

## ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

Η συγκέντρωση συμβολίζεται γενικά με το σύμβολο C ή γράφοντας τον μοριακό τύπο της διαλυμένης ουσίας ανάμεσα σε αγκύλες, π.χ.  $[NH_3]$  ή  $[H_2SO_4]$ .

Σε κάθε περίπτωση, η συγκέντρωση εκφράζεται σε αριθμό μονάδων μάζας ή βάρους ή όγκου της διαλυμένης ουσίας ανά μονάδα μάζας ή βάρους ή όγκου του διαλύτη ή του διαλύματος. Δηλαδή:

(συγκέντρωση) = (ποσότητα δ/νης ουσίας) / (ποσότητα δ/τος ή δ/τη).

### ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

<b>Όνομασία</b>	<b>Φυσική σημασία</b>
% κατά βάρος (% w/w)	gr διαλυμένης ουσίας/100 διαλύματος
% κατ' όγκο (% v/v)	mL διαλυμένης ουσίας/100 mL διαλύματος
% βάρος κατ' όγκο (%w/v)	gr διαλυμένης ουσίας/100 mL διαλύματος Χρησιμοποιείται μόνο σε αέρια μίγματα, και είναι η πίεση του κάθε συστατικού του αερίου όταν καταλαμβάνει μόνο του το συγκεκριμένο όγκο
Μερική πίεση αερίων	
Μοριακότητα, M, ή συγκέντρωση πυκνότητας ουσίας, μολαρικότητα (molarity)	mol συστατικού σε 1 L διαλύματος
Μοριακότητα ανά μάζα διαλύτη, m, ή μολαλικότητα (molality)	mol συστατικού σε 1 Kg διαλύτη
Κανονικότητα, N (normality)	eq συστατικού σε 1 L διαλύματος
Μοριακό κλάσμα ή κλάσμα ποσότητας (mole fraction)	Ποσότητα ουσίας συστατικού (αριθμός mol) προς το σύνολο της ποσότητας της ουσίας όλων των συστατικών (συνολικός αριθμός mol)

### **1. Μοριακότητα κατ' όγκο ή μολαρικότητα ή συγκέντρωση ποσότητας ουσίας (molarity, M):**

Περιγράφει τον αριθμό των moles της ουσίας που είναι διαλυμένα σε διάλυμα όγκου 1 λίτρου.

π.χ. Υδατικό διάλυμα 3,5 M KCl ή 3,5 mol/L: Είναι ένα διάλυμα KCl σε νερό, που περιέχει 3,5 moles KCl σε 1 λίτρο διαλύματος.

#### **Συγκέντρωση και moles**

$$C = n / V$$

$$n = m / M_r$$

### **2. Μοριακότητα κατά βάρος ή μολαλικότητα (molality, m):**

Περιγράφει τον αριθμό των moles της ουσίας που είναι διαλυμένα σε διαλύτη βάρους 1000 gr.

π.χ. Υδατικό διάλυμα 3,5 m KCl ή 3,5 mol/1000 gr: Είναι ένα διάλυμα KCl σε νερό, που περιέχει 3,5 moles KCl σε 1000 gr νερού. (Χρησιμοποιείται συνήθως όταν ο διαλύτης είναι άλλος εκτός του νερού).

### **3. Κανονικότητα (Normality, N):**

Περιγράφει τον αριθμό των ισοδυνάμων (eq) της ουσίας που είναι διαλυμένα σε διάλυμα όγκου 1 λίτρου.

π.χ. Υδατικό διάλυμα 3,5 N KCl ή 3,5 eq/L: Είναι ένα διάλυμα KCl σε νερό, που περιέχει 3,5 ισοδύναμα KCl σε 1 λίτρο διαλύματος.

Το ισοδύναμο βάρος (EW) μιας ουσίας σχετίζεται με το μοριακό της βάρος.

Ισοδύναμο βάρος,  $EW = Mr / \alpha$

Για ιόντα:  $\alpha =$  φορτίο του ιόντος

Για οξέα και βάσεις:  $\alpha =$  αριθμός των  $H^+$  ή των  $HO^-$  που αντιδρούν

Για οξειδο-αναγωγικές αντιδράσεις:  $\alpha =$  αριθμός των ηλεκτρονίων που ανταλλάσσονται

### Ισοδύναμα και κανονικότητα

Ισοδύναμα:  $eq = m / EW$

όπου:  $eq$ : ισοδύναμα

$m$ : μάζα της ουσίας σε g

$EW$ : ισοδύναμο βάρος

Κανονικότητα:  $N = eq / V$

όπου:  $N$ : κανονικότητα σε eq/L

$eq$ : ισοδύναμα

$V$ : όγκος του διαλύματος σε L

### 4. Μοριακό κλάσμα ή κλάσμα ποσότητας ουσίας:

Περιγράφει τον αριθμό των moles της ουσίας ως προς το συνολικό αριθμό moles όλου του διαλύματος, παίρνει τιμές από 0 έως 1.

