



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΙ

Ενότητα 10: Γενικές ιδιότητες διαλυμάτων

Σογομών Μπογοσιάν

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Σκοπός της ενότητας αυτής είναι ο ορισμός του ιδανικού διαλύματος με βάση το χημικό δυναμικό, η παρουσίαση του Νόμου του Raoult και του Νόμου του Henry για τη μερική πίεση των συστατικών ενός διαλύματος, η εξέταση των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων ανάμειξης, καθώς και κάποιων εφαρμογών για τα ιδανικά διαλύματα και η διαλυτότητα στερεών και αερίων σε υγρά.



Περιεχόμενα ενότητας

- Γενικές ιδιότητες διαλυμάτων
- Εξίσωση Gibbs-Duhem
- Σύστημα δύο διαδικών φάσεων σε ισορροπία
- Νόμοι Raoult και Henry
- Θετικές και αρνητικές αποκλίσεις από το νόμο Raoult



Ενδεικτική βιβλιογραφία

Χημική Θερμοδυναμική

Σ. Μπογοσιάν

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, 2008.



10

Γενικές ιδιότητες διαλυμάτων

Γενικές ιδιότητες διαλυμάτων - 1

Εξίσωση Gibbs-Duhem

Εξάρτηση του χημικού δυναμικού από p , T :

$$\left(\frac{\partial \mu_i}{\partial T}\right)_{p, n_i, n_j} = -\bar{s}_i \quad \left(\frac{\partial \mu_i}{\partial p}\right)_{T, n_i, n_j} = \bar{v}_i$$

Δεν υπάρχει όμως αντίστοιχη σχέση που να δίνει την εξάρτηση του μ από τη σύσταση

Αφετηρία: η εξίσωση Gibbs – Duhem
(για μείγμα δύο συστατικών a , b)


$$\longrightarrow SdT - Vdp + n_a d\mu_a + n_b d\mu_b = 0 \quad (1)$$

$$S = \sum n_i \bar{s}_i \quad V = \sum n_i \bar{v}_i$$

Γενικές ιδιότητες διαλυμάτων - 2

Θέτουμε x το κλάσμα του a ($x_b = 1-x$)

$$d\mu_a = \left(\frac{\partial\mu_a}{\partial T}\right)_{p,x} dT + \left(\frac{\partial\mu_a}{\partial p}\right)_{T,x} dp + \left(\frac{\partial\mu_a}{\partial x}\right)_{p,T} dx = -\bar{s}_a dT + \bar{v}_a dp + \left(\frac{\partial\mu_a}{\partial x}\right)_{T,p} dx$$

(1) 

$$n_a \left(\frac{\partial\mu_a}{\partial x}\right)_{T,p} + n_b \left(\frac{\partial\mu_b}{\partial x}\right)_{T,p} = 0 \Rightarrow x \left(\frac{\partial\mu_a}{\partial x}\right)_{T,p} + (1-x) \left(\frac{\partial\mu_b}{\partial x}\right)_{T,p} = 0$$

Εξίσωση Gibbs-Duhem υπό σταθερά p, T : $\sum x_i d\mu_i = 0$

Νόμοι Raoult και Henry

Ιδανικά διαλύματα

P_a^* :τάση ατμών καθαρού A

P_b^* :τάση ατμών καθαρού B

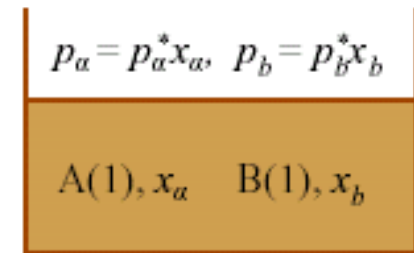
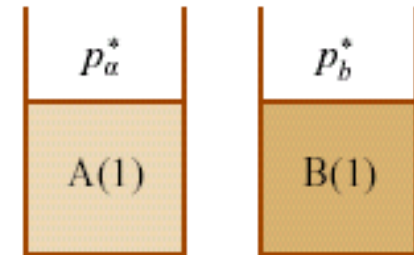
όταν τα A και B συνιστούν διάλυμα,
διαπιστώθηκε ότι όταν αυτά είναι
μη ηλεκτρολύτες:

