

Τμήμα Χημείας

Μάθημα: Φυσικοχημεία Ι

Εξετάσεις: Περίοδος Ιουνίου 2009-10 (18.6.2010)

Θέμα 1.

36 g H₂O θερμοκρασίας 90°C και πίεσης 1 atm (υγρά κατάσταση, α) φέρεται σε θερμοκρασία 190°C και πίεση 0.5 atm (αέρια κατάσταση, β). Να υπολογισθεί η ΔS του συστήματος κατά την μετάβαση από την κατάσταση α στην κατάσταση β. Να κατασκευασθεί διάγραμμα φάσεων του H₂O και να σχεδιασθεί επ' αυτού η πορεία μετάβασης από α σε β. Ποιά η μεταβολή της ΔH κατά την μετάβαση από την κατάσταση όπου θ=190°C και πίεση P=1 atm στην κατάσταση όπου θ=190°C και πίεση P=0.5 atm;

Λύση:

Η πορεία θα είναι: ισοβαρής θέρμανση α→γ, εξάτμιση στο γ, ισοβαρής θέρμανση γ→δ, ισόθερμη συμπίεση γ→δ.

Αντίστοιχα η μεταβολή της εντροπίας του συστήματος θα είναι:

$\Delta S_{\alpha \rightarrow \beta} = \Delta S_{\alpha \rightarrow \gamma} + \Delta S_{l \rightarrow g} + \Delta S_{\gamma \rightarrow \delta} + \Delta S_{\delta \rightarrow \beta}$
Γράφουμε το διαφορικό της εντροπίας ως συνάρτηση των μεταβλητών P και T:

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP$$

$$dS_P = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT = \frac{C_P}{T} dT$$

$$dS_T = \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP = - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP$$

$$\Delta S_{\alpha \rightarrow \gamma} = \int_{\alpha}^{\gamma} dS_P = \int_{\alpha}^{\gamma} \frac{C_P(l)}{T} dT = mc_P(l) \ln \frac{T_{\gamma}}{T_{\alpha}}$$

$$\Delta S_{l \rightarrow g} = \frac{\Delta H_{l \rightarrow g}}{T_{\gamma}} = \frac{m\Delta h_e}{T_{\gamma}}$$

$$\Delta S_{\gamma \rightarrow \delta} = \int_{\gamma}^{\delta} dS_P = \int_{\gamma}^{\delta} \frac{C_P(g)}{T} dT = mc_P(g) \ln \frac{T_{\delta}}{T_{\gamma}}$$

$$\Delta S_{\delta \rightarrow \beta} = \int_{\delta}^{\beta} dS_T = - \int_{\delta}^{\beta} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP = - \int_{\delta}^{\beta} \frac{nR}{P} dP = -nR \ln \frac{P_{\delta}}{P_{\beta}}$$

Με αντικατάσταση των αριθμητικών τιμών έχουμε:

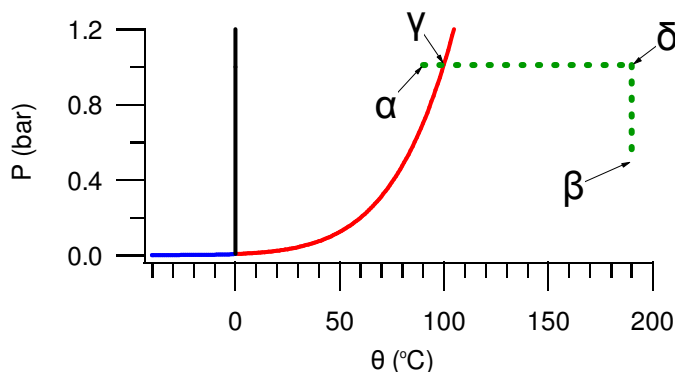
$$\Delta S_{\alpha \rightarrow \gamma} = mc_P(l) \ln \frac{T_{\gamma}}{T_{\alpha}} = 36 \text{ g} \times 4.2 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \times \ln \frac{373 \text{ K}}{363 \text{ K}} = 4.11 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta S_{l \rightarrow g} = \frac{m\Delta h_e}{T_{\gamma}} = \frac{36 \text{ g} \times 2257 \text{ J g}^{-1}}{373 \text{ K}} = 217.8 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta S_{\gamma \rightarrow \delta} = mc_P(g) \ln \frac{T_{\delta}}{T_{\gamma}} = 36 \text{ g} \times 1.86 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \times \ln \frac{463 \text{ K}}{373 \text{ K}} = 14.47 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta S_{\delta \rightarrow \beta} = -nR \ln \frac{P_{\delta}}{P_{\beta}} = - \frac{36 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} \times 8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \ln \frac{0.5 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 11.53 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta S_{\alpha \rightarrow \beta} = 4.11 + 217.8 + 14.47 + 11.53 = 247.9 \text{ J K}^{-1}$$