π.χ. Μοριακό κλάσμα μιας ουσίας 0,4 σημαίνει ότι για κάθε 10 moles όλων των συστατικών του διαλύματος, τα 4 ανήκουν στην ουσία αυτή.

**5. Εκατοστιαία σύσταση κατά μάζα (m/m) ή κατά βάρος (% w/w), ή απλά % κ. β.:**

Περιγράφει τον αριθμό των gr της διαλυμένης ουσίας ανά 100 gr του διαλύματος (χρησιμοποιείται στα εμπορικά πυκνά διαλύματα οξέων και βάσεων).

**6. Εκατοστιαία σύσταση μάζα κατ' όγκο (% m/v) ή βάρος κατ' όγκο (% w/v), ή απλά % κ. ο.:**

Περιγράφει τον αριθμό των gr της διαλυμένης ουσίας ανά 100 mL του διαλύματος (παρασκευή αραιών υδατικών διαλυμάτων διαφόρων ουσιών).

**7. Εκατοστιαία σύσταση κατ' όγκο (%v/v) ή % κ. ο.:**

Περιγράφει τον αριθμό των mL της διαλυμένης ουσίας ανά 100 mL του διαλύματος [διαλύματα αερίων σε αέρια, π.χ. ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει 20% v/v οξυγόνο και 79% v/v άζωτο (θεωρείται ο διαλύτης)].

**8. Εκατοστιαία σύσταση όγκο κατά μάζα ή βάρος (%v/w) ή απλά % ο.κ.β.:**

Περιγράφει τον αριθμό των mL της διαλυμένης ουσίας ανά 100 gr του διαλύματος (χρησιμοποιείται σπάνια για διαλύματα αερίων σε υγρά).

**9. Μέρη ανά εκατομμύριο (ppm, parts per million):**

Περιγράφει τα μέρη μάζας της ουσίας ανά ένα εκατομμύριο μέρη μάζας του διαλύματος, ή τα μέρη όγκου της ουσίας ανά ένα εκατομμύριο μέρη όγκου του διαλύματος.

π.χ. Υδατικό διάλυμα ΚΟΗ 1 ppm (βάρους) σημαίνει ένα διάλυμα στο οποίο έχουν διαλυθεί:

- 1gr ΚΟΗ ανά  $10^6$  gr νερού ή
- 1 mgr ΚΟΗ ανά  $10^3$  gr νερού ή
- 1 μgr ΚΟΗ ανά 1 gr νερού

Επειδή για το νερό 1 mL έχει μάζα 1 gr, ισχύει ότι:

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mgr}/1000 \text{ gr} = 1 \text{ mgr}/\text{L} = 1 \text{ μgr}/\text{gr} = 1 \text{ μgr}/\text{mL}$$

### **10. Μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb, parts per billion):**

Περιγράφει τα μέρη μάζας της ουσίας ανά ένα δισεκατομμύριο μέρη μάζας του διαλύματος, ή τα μέρη όγκου της ουσίας ανά ένα δισεκατομμύριο μέρη όγκου του διαλύματος.

π.χ. Υδατικό διάλυμα ΚΟΗ 1 ppb (βάρους) σημαίνει ένα διάλυμα στο οποίο έχουν διαλυθεί:

- 1gr ΚΟΗ ανά  $10^9$  gr νερού ή
- 1 mgr ΚΟΗ ανά  $10^6$  gr νερού ή
- 1 μgr ΚΟΗ ανά  $10^3$  gr νερού ή
- 1ngr ΚΟΗ ανά 1 gr νερού

Επειδή για το νερό 1 mL έχει μάζα 1 gr, ισχύει ότι:

$$1 \text{ ppb} = 1 \text{ μgr}/1000 \text{ gr} = 1 \text{ μgr}/\text{L} = 1 \text{ ngr}/\text{gr} = 1 \text{ ngr}/\text{mL}$$

### **ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ**

#### **1) Για τη μετατροπή των ppm σε mol/L:**

$M_x$  = σχετική ατομική ή μοριακή μάζα

$$(\text{αριθμός ppm}) \cdot \frac{d}{1000 M_x} = (\text{αριθμός mol})/\text{L}$$

