

Αρχικές συστάσεις μιγμάτων προς αραίωση: επιλογή εκ των προτέρων ή υπολογισμός εκ των υστέρων;

Το πρόβλημα.

Κανονικά, για να καλύψουμε με ομοιόμορφο τρόπο την περιοχή συστάσεων του αρχικού δυαδικού μίγματος πρέπει να επιλέξουμε ορισμένες τιμές γραμμομοριακών κλασμάτων και μετά, με τη βοήθεια των πυκνοτήτων και μοριακών βαρών των συστατικών, να βρούμε τους όγκους που θα χρησιμοποιήσουμε. Αυτή η λύση έχει το πλεονέκτημα ότι μπορούμε να καθορίσουμε εκ των προτέρων τις συστάσεις που θα μελετήσουμε. Αν όμως, η διαφορά των μοριακών βαρών των δύο συστατικών είναι μεγάλη, για ορισμένες συστάσεις ενδέχεται να έχουμε πολύ μικρό όγκο που θα είναι δύσκολο να τον μετρήσουμε σε μικρές ποσότητες. Σε μια τέτοια περίπτωση θα πρέπει να φτιάξουμε μεγαλύτερη ποσότητα διαλύματος από το οποίο θα πάρουμε όσο μας χρειάζεται. Εναλλακτικά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συγκεκριμένες αναλογίες όγκων εξ αρχής και να υπολογίσουμε εκ των υστέρων τα γραμμομοριακά κλάσματα που αντιστοιχούν σε αυτές. Έτσι, είναι πιο εύκολη και γρήγορη η παρασκευή των αρχικών μιγμάτων αλλά οι τιμές των συστάσεων δε θα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε ένα παράδειγμα με τους υπολογισμούς και για τις δύο αυτές περιπτώσεις.

1. Προκαθορισμένη σύσταση

Έστω ότι θέλουμε να παρασκευάσουμε 20 ml μίγματος επτανίου (E) - νερού (N) με σύσταση 0.2 (ή 20%) ως προς επάνιο. Πόσο όγκο πρέπει να προσθέσουμε από το κάθε συστατικό; Εργαζόμαστε ως εξής: Αν η_A , M_A , ρ_A και V_A είναι τα mol, το μοριακό βάρος, η πυκνότητα και ο όγκος ενός συστατικού A, τότε

$$V_E = \frac{m_E}{\rho_E} = \frac{n_E M_E}{\rho_E} .$$

Εδώ έχουμε το πρόβλημα ότι δεν ξέρουμε τα mol του επτανίου. Ξέρουμε όμως την

αναλογία των mol των δύο συστατικών που είναι $r = \frac{n_E}{n_N} = \frac{x_E}{x_N} = \frac{0.2}{0.8} = 0.25$.Επίσης,

ξέρουμε ότι $V = V_E + V_N = 20 \text{ ml}$. Θα προσπαθήσουμε να εκμεταλλευτούμε αυτά τα δύο για να βρούμε το ζητούμενο. Γράφουμε λοιπόν:

$$V_E = \frac{n_E M_E}{\rho_E} = \frac{\frac{n_E}{n_N} n_N M_E}{\rho_E} = \frac{r n_N M_E}{\rho_E} = \frac{r \frac{m_N}{M_N} M_E}{\rho_E} = \frac{r \frac{\rho_N V_N}{M_N} M_E}{\rho_E} = (V - V_E) \frac{r \rho_N M_E}{\rho_E M_N}$$

από όπου εύκολα βρίσκουμε

$$V_E \left(1 + \frac{r \rho_N M_E}{\rho_E M_N}\right) = V \frac{r \rho_N M_E}{\rho_E M_N} \Rightarrow V_E = V \frac{r \rho_N M_E}{\rho_E M_N + r \rho_N M_E} .$$

Με αντικατάσταση έχουμε:

$$V_E = 20 \times \frac{0.25 \times 1 \times 100}{0.68 \times 18 + 0.25 \times 1 \times 100} = 20 \times \frac{24.5}{12.2 + 24.5} = 13.4 \text{ ml} .$$

Προφανώς ο όγκος του νερού είναι η διαφορά του παραπάνω από τα 20 ml του συνολικού διαλύματος που θέλουμε να παρασκευάσουμε.

Άλλος τρόπος για τον ίδιο υπολογισμό είναι να γράψουμε την αναλογία των mol ως εξής:

$$r = 0.25 = \frac{n_E}{n_N} = \frac{m_E M_N}{m_N M_E} = \frac{V_E \rho_E M_N}{V_N \rho_N M_E} \Rightarrow \frac{V_E}{V_N} = r \frac{\rho_N M_E}{\rho_E M_N} \Rightarrow V_E = (V - V_E) r \frac{\rho_N M_E}{\rho_E M_N} \text{ κλπ}$$

Αν θεωρήσουμε μίγμα 80% σε επτάνιο, η αναλογία των mol γίνεται $r = 4$ και ο όγκος του επτανίου βρίσκεται ότι είναι

$$V_E = 20 \times \frac{4 \times 1 \times 100}{0.68 \times 18 + 4 \times 1 \times 100} = 20 \times \frac{400}{12.2 + 400} = 19.4 \text{ ml}$$

που σημαίνει ότι πρέπει να προσθέσουμε μόλις 0.6 ml νερό.

