



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ,
ΑΓΡΟΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ



Δρ. Πάυλος Πανδής (Χημικός Μηχανικός)
Δημήτρης Φραγκούλης (Χημικός Msc, PhDc)

Δρ. Βασίλειος Σταθόπουλος (Χημικός)
vasta@uoa.gr (**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**)

Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών
<http://lcmt.agro.uoa.gr/>

Αιθ. Β013, Συγκρότημα Ευρίπου
ΕΚΠΑ

Ψαχνά, 2026

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ή ΜΟΡΙΑΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΜΟΡΙΑΚΟΤΗΤΑ, M (MOLARITY)

- **Εκφράζει** τα γραμμομόρια (mole) διαλυμένης ουσίας σε 1 λίτρο διαλύματος (**mol/L**) ή τα χιλιοστά του mole, δηλαδή τα mmol σε ένα χιλιοστόλιτρο (**mmol/mL**)
- **Γραμμομόριο (mole)** μιας ουσίας είναι ποσότητα σε g αριθμητικά ίση με το μοριακό της βάρος

ΓΡΑΜΜΟΜΟΡΙΑΚΗ ή ΜΟΡΙΑΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΜΟΡΙΑΚΟΤΗΤΑ, M (MOLARITY)

➤ Άρα διάλυμα Na_2SO_4 1 M, περιέχει:

- 1 mol Na_2SO_4 /L
- 1 mmol Na_2SO_4 /mL
- 142,04 g Na_2SO_4 / L

Συγκέντρωση και moles

$$n = m / M_r$$

$$C = n / V$$

❖ Σε ορισμένες περιπτώσεις η συγκέντρωση διαλυμάτων δίνεται και ως **mM, δηλαδή (mmol/L)**

- αρ. moles = $m(\text{g}) / M.B.(\text{g/mol})$
- $M = \text{αρ. Moles, } n / V(\text{L}) = m(\text{g}) / M.B.(\text{g/mol}) \times V(\text{L})$

❑ Μετατροπή των mg/L (ppm) σε mol/L (M)

$$\frac{\text{ppm } (\frac{\text{mg}}{\text{L}})}{1000 \times \text{Mr } (\frac{\text{g}}{\text{mol}})} = \text{mol/L}$$

❑ Μετατροπή των mol/L (M) σε mg/L (ppm)

$$\frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \text{Mr } (\frac{\text{g}}{\text{mol}}) \times 1000 = \text{mg/L}$$

Άσκηση:

Πόσα g Na_2CO_3 χρειάζονται για την παρασκευή 5 L, διαλύματος Na_2CO_3 0,1 M;

Δίνεται $M_{r\text{Na}_2\text{CO}_3} = 105,99 \text{ g/mol}$

$$C = \frac{n}{V} \quad (1)$$

$$n = \frac{m}{M_r} \quad (2)$$

$$\text{Από (1) και (2)} \Rightarrow C = \frac{\frac{m}{M_r}}{V} \Rightarrow C = \frac{m}{M_r \times V} \Rightarrow m = C \times V \times M_r$$

$$\Rightarrow m = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 5 \text{ L} \times 105,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow m = 52,995 \text{ g}$$

Άσκηση:

Διάλυμα H_2SO_4 περιέχει 474 g H_2SO_4 σε 1 L διαλύματος. Ποια είναι η μοριακότητα του διαλύματος; (H_2SO_4 : M.B.= 98,08)

$$M = 474(\text{g H}_2\text{SO}_4) / 98,08(\text{g H}_2\text{SO}_4/\text{mol}) / 1\text{L}$$

$$M = 4,83 \text{ mol/L}$$

Συγκέντρωση και moles

$$n = m / M_r$$

$$C = n / V$$

Άσκηση:

Διάλυμα NaOH περιέχει 20,5 mg NaOH σε 250 mL διαλύματος.
Ποια είναι η μοριακότητα του διαλύματος; (NaOH: M.B.= 40,00)

$$M = [20,5(\text{mg NaOH}) / 40,00(\text{mg NaOH/mmol})] / 250\text{ml}$$

$$M = 2,05 \times 10^{-3} \text{ mmol/mL}$$

Συγκέντρωση και moles

$$n = m / M_r$$

$$C = n / V$$

Άσκηση:

Ποια είναι η συγκέντρωση ppm του ιόντος ασβεστίου σε 0,01 M CaCO_3 ;

$$M \times AB(\text{Ca}) = \text{g/L}$$

$$0,01(\text{mol/L}) \times 40(\text{g/mol}) = 0,40 \text{ g/L}$$

$$0,40(\text{g/L}) \times 1000(\text{mg/g}) = 400 \text{ mg/L} = 400 \text{ ppm}$$

❑ Μετατροπή των mg/L (ppm) σε mol/L (M)

$$\frac{\text{ppm} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{1000 \times \text{Mr} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = \text{mol/L}$$

❑ Μετατροπή των mol/L (M) σε mg/L (ppm)

$$\frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \text{Mr} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \times 1000 = \text{mg/L}$$

Άσκηση:

Να υπολογιστεί η μοριακότητα διαλύματος CaCl_2 όταν το διάλυμα περιέχει 100 ppm CaCl_2 . Δίνεται A_B $\text{Ca}=40$, $\text{Cl}=35,5$

$$MB(\text{CaCl}_2) = 111 \text{ g/mol}$$

$$100 \text{ mg/L} / [111 (\text{g/mol}) \times 1000] = 0,0009 \text{ mol/L}$$

❑ Μετατροπή των mg/L (ppm) σε mol/L (M)

$$\frac{\text{ppm} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{1000 \times Mr \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)} = \text{mol/L}$$

❑ Μετατροπή των mol/L (M) σε mg/L (ppm)

$$\frac{\text{mol}}{\text{L}} \times Mr \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \times 1000 = \text{mg/L}$$

Άσκηση:

Να υπολογισθούν η μοριακότητα M των παρακάτω διαλυμάτων:

A) CH_3COOH πυκνότητας $d = 1,05 \text{ g/mL}$, περιεκτικότητας 99,5% κατά βάρος

B) NH_3 πυκνότητας $0,898 \text{ g/mL}$, περιεκτικότητας 28,0% κατά βάρος

α) CH_3COOH $d = 1,05\text{g/mL}$, 99,5% w/w

Το 1mL διαλύματος CH_3COOH ζυγίζει 1,05g

Τα 1000mL διαλύματος CH_3COOH ζυγίζουν x;

$$x = (1,05 \cdot 1000) / 1 = 1050\text{g}$$

Σε 100g διαλύματος CH_3COOH υπάρχουν 99,5g CH_3COOH

Σε 1050g διαλύματος CH_3COOH υπάρχουν x;

$$x = (99,5 \cdot 1050) / 100 = 1044,75\text{g}$$

$$n = m / M_B = 1044,75 / 60 = 17,41 \text{ mol } \text{CH}_3\text{COOH}$$

$$M = n / V = 17,41 \text{ mol} / 1 \text{ L} = 17,41 \text{ M}$$

β) NH_3 $d = 0,898 \text{ g/mL}$, 28,0% w/w

Το 1mL δ. NH_3 ζυγίζει 0,898g
τα 1000mL x ;

$$x = 0,898 \text{ g} \cdot 1000 / 1 = 898 \text{ g}$$

Σε 100 g δ. NH_3 περιέχονται 28g NH_3
στα 898g x ;

$$x = 28 \cdot 898 / 100 = 251,44 \text{ g } \text{NH}_3$$

$$n = m / M_B = 251,44 / 17 = 14,79 \text{ mol}$$

$$M = n / V = 14,79 \text{ mol} / 1 \text{ L} = 14,79 \text{ M}$$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

- Γραμμοϊσοδύναμα διαλυμένης ουσίας σε 1 λίτρο διαλύματος (eq/L) ή χιλιοστογραμμοϊσοδύναμα σε ένα χιλιοστόλιτρο (meq/mL)

π.χ. Υδατικό διάλυμα συγκέντρωσης 3,5 N KCl ή 3,5 g eq/L: είναι ένα διάλυμα KCl σε νερό, που περιέχει 3,5 γραμμοϊσοδύναμα KCl σε 1 L διαλύματος ή σε 1000 mL διαλύματος

π.χ. Υδατικό διάλυμα συγκέντρωσης 2 N HCl ή 2 g eq/L: είναι ένα διάλυμα HCl σε νερό, που περιέχει 2 γραμμοϊσοδύναμα HCl σε 1 L διαλύματος ή 1000 mL διαλύματος