ή για υδατικά διαλύματα:

$$(\text{αριθμός ppm}) \cdot \frac{1}{1000 \text{ Mx}} = (\text{αριθμός mol}) / \text{L}$$

Για τη μετατροπή ppm σε % κ. β:

$$\frac{\text{αριθμός ppm}}{10000} = \% \text{ κ. β}$$

## **2) Για τη μετατροπή των mol/L σε %β.κ.ο.:**

$$(\text{αριθμός mol}) / \text{L} \times \text{Mx} / 10 = \% \beta . \kappa . \omicron$$

## **3) Για τη μετατροπή των mol/L σε eq/L:**

$$(\text{αριθμός mol}) / \text{L} = f \times (\text{αριθμός eq}) / \text{L}$$

f = αρνητικό ή θετικό φορτίο των κατιόντων ή ανιόντων

## **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ**

**1.** Να υπολογιστεί η μοριακή κατ'όγκο συγκέντρωση καθώς και η κανονικότητα του πυκνού θειικού οξέος του εμπορίου όταν η κατά βάρος περιεκτικότητά του είναι 95% και η πυκνότητά του 1,84 gr/mL.

Το 1 mL δ/τος έχει μάζα 1,84 gr

Τα 1000 mL  $\chi = ;$  1840 gr

Σε 100 gr δ/τος τα 95 gr είναι  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (τα 5 είναι  $\text{H}_2\text{O}$ )

Άρα σε 1840 gr  $\chi = ;$  1748 gr

Η μάζα αυτή του  $\text{H}_2\text{SO}_4$  αντιστοιχεί σε:

$$n = m/M.B = 1748/98 = 17,83 \text{ mol}$$

Συνεπώς το πυκνό  $\text{H}_2\text{SO}_4$  περιέχει 17,83 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4/1000\text{mL}$  δ/τος ή έχει μοριακότητα 17,83 M.

Η κανονικότητά του υπολογίζεται από της σχέση:

$$N = f \times M = 2 \times 17,83 = 35,66 \text{ eq/L}$$

**2.** Να υπολογιστεί η μοριακή κατόγκο του κορεσμένου υδατικού δ/τος του KCl (M.B=74,6) στους  $80^\circ\text{C}$ , όταν η διαλυτότητα του στη θερμοκρασία αυτή είναι 50%, και η πυκνότητα του δ/τος είναι 1,343 g/mL. Πώς μπορούν από το δ/μα αυτό να παρασκευαστούν 500 mL ενός αραιού δ/τος 2686 ppm ως προς KCl;

Το 1 mL δ/τος έχει μάζα 1,343 gr

Τα 1000 mL  $\chi = ;$  1343 gr

Σε 100 gr κορεσμένου δ/τος διαλύονται 50 gr KCl

Άρα σε 1343 gr (που αντιστοιχούν σε 1L)  $\chi = ;$  671,5 gr

Το 1mole KCl έχει μάζα 74,6 gr

$x = ;$  9mol 671,5 gr

Άρα η μολαρικότητα του κορεσμένου δ/τος είναι 9M.

Η μολαρικότητα αυτή μετατρέπεται σε ppm

(Αριθμός mol/L)  $\times$  1000  $\times$   $M_{\text{KCl}}$  = αριθμός ppm

$9 \times 1000 \times 74,6 = 671400$  ppm KCl

άρα:  $671400 \times V = 500 \times 2686$  και  $V = 2$  mL.

**3.** Διαθέτουμε δύο δ/τα  $\text{CaCO}_3$ , το ένα έχει συγκέντρωση 150 ppm και το άλλο 300 ppm. Ποιους όγκους από το κάθε δ/μα πρέπει να αναμείξουμε ώστε να παρασκευάσουμε 100 mL δ/τος συγκέντρωσης 200 ppm;

Συμβολίζουμε με  $\alpha$  και  $\beta$  τους δύο άγνωστους όγκους (σε mL) και επιδιώκουμε το σχηματισμό δύο εξισώσεων με τους δύο αυτούς αγνώστους ώστε να προκύψει σύστημα.

$$\text{Θα ισχύει: } \alpha + \beta = 100 \quad (1)$$

$$\text{Σχέση ανάμιξης: } \alpha \times c_1 + \beta \times c_2 = c \times (\alpha + \beta)$$

$$\alpha \times 150 + \beta \times 300 = 200 \times 100$$

$$\underline{\alpha = 66,667 \text{ mL}} \quad \text{και} \quad \underline{\beta = 33,333 \text{ mL}}$$

