

9º Concurso de Ciencias Básicas de la ANFEI
Ronda final de Química

REACTIVO 1

DURACIÓN 15 MIN

Una cementera produce 1000 toneladas diarias de un cemento que contiene una media de 64.0 % en masa de óxido de calcio proveniente de la descomposición de la piedra caliza (mineral rico en carbonato de calcio). Este proceso se lleva a cabo a 800 °C, una presión de 1.3 atm y la cementera ocupa una piedra caliza que tiene una riqueza 90.0 % en carbonato de calcio logrando un rendimiento de descomposición de la caliza en óxido de calcio del 85.0 %.

- a) Con base a ello, es necesario conocer el consumo de piedra caliza en la cementera.
- b) Por otra parte, indique si el proceso cumple con la normativa medioambiental de la SEMARNAT que establece el límite máximo permisible de emisiones de CO_2 a la atmósfera de $4 \times 10^{10} m^3$ de CO_2 por día.

SOLUCIÓN

- a) Consumo diario considerando el rendimiento del 85%

$$(X \text{ ton cemento teórico}) \left(\frac{85 \text{ ton cemento real}}{100 \text{ ton cemento teórico}} \right) = 1000 \text{ ton cemento real}$$

$$X = 1.18 \times 10^3 \text{ ton cemento}$$

Cantidad de CaO contenido en el cemento:

$$(1.18 \times 10^3 \text{ ton cemento}) \left(\frac{64 \text{ ton CaO}}{100 \text{ ton cemento}} \right) = 755 \text{ ton CaO}$$

Considerando $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

$$(755 \text{ ton CaO}) \left(\frac{10^6 \text{ g CaO}}{1 \text{ ton CaO}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol CaO}}{56.1 \text{ g CaO}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CaO}} \right) \left(\frac{100.1 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} \right) = 1.35 \times 10^{10} \text{ g CaCO}_3$$

Se trata de una caliza del 90% en CaCO_3

$$(1.35 \times 10^{10} \text{ g CaCO}_3) \left(\frac{100 \text{ g caliza}}{90 \text{ g CaCO}_3} \right) \left(\frac{1 \text{ ton caliza}}{10^6 \text{ g caliza}} \right) = 1.5 \times 10^3 \text{ ton caliza}$$

- b) Relacionando cemento con CO_2

$$(1000 \text{ ton cemento}) \left(\frac{64 \text{ ton CaO}}{100 \text{ ton cemento}} \right) \left(\frac{10^6 \text{ g CaO}}{1 \text{ ton CaO}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol CaO}}{56.1 \text{ g CaO}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol CaO}} \right) = 1.14 \times 10^8 \text{ mol CO}_2$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{(1.14 \times 10^8 \text{ mol CO}_2) \left(0.082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} \right) (800 + 273.15) \text{ K}}{1.3 \text{ atm}} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}} \right) = 7.71 \times 10^7 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

Debido a que el volumen está por debajo del límite máximo permisible, sí cumple con la normativa.

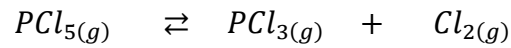
REACTIVO 2

DURACIÓN 15 MIN

El pentacloruro de fósforo es uno de los cloruros de fósforo más importantes, se utiliza como agente clorante, se descompone con la temperatura dando tricloruro de fósforo y cloro. La constante de equilibrio K_p para la reacción $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ es de 11.5 a la temperatura de 350 °C. La reacción se inicia con una mezcla de PCl_5 , PCl_3 y Cl_2 cuyas presiones parciales son 0.277, 0.133 y 0.211 *atm* respectivamente. Determine las concentraciones de todas las especies químicas una vez alcanzado el equilibrio.

