

Gabarito: Pressão de Vapor

Renan Romariz e Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química



Problemas

PROBLEMA 1. A

2D01

Primeiro analisamos as forças intermoleculares em cada composto, como as três são dipolo-induzido fazemos o desempate na massa, então:



Quanto maior a massa molar, menor a pressão de vapor:



PROBLEMA 2. A

2D02

Primeiro analisamos as forças intermoleculares: $\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow$ dipolo-dipolo $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow$ ligação de hidrogênio $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \rightarrow$ dipolo-induzido Quanto mais intensa a força, menor a pressão de vapor.



Gabarito: C (difere do gabarito)

PROBLEMA 3. E

2D03

Cálculo da pressão de vapor:

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

$$\ln \left(\frac{P}{23,8} \right) = \frac{40700}{8,3} \cdot \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{308} \right)$$

$$P = 40,6 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 4. E

2D04

Cálculo da pressão de vapor:

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

$$\ln \left(\frac{P}{94,6} \right) = \frac{30800}{8,3} \cdot \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{308} \right)$$

$$P = 141,7 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 5. B

2D05

No ponto de ebulição normal: $P = 100 \text{ kPa}$. Cálculo da temperatura:

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

$$\ln \frac{13,3}{100} = \frac{29100}{8,3} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{280,7} \right)$$

$$T = 62^\circ \text{C}$$

PROBLEMA 6. D

2D06

No ponto de ebulição normal: $P = 760 \text{ Torr}$. Cálculo da temperatura:

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

$$\ln \frac{400}{760} = \frac{35300}{8,3} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{323} \right)$$

$$T = 340 \text{ K}$$

PROBLEMA 7. A

2D07

Cálculo do número de mols de glicose:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{glicose}} = \frac{5 \text{ g}}{180 \text{ g mol}^{-1}} = 0,028 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mols de água:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{100 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 5,556 \text{ mol}$$

Cálculo da fração molar de água:

$$x = \frac{n}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5,556}{0,028 + 5,556}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,995$$

Cálculo da pressão de vapor:

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{H}_2\text{O}}^* \cdot x_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 524 \cdot 0,995$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 521,37 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 8. E

2D08

Cálculo do número de mols de cinamaldeído:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{C}_9\text{H}_8\text{O}} = \frac{2 \text{ g}}{132 \text{ g mol}^{-1}} = 0,015 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mols de etanol:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{etanol}} = \frac{50 \text{ g}}{46 \text{ g mol}^{-1}} = 1,087 \text{ mol}$$

Cálculo da fração molar de etanol:

$$x = \frac{n}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{etanol}} = \frac{1,087}{0,015 + 1,087}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,986$$

Cálculo da pressão de vapor:

$$P_{\text{etanol}} = P_{\text{etanol}}^* \cdot x_{\text{etanol}}$$

$$P_{\text{etanol}} = 5,3 \cdot 0,986$$

$$P_{\text{etanol}} = 5,22 \text{ kPa}$$

PROBLEMA 9. B

2D09

Água em 100°C -> temperatura de ebulição, portanto $P_{\text{H}_2\text{O}}^* = P_{\text{ambiente}} = 760 \text{ Torr}$ Cálculo da pressão de vapor:

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{H}_2\text{O}}^* \cdot x_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 760 \cdot 0,9$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 684 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 10. E

2D10

Base de cálculo: 1 L de água Cálculo do número de mols de água:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 55,56 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mols de ureia:

$$n = C \cdot V$$

$$n = 3,2 \text{ mol L}^{-1} \cdot 1 \text{ L}$$

$$n = 3,2 \text{ mol}$$

Cálculo da fração molar de água:

$$x = \frac{n}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{55,56}{55,56 + 3,2}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,945$$

Cálculo da pressão de vapor:

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{H}_2\text{O}}^* \cdot x_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 55,3 \cdot 0,945$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 52,3 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 11. A