**4.** Ποια η επί τοις εκατό w/v περιεκτικότητα υδατικού δ/τος  $\text{NH}_3$  14,6% w/w και ειδικού βάρους 0,94 (καθαρός αριθμός). Ποια η μοριακότητα και η μολαλικότητα του δ/τος;

Το 1 mL δ/τος έχει μάζα 0,94 gr

Τα 1000 mL  $\chi = ;$  940 gr

Σε 100 gr δ/τος περιέχονται 14,6 gr  $\text{NH}_3$

940 gr  $\chi = ;$  137,24 gr

Άρα και σε 1000 mL δ/τος περιέχονται 137,24 gr  $\text{NH}_3$

Η μάζα αυτή της  $\text{NH}_3$  αντιστοιχεί σε:

$$n = m/M.B = 137,24/17 = 8,07 \text{ mol}$$

Συνεπώς μοριακότητα είναι 8,07 M.

Η μολαλικότητα του υπολογίζεται ως εξής:



Σε 100 gr δ/τος περ.

85,4gr H<sub>2</sub>O

14,6 gr NH<sub>3</sub>

Σε 1000 gr

χ = ; 170,96 gr

Η μάζα αυτή της NH<sub>3</sub> αντιστοιχεί σε:

$$n = m/M.B = 170,96/17 = 10,06 \text{ mol}$$

Συνεπώς μολαλικότητα είναι 10,06 m.

**5.** Να υπολογιστεί η μοριακότητα και η μολαλικότητα δ/τος άλατος Mohr, όταν το δ/μα του περιέχει 100 ppm σιδήρου (στο δ/μα δεν υπάρχει άλλη ένωση του σιδήρου και η πυκνότητά του θεωρείται 1gr/ mL).

Αφού το διάλυμα είναι 100 ppm σε Fe, σημαίνει ότι σε 1000 mL διαλύματος περιέχονται 100 mg Fe ή 0.1 g, που αντιστοιχούν σε n moles:

$$n = m / M_{Fe} = 0,1 / 55,84 = 0.00179 \text{ mol}$$

Ο μοριακός τύπος του άλατος του Mohr είναι FeSO<sub>4</sub>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O, δηλαδή κάθε μόριο του άλατος περιέχει ένα άτομο Fe. Επομένως η μολαρικότητα του διαλύματος ως προς το άλας Mohr θα ταυτίζεται αριθμητικά με τη μολαρικότητα του διαλύματος ως προς Fe, δηλαδή θα είναι 1., 9·10<sup>-3</sup> M.

Η μολαρικότητα του διαλύματος είναι πρακτικά ίδια, γιατί το διάλυμα είναι πολύ αραιό, και δεν περιέχονται σ' αυτό άλλα συστατικά. Γενικά, υδατικά διαλύματα ενός συστατικού θεωρούνται πολύ αραιά όταν η περιεκτικότητά τους σε συστατικό είναι μικρότερη από 1 g / L.

**6.** Νερό περιέχει 1% θειϊκό ασβέστιο ( $\text{CaSO}_4$ ) κ.β. Εκφράσατε τη συγκέντρωση του  $\text{CaSO}_4$  σε όρους mg/l και σε εκατομμυριοστά [parts per million (ppm)]. Πόσο ασβέστιο ( $\text{Ca}^{+2}$ ) σε mg/l περιέχεται στο νερό. Δίνεται πυκνότητα νερού ,  $\rho_{\text{H}_2\text{O}}=1 \text{ kg/l}$ .

$$1\% \text{ CaSO}_4 \text{ κ.β.} = \frac{10\text{grCaSO}_4}{1000 \text{ grH}_2\text{O}} = \frac{10\text{gr}}{1 \text{ l H}_2\text{O}} = 10000 \text{ mg/l}$$

$$1\% \text{ CaSO}_4 \text{ κ.β.} = \frac{1\text{grCaSO}_4}{100 \text{ grH}_2\text{O}} = \frac{1 \times 10000}{100 \times 10000} = \frac{10000}{1.000.000} = 10000 \text{ ppm}$$

Για να υπολογισθεί η συγκέντρωση του ασβεστίου στο νερό υπολογίζεται πρώτα το μοριακό βάρος (MB) του  $\text{CaSO}_4$ :

$$\text{MB}_{\text{CaSO}_4} = 40 + 32 + 4 \times 16 = 136 \text{ gr}$$

$$\text{Άρα } \text{Ca}^{+2} \text{ (mg/l)} = 10000 \text{ mg/l} \times (40/136) = 2941 \text{ mg/l}$$

Πώς αλλάζει η τιμή της συγκέντρωσης του  $\text{CaSO}_4$  αν η πυκνότητα του νερού ισούται με 1,03 kg/l.