$$P_a = P_a^* x_a \quad P_b = P_b^* x_b$$

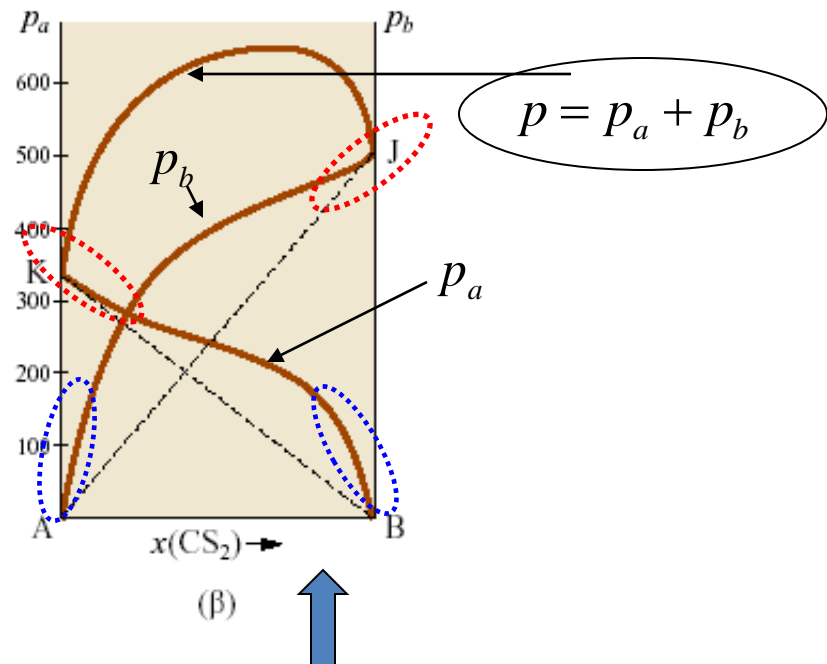
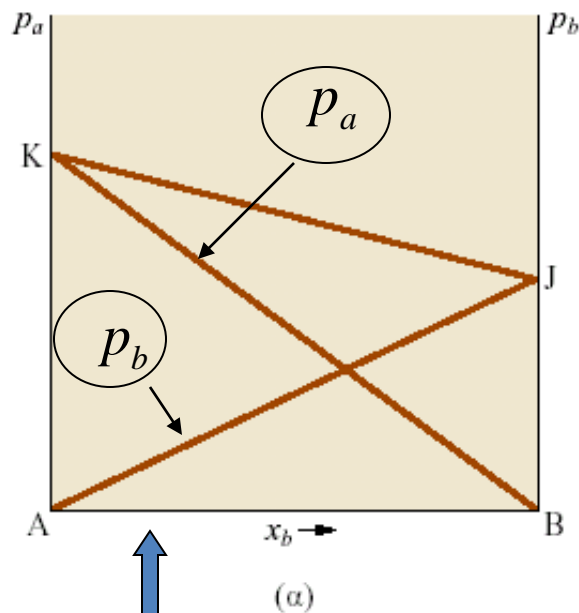
Ιδανικά διαλύματα

$$P_a = P_a^* x_a$$

Νόμος του Raoult



μείγματα που υπακούουν τις σχέσεις
αυτές για όλες τις συστάσεις λέγονται
ιδανικά διαλύματα



Ιδανική συμπεριφορά σε όλη την περιοχή συστάσεων (συστατικά παρόμοια σε μοριακή δομή)

Αποκλίσεις από το Νόμο του Raoult

- ΑJ και ΒΚ εφαπτονται των καμπυλών όταν $x_a \rightarrow 1$ και $x_b \rightarrow 1$
- οι καμπύλες των p_i έχουν σταθερή κλίση όταν $x_i \rightarrow 0$

$p_i = K_i x_i$, $K_i \neq f(x_i)$

↑
σταθερά του Henry

Πραγματικά διαλύματα

- $p_a = p_a^* x_a$, $p_b = K_b x_b$ $x_a \rightarrow 1$
 $x_b \rightarrow 0$
- $p_a = K_a x_a$, $p_b = p_b^* x_b$ $x_a \rightarrow 0$
 $x_b \rightarrow 1$