$$\text{Ζητείται η } \Delta H_{\delta \rightarrow \beta} = \int_{\delta}^{\beta} dH_T, \text{ όπου } dH_T = \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T dP$$

Από την θεμελιώδη εξίσωση για την ενθαλπία $dH = TdS + VdP$ έχουμε:

$$dH_T = \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T dP = \left[T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T + V \right] dP = \left[-T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P + V \right] dP, \text{ όπου χρησιμοποιήσαμε την}$$

σχέση Maxwell που προκύπτει από το διαφορικό της ενέργειας Gibbs.

$$dG = -SdT + VdP \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T = - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P.$$

Για ένα ιδανικό αέριο ισχύει

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P} \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \frac{nR}{P}$$

οπότε:

$$dH_T = \left[-T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P + V \right] dP = \left[-T \frac{nR}{P} + \frac{nRT}{P} \right] dP = 0dP$$

Άρα:

$$\Delta H_{\delta \rightarrow \beta} = \int_{\delta}^{\beta} dH_T = \int_{\delta}^{\beta} 0dP = 0$$

Θέμα 2.

A) Εντός υάλινου δοχείου μάζης 300 g, θερμοκρασίας 20°C και θερμοχωρητικότητας $c_p(v)=0.8 \text{ J/g K}$, φέρονται 200 g πάγου θερμοκρασίας -10°C. Να ευρεθεί η τελική κατάσταση του συστήματος μετά την αποκατάσταση θερμοκής ισορροπίας και η μεταβολή της εντροπίας του συστήματος.

Λύση:

Η τελική θερμοκρασία μπορεί να είναι μικρότερη, ίση ή μεγαλύτερη από το σημείο τήξεως του πάγου (0°C). Στην πρώτη και την τρίτη περίπτωση πρέπει να βρούμε την τελική θερμοκρασία, ενώ στην δεύτερη θα προσδιορίσουμε την ποσότητα του πάγου που θα λιώσει. Σε κάθε μιά περίπτωση αν η ποσότητα που υπολογίζουμε είναι εκτός των φυσιολογικών ορίων, καταλαβαίνουμε ότι δεν εκτιμήσαμε την σωστή τελική κατάσταση.

Το δοχείο θα υποστεί $\Delta H_v = m_v c_p(v) \Delta T$, όπου $\Delta T = T_{\text{τελ}} - T_v$.

Ο πάγος θα υποστεί $\Delta H_{\pi} = m_{\pi} c_p(s) \Delta T$, όπου $\Delta T = T_{\text{τελ}} - T_{\pi}$, αν $T_{\text{τελ}} < 0^\circ\text{C}$,

$\Delta H_{\pi} = m_{\pi} c_p(s) \Delta T + \Delta h_f m_i$, όπου m_i η ποσότητα του πάγου που θα λιώσει και $\Delta T = T_{\text{τελ}} - T_{\pi}$, αν $T_{\text{τελ}} = 0^\circ\text{C}$ και

$\Delta H_{\pi} = m_{\pi} c_p(s) \Delta T_s + \Delta h_f m_{\pi} + m_{\pi} c_p(l) \Delta T_l$, $\Delta T_s = T_f - T_{\pi}$, $\Delta T_l = T_{\text{τελ}} - T_f$, αν $T_{\text{τελ}} > 0^\circ\text{C}$.