2D11

Cálculo da fração molar de benzeno:

$$P_{\text{benzeno}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}}$$

$$75 = 94,6 \cdot x_{\text{benzeno}}$$

$$x_{\text{benzeno}} = 0,793$$

Cálculo do número de mols de soluto:

$$\frac{x_{\text{solute}}}{x_{\text{benzeno}}} = \frac{n_{\text{solute}}}{n_{\text{benzeno}}}$$

$$\frac{1 - 0,793}{0,793} = \frac{n_{\text{solute}}}{0,3}$$

$$n_{\text{solute}} = 78,3 \text{ mmol}$$

PROBLEMA 12. B

2D12

Cálculo da fração molar de benzeno:

$$P_{\text{benzeno}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}}$$

$$68 = 100 \cdot x_{\text{benzeno}}$$

$$x_{\text{benzeno}} = 0,68$$

Cálculo do número de mols de soluto:

$$\frac{x_{\text{solute}}}{x_{\text{benzeno}}} = \frac{n_{\text{solute}}}{n_{\text{benzeno}}}$$

$$\frac{1 - 0,68}{0,68} = \frac{n_{\text{solute}}}{0,4}$$

$$n_{\text{solute}} = 0,188 \text{ mol}$$

PROBLEMA 13. A

2D13

Cálculo das frações molares:

$$x_{\text{benzeno}} = \frac{n_{\text{benzeno}}}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{benzeno}} = \frac{3}{3 + 2}$$

$$x_{\text{benzeno}} = 0,6$$

$$x_{\text{tolueno}} = 1 - x_{\text{benzeno}}$$

$$x_{\text{tolueno}} = 0,4$$

Cálculo da pressão de vapor total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}} + P_{\text{tolueno}}^* \cdot x_{\text{tolueno}}$$

$$P_{\text{total}} = 94,6 \cdot 0,6 + 29,1 \cdot 0,4$$

$$P_{\text{total}} = 68,4 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 14. C

2D14

Base de cálculo: 78 gramas de mistura (39g de tolueno e 39g de benzeno) Cálculo do número de mols:

$$n_{\text{benzeno}} = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{benzeno}} = \frac{39 \text{ g}}{78 \text{ g mol}^{-1}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{tolueno}} = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{tolueno}} = \frac{39 \text{ g}}{92 \text{ g mol}^{-1}} = 0,42 \text{ mol}$$

Cálculo das frações molares:

$$x_{\text{benzeno}} = \frac{n_{\text{benzeno}}}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{benzeno}} = \frac{0,5}{0,5 + 0,42}$$

$$x_{\text{benzeno}} = 0,54$$

$$x_{\text{tolueno}} = 1 - x_{\text{benzeno}}$$

$$x_{\text{tolueno}} = 0,46$$

Cálculo da pressão de vapor total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}} + P_{\text{tolueno}}^* \cdot x_{\text{tolueno}}$$

$$P_{\text{total}} = 94,6 \cdot 0,54 + 29,1 \cdot 0,46$$

$$P_{\text{total}} = 64,47 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 15. C

2D15

Cálculo das frações molares:

$$x_{\text{benzeno}} = \frac{n_{\text{benzeno}}}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{benzeno}} = \frac{1}{1 + 0,4}$$

$$x_{\text{benzeno}} = 0,71$$

$$x_{\text{tolueno}} = 1 - x_{\text{benzeno}}$$

$$x_{\text{tolueno}} = 0,29$$

Cálculo da pressão de vapor total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}} + P_{\text{tolueno}}^* \cdot x_{\text{tolueno}}$$

$$P_{\text{total}} = 94,6 \cdot 0,71 + 29,1 \cdot 0,29$$

$$P_{\text{total}} = 75,6 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 16. E

2D16

Cálculo das frações molares:

$$x_{\text{hexano}} = \frac{n_{\text{hexano}}}{n_{\text{total}}}$$

$$x_{\text{hexano}} = \frac{0,4}{0,4 + 0,2}$$

$$x_{\text{hexano}} = 0,67$$

$$x_{\text{cicloexano}} = 1 - x_{\text{hexano}}$$

$$x_{\text{cicloexano}} = 0,33$$

Cálculo da pressão de vapor total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{hexano}}^* \cdot x_{\text{hexano}} + P_{\text{cicloexano}}^* \cdot x_{\text{cicloexano}}$$

$$P_{\text{total}} = 151 \cdot 0,67 + 98 \cdot 0,33$$

$$P_{\text{total}} = 133,51 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 17. E