Ιδανική συμπεριφορά υπό οριακές συνθήκες

Ορισμός ιδανικού διαλύματος

Για κάθε συστατικό υγρού μείγματος: $\mu_i = \mu_i^* + RT \ln x_i$

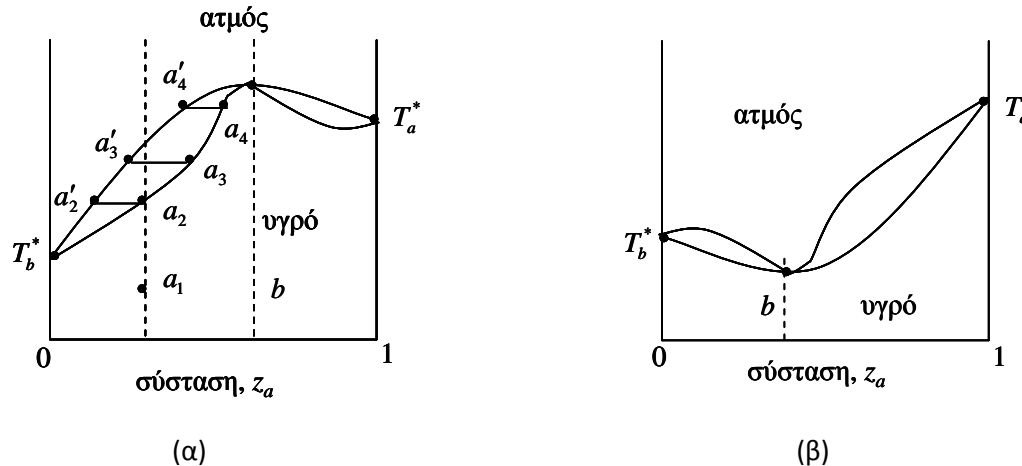
$$\mu_i^* = f(T, p)$$



Ένα διάλυμα θα είναι ιδανικό ακόμα κι αν ισχύει η σχέση αυτή **για κάθε συστατικό** σε καποια περιοχή συστάσεων

Αζεοτροπικά μίγματα - 1

Πολλά υγρά μείγματα εμφανίζουν αποκλίσεις από την ιδανική συμπεριφορά που σχετίζονται με διαμοριακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών που έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μεγίστων ή ελαχίστων στις καμπύλες βρασμού ενός μείγματος (δηλαδή, στα διαγράμματα θερμοκρασίας-σύστασης), όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα.



Σχήμα Διαγράμματα θερμοκρασίας-σύστασης σε συστήματα ισορροπίας ατμού-υγρού δύο συστατικών που σχηματίζουν αζεοτροπικά μείγματα. (α) Διάγραμμα που εμφανίζει μέγιστο. Η απόσταση υγρού μείγματος αρχικής σύστασης a_1 οδηγεί σε υγρό σύστασης b αλλά όχι πιο πέρα. (β) Διάγραμμα που εμφανίζει ελάχιστο. Η κλασματική απόσταση οποιουδήποτε αρχικού μείγματος οδηγεί στο σχηματισμό ατμών τελικής σύστασης b .

Αζεοτροπικά μίγματα - 2

Οι αποκλίσεις από την ιδανική συμπεριφορά που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν είναι πάντα ικανές να προκαλέσουν την εμφάνιση μέγιστου ή ελαχίστου στα διαγράμματα, όταν όμως συμβαίνει κάτι τέτοιο τότε η διεργασία της απόσταξης τέτοιων μειγμάτων γίνεται με προβλήματα και χαρακτηρίζεται από μια πολύ ειδική συμπεριφορά.

Έστω ένα υγρό με αρχική σύσταση α_1 στα αριστερά του μεγίστου, στο Σχήμα (α). Ο βρασμός του μείγματος αυτού οδηγεί σε δημιουργία ατμού σύστασης α_2' που όπως φαίνεται από το διάγραμμα είναι πλουσιότερος στο συστατικό B. Εάν αυτός ο ατμός απομακρυνθεί και συμπυκνωθεί κάπου αλλού, τότε το εναπομείναν υγρό θα είναι πλουσιότερο σε A, έστω σύστασης α_3 , το οποίο με βρασμό θα σχηματίσει ατμό σύστασης α_3' . Εάν αυτός ο ατμός απομακρυνθεί και συμπυκνωθεί κάπου αλλού, τότε το εναπομείναν υγρό θα είναι εισέτι πλουσιότερο σε A, έστω σύστασης α_4 , το οποίο με βρασμό θα σχηματίσει ατμό σύστασης α_4' .

Αζεοτροπικά μίγματα - 3

Το υγρό εμπλουτίζεται συνεχώς σε A (εφόσον το B σταδιακά απομακρύνεται με τον τρόπο που περιγράψαμε). Το σημείο ζέσεως του υγρού αυξάνεται (σύμφωνα με το διάγραμμα) και κάποια στιγμή, στο σημείο b το υγρό έχει την ίδια σύσταση με τον ατμό. **Από το σημείο αυτό, περαιτέρω εξάτμιση του υγρού δεν προκαλεί καμία μεταβολή στη σύσταση.**

Το μείγμα αυτό ονομάζεται **αζεοτροπικό** και δεν μπορεί να διαχωριστεί στα συστατικά του με απόσταξη γιατί ο συμπυκνούμενος ατμός θα έχει την ίδια σύσταση με το υγρό.

