Συγκέντρωση

Συγκέντρωση διαλύματος: η ποσότητα της ουσίας που έχει διαλυθεί σε δεδομένη ποσότητα διαλύτη ή διαλύματος.

Αραιό διάλυμα: όταν η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας είναι χαμηλή
Πυκνό διάλυμα: όταν η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας είναι υψηλή.

Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας μπορεί να εκφράζεται σε γραμμάρια ή moles.

Η ποσότητα του διαλύτη ή του διαλύματος μπορεί να αναφέρεται σε όγκο ή μάζα.

⇒ δημιουργούνται διάφοροι τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης ενός διαλύματος.

Τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης

Χημικές μονάδες

1. Molarity ή γραμμομοριακή συγκέντρωση (*M*)
2. Normality ή κανονική συγκέντρωση ή κανονικότητα (*N*)
3. Molality ή γραμμομοριακή συγκέντρωση κατά 1000 g διαλύτη (*m*)
4. Γραμμομοριακό κλάσμα (*X*)

Φυσικές μονάδες

1. Επί τοις εκατό κατά μάζα (% *m*/*m*)
2. Επί τοις εκατό κατά μάζα προς όγκο (% *m*/*V*)
3. Επί τοις εκατό κατ' όγκο (% *V*/*V*)
4. Μέρη ανά εκατομμύριο (ppm)

Molarity ή γραμμομοριακή κατά όγκο συγκέντρωση (M)

Molarity ή γραμμομοριακή συγκέντρωση (*M*) είναι τα moles της διαλυμένης ουσίας σε ένα λίτρο διαλύματος.

$$\text{Molarity } (M) = \frac{\text{moles διαλυμένης ουσίας}}{\text{λίτρα διαλύματος}}$$

Ένα υδατικό διάλυμα που είναι 0,30 *M* σε αμμωνία (NH_3) περιέχει 0,30 mol NH_3 (5,1 g NH_3) ανά λίτρο διαλύματος.

Παρασκευή διαλύματος ορισμένης γραμμομοριακής συγκέντρωσης

Παράδειγμα 1

Πόσα γραμμάρια πενταϋδρικού θειικού χαλκού(ΙΙ), $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, πρέπει να ζυγίσουμε, προκειμένου να παρασκευάσουμε 250 mL διαλύματος $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ συγκέντρωσης 0,200 *M*;

Συγκέντρωση 0,200 *M* σημαίνει 0,200 mol ουσίας σε 1 L ή 1000 mL διαλύματος.
Άρα, για 250 mL διαλύματος, θα χρειασθούμε
(0,200 mol × 250 mL) / 1000 mL = 0,0500 mol $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Επειδή 1 mol $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ζυγίζει 249,686 g, τα 0,0500 mol ζυγίζουν 12,48 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Τρόπος παρασκευής διαλύματος $CuSO_4$ συγκέντρωσης 0,200 M

Ζυγίζουμε 12,48 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (0,0500 mol) πάνω στο δίσκο του εργαστηριακού ζυγού

Μεταφέρουμε προσεκτικά τον πενταϋδρικό θειικό χαλκό(ΙΙ) σε ογκομετρική φιάλη των 250 mL

Προσθέτουμε νερό μέχρις ότου η στάθμη του διαλύματος φθάσει στη χαραγή της ογκομετρικής φιάλης

Normality ή Κανονικότητα (N)

Normality (*N*) είναι τα γραμμοϊσοδύναμα της διαλυμένης ουσίας σε ένα λίτρο διαλύματος.

$$\text{Normality } (N) = \frac{\text{γραμμοϊσοδύναμα διαλυμένης ουσίας}}{\text{λίτρα διαλύματος}}$$

Στην πράξη χρησιμοποιούμε και τα χιλιοστο-γραμμοϊσοδύναμα (meq) ανά χιλιοστόλιτρο (mL).

Ορισμός γραμμοϊσοδυνάμου:

$$\text{g-eq} = \text{mole διαλυμένης ουσιας} \times n$$

n = καθαρός αριθμός

Η τιμή του *n* εξαρτάται από τον τύπο της αντίδρασης!!!