2. Προκαθορισμένη αναλογία όγκων.

Παρασκευάζουμε μίγμα 4 ml επτανίου και 16 ml νερού. Θέλουμε να βρούμε τα μοριακά κλάσματα των δύο συστατικών. Θα έχουμε

$$x_E = \frac{n_E}{n_E + n_N} = \frac{\frac{m_E}{M_E}}{\frac{m_E}{M_E} + \frac{m_N}{M_N}} = \frac{\rho_E \frac{V_E}{M_E}}{\rho_E \frac{V_E}{M_E} + \rho_N \frac{V_N}{M_N}} = \frac{\frac{0.68 \times 4}{100}}{\frac{0.68 \times 4}{100} + \frac{1 \times 16}{18}} = \frac{0.027}{0.027 + 0.89} = 0.029$$

και για το νερό προφανώς το μοριακό κλάσμα είναι η διαφορά $1 - 0.029 = 0.971$

Αν παρασκευάσουμε μίγμα 16 ml επτανίου και 4 ml νερού, το κλάσμα επτανίου γίνεται

$$x_E = \frac{\frac{0.68 \times 16}{100}}{\frac{0.68 \times 16}{100} + \frac{1 \times 4}{18}} = \frac{0.11}{0.11 + 0.22} = 0.33$$

Παρατηρούμε δηλαδή ότι αν και επιλέγουμε μεγάλο εύρος για την αναλογία των όγκων, καλύπτουμε μόνο μία μικρή περιοχή των δυνατών μοριακών κλασμάτων.

Η επιλογή που θα κάνουμε για την παρασκευή των αρχικών μιγμάτων εξαρτάται από το είδος του προβλήματος, τις πρακτικές δυσκολίες παρασκευής των ποσοτήτων που θέλουμε στις επιθυμητές αναλογίες, τη διαθεσιμότητα των συστατικών που θα χρησιμοποιήσουμε κλπ. Στην περίπτωση του υπό μελέτη προβλήματος (τριαδικό μίγμα επτανίου-νερού-προπανόλης), οι μετρήσεις κατά κανόνα δείχνουν ότι το σημείο ανάμιξης (ποσότητα προπανόλης που επιφέρει ομογενοποίηση) έχει μέγιστο σε αναλογίες όγκου επτανίου : νερού όχι πολύ μακριά από το 1 : 1. Επομένως η περιοχή των μοριακών κλασμάτων που καλύπτουμε όταν επιλέγουμε όγκους επτανίου από 4 έως 16 ml επαρκεί για να μας δώσει τα αδρά χαρακτηριστικά της καμπύλης διάλυσης.

Τροφή για σκέψη: Οι δύο φίλοι, ο Trurl και ο Klaudius, συζητάνε εναλλακτικούς τρόπους απεικόνισης των τριαδικών μιγμάτων σε τριγωνικά διαγράμματα φάσεων. Ο Trurl ισχυρίζεται ότι μπορούμε να κάνουμε ένα αξιόπιστο τριγωνικό διάγραμμα χρησιμοποιώντας κλάσματα όγκων αντί για μοριακά κλάσματα:

“Κανείς δε μας εμποδίζει να ορίσουμε ένα κλάσμα της μορφής $v_A = \frac{V_A}{V}$, όπου V ο συνολικός όγκος του μίγματος και τότε θα ισχύει $v_A + v_B + v_C = 1$ που είναι αρκετό για να εκμεταλλευτούμε τις ιδιότητες των ισοπλεύρων τριγώνων και να επαναλάβουμε ο,τι κάναμε και για τα μοριακά κλάσματα”, λέει ο Trurl. “Το μόνο που θα αλλάξει θα είναι το σχήμα της καμπύλης που χωρίζει τη μονοφασική από τη διφασική περιοχή, αλλά αυτό δε μας πειράζει από τη στιγμή που μπορούμε να ορίσουμε μονοσήμαντα τη θέση οποιουδήποτε συστήματος πάνω στο διάγραμμα”, προσθέτει.

Ο φίλος του, Klaudius, διαμαρτύρεται έντονα και λέει ότι αυτό είναι λάθος, δεν πρόκειται να πάρουμε στη γενική περίπτωση ένα διάγραμμα που να έχει πρακτική αξία με αυτό τον τρόπο. Μπορούμε, αν θέλουμε, να χρησιμοποιήσουμε κλάσματα βάρους, όχι όμως κλάσματα όγκου.

Γιατί άραγε διαφωνεί ο Klaudius; Ποιος έχει δίκιο και γιατί; Ο Trurl, ο Klaudius και οι δύο ή κανένας;