Παράδειγμα τέτοιου μείγματος είναι το μείγμα υδροχλωρικό οξύ – νερό με αζεοτροπική σύσταση 20% κ.β. σε νερό με σημείο βρασμού τους 108.6°C .

Χημικό δυναμικό και Νόμοι Raoult/Henry

Η συνθήκη ισορροπίας υγρού-ατμού για το κάθε συστατικό i εξασφαλίζει: $\mu_i^{\text{διαλ}} = \mu_i^{\text{ατμ}}$

$$\mu_i = \mu_i^* + RT \ln x_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$$

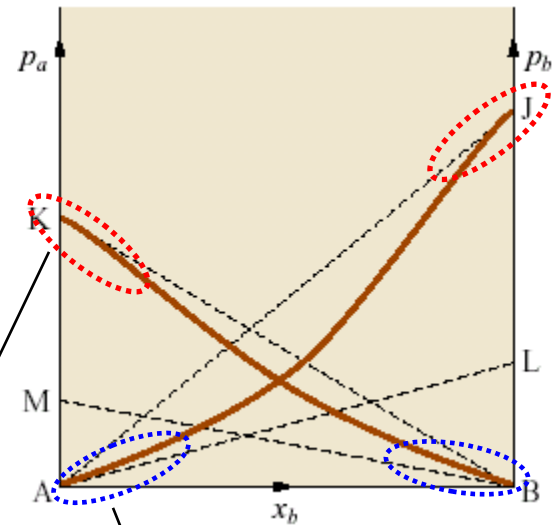
$$\Rightarrow \frac{p_i}{x_i} = K_i \quad \text{με} \quad K_i = \exp\left[\frac{\mu_i^* - \mu_i^0}{RT}\right]$$

$$\neq f(x) \quad \leftarrow \quad \neq f(x)$$

για

$$x_i = 1 \rightarrow$$

$$K_i = p_i^*$$



$$p_a = p_a^* x_a$$

$$x_a \rightarrow 1$$

$$p_b = K_b x_b$$

$$x_b \rightarrow 0$$

Παράδειγμα

Εκτιμήστε τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, σε 25°C και σε μερική πίεση οξυγόνου 190 mmHg. Η σταθερά του Henry για το οξυγόνο μέσα σε νερό είναι 3.3×10^7 mmHg

Λύση: το διάλυμα O₂ σε νερό είναι αραιό. Το γραμμομοριακό κλάσμα του O₂ θα δίνεται **από το Νόμο του Henry** : $(x_{O_2} = p_{O_2} / K_{O_2})$

Θα υπολογίσουμε την ποσότητα του οξυγόνου που διαλύεται μέσα σε 1 kg νερό

$$x_{O_2} = n_{O_2} / (n_{O_2} + n_{H_2O}) \approx n_{O_2} / n_{H_2O} \Rightarrow n_{O_2} = x_{O_2} n_{H_2O}$$

$$n_{O_2} = \frac{p_{O_2}}{K_{O_2}} n_{H_2O} = \frac{190 \text{ mmHg}}{3.3 \times 10^7 \text{ mmHg}} \times \frac{1000 \text{ g}}{18.02 \text{ g mol}^{-1}} = 3.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Αρα η διαλυτότητα του οξυγόνου σε νερό στους 25°C είναι $3.2 \times 10^{-4} \text{ mol kg}^{-1}$

Παράδειγμα

Τα μείγματα αιθυλενοχλωριδίου (E) και βενζολίου (B) ακολουθούν το Νόμο του Raoult. Στους 50°C οι τάσεις ατμών τους ως καθαρά συστατικά είναι 236.2 και 268 mmHg αντίστοιχα. Στη θερμοκρασία αυτή να υπολογίσετε τη συνολική πίεση και τη σύσταση των ατμών που είναι σε ισορροπία με υγρά μείγματα σύστασης (x_B) 0.25 και 0.50.

Λύση: Θα χρησιμοποιήσουμε το Νόμο του Raoult: $p_a = p_a^* x_a$

$x_B = 0.25$:

$$p_B = 268 \text{ mmHg} \times 0.25 = 67 \text{ mmHg},$$

$$p_E = 236.2 \text{ mmHg} \times 0.75 = 177 \text{ mmHg}.$$

$$\text{Αρα } p_{\text{ολ}} = 244 \text{ mmHg}. \text{ Σύσταση ατμών } y_B = 67 / 244 = 0.27$$

$x_B = 0.50$:

$$p_B = 268 \text{ mmHg} \times 0.50 = 134 \text{ mmHg},$$

$$p_E = 236.2 \text{ mmHg} \times 0.50 = 118 \text{ mmHg}.$$

$$\text{Αρα } p_{\text{ολ}} = 252 \text{ mmHg}. \text{ Σύσταση ατμών } y_B = 134 / 252 = 0.53$$

Άσκηση

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται οι τάσεις ατμών αραιών διαλυμάτων HCl σε υγρό GeCl_4 σε θερμοκρασία 300 K.

