

Problemas Tema 13

13.1.- ¿Cuál de las siguientes magnitudes (expresadas en kJ/mol) se podría esperar que fuera mayor para una sustancia: (a) capacidad calorífica del líquido; (b) entalpía de fusión; (c) entalpía de vaporización; (d) entalpía de sublimación? Explíquelo.

$$\Delta H_{\text{sub}} = \Delta H_{\text{fus}} + \Delta H_{\text{vap}}$$

13.2.- ¿Cuál de los siguientes factores afecta a la presión de vapor de un líquido: (a) las fuerzas intermoleculares en el líquido; (b) el volumen del líquido en el equilibrio líquido-vapor; (c) el volumen del vapor en el equilibrio líquido-vapor; (d) el tamaño del recipiente donde se encuentra la mezcla en el equilibrio líquido-vapor; (e) la temperatura del líquido? Explíquelo.

- a) - Fuerzas intermoleculares en el líquido
- e) - Temperatura del líquido

13.3.- La entalpía de vaporización del cloroformo, CHCl_3 , en su punto de ebullición normal, es 247 J/g.

- a) ¿Cuántos gramos de CHCl_3 pueden evaporarse con 6,62 kJ de calor?
 b) ¿Cuál es el ΔH_{vap} del CHCl_3 , expresada en kJ/mol?
 c) ¿Cuánto calor expresado en kJ, se desprende cuando se condensan 19,6 g de CHCl_3 (g)?

a) 6,62 kJ. $P_{\text{H}} = 119,37$

$$6620 = 247 \cdot x \quad x = 26,8 \text{ gr de } \text{CHCl}_3$$

b) $\Delta H_{\text{vap}} = 247 \text{ J/gr} = 247 \text{ J/g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000} \cdot \frac{119,37 \text{ gr}}{1 \text{ mol}} = 29,51 \text{ kJ/mol}$

c) Condensación 19,6 g CHCl_3

$$\Delta H = -247 \cdot 19,6 = -4,84 \text{ kJ}$$

13.4.- Se establece el equilibrio entre $\text{Br}_2(\text{l})$ y $\text{Br}_2(\text{g})$ a 25,0°C. Una muestra de 250,0 mL de vapor pesa 0,486 g. ¿Cuál es la presión de vapor del bromo a 25,0°C, en milímetros de mercurio?



$$250,0 \text{ mL} - 0,486 \text{ gr de } \text{Br}_2$$

$$\text{Br}_2(\text{g}) = \frac{0,486}{119,87} = 3,04 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{3,04 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0821 \cdot 298,15}{0,250} = 0,29821 = 226 \text{ mmHg}$$

13.5.- El ciclohexanol tiene una presión de vapor de 10,0 mmHg a 56,0°C y 100,0 mmHg a 103,7°C. Calcule su entalpía de vaporización, ΔH_{vap} .

$$C_6H_{12}O \quad P_{vap} (56,0^\circ C) = 10 \text{ mmHg} \quad - \quad 329,15^\circ C$$

$$P_{vap} (103,7^\circ C) = 100,0 \text{ mmHg} \quad - \quad 376,85^\circ C$$

$$\ln \frac{P_{vap.1}}{P_{vap.2}} = - \frac{\Delta H_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{10,0}{100,0} = - \frac{\Delta H_{vap}}{8,314} \left(\frac{1}{329,15} - \frac{1}{376,85} \right) = -49782 \text{ J/mol} =$$

$$= \underline{\underline{-49,8 \text{ kJ/mol}}}$$

13.6.- La presión de vapor del alcohol metílico es 40,0 mmHg a 5,0°C. Estime su punto de ebullición normal. $\Delta H_{vap} = 38,0 \text{ kJ/mol}$.

$$P_{vap} (CH_3OH, 5,0^\circ C) = 40 \text{ mmHg}$$

$$\Delta H_{vap} = 38,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln \frac{40,0}{760} = - \frac{38000}{8,314} \left(\frac{1}{278,15} - \frac{1}{T} \right)$$

condens normal.

$$T = 338,9 \text{ K} \approx \underline{\underline{335 \text{ K}}}$$

13.7.- En su punto de ebullición normal, ΔH_{fus} del Cu es 13,05 kJ/mol.

a) ¿Cuánto calor, expresado en kJ, se desprende cuando solidifica una muestra de 3,78 kg de Cu fundido?