Σε όλες τις περιπτώσεις $\Delta H_{\pi} + \Delta H_v = 0$.

Ας θεωρήσουμε ότι ισχύει η τρίτη περίπτωση, δηλ. $T_{\text{τελ}} > 0^\circ\text{C}$. Τότε:

$$m_v c_p(v) (T_{\text{τελ}} - T_v) + m_{\pi} c_p(s) (T_f - T_{\pi}) + \Delta h_f m_{\pi} + m_{\pi} c_p(l) (T_{\text{τελ}} - T_f) = 0$$

Οπότε:

$$T_{\text{τελ}} = \frac{m_v c_p(v) T_v + m_{\pi} c_p(l) T_f - m_{\pi} c_p(s) (T_f - T_{\pi}) - m_{\pi} \Delta h_f}{m_v c_p(v) + m_{\pi} c_p(l)} \Rightarrow$$

$$T_{\text{τελ}} = \frac{300 \text{ g} \times 0.8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (273.15 + 20) \text{ K} + 200 \text{ g} \times 4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (273.15 - 10) \text{ K} - 200 \text{ g} \times 2.1 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \times ((0 + 273.15) \text{ K} - (-10 + 273) \text{ K}) + 200 \text{ g} \times 335 \text{ J g}^{-1}}{300 \text{ g} \times 0.8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} + 200 \text{ g} \times 2.1 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}} =$$

$$T_{\text{τελ}} = 273.15 \text{ K} + \frac{24 - 84 - 42 - 670}{2.4 + 4.2} \text{ K} = 273.15 \text{ K} - 117 \text{ K} = 156 \text{ K}$$

Η τελική θερμοκρασία δεν συμφωνεί με την υπόθεση ότι $T_{\text{τελ}} > 0^\circ\text{C}$, άρα η υπόθεση είναι λανθασμένη, δηλ. η τελική θερμοκρασία είναι $\leq 0^\circ\text{C}$.

Ας υποθέσουμε ότι $T_{\text{τελ}} = T_f = 0^\circ\text{C}$. Τότε:

$$m_v c_p(v) (T_{\text{τελ}} - T_v) + m_\pi c_p(s) (T_f - T_\pi) + \Delta h_f m_l = 0$$

οπότε:

$$m_l = - \frac{m_v c_p(v) (T_f - T_v) + m_\pi c_p(s) (T_f - T_\pi)}{\Delta h_f} \Rightarrow$$

$$m_l = - \frac{300 \text{ g} \times 0.8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (0 - 20) \text{ K} + 200 \text{ g} \times 2.1 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (0 - (-10)) \text{ K}}{335 \text{ J g}^{-1}} \Rightarrow$$

$$m_l = - \frac{-4800 + 4200}{335 \text{ g}^{-1}} = 1.79 \text{ g}$$

Επομένως η τελική κατάσταση του συστήματος είναι σε θερμοκρασία 0°C και $1.79 \text{ g H}_2\text{O}$ σε υγρή φάση.

Η μεταβολή της εντροπίας το συστήματος υπολογίζεται με καταμερισμό της διαδικασίας στα ίδια βήματα και υπολογισμό της μεταβολής της εντροπίας σε κάθε ένα από αυτά.

Στα βήματα όπου μεταβάλλεται η θερμοκρασία υπό σταθερή πίεση, $dS = \frac{C_p}{T} dT$, ενώ με

σταθερή θερμοκρασία: $\Delta S = \Delta H/T$.

