

## 14. Energía de las Reacciones Químicas

### ESTEQUIOMETRÍA

1. Las masas atómicas de  $^{35}_{17}\text{Cl}$  (75.53 %) y  $^{37}_{17}\text{Cl}$  (24.46 %) son 34.968 uma y 36.956 uma, respectivamente. Calcule la masa atómica promedio del cloro. Los porcentajes entre paréntesis indican la abundancia relativa.
2. Las masas atómicas de  $^6_3\text{Li}$  y  $^7_3\text{Li}$  son 6.0151 y 7.0160 uma, respectivamente. Calcule la abundancia natural de estos isótopos.
3. Durante un período de gran contaminación del aire se observó que la concentración de plomo en el aire era de  $3.01 \mu\text{g de Pb}/\text{m}^3$ . ¿Cuántos átomos de **Pb** habría en una muestra de 0.500 L de este aire?
4. El hierro tiene una densidad de  $7.86 \text{ g}/\text{cm}^{-3}$ . ¿Qué tamaño debería tener una esfera que contenga  $2.0 \times 10^{20}$  átomos de **Fe**?
5. La alicina es el compuesto responsable del olor característico del ajo. Un análisis de dicho compuesto muestra la siguiente composición porcentual en masa: **C**: 44.4 %, **H**: 6.2 %, **S**: 39.5 %, **O**: 9.9 %. Calcule su fórmula empírica. ¿Cuál es su fórmula molecular si su masa molar es aproximadamente  $162 \text{ g mol}^{-1}$  ?
6. La lisina es un aminoácido esencial. Un experimento mostró que cada molécula de lisina contiene dos átomos de nitrógeno. Otro experimento mostró que la composición porcentual en masa es: 19.2 % de **N**, 9.6 % de **H**, 49.3 % de **C** y 21.9 % de **O**. ¿Cuál es la fórmula molecular de la lisina?
7. Ajuste las siguientes ecuaciones químicas:
  - a)  $\text{K} + \text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{N}_2$
  - b)  $\text{H}_2\text{O} + \text{KO}_2 \rightarrow \text{KOH} + \text{O}_2$
  - c)  $\text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$
  - d)  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{HCl} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$
  - e)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{NaHCO}_3$
8. Ajuste las siguientes reacciones químicas:
  - a) nitrato amónico  $\rightarrow$  monóxido de dinitrógeno + agua
  - b) nitrito amónico  $\rightarrow$  nitrógeno + agua
  - c) carburo de berilio + agua  $\rightarrow$  hidróxido de berilio + metano
  - d) cobre + ácido nítrico  $\rightarrow$  nitrato de cobre(II) + monóxido de nitrógeno + agua
  - e) dicromato de amonio  $\rightarrow$  nitrógeno + agua + óxido de cromo(III)
9. Suponiendo que la gasolina es  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , ¿qué volumen de dióxido de carbono (recogido a 1 atm y  $0^\circ\text{C}$ ) y qué masa de agua se obtendrán en la combustión de 100 g de gasolina con 500 g de oxígeno?
10. La tiza está compuesta por carbonato de calcio y sulfato de calcio, con algunas impurezas de dióxido de silicio. Solamente el carbonato de calcio reacciona con el ácido clorhídrico, produciendo cloruro de calcio, agua y dióxido de carbono. Calcule el porcentaje de carbonato de calcio en un trozo de tiza de 3.28 g si al reaccionar con ácido clorhídrico en exceso se produce medio litro de dióxido de carbono medido en condiciones normales de presión y temperatura.

11. Durante muchos años, la separación del oro de otros materiales implicó el uso de cianuro de potasio:  $\text{Au} + \text{KCN} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KAu}(\text{CN})_2 + \text{KOH}$ , (reacción sin ajustar) ¿Cuál es la mínima cantidad de  $\text{KCN}$ , en moles, que se necesita para extraer 29.0 g (alrededor de una onza) de oro?
12. Considere la reacción (sin ajustar):  $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  Si reaccionan 0.86 moles de  $\text{MnO}_2$  y 48.2 g de  $\text{HCl}$ , ¿cuál de los reactivos se consumirá primero? ¿Cuántos gramos de cloro se producirán?