⇒ δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε τη normality, αν δεν γνωρίζουμε σε ποια αντίδραση θα χρησιμοποιηθεί το διάλυμα.

Το γραμμοϊσοδύναμο σε μεταθετικές αντιδράσεις

Οξύ: n = αριθμός των H^+ που παρέχονται κατά την αντίδραση

$H_3PO_4(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaH_2PO_4(aq) + H_2O(\ell) \Rightarrow$

$$1\ \text{eq}\ H_3PO_4 = \frac{1\ \text{mol}\ H_3PO_4}{1} = \frac{98,00\ \text{g}}{1} = 98,00\ \text{g}\ H_3PO_4$$

$H_3PO_4(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2HPO_4(aq) + 2H_2O(\ell) \Rightarrow$

$$1\ \text{eq}\ H_3PO_4 = \frac{1\ \text{mol}\ H_3PO_4}{2} = \frac{98,00\ \text{g}}{2} = 49,00\ \text{g}\ H_3PO_4$$

$H_3PO_4(aq) + 3NaOH(aq) \rightarrow Na_3PO_4(aq) + 3H_2O(\ell) \Rightarrow$

$$1\ \text{eq}\ H_3PO_4 = \frac{1\ \text{mol}\ H_3PO_4}{3} = \frac{98,00\ \text{g}}{3} = 32,67\ \text{g}\ H_3PO_4$$

Το γραμμοϊσοδύναμο σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

Οξειδωτική ουσία: *n* = αριθμός των προσλαμβανομένων ηλεκτρονίων κατά την αντίδραση

$$1\,eq\,KMnO_4 = \frac{1\,mol\,KMnO_4}{5} = 31{,}61\,g$$ για $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$

$$1\,eq\,KMnO_4 = \frac{1\,mol\,KMnO_4}{3} = 52{,}68\,g$$ για $MnO_4^- \rightarrow MnO_2$

Αναγωγική ουσία: *n* = αριθμός των αποβαλομένων ηλεκτρονίων κατά την αντίδραση

$$1\,eq\,H_2S = \frac{H_2S}{2} = 17{,}04\,g$$ για $S^{2-} \rightarrow S$

Molality ή Γραμμομοριακή κατά βάρος συγκέντρωση (m)

Molality (*m*) είναι τα moles της διαλυμένης ουσίας ανά χιλιόγραμμο διαλύτη.

$$\text{Molality } (m) = \frac{\text{moles διαλυμένης ουσίας}}{\text{χιλιόγραμμα διαλύτη}}$$

Π.χ. ένα διάλυμα που προκύπτει με διάλυση 0,30 mol αιθυλενογλυκόλης σε 2,0 kg νερού έχει molality 0,30 mol / 2,0 kg = 0,15 *m* αιθυλενογλυκόλη

! molality: ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία.

Υπολογισμός της Molality από μάζα ουσίας και μάζα διαλύτη

Παράδειγμα

Πόση είναι η molality ενός διαλύματος που παρασκευάσθηκε με διάλυση 225 mg γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) σε 5,00 mL αιθυλικής αλκοόλης (*d* = 0,789 g/mL);

Η molality αναφέρεται σε moles διαλυμένης ουσίας ανά kg διαλύτη.

Θα πρέπει λοιπόν να μετατρέψουμε τα 225 mg γλυκόζης σε moles γλυκόζης και τα mL της αλκοόλης σε kg αλκοόλης.