Συνεπώς:

$$\Delta S = \Delta S_v + \Delta S_\pi + \Delta S_f \text{ με :}$$

$$\Delta S_v = \int_{T_v}^{T_f} dS_v = \int_{T_v}^{T_f} \frac{m_v c_p(v)}{T} dT = m_v c_p(v) \ln \frac{T_f}{T_v} \Rightarrow$$

$$\Delta S_v = 300 \text{ g} \times 0.8 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \ln \frac{273.15 \text{ K}}{293.15 \text{ K}} = -16.96 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta S_\pi = \int_{T_\pi}^{T_f} dS_\pi = \int_{T_\pi}^{T_f} \frac{m_\pi c_p(s)}{T} dT = m_\pi c_p(s) \ln \frac{T_f}{T_\pi} \Rightarrow$$

$$\Delta S_\pi = 200 \text{ g} \times 2.1 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} \ln \frac{273.15 \text{ K}}{263.15 \text{ K}} = 15.66 \text{ J K}^{-1} \text{ και}$$

$$\Delta S_f = \frac{m_l \Delta h_f}{T_f} \Rightarrow \Delta S_f = \frac{1.79 \text{ g} \times 335 \text{ J g}^{-1}}{273.15 \text{ K}} = 2.195 \text{ J K}^{-1}$$

$$\text{Άρα } \Delta S = -16.96 + 15.66 + 2.20 = 0.90 \text{ J K}^{-1}.$$

Β) Να προσδιορισθεί η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας ενός mol C_2H_6 κατά την ισόθερμη διεργασία εκτόνωσης από όγκο V_1 σε τελικό όγκο V_2 , εάν θεωρηθεί ότι το αέριο περιγράφεται από την κατασταστική εξίσωση van der Waals

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2} \right) (V - nb) = nRT, \text{ όπου οι παράμετροι } a \text{ και } b \text{ γνωστές.}$$

Λύση:

$$\text{Η ζητούμενη ποσότητα είναι: } \Delta U = \int_{V_1}^{V_2} dU = \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV$$

$$\text{Από την θεμελιώδη σχέση } dU = TdS - PdV \Rightarrow \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T - P$$

Από την επίσης θεμελιώδη σχέση $dF = -SdT - PdV$ έχουμε την σχέση Maxwell:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

Υπολογίζουμε την τελευταία παράγωγο με βάση της καταστατική εξίσωση van der Waals:

$$P = \frac{nRT}{V-nb} + \frac{an^2}{V^2} \Rightarrow \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{nR}{V-nb}$$

Οπότε η ολοκληρωτέα ποσότητα γίνεται:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P = T \frac{nR}{V-nb} - \left[\frac{nRT}{V-nb} - \frac{an^2}{V^2}\right] = \frac{an^2}{V^2}$$

Τελικά:

$$\Delta U = \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{an^2}{V^2} dV = -an^2(V_2^{-1} - V_1^{-1})$$

Θέμα 3.

α) Πυροσβεστήρας χωρητικότητας 7.5 L περιέχει 5 kg CO₂. Με βοήθεια από το διάγραμμα φάσεων του CO₂ καθορίστε σε ποια ή ποιές φάσεις βρίσκεται το περιεχόμενο του πυροσβεστήρα τώρα που θ = 33°C.

β) Με χειρισμό του πυροσβεστήρα παραλαμβάνουμε σε ατμοσφαιρική πίεση ξηρό πάγο με τον οποίο επιδιώκουμε να μειώσουμε την θερμοκρασία φιάλης με νερό κατά 10°C. Πόσο ξηρό πάγο πρέπει να συλλέξουμε για να πετύχουμε την ψύξη 300 g νερού;

Λύση:

α) Η κρίσιμη θερμοκρασία είναι 304 K και η θερμοκρασία του αερίου 306 K. Άρα το CO₂ βρίσκεται σε μια φάση υπερκρίσιμου ρευστού. Αν υποθέταμε ότι συμπεριφέρεται ως ιδανικό

$$\text{αέριο, η πίεση θα ήταν } P = \frac{nRT}{V} = \frac{mRT}{MV} \Rightarrow P = \frac{5 \text{ kg } 8.31447 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} 306 \text{ K}}{44 \text{ g mol}^{-1} 7.5 \times (10^{-1} \text{ m})^3} = 385 \text{ bar}$$

