

ESPOL / ICQA / I TERMINO 2010/ 1era EVALUACIÓN QUÍMICA GENERAL I

NOMBRES	APELLIDOS	No. en LISTA	PARALELO

NOTA: PARA ESTA EVALUACIÓN EL SIGNO COMA (,) SE TOMARÁ PARA REPRESENTAR MILES, EJEMPLO:  $10^{+3} = 1,000$ . EL PUNTO (.) SE TOMARÁ PARA REPRESENTAR DECIMALES, EJEMPLO:  $10^{-1} = 0.1$ .

**OBSERVACIÓN:** SIRVASE LEER CUIDADOSAMENTE CADA UNO DE LOS TEMAS PLANTEADOS, ESTO A FIN DE CONTESTARLOS EN BASE A LO SOLICITADO EN LOS MISMOS. PARTICULAR QUE SIGNIFICA: COMPRENDERLO, INTERPRETARLO, ANALIZARLO, RESOLVERLO Y EXPRESAR SU RESPUESTA CON CLARIDAD.

**(Diagrama de fase)**

1. El 20 de abril 2010, ocurrió un accidente (desastre) en la plataforma petrolera DEEPWATER HORIZON. Durante las labores de remediación se encontraron con problemas relacionados con el metano detectado al nivel del fondo del mar.

El punto de fusión del metano a 1 atm es de  $-182.5^{\circ}\text{C}$ , y el de ebullición a la misma presión es de  $-161.6^{\circ}\text{C}$ . El punto triple del metano se produce a 90 K y 0.0926 atm. El punto crítico se produce a 190.65 K y 46.09 atm.

(a) Dibujar el diagrama de fase respectivo, usando los cuatro puntos de presión – temperatura dados.

(b) Marcar en el gráfico anterior, en qué estado se encuentra el metano a la profundidad del lecho oceánico donde se produjo el accidente del DEEPWATER HORIZON considerando los siguientes datos (todos los cálculos necesarios deberán ser mostrados a partir de este punto para justificar su punto marcado en el gráfico):

**Datos:** La profundidad del lecho oceánico está a 1500 m por debajo del nivel del mar; Para calcular la presión en el lecho oceánico se necesita la densidad del agua marina además de la profundidad. Asumir que la densidad promedio del agua marina en toda la profundidad analizada es de  $1.013 \text{ g/cm}^3$ ; Considerar que la presión que debe graficarse en el diagrama de fase es la presión total ( $P_{\text{total}} = 1 \text{ atm} + P_{\text{agua}}$ ); La Temperatura del agua en el lecho oceánico es de aproximadamente  $4^{\circ}\text{C}$ .

**SOLUCIÓN DEL PROBLEMA 1**

Primero hay que convertir los datos de temperatura de grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) a grados Kelvin (K)

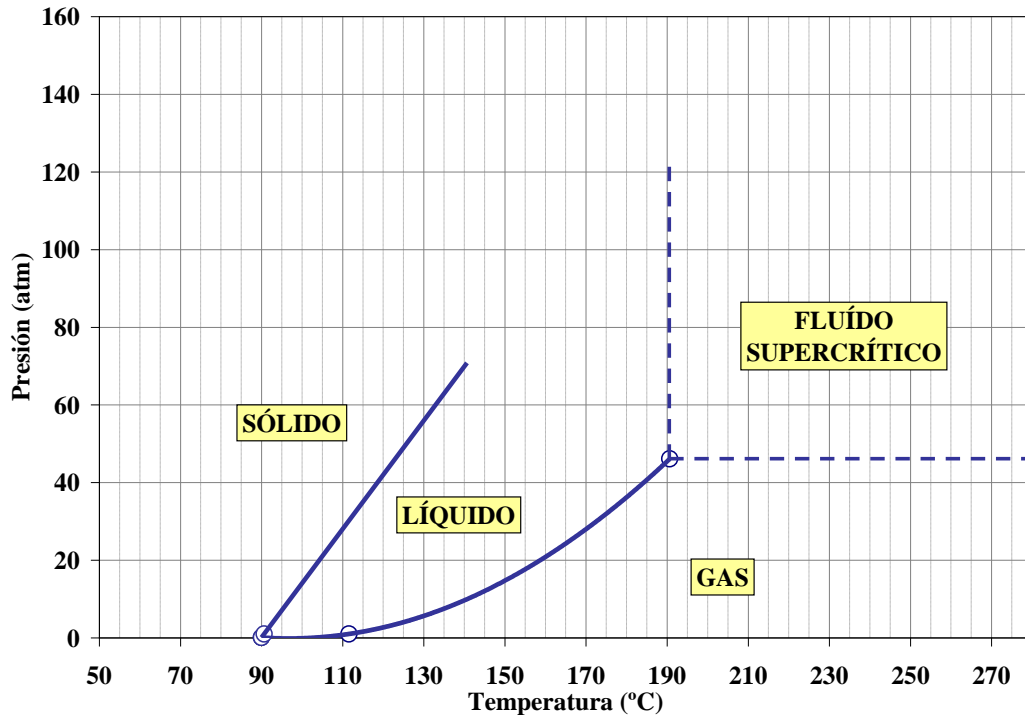
$$\text{Temperatura}_{\text{FUSIÓN}} = -182.5 + 273.15 = 90.65 \text{ K}$$