1 mol $C_6H_{12}O_6$ ζυγίζει 180,2 g ⇒ τα 225 mg = 0,225 g είναι

$$\text{moles } C_6H_{12}O_6 = \frac{0,225 \text{ g}}{180,2 \text{ g / mol}} = 1,25 \times 10^{-3} \text{mol}$$

Υπολογισμός της Molality από μάζα ουσίας και μάζα διαλύτη

Η μάζα του διαλύτη βρίσκεται, αν πολλαπλασιάσουμε τον όγκο επί την πυκνότητα:

μάζα διαλύτη = (5,00 mL)(0,789 g/mL) = 3,95 g = 0,00395 kg ⇒

$$\text{Molality} = \frac{1,25 \times 10^{-3}\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}{0,00395\ \text{kg διαλύτη}} = 0,316\ m\ C_6H_{12}O_6$$

Γραμμομοριακό κλάσμα

Γραμμομοριακό κλάσμα (*X*) ενός συστατικού *A* του διαλύματος είναι τα moles του συστατικού *A* διαιρεμένα δια του συνολικού αριθμού των moles του διαλύματος (δηλαδή, moles υπολοίπων συστατικών και διαλύτη).

$$X_A = \frac{\text{moles συστατικού } A}{\text{συνολικός αριθμός moles διαλύματος}}$$

Π.χ., σε ένα διάλυμα που παρασκευάσθηκε από 1 mol αιθυλενογλυκόλης και 9 mol νερού, το γραμμομοριακό κλάσμα της αιθυλενογλυκόλης είναι 1/10 = 0,1 και το γραμμομοριακό κλάσμα του νερού είναι 9/10 = 0,9.

Υπολογισμός γραμμομοριακών κλασμάτων των συστατικών διαλύματος

Παράδειγμα

Υπολογίστε τα γραμμομοριακά κλάσματα της γλυκόζης ($C_6H_{12}O_6$) και του νερού σε ένα διάλυμα που περιέχει 6,32 g γλυκόζης διαλυμένα σε 27,3 g νερού.

Επειδή τα γραμμομοριακά κλάσματα αναφέρονται σε moles, θα μετατρέψουμε τις δεδομένες μάζες σε moles.

1 mol $C_6H_{12}O_6$ ζυγίζει 180,2 g ⇒ τα 6,32 g είναι

$$\text{moles } C_6H_{12}O_6 = \frac{6{,}32 \text{ g}}{180{,}2 \text{ g / mol}} = 0{,}0351 \text{ mol}$$

Υπολογισμός γραμμομοριακών κλασμάτων των συστατικών διαλύματος

Τα moles του νερού στο διάλυμα είναι

$$\text{moles } H_2O = \frac{27{,}3 \text{ g}}{18{,}0 \text{ g / mol}} = 1{,}52 \text{ mol}$$

Συνεπώς, το σύνολο των moles του διαλύματος είναι
0,0351 mol + 1,52 mol = 1,555 mol $\Rightarrow$

$$\text{Γραμμομοριακό κλάσμα γλυκόζης} = \frac{0{,}0351 \text{ mol}}{1{,}555 \text{ mol}} = 0{,}0226$$

$$\text{Γραμμομοριακό κλάσμα νερού} = \frac{1{,}52 \text{ mol}}{1{,}555 \text{ mol}} = 0{,}977$$

Το άθροισμα των γραμμομοριακών κλασμάτων είναι 1,00

Συγκέτρωση επί τοις εκατό κατά μάζα (%w/w)

Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατά μάζα (% *m/m*) είναι ο λόγος της μάζας της διαλυμένης ουσίας (σε g) προς τη μάζα του διαλύματος (σε g), πολλαπλασιασμένος επί 100%.

$$\text{Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατά μάζα} = \frac{\text{μάζα διαλυμένης ουσίας}}{\text{μάζα διαλύματος}} \times 100\%$$

Π.χ., ένα υδατικό διάλυμα χλωριδίου του νατρίου, NaCl, 4,2% κατά μάζα περιέχει 4,2 g NaCl σε 100 g διαλύματος.

Συγκέτρωση επί τοις εκατό μάζα κατά όγκο (%w/v)

Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατά μάζα προς όγκο (% *m/V*) είναι ο λόγος της μάζας της διαλυμένης ουσίας (σε g) προς τον όγκο του διαλύματος (σε mL), πολλαπλασιασμένος επί 100%.

$$\text{Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατ' όγκο} = \frac{\text{μάζα διαλυμένης ουσίας}}{\text{όγκος διαλύματος}} \times 100\%$$

Π.χ., ένα υδατικό διάλυμα χλωριδίου του νατρίου, NaCl, 3,6 % κατ' όγκο περιέχει 3,6 g NaCl σε 100 mL διαλύματος.