2D17

Cálculo da fração molar de tolueno no líquido:

$$x_{\text{tolueno}} = 1 - x_{\text{benzeno}}$$

$$x_{\text{tolueno}} = 0,1$$

Cálculo da pressão de vapor total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}} + P_{\text{tolueno}}^* \cdot x_{\text{tolueno}}$$

$$P_{\text{total}} = 94,6 \cdot 0,9 + 29,1 \cdot 0,1$$

$$P_{\text{total}} = 88,05 \text{ Torr}$$

Cálculo da fração molar de tolueno no vapor:

$$y_{\text{tolueno}} = \frac{P_{\text{tolueno}}}{P_{\text{total}}}$$

$$y_{\text{tolueno}} = \frac{29,1 \cdot 0,1}{88,05}$$

$$y_{\text{tolueno}} = 0,033$$

PROBLEMA 18. D

2D18

Cálculo da fração molar de tolueno no líquido:

Cálculo da pressão de vapor total:

Cálculo da fração molar de tolueno no vapor:

PROBLEMA 19. B

2D19

Cálculo do número de mols:

Cálculo das frações molares no líquido:

Cálculo da pressão de vapor total:

Cálculo da fração molar de benzeno no vapor:

PROBLEMA 20. D

2D20

Cálculo do número de mols:

Cálculo das frações molares:

Cálculo da pressão de vapor total:

Cálculo da fração de cicloexano no vapor:

PROBLEMA 21. C

2D21

Para analisar o desvio, precisamos olhar para as interações de cada solvente e comparar com a interação entre os solventes. 1- Acetona-Acetona -> dipolo-dipolo clorofórmio-clorofórmio -> dipolo-dipolo Acetona-clorofórmio -> ligação de hidrogênio (não é exatamente uma mas é de intensidade similar)

Portanto, a mistura possui uma força de interação mais forte que os solutos sozinhos, portanto ocorre desvio negativo da lei de Raoult

2- etanol-etanol -> ligação de hidrogênio metanol-metanol -> ligação de hidrogênio metanol-etanol -> ligação de hidrogênio. Portanto, a mistura possui uma força de interação similar aos solutos sozinhos, portanto não ocorre desvio, sendo, então, uma solução ideal

3- HF-HF -> ligação de hidrogênio água-água -> ligação de hidrogênio HF-água -> íon-dipolo. Portanto, a mistura possui uma força de interação mais forte que os solutos sozinhos, portanto ocorre desvio negativo da lei de Raoult

4- hexano-hexano -> dipolo-induzido água-água -> ligação de hidrogênio hexano-água -> dipolo-induzido. Portanto a mistura possui força de interação mais fraca que os solutos sozinhos, portanto ocorre desvio positivo da lei de Raoult

PROBLEMA 22. C

2D22

Para analisar o desvio, precisamos olhar para as interações de cada solvente e comparar com a interação entre os solventes. 1- etanol-etanol -> ligação de hidrogênio água-água -> ligação de hidrogênio intensa água-etanol -> ligação de hidrogênio Portanto a mistura possui força de interação mais fraca que os solutos sozinhos, portanto ocorre desvio positivo da lei de Raoult

2- HBr-HBr -> dipolo-dipolo água-água -> ligação de hidrogênio água-HBr -> íon-dipolo Portanto a mistura possui força de interação mais forte que os solutos sozinhos, portanto ocorre desvio negativo da lei de Raoult

3- ácido fórmico-ácido fórmico -> ligação de hidrogênio benzeno-benzeno -> dipolo-induzido ácido fórmico-benzeno -> dipolo-induzido Portanto a mistura possui força de interação mais fraca que os solutos sozinhos, portanto ocorre desvio positivo da lei de Raoult

4-ciclopentano-ciclopentano -> dipolo-induzido cicloexano-cicloexano -> dipolo-induzido ciclopentano-cicloexano -> dipolo induzido Portanto, a mistura possui uma força de interação similar aos solutos sozinhos, portanto não ocorre desvio, sendo, então, uma solução ideal