SOLUCIÓN:

Considerando x la cantidad de sustancia disociada en moles y V el volumen del recipiente tenemos:



Inicial (Presión, atm) 0.277 0.133 0.211

Equilibrio (concentración) $C_{0PCl_5} - \frac{x}{V}$ $C_{0PCl_3} + \frac{x}{V}$ $C_{0Cl_2} + \frac{x}{V}$

Codificando de la siguiente manera

$$C_{0PCl_5} = C_A$$

$$C_{0PCl_3} = C_B$$

$$C_{0Cl_2} = C_C$$

Utilizando las concentraciones parciales y aplicando la ley de acción de las masas en equilibrio

$$K_c = \frac{\left(C_B + \frac{x}{V}\right)\left(C_C + \frac{x}{V}\right)}{C_A - \frac{x}{V}}$$

$$K_c = \frac{C_B C_C + C_B \frac{x}{V} + \frac{x}{V} C_C + \left(\frac{x}{V}\right)^2}{C_A - \frac{x}{V}}$$

$$\left(C_A - \frac{x}{V}\right) K_c = C_B C_C + \frac{x}{V} (C_B + C_C) + \left(\frac{x}{V}\right)^2$$

$$K_c \frac{x}{V} - K_c C_A + C_B C_C + \frac{x}{V} (C_B + C_C) + \left(\frac{x}{V}\right)^2 = 0$$

Aplicando la ley de los gases ideales

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

tenemos $K_p = 11.5$ por tanto

$$K_c = K_p \left(\frac{1}{RT} \right)^{\Delta n}$$

$$K_c = 11.5 \left(\frac{1}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} \right)^{((1+1)-1)}$$

$$K_c = 0.225$$

Con las presiones parciales iniciales obtenemos la concentración inicial de acuerdo con:

$$C_i = \frac{P_i}{RT}$$

$$C_{A= C_{O_{PCl_5}}} = \frac{0.277 \text{ atm}}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} = 5.42 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_{B= C_{O_{PCl_3}}} = \frac{0.133 \text{ atm}}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} = 2.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_{B= C_{O_{Cl_2}}} = \frac{0.211 \text{ atm}}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} = 4.13 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Sustituyendo valor de K_c y valores de concentraciones iniciales en ecuación cuadrática tenemos:

$$K_c \frac{x}{V} - K_c C_A + C_B C_C + \frac{x}{V} (C_B + C_C) + \left(\frac{x}{V}\right)^2 = 0$$

$$(0.225) \frac{x}{V} - 0.225(5.42 \times 10^{-3}) + (2.60 \times 10^{-3})(4.13 \times 10^{-3})$$

$$+ 2.60 \times 10^{-3} \frac{x}{V} + 4.13 \times 10^{-3} \frac{x}{V} + \left(\frac{x}{V}\right)^2 = 0$$

$$\frac{x}{V} (0.225 + 2.60 \times 10^{-3} + 4.13 \times 10^{-3}) - 1.22 \times 10^{-3} + 1.074 \times 10^{-5} + \left(\frac{x}{V}\right)^2 = 0$$

$$0.231 \frac{x}{V} - 1.209 \times 10^{-3} + \left(\frac{x}{V}\right)^2 = 0$$

$$\frac{x^2}{V^2} + 0.231 \frac{x}{V} - 1.209 \times 10^{-3} = 0$$

$$X_{1,2} = \frac{\frac{-0.231}{V} \pm \sqrt{\left(\frac{0.231}{V}\right)^2 - 4 \cdot \left(-\frac{1}{V^2}\right) (-1.209 \times 10^{-3})}}{2 \cdot \left(\frac{1}{V^2}\right)}$$

$$X_{1,2} = \frac{\frac{-0.231}{V} \pm \sqrt{\frac{0.0582}{V}}}{2 \cdot \left(\frac{1}{V^2}\right)}$$

$$X_1 = \frac{\frac{-0.231}{V} + \sqrt{\frac{0.0582}{V}}}{2 \cdot \left(\frac{1}{V^2}\right)}$$

$$X_2 = \frac{\frac{-0.231}{V} - \sqrt{\frac{0.0582}{V}}}{2 \cdot \left(\frac{1}{V^2}\right)}$$

$$X_1 = \frac{(-0.231 + \sqrt{0.0582})V}{2}$$

$$X_2 = \frac{(-0.231 - \sqrt{0.0582})V}{2}$$

Considerando $V=1$ L

$$X_1 = \frac{(-0.231 + \sqrt{0.0582})}{2} \quad X_2 = \frac{(-0.231 - \sqrt{0.0582})}{2}$$

$$X_1 = \frac{-0.231 + \sqrt{0.0582}}{2} = 5.1233 \times 10^{-3} \quad X_2 = \frac{-0.231 - \sqrt{0.0582}}{2} = -2.36 \times 10^{-1}$$

