_2S_3)$ = 505 g.
2.7 a) $v(O_2, CN)$ = 30,0 l; b) $v(SO_2, CN)$ = 20,0 l.
2.8 15 g de H_3PO_3.

2.9 44,9 g de $NaNO_2$ y 0,3 g de impurezas.
2.10 a) 30,4 g de Cr; b) 22,2 g de Cr.
2.11 81,2%.
2.12 13,6%.
2.13 80,0 g de NH_3.
2.14 10 g de $Ca_3(PO_4)_2$.
2.15 24,1%
2.16 23,0% de octano, 77,0% de oxígeno.
2.17 2,04 mol l^{-1}.
2.18 0,0758 l.
2.19 1,15 g.
2.20 0,986 M
2.21 8,98 g.
2.22 0,0333 mol kg^{-1}.
2.23 0,488 g.
2.24 a) 5,02 m; b) 4,183 M.
2.25 0,260 mol kg^{-1}.
2.26 $X(C_6H_6) = 0,474$.
2.27 214 g.
2.28 41,85 % en volumen.
2.29 c_M = 0,592 M, c_m = 0,605 m, $c_{\%\text{en peso}}$ = 6,90%.
2.30 a) 45,0 g; b) 70 g.
2.31 180 g.
2.32 0,0510 g.
2.33 a) $c_{\%\text{en peso}}$ = 10,0% en peso; b) c = 109 g/l;
c) c_M = 1,94 M; d) c_m = 1,98 m.
2.34 c = 1,77 10^3 g/l, V = 57 ml.
2.35 X= 0,0628.
2.36 d = 1,2 g/ml.
2.37 a) $c_{\%}$ = 10% en peso; b) $X_s = 11\ 10^{-3}$.
2.38 18 M.
2.39 30,7%.
2.40 c_M = 6,02 M, c_m = 6,86 m, X_s = 0,109.
2.41 c_M = 17,1, c_m = 117 m.
2.42 c_M = 1,00 mol l^{-1}.
2.43 82,4 ml..
2.44 170 ml.
2.45 14,8 ml.
2.46 10,9 ml.
2.47 0,138 mol l^{-1}.
2.48 17,99 M, 57,96 m, 65,00 % en peso y
72,41 % en volumen.
2.49 3,15 M, 3,65 m.
2.50 27% en peso.
2.51 115 g de la del 10% y 385 g de la del 36%.
2.52 147 ml de la disolución al 36,0% y
355 ml de la disolución al 5,0%.
2.53 a) 57%; b) 589 ml; c) 8,5 M.