$$\text{Temperatura}_{\text{EBULLICIÓN}} = -161.6 + 273.15 = 111.55 \text{ K}$$

Para poder realizar el gráfico, se ordenan los datos de manera tabular:

Temperatura (K)	Presión (atm)
90	0.0926
90.65	1
111.55	1
190.65	46.09

El diagrama de fase del metano luciría así:



Para saber en qué parte del gráfico caen las condiciones dadas en el sitio de la tragedia ambiental del DEEPWATER HORIZON, se procede primero a calcular la presión dada en el lecho oceánico:

**Datos:**

Profundidad al lecho oceánico (h)	1500 m
Densidad promedio del agua marina ( $\rho$ )	1.013 g/cm <sup>3</sup>
Temperatura del agua en el lecho oceánico	4°C

$$P_{LECHO\ OCEANICO} = P_{ATM} + P_{HIDROSTÁTICA}$$

La presión hidrostática se calcula en función de la densidad del agua y la profundidad a la que se desea estimar la presión. Ya que los datos dados vienen en unidades que generarán una unidad de presión igual a N/m<sup>2</sup> (Pa), será necesario convertir dicho valor a atmósferas de presión (1 atm = 101325 Pa)

$$P_{HIDROSTÁTICA} = \rho g h = \left( 1.013 \frac{g}{cm^3} \frac{1 kg}{1000 g} \frac{1000000 cm^3}{1 m^3} \right) \left( 9.81 \frac{m}{s^2} \right) (500 m) \left( \frac{1 atm}{101325 N/m^2} \right)$$

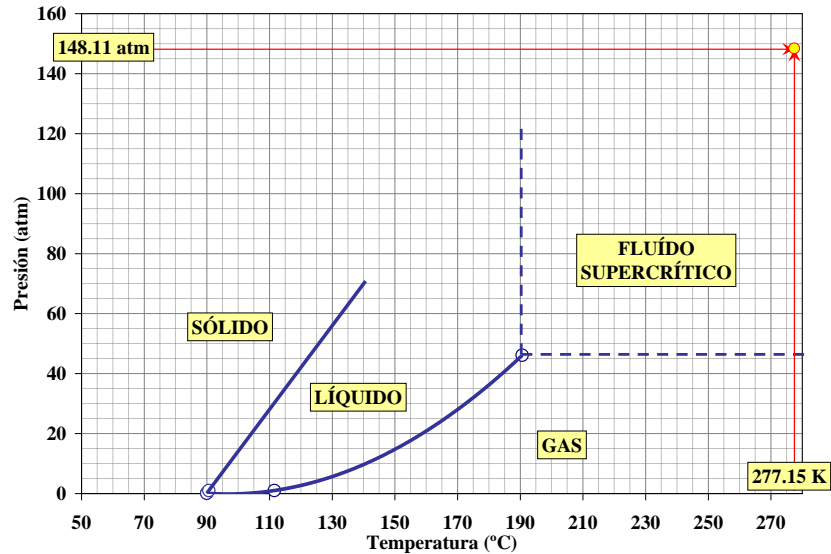
$$P_{HIDROSTÁTICA} = 147.11 atm$$

Por lo tanto, la presión total en el lecho oceánico será:

$$P_{LECHO\ OCEÁNICO} = (+147.11) atm = 148.11 atm$$

Para poder graficar en el diagrama de fase, es necesario convertir la temperatura del agua en el lecho oceánico a grados Kelvin (K)