Se considera $x = x_1 = 5.1233 \times 10^{-3}$, debido a que x_2 es negativa, por tanto se tiene que las concentraciones en el equilibrio son:

$$C_{eqPCl_5} = C_{0PCl_5} - x = 5.42 \times 10^{-3} \text{ mol/L} - 5.1233 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 2.97 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$C_{eqPCl_3} = C_{0PCl_3} + x = 2.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L} + 5.1233 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 7.72 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_{eqCl_2} = C_{0Cl_2} + x = 4.13 \times 10^{-3} \text{ mol/L} + 5.1233 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = 9.25 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

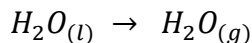
REACTIVO 3

DURACIÓN 15 MIN

El agua es un componente principal para la supervivencia, parte de las reservas superficiales pueden evaporarse a 25°C y a una presión de 1 atm.

- a) Calcule el calor de vaporización que se genera en un reservorio de 100 L de agua a 25°C .
- b) A partir del proceso de vaporización es posible producir trabajo, calcule el trabajo producido por la vaporización completa del reservorio de 100 L de agua a 25°C y 1 atm.
- c) Al aumentar la temperatura hasta 100°C evalúe el calor de vaporización del reservorio de 100 L.
- d) Calcule la energía interna de vaporización del agua para ese reservorio a 25°C .
- e) Determine si el proceso de vaporación del agua en el reservorio es espontáneo a 25°C .
- f) Estime la temperatura del punto de ebullición.

SOLUCIÓN:



Considerando la densidad del agua a $25^\circ C$ como $1g/cm^3$ en el reservorio de $100 L$ tenemos $5.55 \times 10^3 \text{ mol } H_2O$.

- a) Se calcula el calor de vaporización del reservorio de agua a $25^\circ C$

$$\Delta H_{298K} = 5.55 \times 10^3 \text{ mol } (-241.82 + 285.83) \text{ kJ/mol} = 2.44 \times 10^5 \text{ kJ}$$

- b) $w = p\Delta V = p(V_2 - V_1) = p(V_{gas} - V_{liq})$

Considerando $V_{gas} \gg V_{liq} \quad \therefore \quad w = pV_{gas}$

$$V_{gas} = \frac{nRT}{p} = \frac{(5.55 \times 10^3 \text{ mol})(0.0821 \text{ L atm/mol K})(298.15 \text{ K})}{1 \text{ atm}} = 13.58 \times 10^4 \text{ L}$$

$$w = pV_{gas} = (1 \text{ atm})(13.58 \times 10^4 \text{ L}) = 13.58 \times 10^4 \text{ atm L}$$

$$1 \text{ atm L} = 101.325 \text{ J}$$

$$(13.58 \times 10^4 \text{ atm L}) (101.325 \text{ J/atm L}) = 13.76 \times 10^6 \text{ J} = 13.76 \times 10^3 \text{ kJ}$$

- c) $\Delta H_{373K} = \Delta H_{298K} + \int_{298}^{373} \Delta C_p dT$

$$= 2.44 \times 10^5 \text{ kJ} + \left[5.55 \times 10^3 \text{ mol } \left(\frac{33.58 \text{ J/mol K} - 75.29 \text{ J/mol K}}{1000} \right) (373K - 298K) \right]$$

$$= 2.44 \times 10^5 \text{ kJ} + (-17379) \text{ kJ}$$

$$= 22.68 \times 10^4 \text{ kJ}$$

- d) $\Delta E = \Delta H - \Delta nRT$

$$= 2.44 \times 10^5 \text{ kJ} - \left[5.55 \times 10^3 \text{ mol } (0.0821 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}})(298 \text{ K}) \right]$$

considerando $1 \text{ atm L} = 101.325 \text{ J} = 0.1013 \text{ kJ}$

$$= 2.44 \times 10^5 \text{ kJ} - [(11.15 \times 10^4 \text{ atm L})(0.1013)]$$

$$= 2.44 \times 10^5 \text{ kJ} - 11.29 \times 10^3 \text{ kJ}$$

$$= 23.29 \times 10^4 \text{ kJ}$$

- e) $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$

$$\Delta G^\circ = n(\Delta G^\circ_g - \Delta G^\circ_l)$$

$$\Delta G^\circ = 5.55 \times 10^3 \text{ mol } (-241.82 + 285.83) \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 24.44 \times 10^4 \text{ kJ}$$