b) ¿Cuánto calor, expresado en kJ, se debe absorber para fundir una barra de cobre de 75,0 cm x 15,0 cm x 12,0 cm? (Suponer $d = 8,92 \text{ g/cm}^3$ para el Cu)

$$\Delta H_f (\text{Cu}) = 13,05 \text{ kJ/mol} \quad \rho_{\text{Cu}} = 8,92$$

$$a) \Delta H = -\Delta H_{fus} \cdot n_{\text{moles Cu}} = -13,05 \cdot \frac{3780 \text{ g}}{63,55} = 776 \text{ kJ}$$

-13,05 kJ/mol n° de moles

$$b) 75,0 \cdot 15,0 \cdot 12,0 = 13500 \text{ cm}^3 \quad d = m/V$$
$$d = 8,92 \text{ g/cc} \quad m = 13500 \text{ cc} \cdot 8,92 \frac{\text{g}}{\text{cc}} = 120420 \text{ g Cu}$$
$$\Delta H = \Delta H_f \cdot n_{\text{moles}} = 13,05 \cdot \frac{120420 \text{ g}}{63,55} = 24728 \text{ kJ}$$
$$= 2,47 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

13.8.- La tensión superficial, viscosidad y presión de vapor están relacionadas de alguna manera con las fuerzas intermoleculares. ¿Por qué la tensión superficial y la viscosidad disminuyen con la temperatura mientras que la presión de vapor aumenta?

Por el aumento de la energía cinética de las moléculas.

13.9.- La entalpía de vaporización del benceno, $C_6H_6(l)$, es $33,9 \text{ kJ/mol}$ a 298 K .
 ¿Cuántos litros de $C_6H_6(g)$, medidos a 298 K y $95,1 \text{ mmHg}$, se forman cuando el $C_6H_6(l)$ absorbe $1,54 \text{ kJ}$ a la temperatura constante de 298 K ?

$$\Delta H_{\text{vap}} (C_6H_6(l)) = \underline{33,9 \text{ kJ/mol}} \quad (298 \text{ K})$$

$$\frac{33,9 \text{ kJ}}{\text{mol}} \times \text{moles} = \underline{1,54 \text{ kJ}}$$

$$P_{\text{tot}} (C_6H_6) = 72,06 + 6,06 = \underline{78,12}$$

$$\text{X} = \underline{0,0454 \text{ moles } C_6H_6}$$

$$PV = nRT$$

$$V = \frac{0,0454 \text{ moles} \cdot 0,082 \cdot 298}{95,1/760} = \underline{8,88 \text{ L}}$$

13.10.- Un trozo de hierro de $50,0 \text{ g}$ a 152°C se deja caer dentro de $20,0 \text{ g}$ de $H_2O(l)$ contenida en un recipiente aislado térmicamente a $89,0^\circ\text{C}$. Los calores específicos del hierro y agua son $0,450$ y $4,21 \text{ Jg}^{-1}\text{C}^{-1}$, respectivamente, y $\Delta H_{\text{vap}} = 40,7 \text{ kJ/mol } H_2O$.
 ¿Cuánta agua espera que se evapore?

$$Fe \quad 50,0 \text{ g} \quad 152^\circ\text{C}$$

$$H_2O(l) \quad 20,0 \text{ g} \quad 89,0^\circ\text{C}$$

$$c_{Fe} = 0,450 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

$$c_{H_2O(l)} = 4,21 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 40,7 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta q_{Fe} = -\Delta q_{H_2O} \quad // \quad q_T = 0 \quad w = 0$$

$$q = q_{Fe} + q_{H_2O}$$

$$50,0 \cdot 0,450 (T - 152) + 20,0 \cdot 4,21 (T - 89,0) = 0$$

$$106,7T = 10913,8 \rightarrow T = 102^\circ\text{C} \quad (\text{NO!})$$

$$50,0 \cdot 0,450 (100 - 152) + 20,0 \cdot 4,21 (100 - 89,0) + 40700 \frac{x_g}{18,02} = 0$$

$$\underline{X = 0,1085 \text{ de } H_2O}$$

13.11.- La presión de vapor del agua a 25°C es 23,76 torr.

a) Se ponen 0,360 g de agua en un recipiente de 10,00 L a 25°C. Determine las fases que hay en el equilibrio y la masa de agua en cada una de ellas.

b) Lo mismo que en (a) si el volumen del recipiente es 20,00 L.