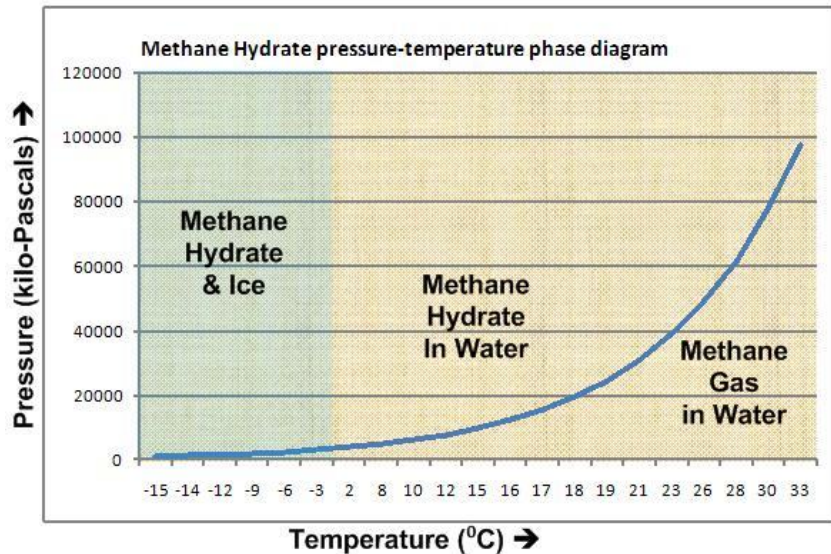
$$T_{LECHO\ OCEÁNICO} = (+273.15) K = 277.15 K$$



Del diagrama de fases, se puede observar que a una presión absoluta de 148.11 atm y una temperatura de 277.15 K, el metano emergiendo por el lecho oceánico se comporta como un **FLUIDO SUPERCRÍTICO**.

**BONO:**

Cuando el metano se presenta como un fluido supercrítico en presencia de agua, a la temperatura y presión calculadas (4°C y 15000 kPa) podría formarse **HIDRATO DE METANO**, tal como se muestra en la figura a continuación.



**Fuente:** User:Williamborg (WIKIPEDIA) desarrolló este gráfico basándose en

Physical Chemical Characteristics of Natural Gas Hydrate. Book Series: Coastal Systems and Continental Margins; ISSN: 1384-6434; Volume 9 Economic Geology of Natural Gas Hydrate; Publisher: Springer Netherlands; DOI: 10.1007/1-4020-3972-7; Copyright 2006; ISBN: 978-1-4020-3971-3 (Print) 978-1-4020-3972-0 (Online); DOI 10.1007/1-4020-3972-7\_3; Pages 45-104;

Earth and Environmental Science Date: Sunday, July 09, 2006

David Matamoros (Ph. D)

5 de Julio del 2010

### (Conceptos Varios)

2. En la segunda columna se encuentra un conjunto de términos, ecuaciones y conceptos utilizados en el campo de los líquidos, sólidos y disoluciones, con su numeración en la primera columna. En la tercera columna se enlistan en forma aleatoria los significados de los términos, ecuaciones y conceptos de la columna vecina sin ninguna correspondencia. Su tarea consiste en escribir en la cuarta columna el número del término, ecuación o concepto que corresponda al significado pertinente de la tercera columna.