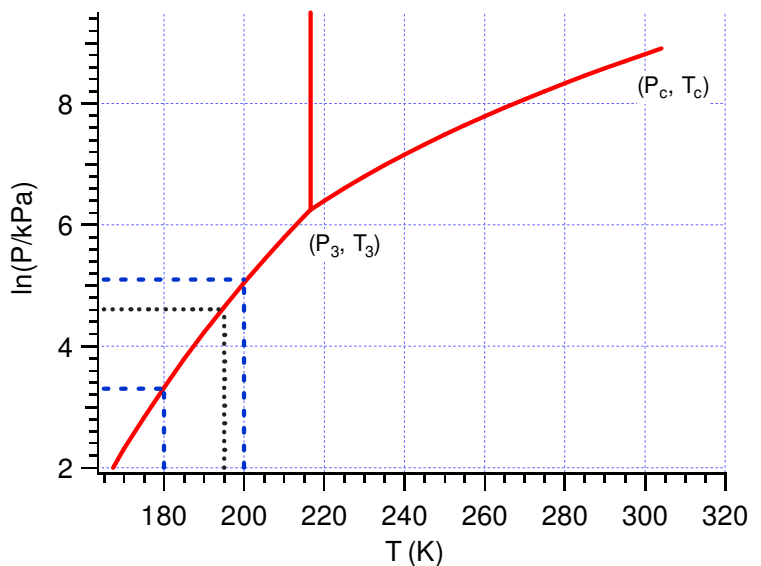
β) Ο ξηρός πάγος που παράγεται από την εκτόνωση του περιεχομένου του πυροσβεστήρα βρίσκεται σε σταθερή θερμοκρασία ίση με το κανονικό σημείο εξαχνώσεως μέχρι να εξαχνωθεί όλος από την θερμότητα του περιβάλλοντος. Όταν έρθει σε επαφή με το νερό, θα εξαχνωθεί δεσμεύοντας την ενθαλπία εξαχνώσεως $\Delta H_1 = \Delta h_{\text{subl}} m_1$, όπου m_1 η άγνωστη μάζα του CO₂. Το νερό θα προσφέρει ενθαλπία $\Delta H_2 = m_2 c_p(l) \Delta T$. Θεωρούμε απομονωμένο σύστημα ώστε $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$.

Δεν γνωρίζουμε την ενθαλπία εξαχνώσεως, αλλά έχουμε την καμπύλη ισορροπίας στερεού - αερίου

της οποίας η κλίση δίνεται από την σχέση Clausius-Clapeyron:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta h_{\text{subl}}}{RT^2} P \Leftrightarrow \frac{d \ln P}{d \frac{1}{T}} = -\frac{\Delta h_{\text{subl}}}{R} \Rightarrow \Delta h_{\text{subl}} = -R \frac{d \ln P}{d \frac{1}{T}} \approx -R \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$$

Ο υπολογισμός της ενθαλπίας εξαχνώσεως πρέπει να γίνει στην περιοχή του κανονικού σημείου εξαχνώσεως, δηλ. σε $P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$, με $\ln P = \ln(101.325 \text{ kPa}) = 4.61$. Σε αυτή την πίεση η θερμοκρασία είναι (από το διάγραμμα) $195 \text{ K} = -78^\circ\text{C}$.



Αναγνωρίζουμε 2 σημεία στο διάγραμμα, π.χ. $(\ln P_1, T_1) = (5.1, 200 \text{ K})$ και $(\ln P_2, T_2) = (3.3, 180 \text{ K})$.

Οπότε έχουμε:

$$\Delta h_{\text{subl}} = -R \frac{3.3 - 5.1}{\frac{1}{180 \text{ K}} - \frac{1}{200 \text{ K}}} = 3240R = 26.94 \text{ kJ/mol}$$

Τελικά:

$$m_1 = -\frac{m_2 c_P(l) \Delta T}{\Delta h_{\text{subl}}} M = \frac{-300 \text{ g} \times 4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} (-10 \text{ K})}{26.94 \text{ kJ mol}^{-1}} \times 44 \text{ g mol}^{-1} = 20.6 \text{ g CO}_2$$

Θέμα 4.