### GASES

13. En un día de verano, con una temperatura ambiente de  $35^\circ\text{C}$ , se estropea el sistema de refrigeración de un depósito que contiene helio refrigerado a  $-25^\circ\text{C}$  y 15 atm. Si el depósito es capaz de soportar una presión interior de 20 atm: a) ¿habrá rotura de las paredes del depósito?, b) ¿hasta qué valor podrá aumentar la temperatura sin peligro?
14. ¿Que masa de  $\text{O}_2$  ocupará a  $0^\circ\text{C}$  y 760 torr el mismo volumen que 5.0 g de  $\text{N}_2$  a  $30^\circ\text{C}$  y 850 torr?
15. Una pequeña burbuja se eleva desde el fondo de un lago, donde la temperatura y presión son  $8^\circ\text{C}$  y 6.4 atm, hasta la superficie del agua, donde la temperatura es  $25^\circ\text{C}$  y la presión de 1.0 atm. Calcule el volumen final de la burbuja, si su volumen inicial era de 2.1 mL.
16. Un químico ha sintetizado un compuesto gaseoso amarillo verdoso de cloro y oxígeno, y ha encontrado que su densidad es de 7.71 g/L a  $36^\circ\text{C}$  y 2.88 atm. Calcule la masa molar del compuesto y determine su fórmula molecular.
17. Una muestra de  $\text{O}_2$ , contenida en un recipiente de 1.00 L, ejerce una presión de 800 mmHg a  $25^\circ\text{C}$ . En otro recipiente de 3.00 L, una muestra de  $\text{N}_2$  ejerce una presión de 1.50 atm a  $50^\circ\text{C}$ . Se mezclan las dos muestras introduciéndolas en un frasco de 9.00 L a  $40^\circ\text{C}$ . Calcular: a) la presión parcial de cada gas y, b) la presión total.
18. En un recipiente de volumen fijo se introducen 10 g de  $\text{NO}_2$ , que ejercen una presión de 430 mmHg a una determinada temperatura, T. Si se añaden 3.0 g de  $\text{CO}_2$  y 6.0 g de  $\text{N}_2$ , y se duplica la temperatura: a) ¿cuál será la presión parcial de cada gas en la mezcla? Y b) ¿cuál la presión total?
19. Una mezcla de  $\text{O}_2$  y  $\text{H}_2$ , con un 15% en peso de este último, se encuentra en un recipiente cerrado a  $120^\circ\text{C}$  y 1.00 atm. Calcule: a) la presión parcial de cada gas y b) la densidad de la mezcla.
20. Una mezcla de gases contiene 4.46 moles de  $\text{Ne}$ , 0.74 moles de  $\text{Ar}$  y 2.15 moles de  $\text{Xe}$ . Calcule las presiones parciales de los gases si la presión total es 2.00 atm a cierta temperatura.
21. Calcule la presión que ejerce 1 mol de  $\text{Cl}_2$  (g), de  $\text{CO}_2$  (g), y de  $\text{CO}$ (g) cuando se encuentra ocupando un volumen de 2 L a 273 K, respectivamente, considerando comportamiento de gas ideal y de gas de van der Waals. Los valores de a y b son:  $\text{Cl}_2$  ( $a = 6.49 \text{ L}^2 \text{ atm mol}^{-2}$  y  $b = 0.0562 \text{ L mol}^{-1}$ ),  $\text{CO}_2$  ( $a = 3.59 \text{ L}^2 \text{ atm mol}^{-2}$  y  $b = 0.0427 \text{ L mol}^{-1}$ ),  $\text{CO}$  ( $a = 1.49 \text{ L}^2 \text{ atm mol}^{-2}$  y  $b = 0.0399 \text{ L mol}^{-1}$ ). ¿Cuál de los tres gases presenta una desviación mayor del comportamiento del gas ideal?
22. Utilice la ecuación de van der Waals para calcular la presión que ejercen 1.50 moles de  $\text{SO}_2$  (g) cuando están confinados en un volumen de a) 100.0 L, b) 20.0 L, c) 5.0 L, d) 1.0 L, e) 0.50 L a 298 K. ¿En cuál de estas condiciones existe mayor desviación del comportamiento ideal? Los valores de a y b para el  $\text{SO}_2$  son:  $a = 6.71 \text{ L}^2 \text{ atm mol}^{-2}$ ,  $b = 0.0564 \text{ L mol}^{-1}$ .

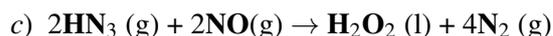
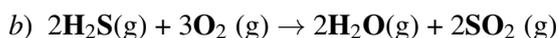
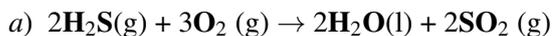
PRIMER PRINCIPIO

