

---

## EJERCICIOS RESUELTOS TEMA 5

---

1.- A 20 °C la presión de vapor del éter etílico ( $C_4H_{10}O$ ) es igual a 440,0 mmHg. Calcular la presión de vapor de una disolución que contiene 5,42 g de anilina ( $C_6H_5NH_2$ ) en 100,0 g de éter etílico moles de éter etílico.

**SOLUCIÓN:**

---

La ley de Raoult dice que *"La disminución relativa de la presión de vapor de un líquido volátil al disolverse en el un soluto no salino cualquiera es igual a la fracción molar del soluto"*.

Matemáticamente:

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = x_s$$

O para la fracción molar de disolvente, operando la expresión anterior:

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = \frac{P^0}{P^0} - \frac{P}{P^0} = 1 - \frac{P}{P^0} = x_s$$

Como la suma de las fracciones molares de soluto y disolvente deben ser 1.

$$x_s + x_d = 1$$

Se obtiene:

$$1 - \frac{P}{P^0} = 1 - x_d \text{ o lo que es lo mismo } \frac{P}{P^0} = x_d$$

Que se representa habitualmente como:

$$P = P^0 \cdot x_d$$

---

El número de moles del disolvente (éter etílico) para la disolución propuesta:

$$n_{eter} = \frac{n^{\circ} \text{ gramos eter}}{PM_{eter}} = \frac{100 \text{ g}}{(12 \times 4 + 10 \times 1 + 16) \text{ g/mol}} = 1,352 \text{ moles de eter}$$

Los moles de soluto (anilina):

$$n_{anilina} = \frac{n^{\circ} \text{ gramos anilina}}{PM_{anilina}} = \frac{5,42 \text{ g}}{(12 \times 6 + 1 \times 7 + 14) \text{ g/mol}} = 0,05828 \text{ moles de anilina}$$

Luego el número total de moles:

$$n_T = n_{anilina} + n_{eter} = 1,352 + 0,0583 = 1,4103$$

La fracción molar de disolvente (éter etílico) será:

$$x_{anilina} = \frac{\text{moles éter}}{\text{moles totales}} = \frac{1,352 \text{ moles}}{1,4103 \text{ moles}} = 0,9586$$

Conocida esta fracción molar se puede calcular la presión de vapor de la disolución:

$$P = P^0 \cdot x_d = 440 \text{ mmHg} \cdot 0,9586 = 421,81 \text{ mmHg}$$

2.- Una disolución acuosa al 0,20% en peso de una sustancia de composición  $(\text{CH}_2\text{O})_x$  presenta a 20,0 °C un descenso de la presión de vapor de 0,0035 Torr. Calcular:

- la fórmula de dicha sustancia.
- la presión osmótica de la disolución
- la temperatura de congelación de dicha solución.

DATOS:

$$P_v \text{ H}_2\text{O a } 20^\circ\text{C} = 17,5354 \text{ Torr}$$

$$K_c = 1,86 \text{ }^\circ\text{C/molal}$$

**SOLUCIÓN:**

- a) Según la ley de Raoult la presión de vapor de una disolución puede expresarse en función del soluto:

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = x_s$$

Por otro lado la fracción molar del soluto se calculará como

$$x_s = \frac{\frac{g \text{ disolvente}}{PM \text{ disolvente}}}{\frac{g \text{ de soluto}}{PM \text{ soluto}} + \frac{g \text{ disolvente}}{PM \text{ disolvente}}}$$

Es decir:

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = \frac{\frac{g \text{ sustancia}}{PM \text{ sustancia}}}{\frac{g \text{ de soluto}}{PM \text{ soluto}} + \frac{g \text{ sustancia}}{PM \text{ sustancia}}}$$

“ $P^0 - P$ ” se corresponde con el descenso en la presión de vapor producido por la presencia de un soluto (0,0035 Torr = mmHg). “ $P^0$ ” se corresponde con la presión de vapor del disolvente puro, en este caso el agua (17,535 Torr = mmHg). En el enunciado se nos indica el tanto por ciento en peso de soluto, luego se sabe que por cada 100 g de disolución 0,2 serán de soluto. Sustituyendo estos datos en la ecuación anterior, la única incógnita será el peso molecular del soluto ( $PM_s$ ).

$$\frac{P^0 - P}{P^0} = \frac{0,0035 \text{ mm Hg}}{17,535 \text{ mm Hg}} = \frac{\frac{0,2 \text{ g}}{PM_s}}{\frac{0,2 \text{ g}}{PM_s} + \frac{99,8 \text{ g}}{18,0 \text{ g/mol}}}$$