Problemas cumulativos

PROBLEMA 23

2D23

Cálculo da pressão de ar seco:

$$P_{ar} = P_{total} - P_{acetona}$$

$$P_{ar} = 760 - 180$$

$$P_{ar} = 580 \text{ Torr}$$

Cálculo da nova pressão de ar após a compressão à temperatura constante:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$580 \cdot V = P \cdot 0,8V$$

$$P_{ar}^f = 725 \text{ Torr}$$

OBS: a pressão da acetona se mantém a mesma, pois a pressão máxima de vapor só depende da temperatura e do equilíbrio da fase líquida com a vapor. Cálculo da pressão total final:

$$P_{total}^f = P_{ar}^f + P_{acetona}$$

$$P_{total}^f = 725 + 180$$

$$P_{total}^f = 905 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 24

2D24

Cálculo do volume de água líquida a ser evaporado e do volume da corrente "seca":

$$V_{H_2O} = V_{total} \cdot x_{H_2O}$$

$$V_{H_2O} = 10 \cdot 10^3 \text{ L} \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}$$

$$V_{H_2O} = 1,5 \text{ L}$$

$$V_{seca} = V_{total} - V_{H_2O}$$

$$V_{seca} = 10 - 1,5 \cdot 10^{-3} \approx 10 \text{ m}^3$$

$$V_{seca} \approx 10 \text{ m}^3$$

Cálculo do número de mols de água a ser evaporado:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{H_2O} = \frac{1500 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 83,3 \text{ mol}$$

Cálculo do volume que essa água irá ocupar:

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$V_{H_2O} = \frac{(83,3 \text{ mol}) 62,4 \frac{\text{Torr L}}{\text{mol K}} 300 \text{ K}}{26 \text{ Torr}}$$

$$V_{H_2O} = 6 \cdot 10^4 \text{ L} = 60 \text{ m}^3$$

Cálculo do volume mínimo do tambor(o tambor deve armazenar o volume do vapor e o volume da corrente "seca")

$$V_{tambor} = V_{H_2O} + V_{seca}$$

$$V_{tambor} = 60 + 10$$

$$V_{tambor} = 70 \text{ m}^3$$

PROBLEMA 25

2D25

Cálculo do número de mols de dietil-éter:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_0 = \frac{1,5 \text{ g}}{74 \text{ g mol}^{-1}} = 0,02027 \text{ mol}$$

a) Cálculo do número de mols necessário para atingir a pressão máxima de vapor:

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_a = \frac{(57 \text{ Torr}) \cdot (1 \text{ L})}{62,4 \frac{\text{Torr L}}{\text{mol K}} 228 \text{ K}}$$

$$n_a = 0,004 \text{ mol}$$

Como $n_0 > n_a$, é possível atingir a máxima pressão de vapor, logo:

$$P_a = P_{\text{dietil-éter}, -45^\circ\text{C}} = 57 \text{ Torr}$$

b) Cálculo do número de mols necessário para atingir a pressão máxima de vapor:

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_b = \frac{(534 \text{ Torr}) \cdot (1 \text{ L})}{62,4 \frac{\text{Torr L}}{\text{mol K}} 298 \text{ K}}$$

$$n_a = 0,028 \text{ mol}$$

Como $n_0 < n_b$, não é possível atingir a máxima pressão de vapor, então iremos calcular a pressão usando $PV=nRT$ Cálculo da pressão no balão A:

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$P_b = \frac{(0,02027 \text{ mol}) 62,4 \frac{\text{Torr L}}{\text{mol K}} 298 \text{ K}}{1 \text{ L}}$$

$$P_b = 377 \text{ Torr}$$

c) Cálculo do número de mols necessário para atingir a pressão máxima de vapor:

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_c = \frac{(57 \text{ Torr}) \cdot (2 \text{ L})}{62,4 \frac{\text{Torr L}}{\text{mol K}} 228 \text{ K}}$$

$$n_c = 0,008 \text{ mol}$$

Como $n_0 > n_c$, é possível atingir a máxima pressão de vapor, logo:

$$P_c = P_{\text{dietil-éter}, -45^\circ\text{C}} = 57 \text{ Torr}$$

d) Todo o vapor de A irá condensar em B

PROBLEMA 26

2D26

a. Cálculo dos números de mols:

$$n_{\text{benzeno}} = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{benzeno}} = \frac{0,3 \text{ g}}{78 \text{ g mol}^{-1}} = 0,00385 \text{ mol}$$

$$n_{\text{tolueno}} = \frac{m}{M}$$

$$n_{\text{tolueno}} = \frac{20 \text{ g}}{92 \text{ g mol}^{-1}} = 0,217 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mols necessário para atingir a máxima pressão de vapor em cada um dos balões:

$$n_A = \frac{P_{\text{benzeno}}^* V}{RT}$$

$$n_A = \frac{(94,6 \text{ mmHg}) \cdot (0,894 \text{ L})}{62,4 \frac{\text{mmHg L}}{\text{mol K}} 298 \text{ K}}$$