#	Términos, ecuaciones y conceptos	CONJUNTO DE SIGNIFICADOS	#
1	Cambio de Fase	Poseen un ordenamiento estricto y regular, es decir, sus átomos moléculas o iones ocupan posiciones específicas.	13
2	Viscosidad	Mínima presión que se debe aplicar para llevar a cabo la licuefacción a la temperatura crítica.	16
3	$\Delta H_{fus}$	Presión que se requiere para detener la ósmosis	10
4	Molalidad	Temperatura a la cual las fases sólidas y líquidas coexisten en el equilibrio	8
5	Sólidos amorfos	Número de moles de soluto en 1L de disolución	15
6	Diagrama de fase	Unidad estructural repetida de un sólido cristalino	11
7	Ósmosis	Condición en que las tres fases puedan estar en equilibrio recíproco	18
8	Punto de Congelación	Cantidad de energía necesaria para estirar o aumentar la superficie de un líquido por unidad de área.	17
9	$\Delta H_{vap}$	Cambios físicos caracterizados por el orden molecular a determinadas presiones y temperaturas	1
10	Presión osmótica	Energía necesaria (comúnmente en kilojoules) para sublimar un mol de un solido	19
11	Celda Unitaria	Energía necesaria (comúnmente en kilojoules) para fundir un mol de un solido	3
12	Punto de Ebullición	Paso selectivo de moléculas del disolvente a través de una membrana porosa desde una disolución diluida hacia una de mayor concentración	7
13	Sólidos Cristalinos	Presión de vapor medida cuando hay un equilibrio dinámico entre la condensación y la evaporación.	20
14	Fase	Resume las condiciones en las cuales una sustancia puede existir como sólido, líquido o gas y sus equilibrios pertinentes.	6
15	Molaridad	Temperatura a la cual la presión de vapor de un líquido es igual a la presión externa	12
16	$P_c$	Número de moles de soluto disueltos en un 1kg de un disolvente	4
17	Tensión superficial	Energía necesaria (comúnmente en kilojoules) para evaporar un mol de un líquido	9
18	Punto triple	Medida de la resistencia de los líquidos a fluir	2
19	$\Delta H_{sub}$	Sólidos que carecen de una distribución tridimensional regular de átomos.	5
20	Presión de vapor de equilibrio	Parte homogénea de un sistema, y aunque está en contacto con otros estados del mismo, está separada de esas partes por un límite bien definido.	14

### (Curva de Calentamiento)

3. Calcule el cambio de entalpía durante el proceso en el que 100.0 g de agua a 50.0 °C se enfrían para formar hielo a -30 °C?. Y con los resultados de sus cálculos grafique la curva de enfriamiento respectiva, la que debe involucrar toda la información recabada por usted.

**Datos:** Los calores específicos del: Hielo= 2.03 J/g-K; agua= 4.18 J/g-K; vapor 1.84 J/g-K. Para el H<sub>2</sub>O, ΔH<sub>fus</sub>= 6.01 kJ/mol; ΔH<sub>vap</sub> = 40.67 kJ/mol.

SOLUCIÓN:

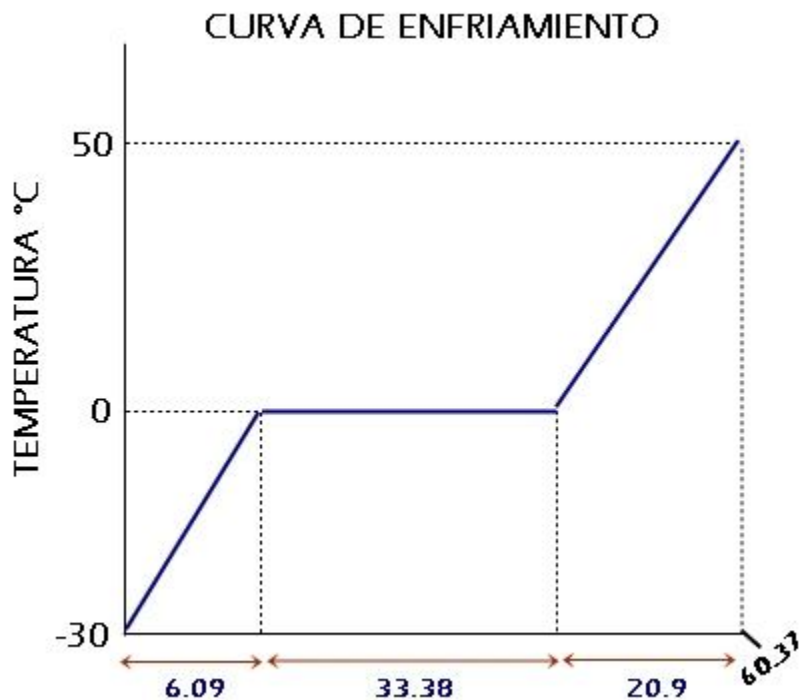
$$50.0\text{ °C} \rightarrow 0\text{ °C (liquido)}: 100\text{g} \left( 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g}} \right) \left( -50 \text{ K} \right) = -20.9\text{KJ}$$

$$0\text{ °C (liquido)} \rightarrow 0\text{ °C (sólido)}: 100\text{g} \left( \frac{1\text{mol}}{18\text{g}} \right) \left( 6.01 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) = -33.38\text{KJ}$$

$$0\text{ °C (sólido)} \rightarrow -30\text{ °C}: 100\text{g} \left( 2.03 \frac{\text{J}}{\text{g}} \right) \left( -30 - 0 \text{ K} \right) = -6.09\text{KJ}$$

$$\Delta H = \left( -20.9 - 33.38 - 6.09 \right) \text{KJ}$$

$$\Delta H = -60.37\text{KJ}$$



### (Sólidos Cristalinos)

4. Cuando la plata cristaliza forma celdas cúbicas centradas en las caras. La longitud de la arista de la celda unitaria referida es de 408.7 pm. Con esta información proceda a calcular la densidad de la plata.