Δίνεται το διάγραμμα σημείου τήξεως – συστάσεως (ιδανικού) μίγματος ναφθαλινίου (C_{10}H_8 , συστατικό 1) και φαινόλης ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, συστατικό 2) υπό πίεση 1 atm.

α) Να προσδιορισθούν το κανονικό σημείο τήξεως της φαινόλης και η σύσταση του ευτηκτικού μίγματος.

β) Τήγμα με σύσταση $n_1 = 6 \text{ mol}$ και $n_2 = 4 \text{ mol}$ ψύχεται από 340 K σε 320 K. Τι ποσότητες υπάρχουν από κάθε συστατικό σε κάθε φάση στην τελική θερμοκρασία;

γ) Ποια είναι η κρυοσκοπική σταθερά και η γραμμοριακή ενθαλπία τήξεως του ναφθαλινίου;

Λύση:

α) Το σημείο τήξεως της φαινόλης (και μάλιστα κανονικό δοθέντος ότι $P = 1 \text{ atm}$) δίνεται από το διάγραμμα για $x_1 = 0$, δηλ. είναι $314 \text{ K} = 41^\circ\text{C}$.

Το ευτηκτικό μίγμα αντιστοιχεί στο χαμηλότερο σημείο τήξεως του διαγράμματος, άρα αντιστοιχεί στην σύσταση $x_1 = 0.27$.

β) Η αρχική σύσταση του τήγματος είναι

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{6 \text{ mol}}{6 \text{ mol} + 4 \text{ mol}} = 0.6.$$

Μέχρι την θερμοκρασία των 327 K το σύστημα παραμένει σε υγρή φάση. Σε χαμηλότερη θερμοκρασία αρχίζει η πήξη καθαρού ναφθαλινίου και το υγρό εμπλουτίζεται σε φαινόλη για αυτό τον λόγο. Σε θερμοκρασία 320 K η υγρή φάση έχει σύσταση $x_1 = 0.5$.

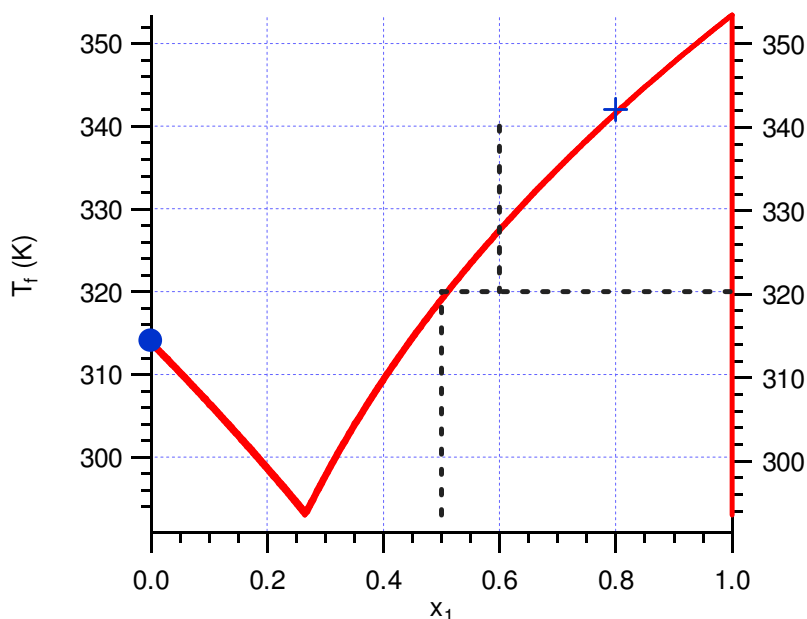
$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = 0.5 \Rightarrow n_1 = n_2 = 4 \text{ mol}$ στο τήγμα. Εκ διαφοράς στο πήγμα υπάρχουν $6 - 4 = 2 \text{ mol}$ ναφθαλινίου.

Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορούμε να καταλήξουμε με τον κανόνα του μοχλού. Η μέση σύσταση είναι $z_1 = 0.6$, η σύσταση της υγρής φάσης είναι $x_1 = 0.5$ και της στερεής $x_1' = 1$. Αν ορίσουμε ως n_s τα γραμμομόρια του στερεού και n_l τα συνολικά γραμμομόρια του υγρού, ο κανόνας του μοχλού γράφεται:

$$n_l(z_1 - x_1) = n_l(x_1' - z_1) \Rightarrow \frac{n_l}{n_s} = \frac{x_1' - z_1}{z_1 - x_1} = \frac{1 - 0.6}{0.6 - 0.5} = 4$$

όπου

$$n_l = n_{1l} + n_{2l}, n_s = n_{1s} + n_{2s} = n_{1s} + 0 = n_{1s}, n_{2l} + n_{2s} = n_{2l} + 0 = n_2 = 4 \text{ mol}, n_{1l} + n_{1s} = n_1 = 6 \text{ mol}$$



οπότε:

$$4 = \frac{n_{1l} + n_{2l}}{n_{1s}} = \frac{n_{1l} + 4 \text{ mol}}{6 \text{ mol} - n_{1l}} \Rightarrow 24 \text{ mol} - 4n_{1l} = n_{1l} + 4 \text{ mol} \Rightarrow 20 \text{ mol} = 5n_{1l} \Rightarrow n_{1l} = 4 \text{ mol}$$

απ' όπου προκύπτει και ο τελευταίος άγνωστος, $n_{1s} = 2 \text{ mol}$.

γ) Η κρυοσκοπική σταθερά είναι η σταθερά αναλογίας μεταξύ ταπεινώσεως του σημείου τήξεως και της συγκεντρώσεως διαλυμένων συστατικών. Το διάγραμμα επιτρέπει τον προσδιορισμό της μεταβολής του σημείου τήξεως ως συνάρτησης της συγκεντρώσεως, αρκεί να μετατρέψουμε το γραμμομοριακό κλάσμα (σε τιμές σχεδόν καθαρού διαλύτη) σε συγκέντρωση.

Επιλέγουμε ως τέτοιο σημείο το (0.8, 342 K). Η κατά μάζα συγκέντρωση της φαινόλης ορίζεται ως:

$$C_2 = \frac{n_2}{m_1} = \frac{n_2}{n_1 M_1} \approx \frac{x_2}{M_1}$$

Η σχέση της κρυοσκοπίας είναι

$$\Delta T = K_f C_2 \Rightarrow K_f = \frac{\Delta T}{C_2} = \frac{T_0 - T}{\frac{x_2}{M_1}} \Rightarrow$$

$$K_f = \frac{T_0 - T}{x_2} M_1 \Rightarrow K_f = \frac{353 \text{ K} - 342 \text{ K}}{0.2} 128 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow$$

$$K_f = 5.76 \frac{\text{K kg}}{\text{mol}}$$

Η κρυοσκοπική σταθερά συνδέεται με το κανονικό σημείο τήξεως του καθαρού διαλύτη, την ενθαλπία τήξεώς του και την γραμμομοριακή του μάζα:

$$K_f = \frac{RT_0^2}{\Delta h_f} M_1 \Rightarrow \Delta h_f = \frac{RT_0^2}{K_f} M_1 \Rightarrow$$

$$\Delta h_f = \frac{8.31447 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times (353 \text{ K})^2}{5.76 \text{ K kg mol}^{-1}} 128 \text{ g mol}^{-1} \Rightarrow \Delta h_f = 23 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Χρήσιμες τιμές:

$R = 8.31447 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

Για το H_2O $c_p(s) = 2.1 \text{ J/g K}$, $c_p(l) = 4.2 \text{ J/g K}$, $c_p(g) = 1.86 \text{ J/g K}$, $\Delta h_f = 335 \text{ J/g}$, $\Delta h_e = 2257 \text{ J/g}$, υπό πίεση 1 atm

18,19/6/2010