

**Τμήμα Χημείας**  
**Μάθημα: Φυσικοχημεία II (Εργαστήριο)**  
**Εξετάσεις: Περίοδος Ιουνίου 2018-19 (30.5.2019)**

1. 3 mol υδροθείου υποβάλλονται σε ισενθαλπική εκτόνωση από 1.5 bar σε 1.0 bar και θερμοκρασία 29 °C.

Να υπολογίσετε την τελική θερμοκρασία του αερίου. Δίνονται η σχέση  $\mu_{JT} = \frac{2a}{c_p} - b$  και οι σταθερές του H<sub>2</sub>S για την καταστατική εξίσωση van der Waals  $a = 4.544 \text{ bar L}^2 \text{ mol}^{-2}$ ,  $b = 0.04339 \text{ L mol}^{-1}$ ,  $c_p = 34.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

Λύση:

Υπολογίζουμε την τιμή του συντελεστή Τζουλ-Τόμσον στους 29 °C:

$$\mu_{JT} = \frac{2a}{c_p} - b \Rightarrow \mu_{JT} = \left( \frac{2 \times 4.544 \text{ bar L}^2 \text{ mol}^{-2}}{8.31446 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 302.15 \text{ K}} - 0.04339 \text{ L} \right) \frac{1}{34.36 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 9.3 \times 10^{-6} \text{ K Pa}^{-1}$$

$$\Rightarrow \mu_{JT} = 9.3 \times 10^{-1} \text{ K bar}^{-1}$$

Ο συντελεστής Τζουλ-Τόμσον ορίζεται από την σχέση:

$$\mu_{JT} = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_H \approx \frac{T_2 - T_1}{P_2 - P_1} \Rightarrow T_2 = T_1 + \mu_{JT} (P_2 - P_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu_{JT} = 29^\circ\text{C} + 0.93 \text{ K bar}^{-1} \times (1.0 \text{ bar} - 1.5 \text{ bar}) = 29^\circ\text{C} - 0.46 \text{ K} = 28.54^\circ\text{C}$$

2. Το κανονικό σημείο ζέσεως του βρωμίου είναι 58.8 °C και η ενθαλπία εξατμίσεώς του 29.96 kJ mol<sup>-1</sup>. Να υπολογίσετε την τάση ατμών του Br<sub>2</sub> σε θερμοκρασία 29 °C.

Λύση:

Στο κανονικό σημείο ζέσεως η πίεση είναι 1 atm, σε χαμηλότερη θερμοκρασία η τάση ατμών είναι μικρότερη. Χρησιμοποιούμε την εξίσωση Clausius-Clapeyron:

$$\frac{d \ln P}{d \frac{1}{T}} = -\frac{\Delta h_{\text{vap}}}{R} \Rightarrow \ln \frac{P}{P_0} = -\frac{\Delta h_{\text{vap}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \Rightarrow P = P_0 e^{-\frac{\Delta h_{\text{vap}}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 101325 \text{ Pa} \times e^{-\frac{29960 \text{ J mol}^{-1}}{8.31446 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} \left( \frac{1}{302.15 \text{ K}} - \frac{1}{331.95 \text{ K}} \right)} \Rightarrow P = 34.7 \text{ kPa}$$

3. Για να φτάσει η θερμοκρασία των 200 g H<sub>2</sub>O που βρίσκονται εντός δοχείου Dewar από αρχική θερμοκρασία 20 °C σε 100 °C, πόσο θα αυξηθεί η μάζα του νερού από την διοχέτευση ατμού; Δίνονται η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού 4.2 J K<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup> και η γραμμομοριακή ενθαλπία εξατμίσεώς του 40 kJ mol<sup>-1</sup>.