$x(\text{HCl})$	0.005	0.012	0.019
p / kPa	32.0	76.9	121.8

Να δείξετε ότι υπακούεται ο Νόμος του Henry στο ανωτέρω πεδίο σύστασης και να υπολογίσετε τη σταθερά του Henry στους 300 K.

Λύση:

Ελέγχουμε τις τιμές του λόγου σταθερές

$\frac{p_{\text{HCl}}}{x_{\text{HCl}}}$
 \downarrow ?
 K_{HCl}

για να διαπιστώσουμε εάν είναι

$x(\text{HCl})$	0.005	0.012	0.019
$\frac{p_{\text{HCl}}}{x_{\text{HCl}}} / \text{kPa}$	6.4×10^3	6.4×10^3	6.4×10^3

αρα $K_{\text{HCl}} = 6.4 \times 10^3 \text{ kPa}$

Άσκηση

Να προβλέψετε ποιά θα είναι η τάση ατμών του HCl πάνω από διάλυμά του σε υγρό GeCl_4 στους 300 K. Δίνεται η γραμμομοριακότητα του διαλύματος: 0.10 mol kg^{-1} και η σταθερά του Henry $K_{\text{HCl}} = 6.4 \times 10^3 \text{ kPa}$

Λύση:

Μετατρέπουμε τη δοθείσα σύσταση (γραμμομοριακότητα) σε γραμμομοριακό κλάσμα

έχουμε 0.1 mol HCl σε 1000 g GeCl_4 . Τα 1000 g GeCl_4 αντιστοιχούν σε:

$$n(\text{GeCl}_4) = \frac{1000}{214.39} = 4.664 \text{ mol} \quad \longrightarrow$$

$$x(\text{HCl}) = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ mol} + 4.664 \text{ mol}} = 0.021$$

$$\text{και} \quad p_{\text{HCl}} = K_{\text{HCl}} \cdot x_{\text{HCl}} = (6.4 \times 10^3 \text{ kPa}) \times 0.021 = 134 \text{ kPa}$$

Άσκηση

Με χρήση του Νόμου του Henry μπορούν να εκτιμηθούν οι διαλυτότητες αερίων σε υγρά. Ποιά είναι η διαλυτότητα του διοξειδίου του ανθρακα στο νερό στους 25°C όταν η μερική του πίεση είναι:
(α) 0.1 atm , (β) 1 atm ; Δίνεται η σταθερά του Henry:= 1.25×10^6 mmHg.

Λύση: Ο Νόμος του Henry δίνει: $p_{CO_2} = K_{CO_2} x_{CO_2}$

Θεωρώντας το διάλυμα αραιό

$$x_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_{CO_2} + n_{H_2O}} \approx \frac{n_{CO_2}}{n_{H_2O}} \Rightarrow n_{CO_2} = n_{H_2O} \frac{p_{CO_2}}{K_{CO_2}} = (1000 \text{ g} / 18.02 \text{ g mol}^{-1}) \frac{p_{CO_2}}{K_{CO_2}}$$

Θα βρούμε τη διαλυτότητα σε mol ανα 1 kg νερού

(α) $p_{CO_2} = 0.1 \text{ atm} = 76 \text{ mmHg}$ αρα τα moles CO_2 που διαλύονται είναι:

$$n_{CO_2} = (1000/18.02) \frac{76}{1.25 \times 10^6} = 3.37 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

(β) $p_{CO_2} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$ αρα τα moles CO_2 που διαλύονται είναι:

$$n_{CO_2} = (1000/18.02) \frac{760}{1.25 \times 10^6} = 3.37 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Άσκηση

Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται τα γραμμομοριακά κλάσματα του μεθυλοβενζολίου (A) σε υγρά και αέρια μείγματά του (x_A και y_A αντίστοιχα) με τη βουτανόνη (B) σε ισορροπία στους 303.15 K καθώς και η συνολική τάση ατμών, p . Θεωρείστε ότι οι ατμοί συμπεριφέρονται ως ιδανικά αέρια και υπολογίστε τις μερικές πιέσεις των δύο συστατικών σε κάθε σύσταση. Στη συνέχεια φτιάξτε τις γραφικές παραστάσεις των μερικών πιέσεων ως προς τα γραμμομοριακά κλάσματα στην υγρή φάση και βρείτε τις σταθερές του Νόμου του Henry για τα δύο συστατικά.