Si hace alguna aproximación, indíquelo.

a) 0,360 g, H₂O

10,00 L, 25°C

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{0,360 / 18,02 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{10,0} = 0,0489 \text{at} = 37,2 \text{ torr.}$$

$P > P_{v-p.} \Rightarrow$ H₂O se condensa

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{23,76 / 760 \cdot 10,00}{0,082 \cdot 298,15} = 0,0128 \text{ moles} \Rightarrow 0,230 \text{ g de H}_2\text{O (s)}$$

← Equilibrio

$$0,360 - 0,230 = 0,130 \text{ g de H}_2\text{O (l)}$$

b) $0,360 \text{ g. H}_2\text{O}$
 $20,0 \text{ L, } 25^\circ\text{C}$

$$PV = nRT$$

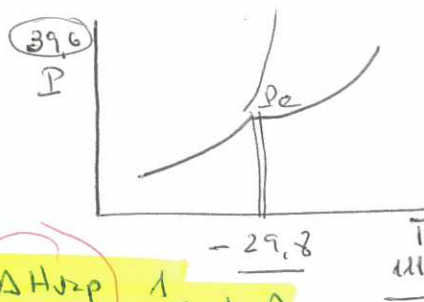
$$P = \frac{0,360/18,02 \cdot 0,082 \cdot 298,15}{20} = 0,0245 \text{ at.} = 18,6 \text{ torr.}$$

$P < P_{\text{vap}} \Rightarrow$ Todo en fase gas.

13.12.- Se dan a continuación algunos datos de presión de vapor para el Freón-12, CCl_2F_2 , un refrigerante común en el pasado: $-12,2^\circ\text{C}$, 2,0 atm; $16,1^\circ\text{C}$, 5,0 atm; $42,4^\circ\text{C}$, 10,0 atm; $74,0^\circ\text{C}$, 20,0 atm. También, $p_e = -29,8^\circ\text{C}$, $T_c = 111,5^\circ\text{C}$, $P_c = 39,6$ atm. Utilice estos datos para representar la curva de presión de vapor del freón-12. ¿Qué presión aproximada espera que sea necesaria en el compresor de un sistema de refrigeración para convertir vapor de freón-12 a líquido a $25,0^\circ\text{C}$?

P_{vap} freón	T	$\frac{1}{T}$	$\ln P_{\text{vap}}$
2,0 atm ($-12,2^\circ\text{C}$)	260,95 K	$3,83 \cdot 10^{-3}$	0,693
5,0 atm ($16,1^\circ\text{C}$)	289,25 K	$3,46 \cdot 10^{-3}$	1,61
10,0 atm ($42,4^\circ\text{C}$)	317,55 K	$3,17 \cdot 10^{-3}$	2,30
20,0 atm ($74,0^\circ\text{C}$)	347,15 K	$2,88 \cdot 10^{-3}$	3,00

$P_e = -29,8^\circ\text{C}$ $T_c = 111,5^\circ\text{C}$ $P_c = 39,6$ atm

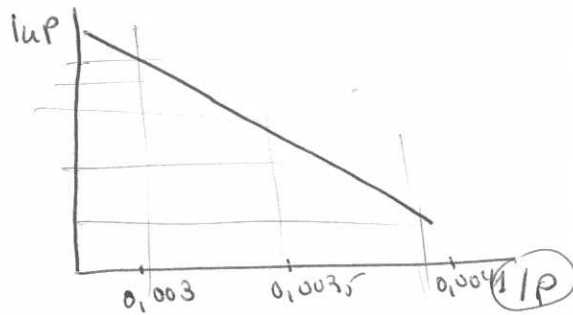


$$y = -m \cdot x + B$$

$$\ln P_{\text{vap}} = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \cdot \frac{1}{T} + A$$

$$122 \approx -\frac{\Delta H_{vap}}{R} \approx \frac{(0,693 + 3,00)}{0,00383 - 0,00288} = \frac{-2,303}{0,95 \cdot 10^{-3}} =$$

$$\Delta H_{vap} = 20,2 \text{ kJ/mol.}$$

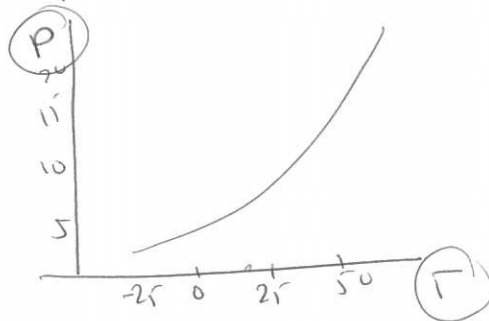


$$= -2424 = -\frac{\Delta H_{vap}}{R}$$

$$\Delta H_{vap} = \underline{\underline{20,2 \text{ kJ/mol}}}$$

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{-20,200}{8,314} \left(\frac{1}{298,15} - \frac{1}{260,95} \right)$$

$$P_2 = 2 \cdot e^{1,16} = 6,39 \text{ atm.} \approx 6,4 \text{ atm.}$$



13.13.- El punto de ebullición de la acetona, un importante disolvente en el laboratorio y en la industria, es $56,2^{\circ}\text{C}$ y su ΔH_{vap} es $25,5 \text{ kJ/mol}$. ¿A qué temperatura la presión de vapor de la acetona es 275 mmHg ?