No espontánea a $25^\circ C$

f) El punto de ebullición se alcanza cuando $\Delta G = 0$

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S = 0 \quad \therefore \quad T_{eb} = \frac{\Delta H^{\circ}}{\Delta S^{\circ}}$$

$$\Delta S^{\circ} = [n][\Delta S^{\circ}(g) - \Delta S^{\circ}(l)]$$

$$= [5.55 \times 10^3 \text{ mol}][188.83 - 69.91] \frac{\text{J}}{\text{molK}} = 6.61 \times 10^5 \text{ J/K}$$

$$\Delta H^{\circ} = [n][\Delta H^{\circ}(g) - \Delta H^{\circ}(l)]$$

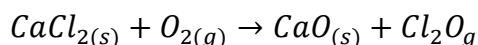
$$= [5.55 \times 10^3 \text{ mol}][-241.82 + 285.83] \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 2.45 \times 10^5 \text{ kJ}$$

$$T_{eb} = \frac{\Delta H^{\circ}}{\Delta S^{\circ}} = \frac{(2.45 \times 10^5 \text{ kJ})(1000)}{6.61 \times 10^5 \text{ J/K}} = 370.08 \text{ K}$$

REACTIVO 4**DURACIÓN 15 MIN**

El óxido de calcio, más conocido como cal viva se utiliza industrialmente como absorbente, en la fabricación de acero, fertilizantes, ablandador de agua y potencial regulador de hidrógeno (pH) para aguas residuales.

Un proceso de obtención del óxido de calcio está dado con la siguiente reacción:



Si se conoce que:

$$\text{Entalpía de formación } (\Delta H_f^\circ)(Cl_2O) = 76.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Entalpía de formación } (\Delta H_f^\circ)(CaCl_2) = -794.96 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Afinidad electrónica } (1^{\text{a}} A. E.) (O) = -133.4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$(2^{\text{a}} A. E.) (O^-) = 845.4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Energía de disociación } (\Delta H_{disoc}^\circ)(O_2) = 498.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Energía de ionización } (1^{\text{a}} E. I.) (Ca) = 586.0 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$(2^{\text{a}} E. I.) (Ca^+) = 1130.2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Energía reticular del } \Delta H_{reticular}^\circ (CaO) = -3480 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Energía de sublimación del } \Delta H_s^\circ (Ca) = 167.4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Con los datos citados previamente

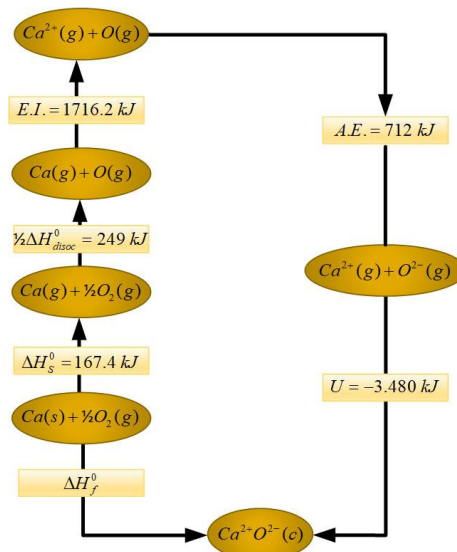
- Calcule $\Delta H_{reacción}^\circ$ en condiciones estándar.
- ¿Cuál será la ΔU (energía interna) que experimenta el proceso?