x_A	y_A	p/ kPa
0	0	36.066
0.0898	0.0410	34.121
0.2476	0.1154	30.900
0.3577	0.1762	28.626
0.5194	0.2772	25.239
0.6036	0.3393	23.402
0.7188	0.4450	20.693
0.8019	0.5435	18.592
0.9105	0.7284	15.496
1	1	12.295

Λύση: Οι μερικές πιέσεις θα υπολογιστούν από τις:

$$p_A = y_A P$$

$$p_B = y_B P$$

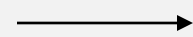
$p_A, \text{ kPa}$	0	1.399	3.566	5.044	6.996	7.940	9.211	10.105	11.287	12.295
x_A	0	0.0898	0.2476	0.3577	0.5194	0.6036	0.7188	0.8019	0.9105	1
y_A	0	0.0410	0.1154	0.1762	0.2772	0.3393	0.4450	0.5435	0.7284	1

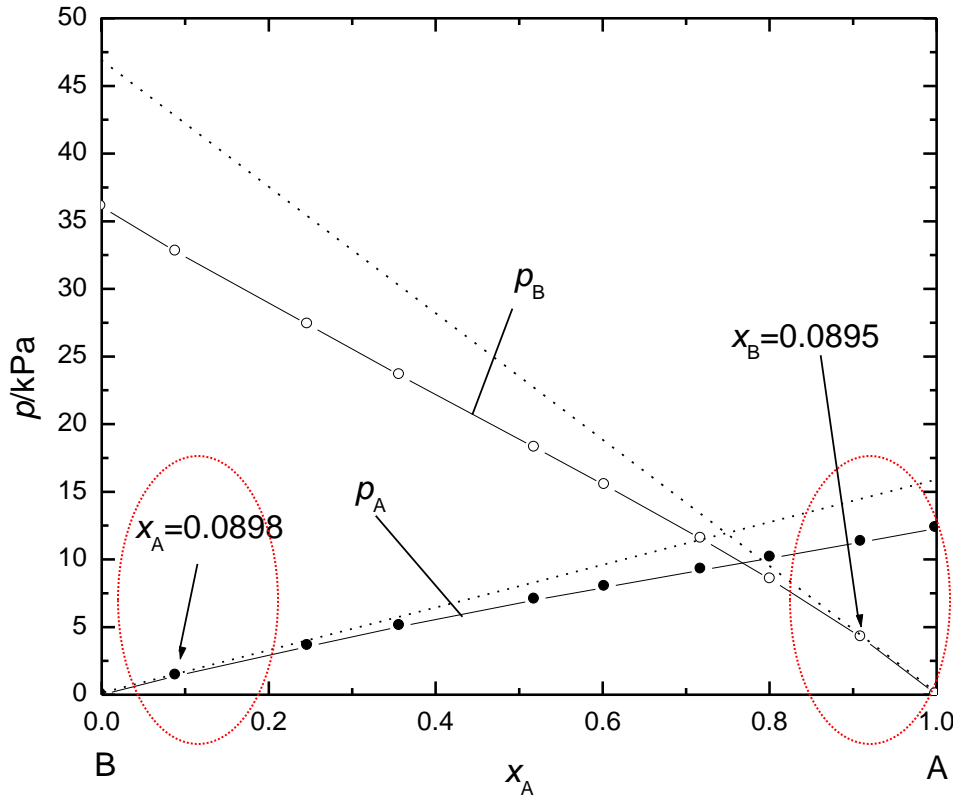
$p_B, \text{ kPa}$	0	4.209	8.487	11.487	15.462	18.243	23.582	27.334	32.722	36.066
x_B	0	0.0895	0.1981	0.2812	0.3964	0.4806	0.6423	0.7524	0.9102	1
y_B	0	0.2716	0.4565	0.5550	0.6607	0.7228	0.8238	0.8846	0.9590	1

Καταχωρούμε τα δεδομένα αυτά στο σχήμα που ακολουθεί. Οι τιμές της σταθεράς του Henry βρίσκονται από :



τις κλίσεις των εφαπτομένων στις καμπύλες των $p_i = f(x_i)$ για $x_i \rightarrow 0$ (άπειρη αραίωση)