$$n_A = 0,0045 \text{ mol}$$

Como $n_{\text{benzeno}} < n_A$, não é possível atingir a máxima pressão de vapor, então iremos calcular a pressão usando $PV=nRT$

$$P_A = \frac{nRT}{V}$$

$$P_A = \frac{(0,00385 \text{ mol}) \cdot 62,4 \frac{\text{mmHg L}}{\text{mol K}} 298 \text{ K}}{0,894 \text{ L}}$$

$$P_A = 80,08 \text{ mmHg}$$

$$n_B = \frac{P_{\text{tolueno}}^* \cdot V}{RT}$$

$$n_B = \frac{(29,1 \text{ mmHg}) \cdot (0,894 \text{ L})}{62,4 \frac{\text{mmHg L}}{\text{mol K}} 298 \text{ K}}$$

$$n_B = 0,0014 \text{ mol}$$

Como $n_{\text{tolueno}} > n_B$, é possível atingir a máxima pressão de vapor, logo:

$$P_B = P_{\text{tolueno}}^* = 29,1 \text{ mmHg}$$

b. Relacionando a fração de benzeno com a de tolueno:

$$x_{\text{benzeno}} = 1 - x_{\text{tolueno}}$$

Cálculo da fração de tolueno a partir da pressão total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}} + P_{\text{tolueno}}^* \cdot x_{\text{tolueno}}$$

$$76,2 = 94,6 \cdot (1 - x_{\text{tolueno}}) + 29,1 \cdot x_{\text{tolueno}}$$

$$x_{\text{tolueno}} = 0,28$$

Cálculo da fração de tolueno no vapor:

$$y_{\text{tolueno}} = \frac{P_{\text{tolueno}}}{P_{\text{total}}}$$

$$y_{\text{tolueno}} = \frac{0,28 \cdot 29,1}{76,2}$$

$$y_{\text{tolueno}} = 0,11$$

PROBLEMA 27

2D27

a. Cálculo da entalpia de vaporização:

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

$$\ln \frac{35}{253} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{8,3} \left(\frac{1}{189,4} - \frac{1}{161} \right)$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 17,63 \text{ kJ mol}^{-1}$$

b. Cálculo da entropia de vaporização:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$-nRT_1 \ln \frac{P_1}{760 \text{ Torr}} = \Delta H - T_1 \Delta S$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot 161 \cdot \ln \frac{35}{760} = 17630 - 161 \cdot \Delta S$$

$$\Delta S_{\text{vap}} = 135 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

c. Cálculo da energia livre a 25°C:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta G = 17,63 \text{ kJ mol}^{-1} - 298 \text{ K} \cdot 135 \cdot 10^{-3} \text{ kJ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta G = -22,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

d. Cálculo do ponto de ebulição normal (P=760 Torr):

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

$$\ln \frac{35}{760} = \frac{17630}{8,3} \left(\frac{1}{T_{\text{eb}}} - \frac{1}{161} \right)$$

$$T_{\text{eb}} = 210 \text{ K} = -63^\circ\text{C}$$

PROBLEMA 28

2D28

a. Cálculo da entalpia de vaporização:

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

$$\ln \frac{155}{485} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{8,3} \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{250,3} \right)$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 28,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

b. Cálculo da entropia de vaporização:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$-nRT_1 \ln \frac{P_1}{760 \text{ Torr}} = \Delta H - T_1 \Delta S$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot 273 \cdot \ln \frac{485}{760} = 28500 - 273 \cdot \Delta S$$

$$\Delta S_{\text{vap}} = 100 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

c. Cálculo da energia livre a 25°C:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$\Delta G = 28500 - 298 \cdot 100$$

$$\Delta G = -1,3 \text{ kJ mol}^{-1}$$

d. Cálculo do ponto de ebulição normal (P=760 Torr):

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

$$\ln \frac{485}{760} = \frac{28500}{8,3} \left(\frac{1}{T_{\text{eb}}} - \frac{1}{298} \right)$$

$$T_{\text{eb}} = 310 \text{ K}$$

PROBLEMA 29

2D29

a) Determinação dos pontos:

$$A = (4,25; -2)$$

$$B = (5; -4,5)$$

Cálculo do coeficiente angular:

$$\alpha = \frac{(-4,5) - (-2)}{5 - 4,25} \cdot 1000 \text{ K} = -3333 \text{ K}$$