Λύση:

Στο δοχείο Dewar που έχει αδιαβατικά τοιχώματα διατηρείται η ολική ενθαλπία. Η ενθαλπία του υγρού αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ του ατμών μειώνεται λόγω υγροποίησης.

$$\text{Για το υγρό } dH = C_p dT = mc_p dT \Rightarrow \Delta H_1 = \int_{T_1}^{T_2} dH = \int_{T_1}^{T_2} mc_p dT = mc_p (T_2 - T_1).$$

$$\text{Για τον ατμό } \Delta H_2 = -n_2 \Delta h_{\text{vap}} = -\frac{m_2}{M} \Delta h_{\text{vap}} \Rightarrow m_2 = -M \frac{\Delta H_2}{\Delta h_{\text{vap}}} = -M \frac{-\Delta H_1}{\Delta h_{\text{vap}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_2 = \frac{M}{\Delta h_{\text{vap}}} mc_p (T_2 - T_1) \Rightarrow m_2 = \frac{18 \text{ g mol}^{-1}}{40000 \text{ J mol}^{-1}} \times 200 \text{ g} \times 4.2 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \times (100 - 20) \text{ K} = 30.2 \text{ g}$$

4. Η ένωση  $AB_2$ , της οποίας η σταθερά γινομένου διαλυτότητας είναι  $10^{-12} \text{ mol}^3 \text{ kg}^{-3}$ , εμφανίζει διαλυτότητα  $10^{-4} \text{ mol kg}^{-1}$  σε υδατικό διάλυμα. Να υπολογίσετε τον συντελεστή ενεργότητας του ανιόντος  $B^-$  στο διάλυμα.

Λύση:

Ο συντελεστής ενεργότητας υπολογίζεται από την σχέση

$$\log \gamma_i = -A z_i^2 \sqrt{I} \Rightarrow \log \gamma_- = -A \sqrt{I} \text{ και } \log \gamma_+ = -4A \sqrt{I} \Rightarrow \gamma_+ = \gamma_-^4$$

Η σταθερά γινομένου διαλυτότητας ορίζεται ως:

$$K_{sp} = a_+ a_-^2 = \gamma_+ m_+ (\gamma_- m_-)^2 = \gamma_-^4 m \gamma_-^2 (2m)^2 = 4 \gamma_-^6 m^3, \text{ όπου } m \text{ η διαλυτότητα της ουσίας. Άρα:}$$

$$\gamma_- = \left( \frac{K_{sp}}{4m^3} \right)^{\frac{1}{6}} \Rightarrow \gamma_- = \left( \frac{10^{-12}}{4 \times 10^{-4}} \right)^{\frac{1}{6}} = 0.794$$

5. Να υπολογίσετε την πυκνότητα μίγματος που αποτελείται από  $n_1 = 25 \text{ mol H}_2\text{O}$  και  $n_2 = 1 \text{ mol NaBr}$  με μερικούς γραμμομοριακούς όγκους  $v_1 = 18 \text{ cm}^3/\text{mol}$  και  $v_2 = 19.4 \text{ cm}^3/\text{mol}$ .

Λύση:

Ο όγκος του μίγματος είναι  $V = n_1 v_1 + n_2 v_2$  και η μάζα του  $m = n_1 M_1 + n_2 M_2$ .

Η πυκνότητά του δίνεται από την σχέση:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2}{n_1 v_1 + n_2 v_2} \Rightarrow \rho = \frac{25 \text{ mol} \times 18 \text{ g mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 103 \text{ g mol}^{-1}}{25 \text{ mol} \times 18 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1} + 1 \text{ mol} \times 19.4 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 1.178 \text{ g cm}^{-3}$$

**Χρήσιμες τιμές:**  $R = 8.31446 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $N_A = 6.02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $1 \text{ atm} = 101 \text{ kPa}$ ,  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ,  $1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$ ,  $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ ,  $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$ ,  $c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$ .

Ατομικές μάζες (g/mol): H: 1.00794, C: 12.0107, N: 14.00674, O: 15.9994, Na: 22.98977, S: 32.066, P: 30.97376, Cl: 35.453, K: 39.0983, Ca: 40.08, Cr: 51.9961, Br: 79.904, Rb: 85.4678, Ag: 107.8682, Cs: 132.9054, Pb: 207.2

**Σύσταση:** Να φαίνονται αναλυτικά οι πράξεις και οι τιμές όλων των μεγεθών να γράφονται με τις μονάδες τους σε όλα τα στάδια των πράξεων.

**Υπενθύμιση:**  $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \neq \frac{1}{a-b}$ ,  $\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{b-a}{ab}$

30/5/2019