Παρατηρούμε ότι το πρώτο σημείο κάθε καμπύλης είναι πάνω στην αντίστοιχη εφαπτομένη, οπότε χρησιμοποιούμε αυτά τα ζεύγη τιμών παρόλο που δεν αντιστοιχούν σε άπειρη αραιώση

$$K_A = \frac{p_A}{x_A} = 15.58 \text{ kPa} \quad (\text{από το σημείο } x_A = 0.0898)$$

$$K_B = \frac{p_B}{x_B} = 47.03 \text{ kPa} \quad (\text{από το σημείο } x_B = 0.0895)$$

Άσκηση

Τα γραμμομοριακά κλάσματα του αζώτου και του οξυγόνου στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου και στο επίπεδο της θάλασσας είναι 0.782 και 0.209, αντίστοιχα. Υπολογίστε την περιεκτικότητα (σε mol ανά kg νερού) κάθε αερίου μέσα σε δοχείο νερού που είναι εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα στους 25°C. Δίνονται οι σταθερές του Henry:

$$K_{N_2} = 6.51 \times 10^7 \text{ mmHg}, \quad K_{O_2} = 3.30 \times 10^7 \text{ mmHg},$$

Λύση: Ο Νόμος του Henry για κάθε συστατικό: $p_a = K_a x_a$

$$x_a = \frac{n_a}{n_a + n_{H_2O}} \approx \frac{n_a}{n_{H_2O}} \quad (\text{θεωρώντας ότι το διάλυμα είναι αραιό})$$

$$\longrightarrow n_a = n_{H_2O} \frac{p_a}{K_a}$$

$$p_{N_2} = 0.782 \times 760 = 594 \text{ mmHg}$$

$$n_{N_2} = n_{H_2O} \frac{p_{N_2}}{K_{N_2}} = \left(\frac{1000 \text{ g}}{18.02 \text{ g mol}^{-1}} \right) \frac{594 \text{ mmHg}}{6.51 \times 10^7 \text{ mmHg}} = 5.07 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$p_{O_2} = 0.209 \times 760 = 159 \text{ mmHg}$$

$$n_{O_2} = n_{H_2O} \frac{p_{O_2}}{K_{O_2}} = \left(\frac{1000 \text{ g}}{18.02 \text{ g mol}^{-1}} \right) \frac{159 \text{ mmHg}}{3.30 \times 10^7 \text{ mmHg}} = 2.67 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

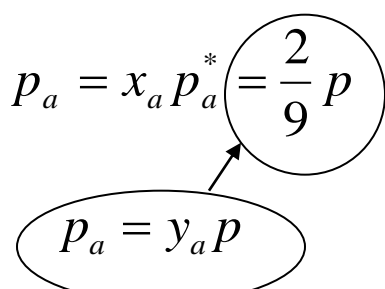
Άσκηση

Τρεις ενώσεις A, B και C σχηματίζουν υγρό ιδανικό διάλυμα, δηλαδή ισχύει ο Νόμος του Raoult για όλες τις συστάσεις του μείγματος. Η τάση ατμών των καθαρών συστατικών στους 27°C είναι: $p_a^* = 227 \text{ mmHg}$, $p_b^* = 300 \text{ mmHg}$ και $p_c^* = 430 \text{ mmHg}$. Να υπολογιστούν τα γραμμομοριακά κλάσματα x_a , x_b και x_c ενός υγρού διαλύματος που στους 27°C βρίσκεται σε ισορροπία με τους ατμούς που περιέχουν 2 mol A, 3 mol B και 4 mol C.

Λύση:

$$y_a = \frac{2}{2+3+4} = \frac{2}{9} \quad y_b = \frac{3}{2+3+4} = \frac{3}{9} \quad y_c = \frac{4}{2+3+4} = \frac{4}{9}$$

Ο Νόμος του Raoult για κάθε συστατικό:

$$p_a = x_a p_a^* = \frac{2}{9} p \quad p_b = x_b p_b^* = \frac{3}{9} p \quad p_c = x_c p_c^* = \frac{4}{9} p$$


αρα

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x_a}{x_b} = \frac{2}{3} \cdot \frac{p_b^*}{p_a^*} = 0.88 \\ \frac{x_a}{x_c} = \frac{2}{4} \cdot \frac{p_c^*}{p_a^*} = 0.947 \end{array} \right. \quad \frac{x_c}{x_b} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_b^*}{p_c^*} = 0.93$$

όμως

$$x_a + x_b + x_c = 1 \Rightarrow x_a \left(1 + \frac{x_b}{x_a} + \frac{x_c}{x_a} \right) = 1 \Rightarrow x_a \left(1 + \frac{1}{0.88} + \frac{1}{0.947} \right) = 1 \Rightarrow x_a = 0.31$$