Invirtiendo ambos términos de la ecuación:

$$\frac{17,535}{0,0035} = \frac{\frac{0,2 \text{ g}}{PM_s} + \frac{99,8 \text{ g}}{18,0 \text{ g/mol}}}{\frac{0,2 \text{ g}}{PM_s}} = \frac{\frac{0,2 \text{ g}}{PM_s} + \frac{99,8 \text{ g}}{18,0 \text{ g/mol}}}{\frac{0,2 \text{ g}}{PM_s}} = 1 + \frac{99,8 \cdot PM_s}{18 \text{ g/mol} \cdot 0,2 \text{ g}}$$

Despejando el peso molecular se obtiene:

$$PM_s = \frac{17,5 \cdot 3,6}{0,0035 \cdot 99,8} = 180 \text{ g/mol}$$

Dado que se conoce que la fórmula molecular es  $(\text{CH}_2\text{O})_x$ . A partir del peso molecular del compuesto podemos determinar n:

$$12 \times n + 2 \times 1 \times n + 16 \times n = 180$$

Se obtiene **n = 6** y la fórmula será:



b) La presión osmótica de una disolución se calcula a través de la ley de Van't Hoff

$$\pi = c \cdot R \cdot T$$

Sustituyendo los valores proporcionados en el enunciado:

$$\pi = \frac{2 \text{ g}}{180 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ L}} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 293 \text{ K} = 0,266 \text{ atm}$$

c) La temperatura de congelación de una disolución se calcula como:

$$\Delta T_c = K_c \cdot m$$

La concentración molal, se calcula como los moles de soluto por kg de disolvente. Dado que tenemos una concentración de 0,2 % en peso, tendremos 0,2 gramos en 100 gramos y por tanto en 1 kg, tendremos 2 gramos.

$$m = \frac{\text{moles de soluto}}{\text{kg. de disolvente}} = \frac{\text{gr de soluto}}{PM_{\text{soluto}} \cdot \text{kg de disolvente}} = \frac{2 \text{ gr}}{1 \text{ kg de } H_2O \cdot 180 \text{ g/mol}} = 0,011 \text{ molal}$$

Por tanto el incremento de temperaturas será:

$$\Delta T_c = K_c \cdot m = 1,86^\circ \text{C/molal} \cdot 0,011 \text{ molal} = 0,0206^\circ \text{C}$$

Luego la temperatura de congelación será, la del agua (0 °C) menos este incremento:

$$T_c = 0 - 0,0206 = -0,0206^\circ \text{C}$$

3.- Calcular la concentración, en gramos por litro de una disolución de glucosa que a 20 °C es isotónica con una solución de sacarosa que contiene 8,36 g en 123 cm<sup>3</sup> de agua a 10 °C.

### SOLUCIÓN

Las disoluciones isotónicas son aquellas que tienen la misma presión osmótica. La presión osmótica para la sacarosa y la glucosa se calcularán respectivamente:

$$\begin{aligned}\pi_s \cdot V_s &= n_s \cdot R \cdot T_s \\ \pi_G \cdot V_G &= n_G \cdot R \cdot T_G\end{aligned}$$

Despejando la presión osmótica y sabiendo que el número de moles (**n**), es igual a la masa (**m**) entre el peso molecular (**PM**):

$$\begin{aligned}\pi_s &= \frac{m_s}{PM_s \cdot V_s} \cdot R \cdot T_s \\ \pi_G &= \frac{m_G}{PM_G \cdot V_G} \cdot R \cdot T_G = \frac{c_G}{PM_G} \cdot R \cdot T_G\end{aligned}$$

(La concentración (**c**) es el cociente de la masa (**m**) y el volumen (**V**).

Como las presiones osmóticas son iguales:

$$\frac{m_s}{PM_s \cdot V_s} \cdot R \cdot T_s = \frac{c_G}{PM_G} \cdot R \cdot T_G$$

Despejando la concentración de glucosa:

$$c_G = \frac{m_s \cdot T_s \cdot PM_G}{V_s \cdot T_G \cdot PM_s} = \frac{8,36 \text{ g} \cdot 283,15 \text{ K} \cdot 180,16 \text{ g/mol}}{0,123 \text{ L} \cdot 293,15 \text{ K} \cdot 293,16 \text{ g/mol}} = 34,5 \text{ g/L}$$