$$P_{e.}(\text{acetona}) = 56,2^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 25,5 \text{ kJ/mol.}$$

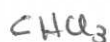
$$\therefore T? \Rightarrow P_{\text{vap.}}(\text{acetona}) = \underline{275 \text{ mmHg}}$$

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = - \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{760/760}{275/760} = \frac{-25500}{8,314} \left(\frac{1}{329,35} - \frac{1}{T} \right)$$

$$T = 296,9 \text{ K} \approx \underline{23,8^{\circ}\text{C}}$$

13.14.- La presión de vapor del triclorometano (cloroformo), es $40,0 \text{ torr}$ a $-7,1^{\circ}\text{C}$. La entalpía de vaporización es $29,2 \text{ kJ/mol}$. Calcule el punto de ebullición normal.



$$P_v(\text{CHCl}_3) = 40,0 \text{ torr.} \equiv -7,1^{\circ}\text{C} \quad (266,05 \text{ K})$$

$$\Delta H_{\text{vap}}(\text{CHCl}_3) = 29,2 \text{ kJ/mol.}$$

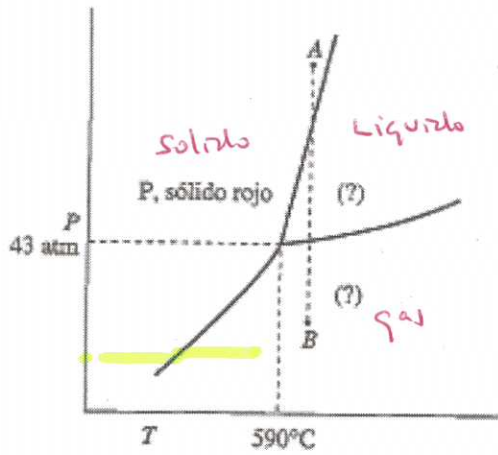
$$\ln \frac{P_1}{P_2} = - \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{760}{40,0} = \frac{-29200}{8,314} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{266,05} \right)$$

$$T_1 = 342,4 \text{ K} \approx 342 \text{ K}$$

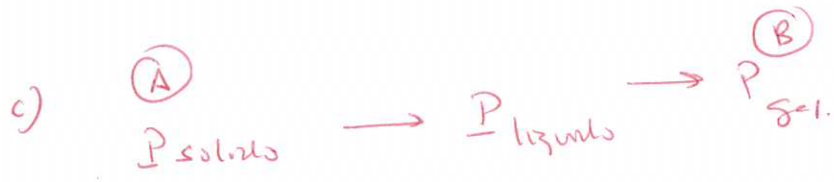
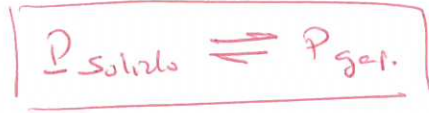
$$\underline{69,3^{\circ}\text{C}}$$

13.15.- A continuación se muestra una parte del diagrama de fases del fósforo.



- Indique las fases presentes en las regiones señaladas con (?)
- Una muestra de fósforo rojo sólido no puede fundirse por calentamiento en un recipiente abierto a la atmósfera. Explique por qué.
- Señale los cambios de fase que tienen lugar cuando la presión sobre una muestra se reduce desde el punto A al B, a temperatura constante.

b) $P = 1 \text{ atm}$



Soluciones

13.1.- $\Delta H_{\text{sub}} = \Delta H_{\text{fus}} + \Delta H_{\text{vap}}$

13.2.- Fuerzas intermoleculares y temperatura

13.3.- a) 26,8 g; b) 29,5 kJ/mol; c) 4,84 kJ

13.4.- 226 mm Hg

13.5.- 49,7 kJ/mol

13.6.- 339 K

13.7.- a) 776 kJ; b) $2,47 \times 10^4$ kJ

13.8.- Por el aumento en la energía cinética de las moléculas

13.9.- 8,88 L

13.10.- 0,108 g

13.11.- a) 0,230 g de agua gas y 0,130 g de agua líquida. b) gas.

13.12.- 6,5 atm

13.13.- 24°C

13.14.- 69°C