επιπλέον

$$x_b \left(\frac{x_a}{x_b} + 1 + \frac{x_c}{x_b} \right) = 1 \Rightarrow x_b (0.88 + 1 + 0.93) = 1 \Rightarrow x_b = 0.36$$

$$\text{και } x_c = 1 - 0.31 - 0.36 = 0.33$$

Άσκηση

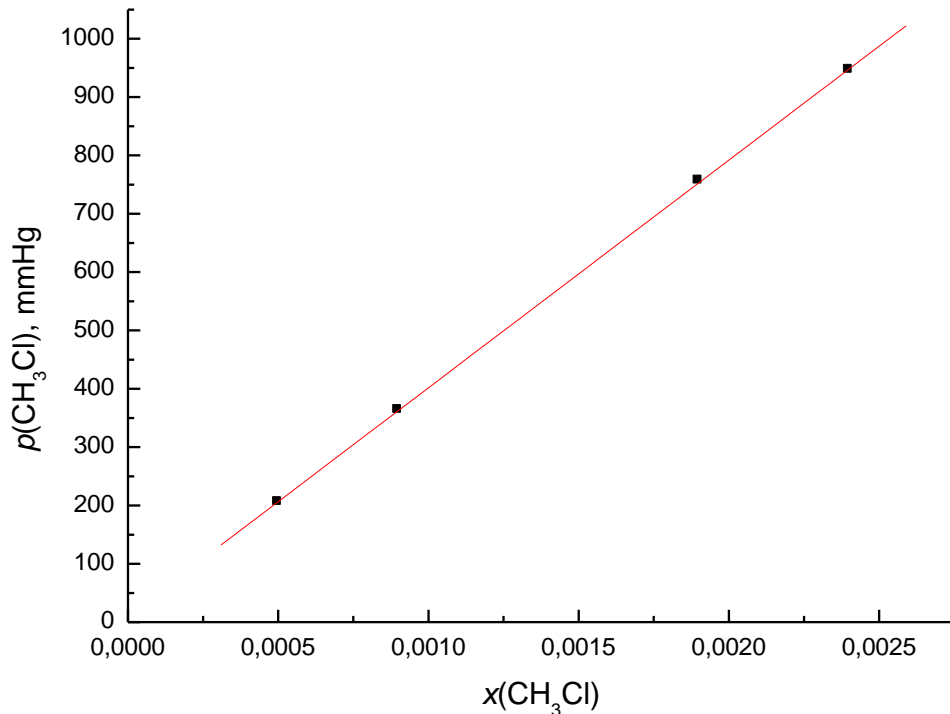
Η σταθερά του Henry μπορεί να υπολογιστεί με αρκετή ακρίβεια από τη γραφική παράσταση της τάσης ατμών για διάφορες συστάσεις και προεκτείνοντας τα δεδομένα αραιών διαλυμάτων. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τάσεις ατμών του μεθυλενοχλωριδίου σε μείγματα του με το νερό στους 25 °C. Υπολογίστε τη σταθερά του Henry για το μεθυλενοχλωρίδιο.

Σύσταση, mol Kg ⁻¹	0.029	0.051	0.106	0.131
p / mmHg	205.2	363.2	756.1	945.9

Λύση:

Μετατρέπουμε τα δεδομένα της συγκέντρωσης σε γραμμομοριακά κλάσματα και καταστρώνουμε τον ακόλουθο πίνακα (1000 g νερό αντιστοιχούν σε 55.49 mol):

$n(\text{H}_2\text{O})$	55.49	55.49	55.49	55.49
$n(\text{CH}_3\text{Cl})$	0.029	0.051	0.106	0.131
$n(\text{συνολικό})$	55.52	55.54	55.60	55.62
$x(\text{CH}_3\text{Cl})$	0.0005	0.0009	0.0019	0.0024
p/mmHg	205.2	363.2	756.1	945.9



Η κλίση του διαγράμματος που αντιστοιχεί στη σταθερά του Henry βρίσκεται με προσαρμογή των δεδομένων σε ευθεία με τη μέθοδο των «ελαχίστων τετραγώνων» ίση με 3.94×10^5

Άρα $K_{\text{CH}_3\text{Cl}} = 3.94 \times 10^5 \text{ mmHg}$

Αναφορές

Οι εικόνες στις διαφάνειες 8, 9, 11 και 14 είναι από το βιβλίο Μπογοσιάν, Σ. (2008) Χημική Θερμοδυναμική, Πάτρα: ΕΑΠ, σ. 242, 243, 272 και 246.



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών. Καθηγητής, Σογομών Μπογοσιάν.
«Θερμοδυναμική II». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2181/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.