23. Indique si las siguientes propiedades son intensivas o extensivas: masa, masa molar, volumen, densidad, volumen molar, presión, temperatura, fracción molar, molalidad, energía interna, calor específico, capacidad calorífica, entalpía, entalpía molar.
24. Indique si las siguientes magnitudes son función de estado o no: presión (P), volumen (V), temperatura (T), PV, PV<sup>2</sup>, trabajo reversible, trabajo irreversible, energía interna (U), U/T, capacidad calorífica a presión constante (C<sub>P</sub>), calor, densidad.
25. Se calienta una muestra de 150.0 g de plomo hasta la temperatura de ebullición del agua (100.0 °C) y a la vez en un vaso de precipitado se añaden 50.0 g de agua a 22.0 °C en un vaso aislado térmicamente. A continuación se echa el plomo caliente al vaso de precipitado con agua, siendo la temperatura final de la mezcla 28.8 °C. Calcular el calor específico del plomo.
26. Una lámina de oro que pesa 10.0 g y se encuentra a una temperatura de 18.0 °C se coloca sobre una lámina de hierro de 20.0 g y que está a una temperatura de 55.6 °C. ¿Cuál es la temperatura final de la combinación de los dos metales? Suponga que no hay pérdida de calor hacia los alrededores.
27. a) Calcule q, w, ΔU, y ΔH para la expansión isotérmica reversible a 300 K de 5.00 moles de un gas perfecto desde 500 a 1500 cm<sup>3</sup>. b) ¿Cuánto valdrían ΔU y w si la expansión conectase los mismos estados inicial y final que en a), pero realizando la expansión del gas perfecto en el vacío?
28. Calcule q, w, ΔU, y ΔH si 2.00 g de He(g) con C<sub>V,m</sub> = 3R/2 independiente de la temperatura experimentan: a) una expansión reversible a presión constante de 0.800 bar desde 20.0 L hasta 40.0 L; b) un calentamiento reversible en el que la presión varía de 0.600 bar a 0.900 bar mientras V permanece constante e igual a 15.0 L.
29. La combustión de 1.010 g de sacarosa, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, en una bomba calorimétrica hace que la temperatura se eleve de 24.92 a 28.33 °C. La capacidad calorífica del conjunto del calorímetro es 4.90 kJ °C<sup>-1</sup>. a) ¿Cuál es el calor de combustión de la sacarosa? b) Verifique la frase publicitaria de los botes de azúcar que "una cucharadita de azúcar (aproximadamente 4.8 g) sólo contiene 19 Calorías".
30. El pentaborano-9, B<sub>5</sub>H<sub>9</sub>, es un líquido incoloro, altamente reactivo, que se inflama cuando se expone al oxígeno. La reacción es: 2B<sub>5</sub>H<sub>9</sub> (l) + 12O<sub>2</sub> (g) → 5B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (s) + 9H<sub>2</sub>O (l). Calcular el calor que se libera por gramo de compuesto que reacciona con oxígeno a 25 °C y 1 bar.
31. Al añadir un poco de agua sobre peróxido sódico, Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, se libera O<sub>2</sub> mediante una reacción muy exotérmica en la cual también se produce hidróxido sódico sólido. ¿Cuánto calor se libera cuando reaccionan 10.0 g de Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>? ¿Calcule el aumento de temperatura que originaría ese calor desprendido sobre 100 g de agua?
32. A partir de las siguientes entalpías de reacción:
- $$4\text{HCl(g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O(l)} + 2\text{Cl}_2 \text{(g)}, \Delta H = -202.4 \text{ kJ/mol}$$
- $$1/2\text{H}_2\text{(g)} + 1/2\text{F}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{HF(l)}, \Delta H = -300.0 \text{ kJ/mol}$$
- $$\text{H}_2\text{(g)} + 1/2\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)}, \Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$$
- encuentre la entalpía de la reacción: 2HCl(g) + F<sub>2</sub>(g) → 2HF(l) + Cl<sub>2</sub> (g)
33. La combustión de un mol de benceno líquido a 25 °C y 1 bar, para producir CO<sub>2</sub> (g) y H<sub>2</sub>O(l), libera 3267 kJ de calor cuando los productos de encuentran a 25 °C y 1 bar. ¿Cuál es la entalpía estándar de formación del benceno líquido?

34. Determinar la variación de entalpía y la variación de energía interna a 25 °C de la reacción (no ajustada):  $\text{N}_2\text{H}_4 (\text{l}) + \text{H}_2\text{O}_2 (\text{l}) \rightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  a partir de los siguientes datos:

$\text{N}_2\text{H}_4 (\text{l}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,  $\Delta H = -622.2 \text{ kJ/mol}$  y los calores de formación del agua y del agua oxigenada.

35. Halle las entalpías normales de reacción a 298 K y a 370 K de las siguientes reacciones:



Ignore la variación de las capacidades caloríficas con la temperatura.

36. Para cada uno de los siguientes procesos, deducir si las cantidades q, w,  $\Delta U$  y  $\Delta H$  con positivas, cero o negativas: a) Fusión reversible de benceno sólido a 1 atm en el punto de fusión normal. b) Fusión reversible de hielo a 1 atm y 0 °C. c) Expansión reversible adiabática de un gas perfecto. d) Expansión reversible isotérmica de un gas perfecto. e) Calentamiento reversible de un gas perfecto a presión constante P. f) Enfriamiento reversible de un gas perfecto a volumen constante.