SOLUCIÓN:

- a) La entalpía de la reacción puede calcularse a partir de las entalpías de formación de productos y reactivos:

$$\Delta H^{\circ} = \sum \nu_p \Delta H_f^{\circ}(\text{productos}) - \sum \nu_r \Delta H_f^{\circ}(\text{reactivos})$$

Se desconoce la entalpía de formación del CaO y su valor puede calcularse por medio del ciclo de Born-Haber ya que se trata de un compuesto iónico



$$\Delta H_f^{\circ} = \Delta H_{s(Ca)}^{\circ} + \frac{1}{2}(\Delta H_{disoc}^{\circ})_{(O_2)} + (1^{\text{a}} E.I.)_{(Ca)} + (2^{\text{a}} E.I.)_{(Ca^{+})} + (1^{\text{a}} A.E.)_{(O)} + (2^{\text{a}} A.E.)_{(O^{-})} + U_{(CaO)}$$

Sustituyendo:

$$\Delta H_f^{\circ} = 167.4 \text{ kJ} + \frac{1}{2}(498.0) \text{ kJ} + 586 \text{ kJ} + 1130.2 \text{ kJ} + (-133.4 \text{ kJ}) + 845.4 \text{ kJ} + (-3480 \text{ kJ}) = -635.4 \text{ kJ}$$

Sustituyendo en la expresión ΔH° :

$$\Delta H^{\circ} = [\Delta H_f^{\circ}(Cl_2O) + \Delta H_f^{\circ}(CaO)] - \Delta H_f^{\circ}(CaCl_2)$$

La entalpía de formación del $O_{2(g)}$ es 0.

$$\Delta H^{\circ} = \left| 1 \text{ mol } Cl_2O \left| \frac{76.0 \text{ kJ}}{\text{mol } Cl_2O} \right| \right| + \left| 1 \text{ mol } CaO \left| \frac{-635.4 \text{ kJ}}{\text{mol } CaO} \right| \right| - \left| 1 \text{ mol } CaCl_2 \left| \frac{-794.96 \text{ kJ}}{\text{mol } CaCl_2} \right| \right| = 235.56 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- b) La relación existente entre la variación de energía interna, ΔU , y la variación de entalpía, ΔH , viene dada por la expresión:

$$\Delta U = \Delta H^{\circ} - \Delta nRT$$

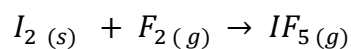
Donde, $\Delta n = \text{moles de gas en productos} - \text{moles de gas en reactivos} = 1 - 1 = 0$

Por lo tanto, se cumple que $\Delta U = \Delta H^{\circ}$

REACTIVO 5

DURACIÓN 15 MIN

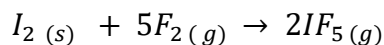
El pentafluoruro de yodo (IF_5) se prepara conforme la reacción



Un reactor de 5.0 L se carga con 10.0 g de yodo y 10.0 g de flúor y la reacción procede hasta que uno de los reactivos se consume en su totalidad; una vez que esto ha ocurrido, la temperatura es de 125 °C. Determine la fracción molar del IF_5 en el reactor y su correspondiente presión parcial.

SOLUCIÓN:

Ajuste de la ecuación química



Cálculo de las moles iniciales de cada reactivo:

$$n_{\text{yodo}} = (10.0 \text{ g} / 254 \text{ g/mol}) = 0.0394 \text{ mol } I_2$$

$$n_{\text{flúor}} = (10.0 \text{ g} / 38 \text{ g/mol}) = 0.2631 \text{ mol } F_2$$

Identificación del reactivo limitante:

$$\text{Relación yodo} = 0.0394 / 1 = 0.0394 \quad \text{reactivo limitante}$$

$$\text{Relación flúor} = 0.2631 / 5 = 0.0526$$

Balance de materia de la reacción:

	$I_2 (s) + 5F_2 (g) \rightarrow 2IF_5 (g)$			
n inicial	0.0394	0.2631	---	
n reacciona	0.0394	0.1970	0.0788	
n final	0	0.0661	0.0788	n total = 0.1449

Cálculo de la fracción mol del IF_5

$$X = (0.0788 / 0.1449) = 0.544$$

Cálculo de la presión total del matraz (gas ideal)

$$P = (n R T / V) = (0.1449 \times 0.082 \times 398 / 5) = 0.9458 \text{ atm}$$

Cálculo de la presión parcial del IF_5

$$P_{IF_5} = P_{total} (X_{IF_5}) = 0.9458 \text{ atm} (0.544) = 0.514 \text{ atm}$$

