

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  $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

$$(755 \text{ ton } CaO) \left( \frac{10^6 \text{ g } CaO}{1 \text{ ton } CaO} \right) \left( \frac{1 \text{ mol } CaO}{56.1 \text{ g } CaO} \right) \left( \frac{1 \text{ mol } CaCO_3}{1 \text{ mol } CaO} \right) \left( \frac{100.1 \text{ g } CaCO_3}{1 \text{ mol } CaCO_3} \right) = 1.35 \times 10^{10} \text{ g } CaCO_3$$

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.

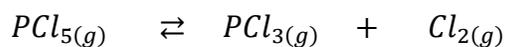
**REACTIVO 2**

**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  $P\text{Cl}_{5(g)} \rightleftharpoons P\text{Cl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  es de 11.5 a la temperatura de 350 °C. La reacción se inicia con una mezcla de  $P\text{Cl}_5$ ,  $P\text{Cl}_3$  y  $\text{Cl}_2$  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

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

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

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

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

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:

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

$$C_{A=C_0P_{Cl_5}} = \frac{0.277 \text{ atm}}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} = 5.42 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_{B=C_0P_{Cl_3}} = \frac{0.133 \text{ atm}}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} = 2.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$C_{B=C_0Cl_2} = \frac{0.211 \text{ atm}}{(0.082 \text{ atm L/mol K})(623 \text{ K})} = 4.13 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

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  $25^{\circ}\text{C}$  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  $25^{\circ}\text{C}$ .
- 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  $25^{\circ}\text{C}$  y 1 atm.
- c) Al aumentar la temperatura hasta  $100^{\circ}\text{C}$  evalúe el calor de vaporización del reservorio de 100 L.
- d) Calcule la energía interna de vaporización del agua para ese reservorio a  $25^{\circ}\text{C}$ .
- e) Determine si el proceso de vaporación del agua en el reservorio es espontáneo a  $25^{\circ}\text{C}$ .
- 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  $5.55 \times 10^3 mol H_2O$ .

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

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

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

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

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

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

$$1 atmL = 101.325 J$$

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

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

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

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

$$= 22.68 \times 10^4 kJ$$

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

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

considerando  $1 atmL = 101.325 J = 0.1013 kJ$

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

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

$$= 23.29 \times 10^4 kJ$$

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

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

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

No espontánea a  $25^\circ C$

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

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

$$\begin{aligned}\Delta S^{\circ} &= [n][\Delta S^{\circ}(g) - \Delta S^{\circ}(l)] \\ &= [5.55 \times 10^3 \text{ mol}][188.83 - 69.91] \frac{\text{J}}{\text{molK}} = 6.61 \times 10^5 \text{ J/K}\end{aligned}$$

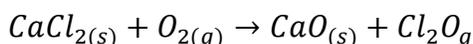
$$\begin{aligned}\Delta H^{\circ} &= [n][\Delta H^{\circ}(g) - \Delta H^{\circ}(l)] \\ &= [5.55 \times 10^3 \text{ mol}][-241.82 + 285.83] \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 2.45 \times 10^5 \text{ kJ}\end{aligned}$$

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

**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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Con los datos citados previamente

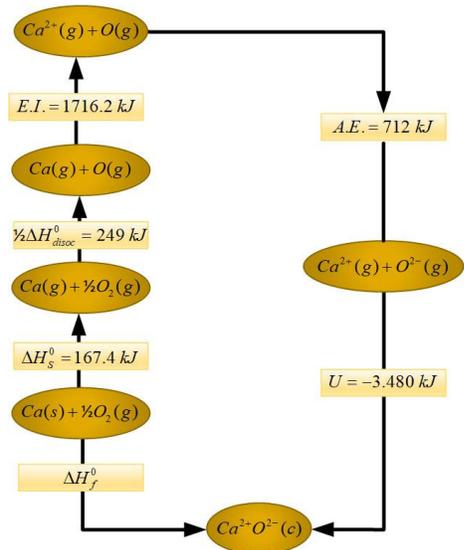
- Calcule  $\Delta H_{reacción}^\circ$  en condiciones estándar.
- ¿Cuál será la  $\Delta U$  (energía interna) que experimenta el proceso?

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



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

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  $\Delta H^{\circ}$ :

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

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,  $\Delta U$ , y la variación de entalpía,  $\Delta H$ , viene dada por la expresión:

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

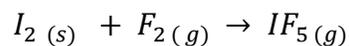
Donde,  $\Delta n = \text{moles de gas en productos} - \text{moles de gas en reactivos} = 1 - 1 = 0$

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

**REACTIVO 5**

**DURACIÓN 15 MIN**

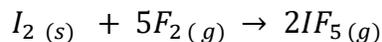
El pentafluoruro de yodo ( $IF_5$ ) se prepara conforme la reacción



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  $90^\circ\text{C}$ .

SOLUCIÓN:

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

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

Para determinar el peso del etilenglicol se tiene:

$$w = 72.768N - 3.5N = 69.268N$$

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

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

$$b) \quad \Delta T_f = -m_B K_f$$

$$m_B = \frac{n_B}{m_A}$$

A: agua; B: etilenglicol

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta T_f = T_f - T_i$$

$$T_f = \Delta T_f + T_i$$

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

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

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)  $\pi = CRT$

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

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

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

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