- Η συγκέντρωση σε όρους ppm παραμένει ίδια

$$\bullet \quad 1\% \text{ CaSO}_4 = \frac{10\text{gr}}{1000 \text{ grH}_2\text{O}} = \frac{10 \text{ gr}}{1000 / 1,03 \text{ l}} = 10300 \text{ mg/l H}_2\text{O}$$

**7.** Υπολογίστε την μοριακή συγκέντρωση M (molarity) και κανονικότητα N (normality) του διαλύματος που περιέχει 1% σε CaSO<sub>4</sub> κ.β.

$$MB \text{ CaSO}_4 = 136$$

$$M_{\text{CaSO}_4} = \frac{\text{moles CaSO}_4}{\ell \text{ διαλύματος}} = 10 \text{ gr/l} \times (1/136) = 0,07 \text{ M} \quad \text{ή} \quad 70 \text{ mM}$$

Κανονικότητα με βάση τα φορτία

$$\text{Ca}^{+2} \quad \text{ισοδύναμο βάρος} = 136/2 = 68 \text{ gr}$$

$$N = 2 \times 0,07 = 0,14 \text{ eq} \quad \text{ή} \quad 140 \text{ meq}$$

**8.** Βρείτε την κανονική συγκέντρωση των ακόλουθων διαλυμάτων:

A) 120 mg/l CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> με βάση τα ιόντα

$$\text{Φορτίο ιόντων CO}_3^{-2} = 2$$

$$MB \text{ CO}_3^{-2} = 12 + 3 \times 16 = 60 \text{ gr}$$

$$\text{Ισοδύναμο βάρος } 60/2 = 30 \text{ gr/eq}$$

$$\text{Κανονική συγκέντρωση CO}_3^{-2} = \frac{120 \text{ mg/l}}{30000 \text{ mg/eq}} = 4 \times 10^{-3} \text{ eq/l} = 4 \text{ meq/l}$$

B) 36,5 mg/l HCl

$$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^- \quad \text{άρα ισοδύναμο βάρος} = MB/1 = 36,5 \text{ g/eq} = 36,5 \text{ mg/meq}$$

Άρα κανονική συγκέντρωση

$$N_{\text{HCl}} = \frac{36,5 \text{ mg/l}}{36,5 \text{ mg/meq}} = 1 \text{ meq/l}$$

Γ) 120 mg/l  $\text{CO}_3^-$  με βάση την αντίδραση  $\text{CO}_3^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

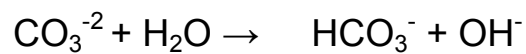
$$\text{MB } \text{CO}_3^{-2} = 60 \text{ gr}$$

$$\text{Ισοδύναμο βάρος } 60/2 = 30 \text{ gr/eq} = 30 \text{ mg/meq}$$

Άρα κανονική συγκέντρωση

$$\text{Κανονική συγκέντρωση } \text{CO}_3^{-2} = \frac{120 \text{ mg/l}}{30 \text{ mg/meq}} = 4 \text{ meq/l}$$

Δ) 120 mg/l  $\text{CO}_3^{-2}$  με βάση την αντίδραση

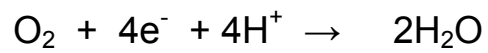


1  $\text{OH}^-$  αντιδρά με 1 mole  $\text{CO}_3^{-2}$

$$\text{Ισοδύναμο βάρος } \text{CO}_3^{-2} = \frac{\text{MB}}{1 \text{ eq/mole}} = 60/1 = 60 \text{ gr/eq} = 60 \text{ mg/meq}$$

$$\text{Άρα κανονικότητα} = \frac{120 \text{ mg/l}}{60 \text{ mg/eq}} = 2 \text{ meq/l}$$

9. Να μετατραπούν 1,25 meq/l O<sub>2</sub> σε mg/l με βάση την ακόλουθη αντίδραση οξειδοαναγωγής:



$$1 \text{ mole O}_2 = \text{MB O}_2/4\text{e}^- = 8 \text{ gr/eq} = 8 \text{ mg/meq}$$

Άρα

$$1,25 \text{ meq/l O}_2 = 1,25 \text{ eq/l} \times 10^{-3} \times 8 \text{ gr/eq} = 10 \times 10^{-3} \text{ gr/l} = 10 \text{ mg/l.}$$