**Datos:**  $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ ; 1 nanómetro = 1000 pm; 1 Angstrom = 100 pm; 1 pm = 1000 femtómetros; Masa atómica Ag=107.9 g/mol.

#### Datos:

Celda Unitaria: Ag

Forma de la celda: Cúbica centrada en las caras

Arista  $a = 408.7$  pm

$N_A = 6.022 \times 10^{23}$

Masa atómica de Ag = 107.9 g/mol

1 nanómetro = 1000 pm; 1 Angstrom = 100 pm; 1 pm = 1000 femtómetros

#### Fórmula a utilizar:

—

#### Relación a utilizar:

**Celda Cúbica centrada en las caras = 4 átomos/celda**

#### Resolución:

$$m_{Ag} = (4 \text{ átomos Ag/celda}) \times (1 \text{ mol Ag}/6.022 \times 10^{23} \text{ átomos}) \times (107.9 \text{ g}/1 \text{ mol Ag}) = 7.167 \times 10^{-22} \text{ g/celda}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 1000 \text{ pm}; 1 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ cm}.$$

$$V_{Ag} = (a)^3 = (408.7 \times 10^{-10} \text{ cm})^3 = 6.827 \times 10^{-23} \text{ cm}^3/\text{celda}$$

$$\text{Densidad Ag: } \rho = 7.167 \times 10^{-22} \text{ g/celda}/6.827 \times 10^{-23} \text{ cm}^3/\text{celda} = 10.50 \text{ g/cm}^3$$

Fernando Morante (Ph. D)

5 de julio del 2010

**(Ecuación Clausius-Clapeyron)**

5. En la siguiente tabla se muestran varias mediciones de presión de vapor para el mercurio a distintas temperaturas. Determine mediante una gráfica el calor molar de vaporización del mercurio.

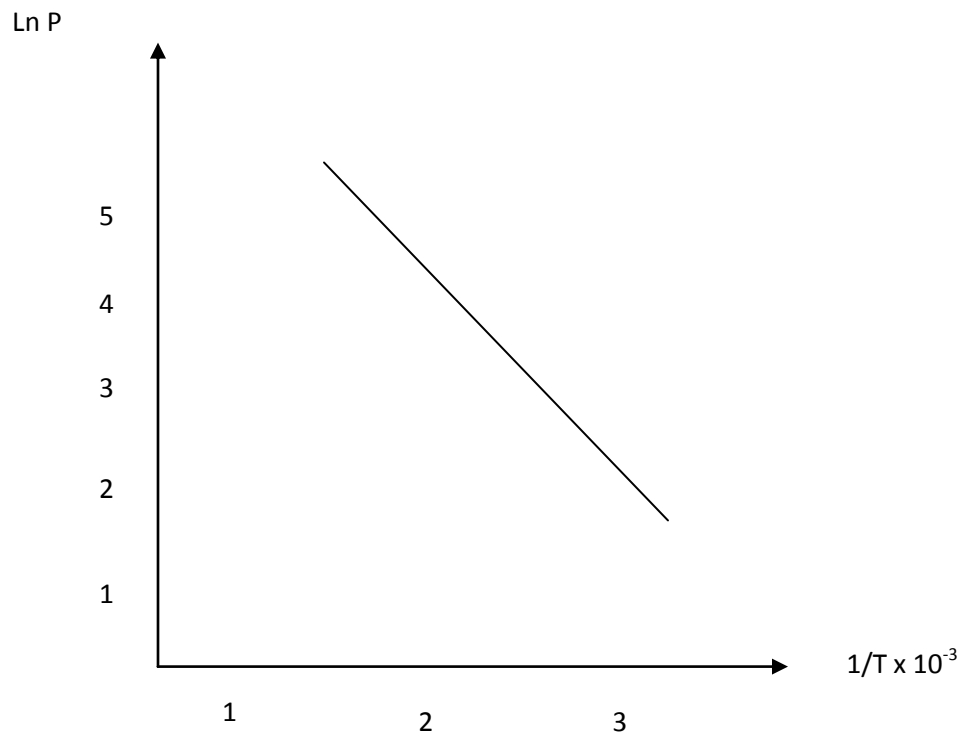
Datos:

$$R = 0,08205746 \left[ \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] = 62,36367 \left[ \frac{\text{mmHg} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] = 1,987207 \left[ \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] = 8,314472 \left[ \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right]$$

t (°C)	340	320	300	250	200
P (mmHg)	557.9	376.3	246.8	74.4	17.3

**SOLUCIÓN:**

1/T (k) x 10 <sup>-3</sup>	1.63	1.68	1.75	1.91	2.11
Ln P (mmHg)	6.32	5.93	5.51	4.31	2.85



$$m = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{5.93 - 4.31}{(1.68 - 1.91) \times 10^{-3}} = -7043.48$$

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

$$\Delta H_{vap} = -(-7043.48)(8.31) \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_{vap} = 58531.32 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_{vap} = 58.531 \text{ KJ/mol}$$

**(Ley de Raoult)**

6. Calcule la presión de vapor de una disolución preparada al disolver 218g de glucosa en 460 mL de agua a 30°C. ¿Cuál es la disminución en la presión de vapor?, suponga que la densidad de la disolución es de 1 g/mL.

**Datos:** Presión del agua a 30°C=31.82 (mmHg); masa molar glucosa = 108.2 g/mol

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

La disminución de la presión de vapor es  $(31.82 - 17.79)$  mmHg, o 14.03 mmHg o 0.02 atm



**(Elevación del punto de ebullición y disminución del punto de congelación)**

7. El etilenglicol (EG),  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ , es un anticongelante comúnmente utilizado en automóviles. Es soluble en agua y bastante no volátil (p. eb.  $197^\circ\text{C}$ ). Calcule el punto de ebullición y el punto de congelación de una disolución que contenga 478 g de etilenglicol en 3202 g de agua.

**Datos:** Masa molecular (EG)= 62.07 g/mol; Masa molecular  $\text{H}_2\text{O}$ =18 g/mol;

CONSTANTES MOLALES DE ELEVACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN Y DE DISMINUCIÓN DEL PUNTO DE CONGELACIÓN DE VARIOS LÍQUIDOS COMUNES				
DISOLVENTE	PUNTO DE CONGELACION ( $^\circ\text{C}$ )	$K_f$ ( $^\circ\text{C}/m$ )	PUNTO DE EBULLICIÓN ( $^\circ\text{C}$ )	$K_b$ ( $^\circ\text{C}/m$ )
AGUA	0	1.86	100	0.52
BENCENO	5.5	5.12	80.1	2.53
ETANOL	-117.3	1.99	78.4	1.22
ÁCIDO ACÉTICO	16.6	3.90	117.9	2.93
CICLOHEXANO	6.6	20.0	80.7	2.79

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

—

—

**(Abatimiento del punto congelación y determinación de molalidad de un solución)**

8. Una disolución de 0.85 g de un compuesto orgánico en 100 g de benceno tiene un punto de congelación de 5.16°C. Determine la molalidad de la disolución y la masa molar del soluto

**Datos:** Masa molecular (Benceno)= 78.1121 g/mol;

CONSTANTES MOLALES DE ELEVACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN Y DE DISMINUCIÓN DEL PUNTO DE CONGELACIÓN DE VARIOS LÍQUIDOS COMUNES				
DISOLVENTE	PUNTO DE CONGELACION (°C)	Kf (°C/m)	PUNTO DE EBULLICIÓN (°C)	Kb (°C/m)
AGUA	0	1.86	100	0.52
BENCENO	5.5	5.12	80.1	2.53
ETANOL	-117.3	1.99	78.4	1.22
ÁCIDO ACÉTICO	16.6	3.90	117.9	2.93
CICLOHEXANO	6.6	20.0	80.7	2.79

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vicente Riofrío (Ph. D)

5 de julio del 2010

**(Presión osmótica y determinación de la masa molar de un compuesto)**

9. Una disolución de 202 mL de benceno que contiene 2.47 g de un polímero orgánico tiene una presión osmótica de 8.63 mmHg a 21 °C. Calcule la masa molar del polímero.