37. Determine si  $\Delta H$  es menor, mayor o igual que  $\Delta U$  para las siguientes reacciones: a) Combustión de un mol de 1-butanol líquido. b) Combustión de un mol de glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s})$ . c) Descomposición de nitrato de amonio sólido para dar agua líquida y monóxido de dinitrógeno gaseoso.

### Soluciones

1. 35.451 uma.
2. 7.49 % y 92.51 %, respectivamente.
3.  $4.37 \cdot 10^{12}$ .
4. 0.082 cm de radio.
5.  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{S}_2\text{O}$
6.  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$
- 7.
- 8.
9. 157 L, 142 g.
10. 68 %.
11. 0.294 moles.
12.  $\text{HCl}$ ; 23.4 g de  $\text{Cl}_2$
13. a) No; b) 58 °C.
14. 5.7 g.
15. 14.2 mL.
16. 67.9 g/mol,  $\text{ClO}_2$ .

17. a)  $P(\text{O}_2) = 0.123 \text{ atm}$ ,  $P(\text{N}_2) = 0.485 \text{ atm}$ ; b)  $P = 0.608 \text{ atm}$ .
18. a)  $P(\text{NO}_2) = 860 \text{ torr}$ ,  $P(\text{CO}_2) = 260 \text{ torr}$ ,  $P(\text{N}_2) = 850 \text{ torr}$ ; b)  $P = 2.59 \text{ atm}$ .
19. a)  $P(\text{H}_2) = 0.738 \text{ atm}$ ,  $P(\text{O}_2) = 0.262 \text{ atm}$ ; b)  $0.306 \text{ g/L}$ .
20.  $P(\text{Ne}) = 1.21 \text{ atm}$ ,  $P(\text{Ar}) = 0.201 \text{ atm}$ ,  $P(\text{Xe}) = 0.585 \text{ atm}$ .
21.  $P(\text{Cl}_2) = 9.90 \text{ atm}$  (mayor desviación),  $P(\text{CO}_2) = 10.55 \text{ atm}$ ,  $P(\text{CO}) = 11.06 \text{ atm}$ .
22. a)  $0.366 \text{ atm}$ , b)  $1.804 \text{ atm}$ , c)  $6.858 \text{ atm}$ , d)  $24.97 \text{ atm}$ , e)  $27.91 \text{ atm}$ ; caso e).
23. Intensivas: masa molar, densidad, volumen molar, presión, temperatura, fracción molar, molalidad, calor específico, entalpía molar.
24. Funciones de estado:  $P, V, T, PV, PV^2, U, U/T, C_p, \rho$
25.  $0.032 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .
26.  $50.9 \text{ }^\circ\text{C}$
27. a)  $q = 13.7 \text{ kJ}$ ,  $w = -13.7 \text{ kJ}$ ,  $\Delta U = 0$ ,  $\Delta H = 0$ , b)  $w = 0$ ,  $\Delta U = 0$
28. a)  $q = 4.0 \text{ kJ}$ ,  $w = -1.6 \text{ kJ}$ ,  $\Delta U = 2.4 \text{ kJ}$ ,  $\Delta H = 4.0 \text{ kJ}$ , b)  $q = 675 \text{ J}$ ,  $w = 0$ ,  $\Delta U = 675 \text{ J}$ ,  $\Delta H = 1125 \text{ J}$
29. a)  $-5655 \text{ kJmol}^{-1}$
30.  $-71.5 \text{ kJ/g}$
31.  $-6.77 \text{ kJ}$ ,  $16.2 \text{ }^\circ\text{C}$
32.  $-415.4 \text{ kJmol}^{-1}$
33.  $45 \text{ kJmol}^{-1}$
34.  $\Delta H = -818.2 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $\Delta U = -820.7 \text{ kJmol}^{-1}$
35. a)  $\Delta H_{298} = -1124.1 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{370} = -1116.7 \text{ kJmol}^{-1}$  b)  $\Delta H_{298} = -1036.0 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{370} = -1036.7 \text{ kJmol}^{-1}$  c)  $\Delta H_{298} = -956.6 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $\Delta H_{370} = -952.4 \text{ kJmol}^{-1}$
- |        | $q$ | $w$ | $\Delta U$ | $\Delta H$ |
|--------|-----|-----|------------|------------|
| a)     | +   | -   | +          | +          |
| b)     | +   | +   | +          | +          |
| 36. c) | 0   | -   | -          | -          |
| d)     | +   | -   | 0          | 0          |
| e)     | +   | -   | +          | +          |
| f)     | -   | 0   | -          | -          |
37. a)  $\Delta H < \Delta U$ , b)  $\Delta H = \Delta U$ , c)  $\Delta H > \Delta U$