REACTIVO 6

DURACIÓN 15 MIN

El recipiente que contiene la solución de enfriamiento en un automóvil tiene 2.5 L de agua y el mismo volumen de etilenglicol $C_2H_6O_2$. Para determinar la densidad del etilenglicol, se puede utilizar un recipiente cilíndrico que tiene 180 mm de diámetro cuyo peso vacío es de 3.5 N; cuando se llena hasta una altura de 250 mm, registra un peso de 72.768 N. Considerando que el agua presenta $K_f = 1.86\text{ }^{\circ}\text{C kg/mol}$ y $K_{eb} = 0.52\text{ }^{\circ}\text{C kg/mol}$, determine:

- a) La densidad del etilenglicol.
- b) La temperatura a la cual podría enfriarse el agua del radiador antes de que ésta se congele.
- c) La temperatura de ebullición de la solución de anticongelante que puede alcanzar antes de que se evapore el agua.
- d) La presión osmótica que tiene esta solución cuando alcanza los 90°C .

SOLUCIÓN:

a) $\rho = m/V$ $w = ma$ $V = Ah$

$$V = Ah = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) h = \left[\frac{\pi (0.18 \text{ m})^2}{4} \right] (0.25 \text{ m}) = 6.361 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Para determinar el peso del etilenglicol se tiene:

$$w = 72.768 \text{ N} - 3.5 \text{ N} = 69.268 \text{ N}$$

$$m = \frac{w}{a} = \frac{69.268 \text{ N}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 7.060 \text{ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{7.060 \text{ kg}}{6.361 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 1109.888 \text{ kg/m}^3 = 1.109 \text{ g/cm}^3$$

b) $\Delta T_f = -\dot{m}_B K_f$

$$\dot{m}_B = \frac{n_B}{m_A}$$

A: agua; B: etilenglicol

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Para el agua el valor de la densidad a 25 °C es 1 g/ml

$$m_A = \rho V = (1 \text{ g/ml}) (2500 \text{ ml}) = 2500 \text{ g}$$

$$m_B = \rho V = (1.109 \text{ g/ml}) (2500 \text{ ml}) = 2772.5 \text{ g}$$

$$M = \sum M_i = 2 M_c + 6 M_H + 2 M_O = 2 (12) + 6(1) + 2(16) = 62 \text{ g/mol}$$

$$n_B = \frac{2772.5 \text{ g}}{62 \text{ g/mol}} = 44.718 \text{ mol}$$

$$\dot{m} = \frac{n_B}{m_A} = \frac{44.718 \text{ mol}}{2.5 \text{ kg}} = 17.887 \text{ mol/kg}$$

$$\Delta T_f = -\dot{m}_B K_F = -(17.887 \text{ mol/kg}) (1.86 \text{ °C kg/mol}) = -33.27 \text{ °C}$$

$$\Delta T_f = T_f - T_i$$

$$T_f = \Delta T_f + T_i$$

$$T_i = 0 \text{ °C debido a que es agua}$$

$$T_f = -3327\text{ }^{\circ}\text{C} + 0^{\circ}\text{C} = -33.27\text{ }^{\circ}\text{C}$$

c) $\Delta T_{eb} = T_{ebf} - T_{ebi} = m_B K_{eb}$

T_{ebi} toma valor de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ser agua

$$T_{ebf} = (17.887\text{ mol/kg})(0.52\text{ }^{\circ}\text{C kg/mol}) + 100\text{ }^{\circ}\text{C} = 109.30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

d) $\pi = CRT$

$$C = \frac{n}{V}$$

$$C = \frac{44.718\text{ mol}}{5\text{ L}} = 8.9436\text{ mol/L}$$

$$T = 90\text{ }^{\circ}\text{C} = 363.15\text{ K}$$

$$\begin{aligned}\pi &= (8.9436\text{ mol/L}) (8.3144\text{ kgm}^2/\text{mol K s}^2) (363.15\text{ K}) \left(\frac{1000\text{ L}}{1\text{ m}^3}\right) \left(\frac{1\text{ atm}}{101325\text{ Pa}}\right) \\ &= 266.5\text{ atm}\end{aligned}$$