Datos:

$$R = 0,08205746 \left[ \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] = 62,36367 \left[ \frac{\text{mmHg} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] = 1,987207 \left[ \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right] = 8,314472 \left[ \frac{J}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right]$$

**RESOLUCIÓN**

**Datos:**

$$V_{\text{disol.}} = 202 \text{ mL} = 0.202 \text{ L}$$

Sustancia: Benceno

$$\text{masa}_{\text{polímero}} = 2.47 \text{ g}$$

$$\Pi = 8.63 \text{ mm Hg}$$

$$T^{\circ} = 21^{\circ}\text{C} = 294 \text{ K}$$

$$R = 62.36367 \text{ mmHg} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K}$$

Masa molar (Mm) del polímero = ¿

**Ecuación a Utilizar:**

$$\Pi = M \cdot R \cdot T$$

**Desarrollo:**

$$M = \Pi / R \cdot T = (8.63 \text{ mmHg}) / (62.36367 (\text{mmHg} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 294 \text{ K}) = 4.71 \cdot 10^{-4} \text{ moles} / \text{L}$$

**Mm debe ser expresada en g/mol:**

$$\text{Mm} = 2.47 \text{ g} / 0.202 \text{ L} = 12.23 \text{ g/L} \cdot 1 \text{ L} / 4.71 \cdot 10^{-4} \text{ moles} = \mathbf{2.6 \cdot 10^4 \text{ g/mol}}$$

**Respuesta:**

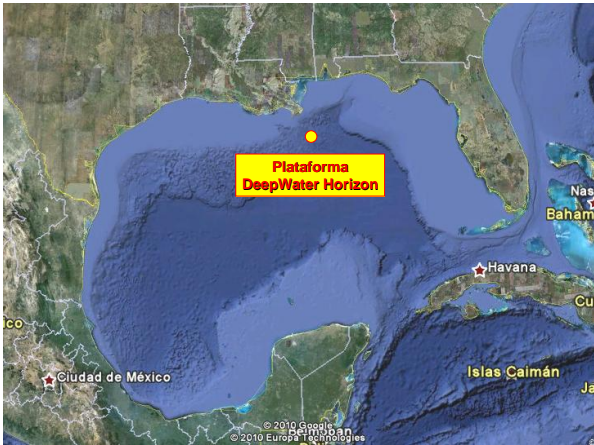
$$\text{Mm} = \mathbf{2.6 \cdot 10^4 \text{ g/mol}}$$

Fernando Morante (Ph. D)

5 de julio del 2010

**(Lecciones aprendidas de la información sobre Deepwater Horizon)**

**10.** Sobre el desastre Deepwater Horizon, en base a la información recopilada por usted en su cuadernillo, proceda a escribir a continuación:

#	PREGUNTAS	RESPUESTA CON SUS UNIDADES
#1	La profundidad en metros del “pozo petrolero” del desastre, a partir de la superficie del agua del mar hasta el lecho marino:	1500 m
#2	El rango de temperaturas, en intervalos de 10 grados, del agua inmediata al lecho marino en la zona del desastre:	0 a 10°C
#3	Un estimado de la cantidad de litros por día que derramaron al medio ambiente al 1 de mayo del 2010:	5.5 millones litros por día a 9.5 millones de litros por día
#4	La equivalencia en litros de un barril de petróleos:	Aproximadamente 159 litros
#5	Justificando su respuesta, la presión que se ejerce sobre el lecho marino en lugar del desastre Deepwater Horizon:	La presión en el lecho marino es la suma de la presión atmosférica sobre la superficie del mar más la presión ejercida por la columna de agua sobre el lecho marino. Este valor fue desarrollado en la pregunta 1, y la respuesta es de aproximadamente 148 atm.
#6	<p>Dibujar a mano alzada (bosquejar) la posición geográfica del desastre e indicar los países que podrían ser afectados por el derrame:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estados Unidos (principalmente)</li> <li>• México y Cuba (potencialmente)</li> </ul> 	
#7	Considerando que la temperatura y presión críticas del metano son -82.7 °C y 45.96 bar. (1 atm = 1.01 bar) indique si el metano a 5 °C y 100 atm se encuentra en estado liquido, sólido o gaseoso.	<b>FLUIDO SUPERCRÍTICO</b>