Porém sabemos que o coeficiente angular é o fator $-\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R}$, portanto:

$$-3333 = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{8,3}$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 27,6 \approx 28 \text{ kJ mol}^{-1}$$

b) Cálculo da pressão e temperatura no ponto A:

$$\ln P_A = -2$$

$$\frac{1000}{T} = 4,25$$

$$T_A = 235,3 \text{ K}$$

Cálculo da entropia de vaporização:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$-nRT_A \ln \frac{P_A}{1 \text{ atm}} = \Delta H - T_A \Delta S$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot (235,3) \cdot (-2) = 27600 - 235,3 \cdot \Delta S$$

$$\Delta S_{\text{vap}} = 100 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

c) Cálculo do ponto de ebulição normal (P=760 Torr):

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

$$-2 = \frac{27600}{8,3} \left(\frac{1}{T_{\text{eb}}} - \frac{1}{235,3} \right)$$

$$T_{\text{eb}} = 274 \approx 270 \text{ K}$$

d) Cálculo do ponto de ebulição em P = 15 Torr

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

$$\ln \frac{15}{760} = \frac{27600}{8,3} \left(\frac{1}{274} - \frac{1}{T_d} \right)$$

$$T_d = 207 \text{ K} \approx 210 \text{ K}$$

PROBLEMA 30

2D30

a) Cálculo da entalpia de vaporização, lembrando que em PE, $P=100\text{kPa}$

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

$$\ln \frac{10}{100} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{8,3} \left(\frac{1}{350} - \frac{1}{289} \right)$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 31,7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

b) Cálculo da entropia de vaporização:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$-nRT_A \ln \frac{P_A}{100 \text{ kPa}} = \Delta H - T_1 \Delta S$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot (350) \cdot \left(\ln \frac{100}{100} \right) = 31700 - 350 \cdot \Delta S$$

$$\Delta S_{\text{vap}} = 90,6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

c) Cálculo da pressão de vapor em 30°C

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

$$\ln \frac{P}{760 \text{ Torr}} = \frac{31700}{8,3} \left(\frac{1}{350} - \frac{1}{303} \right)$$

$$P_{30^\circ\text{C}}^* = 140 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 31

2D31

A pressão necessária será aquela em que faz com que a ebulição comece a ocorrer na temperatura dada. Cálculo da pressão:

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

$$-nRT \ln \left(\frac{P}{760 \text{ Torr}} \right) = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

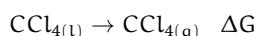
$$-1 \cdot 8,3 \cdot 373 \ln \left(\frac{P}{760 \text{ Torr}} \right) = 58000 - 373 \cdot 124$$

$$P = 17 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 32

2D32

A reação é a seguinte:



Cálculo da energia livre:

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produtos}} - \Delta G_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta G = -64 - (-68,6)$$

$$\Delta G = 4,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Cálculo da pressão de vapor:

$$-nRT \ln \left(\frac{P}{760 \text{ Torr}} \right) = \Delta G$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot 298 \ln \left(\frac{P}{760 \text{ Torr}} \right) = 4600$$

$$P = 118 \text{ Torr}$$

PROBLEMA 33

2D33

Bécher com NaCl -> presença de soluto não volátil, menor pressão de vapor Bécher com água pura -> pressão de vapor maior No equilíbrio a pressão do vapor precisa ser igual para os dois Portanto após o início do experimento o nível do líquido do bécher com NaCl aumenta e o nível do líquido do bécher com água diminui até que este fique vazio.

PROBLEMA 34

2D34

Bécher com NaCl -> presença de soluto não volátil com $i = 2$ (fator de van hoff) Bécher com AlCl_3 -> presença de soluto não volátil com $i = 4$ (fator de van hoff) Portanto o bécher com AlCl_3 apresenta menor pressão de vapor, logo o nível do líquido do bécher com AlCl_3 aumenta e o nível do líquido do bécher com NaCl diminui até que a pressão de vapor da água sobre a solução de ambos os bécheres seja a mesma.