Συγκέτρωση επί τοις εκατό κατά όγκο (%v/v)

Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατ' όγκο (% *V/V*) είναι ο λόγος του όγκου της διαλυμένης ουσίας (σε mL) προς τον όγκο του διαλύματος (σε mL), πολλαπλασιασμένος επί 100%.

$$\text{Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατ' όγκο} = \frac{\text{όγκος διαλυμένης ουσίας}}{\text{όγκος διαλύματος}} \times 100\%$$

Π.χ., ένα υδατικό διάλυμα μεθανόλης 8,5% κατ' όγκο περιέχει 8,5 mL μεθανόλης στα 100 mL διαλύματος.

Το διάλυμα αυτό παρασκευάζεται με εισαγωγή 8,5 mL μεθανόλης σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL και συμπλήρωση με νερό μέχρι τη χαραγή της φιάλης.

Τι σημαίνει συγκέτρωση υδροχλωρικού οξέος 37%?

!!! Όταν η συγκέντρωση εκφράζεται επί τοις εκατό, πρέπει να καθορίζεται αν αυτή είναι επί τοις εκατό κατά μάζα, κατ' όγκο ή κατά μάζα προς όγκο.

Εφόσον αυτό δεν αναφέρεται, θεωρούμε ότι πρόκειται για:

* Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατά μάζα προς όγκο (*m/V*), αν η διαλυμένη ουσία είναι στερεή.

* Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατ' όγκο (*V/V*), αν η διαλυμένη ουσία είναι υγρή.

* Συγκέντρωση επί τοις εκατό κατά μάζα (*m/m*), για διαλυμένα στο νερό αέρια, όπως NH_3 και HCl.

⇒ HCl(*aq*) 37% σημαίνει κατά μάζα

Μέρη ανά εκατομύριο

Η συγκέντρωση σε μέρη ανά εκατομμύριο (c_{ppm}) ορίζεται από τη σχέση

$$c_{ppm} = \frac{\text{μάζα διαλυμένης ουσίας}}{\text{μάζα διαλύματος}} \times 10^6 \text{ppm}$$

Π.χ., ένα υδατικό διάλυμα με συγκέντρωση ιόντων χλωριδίου (Cl^-) 7 ppm, περιέχει:
7 g ιόντων Cl^- σε 10^6 g διαλύματος ή
7 mg ιόντων Cl^- σε 1000 g διαλύματος.

Επειδή η πυκνότητα ενός τέτοιου αραιού διαλύματος είναι πρακτικά η πυκνότητα του καθαρού νερού (d = 1,00 g/mL ή 1000 g/L), μπορούμε να πούμε ότι η συγκέντρωση των 7 ppm αντιστοιχεί σε 7 mg ιόντων Cl^- ανά λίτρο διαλύματος.

Ανάλογα ορίζεται η συγκέντρωση σε μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb).

Ασκήσεις

1. Πως μπορούμε να μετατρέψουμε την %w/w σε % w/v περιεκτικότητα;
2. Ποιά είναι η μοριακότητα (M) διαλύματος HCl εμπορίου 37% w/w και πυκνότητας ρ=1.19 g/cm^3
3. Ποιά είναι η μοριακότητα (M) διαλύματος NH_3 εμπορίου 25% w/w και πυκνότητας ρ=0.91 g/cm^3
4. Σε τι μονάδες αντιστοιχεί το ppm;
5. Σε τι μονάδες αντιστοιχεί το ppb;
6. Ποια είναι η μοριακότητα ενός διαλύματος HCOOH 0,5N;
7. Υπολογίστε την κανονικότητα 49 g H_2SO_4 σε υδατικό διάλυμα όγκου 450 mL. Δίνεται το M_r = 98 g/mole.