PROBLEMA 35

2D35

a) Cálculo da fração molar de X:

$$\Delta P = P^* \cdot x_X$$

$$(100 - 94,8) = 100 \cdot x_X$$

$$x_X = 0,052$$

b) Cálculo do número de mols de benzeno:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{100 \text{ g}}{78 \text{ g mol}^{-1}} = 1,28 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mols de X a partir da definição de fração molar:

$$x_X = \frac{n_X}{n_X + n_{\text{benzeno}}}$$

$$0,052 = \frac{n_X}{n_X + 1,28}$$

$$n_X = 0,07 \text{ mol}$$

Cálculo da massa molar de X:

$$M = \frac{m}{n}$$

$$M_X = \frac{8,05 \text{ g}}{0,07 \text{ mol}}$$

$$M_X = 115 \text{ g mol}^{-1}$$

PROBLEMA 36

2D36

No ponto de ebulição normal, a pressão de vapor do etanol puro é 760 Torr: a) Cálculo da fração molar de X:

$$\Delta P = P^* \cdot x_X$$

$$(760 - 740) = 760 \cdot x_X$$

$$x_X = 0,026$$

b) Cálculo do número de mols de etanol:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{100 \text{ g}}{46 \text{ g mol}^{-1}} = 2,17 \text{ mol}$$

Cálculo do número de mols de X a partir da definição de fração molar:

$$x_X = \frac{n_X}{n_X + n_{\text{benzeno}}}$$

$$0,026 = \frac{n_X}{n_X + 2,17}$$

$$n_X = 0,058 \text{ mol}$$

Cálculo da massa molar de X:

$$M = \frac{m}{n}$$

$$M_X = \frac{9,15 \text{ g}}{0,058 \text{ mol}}$$

$$M_X = 158 \text{ g mol}^{-1}$$

PROBLEMA 37

2D37

Cálculo do número de mols de 1,1-difluortetrafluoretano:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_1 = \frac{100 \text{ g}}{171 \text{ g mol}^{-1}} = 0,585 \text{ mol}$$

Relacionando as frações molares sendo x_1 a do diclorotetrafluoretano e x_2 a do 1,1-dicloroetano:

$$x_1 = 1 - x_2$$

Cálculo da fração molar de 1,1-dicloroetano a partir da pressão total:

$$P_{\text{total}} = P_1^* \cdot x_1 + P_2^* \cdot x_2$$

$$157 = 79 \cdot (1 - x_2) + 228 \cdot (x_2)$$

$$x_2 = 0,52$$

Cálculo do número de mols de 1,1-dicloroetano a partir da definição de fração molar:

$$x_2 = \frac{n_2}{n_2 + n_1}$$

$$0,52 = \frac{n_2}{n_2 + 0,585}$$

$$n_2 = 0,634 \text{ mol}$$

Cálculo da massa de 1,1-dicloroetano:

$$m = n \cdot M$$

$$m = (0,634 \text{ mol}) \cdot 99 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m = 63 \text{ g}$$

Cálculo da fração de 1,1-dicloroetano no vapor:

$$y_2 = \frac{P_2}{P_{\text{total}}}$$

$$y_2 = \frac{228 \cdot 0,52}{157}$$

$$y_2 = 0,75$$

PROBLEMA 38

2D38

Cálculo do número de mols de butanona:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_1 = \frac{350 \text{ g}}{72 \text{ g mol}^{-1}} = 4,86 \text{ mol}$$

Relacionando as frações molares sendo x_1 a do butanona e x_2 a de propanona:

$$x_1 = 1 - x_2$$

Cálculo da fração molar de 1,1-dicloroetano a partir da pressão total:

$$P_{\text{total}} = P_1^* \cdot x_1 + P_2^* \cdot x_2$$

$$135 = 100 \cdot (1 - x_2) + 222 \cdot (x_2)$$

$$x_2 = 0,29$$

Cálculo do número de mols de propanona a partir da definição de fração molar:

$$x_2 = \frac{n_2}{n_2 + n_1}$$

$$0,29 = \frac{n_2}{n_2 + 4,86}$$

$$n_2 = 1,98 \text{ mol}$$

Cálculo da massa de propanona:

$$m = n \cdot M$$

$$m = (1,98 \text{ mol}) \cdot 58 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m = 114,84 \text{ g}$$

Cálculo da fração de propanona no vapor:

$$y_2 = \frac{P_2}{P_{\text{total}}}$$

$$y_2 = \frac{222 \cdot 0,29}{135}$$

$$y_2 = 0,477$$

PROBLEMA 39

2D39

Como a fase vapor contém as mesmas quantidades de hexano e pentano:

$$y_{\text{hexano}} = y_{\text{pentano}} = 0,5$$

Cálculo da fração molar de pentano na mistura líquida, a partir da definição de fração molar no vapor:

$$y_{\text{pentano}} = \frac{P_{\text{pentano}}}{P_{\text{total}}}$$

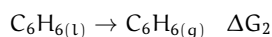
$$0,5 = \frac{512 \cdot x_{\text{pentano}}}{512 \cdot x_{\text{pentano}} + 151 \cdot (1 - x_{\text{pentano}})}$$

$$x_{\text{pentano}} = 0,23$$

PROBLEMA 40

2D40

A reações são as seguintes:



Cálculo das energias livre:

$$\Delta G = \Delta G_{\text{produtos}} - \Delta G_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta G_1 = -60,6 - (-65,2)$$

$$\Delta G_1 = 4,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta G_2 = 129,6 - 124,5$$

$$\Delta G_2 = 5,1 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Cálculo das pressões de vapor:

$$-nRT \ln\left(\frac{P}{760 \text{ Torr}}\right) = \Delta G$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot 298 \ln\left(\frac{P_{\text{CCl}_4}^*}{760 \text{ Torr}}\right) = 4600$$

$$P_{\text{CCl}_4}^* = 118 \text{ Torr}$$

$$-1 \cdot 8,3 \cdot 298 \ln\left(\frac{P_{\text{benzeno}}^*}{760 \text{ Torr}}\right) = 5100$$

$$P_{\text{benzeno}}^* = 96,7 \text{ Torr}$$

Como temos mesmas quantidades em mol, a fração molar de cada um será 0,5 Cálculo da pressão total:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzeno}}^* \cdot x_{\text{benzeno}} + P_{\text{CCl}_4}^* \cdot x_{\text{CCl}_4}$$

$$P_{\text{total}} = 96,7 \cdot 0,5 + 118 \cdot 0,5$$

$$P_{\text{total}} = 107,35 \text{ Torr}$$

Cálculo da fração de benzeno no vapor:

$$y_{\text{benzeno}} = \frac{P_{\text{benzeno}}}{P_{\text{total}}}$$

$$y_{\text{benzeno}} = \frac{96,7 \cdot 0,5}{107,35}$$

$$y_{\text{benzeno}} = 0,45$$

PROBLEMA 41. D

2D41

Como o etanol e metanol apresentam mesmo tipo de interação intermolecular, então o desempate será na massa, com isso:

$$P_{\text{etanol}}^* < P_{\text{metanol}}^*$$

No início temos:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{etanol}}^* \cdot x_{\text{etanol}} + P_{\text{metanol}}^* \cdot x_{\text{metanol}}$$

Após um leve aquecimento, as pressões tanto de etanol, quanto de metanol aumentam, ficamos então com:

$$\uparrow P_{\text{etanol}}^* \cdot x_{\text{etanol}} + \uparrow P_{\text{metanol}}^* \cdot x_{\text{metanol}}$$

Veja que se as frações molares não se alterarem, a pressão total aumenta, porém o enunciado diz que a pressão total se mantém constante, para isso acontecer, as frações molares precisam variar, então a fração do etanol(aquele com a menor pressão de vapor) deve aumentar e consequentemente a fração do metanol irá diminuir para que a pressão total se mantenha constante

$$x'_{\text{metanol}} < x_{\text{metanol}}$$

Para analisar o vapor, o truque é olhar para a fração molar de etanol no vapor, vamos calculá-la no início:

$$y_{\text{etanol}} = \frac{P_{\text{etanol}}^* \cdot x_{\text{etanol}}}{P_{\text{total}}}$$

Após o aquecimento, como foi discutido anteriormente, concluiu-se que tanto a pressão de vapor do etanol quanto sua fração molar aumentam, então temos

$$\uparrow y_{\text{etanol}} = \frac{\uparrow P_{\text{etanol}}^* \cdot \uparrow x_{\text{etanol}}}{P_{\text{total}}}$$

Consequentemente, como a pressão total se mantém constante, a fração molar de etanol aumenta e isso fará com que a fração molar de metanol no vapor diminua, já que

$$\uparrow y_{\text{etanol}} + \downarrow y_{\text{metanol}} = 1$$

Portanto

$$y'_{\text{metanol}} < y_{\text{metanol}}$$