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

- **Γραμμοϊσοδύναμο (eq)** ορίζεται ως μάζα σε γραμμάρια (g) ίση με το ισοδύναμο βάρος της ουσίας ($I.B. = M_r/\alpha$)
- **Γενικά ισχύει ο τύπος:**

$$1 \text{ greq} = 1 \text{ mol}/\alpha$$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

$$1 \text{ eq} = 1 \text{ mol}/\alpha$$

α

Οξύ: αριθμός H^+ που δίνει ένα
μόριο οξέος

Βάση: αριθμός OH^- που δίνει ένα
μόριο βάσης

Άλας: ολικό θετικό ή αρνητικό φορτίο
των ιόντων του άλατος που αντιδρούν,
ανά «μόριο» άλατος

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

Γραμμοϊσοδύναμο (eq)

Για οξύ: $g_{eq} = M_r / \alpha$

Όπου, α = αριθμός ιόντων υδρογόνου (H^+) που δίνει κάθε μόριο οξέος

$$g_{eq} = M_r \text{ οξέος} / \text{αριθμός } H^+$$

π.χ. $HCl \Rightarrow g_{eq} = M_r HCl / 1 = 36,46 / 1 = 36,46 \text{ g}$

π.χ. $H_2SO_4 \Rightarrow g_{eq} = M.B. H_2SO_4 / 2 = 98,08 / 2 = 49,04 \text{ g}$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

Γραμμοϊσοδύναμο (eq)

Για βάση: $g_{eq} = M_r / \alpha$

Όπου, α = αριθμός υδροξυλίων (OH^-) που δίνει κάθε μόριο βάσης

$$g_{eq} = M_r \text{ βάσης} / \text{αριθμός } OH^-$$

$$\text{π.χ. } Ca(OH)_2 \Rightarrow g_{eq} = M_r Ca(OH)_2 / 2 = 74,1 / 2 = 37,05 \text{ g}$$

$$\text{π.χ. } NaOH \Rightarrow g_{eq} = M_r NaOH / 1 = 40,00 / 1 = 40,00 \text{ g}$$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

Γραμμοϊσοδύναμο (eq)

- Το γραμμοϊσοδύναμο μιας ουσίας αναφέρεται σε μια καθορισμένη χημική αντίδραση και μπορεί να έχει διάφορες τιμές για την ίδια ουσία.
- *Αντίθετα από το γραμμομόριο που είναι πάντοτε το ίδιο σταθερό για μια ουσία.*
- ✓ Το H_3PO_4 έχει 3 διαφορετικά eq ανάλογα με την αντίδραση που λαμβάνει χώρα.



ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

$$\text{Αριθμός eq} = m(\text{g}) / \text{I.B.}(\text{g/eq})$$

$$\text{Αριθμός meq} = m(\text{mg}) / \text{I.B.}(\text{mg/eq})$$

$$\text{Ισοδύναμο Βάρος I.B.} = \text{M.B.} / \alpha$$

Κανονικότητα διαλύματος ουσίας που συμμετέχει σε καθορισμένη χημική αντίδραση:

$$N = \text{αρ. eq} / V(\text{L}) = \text{αρ. meq} / V(\text{mL}) =$$

$$= m(\text{g}) / \text{I.B.}(\text{g/eq}) / V(\text{L}) =$$

$$m(\text{mg}) / \text{I.B.}(\text{mg/eq}) / V(\text{mL})$$

$$\text{αρ. eq} = N \times V(\text{L})$$

$$\text{αρ. meq} = N \times V(\text{mL})$$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

- Η κανονικότητα χρησιμοποιείται κυρίως στην ποσοτική ανάλυση (ογκομετρική ανάλυση)

Για την αντίδραση των ουσιών A και B

αριθμός eq A = αριθμός eq B

$$V_A \times N_A = V_B \times N_B$$

- Η ανωτέρω εξίσωση χρησιμοποιείται και για τη λύση προβλημάτων αραιώσεως διαλυμάτων.
- Η κανονικότητα ουδέποτε χρησιμοποιείται σε εκφράσεις χημικής ισορροπίας (μόνο σε αντιδράσεις).
- Διαλύματα ορισμένου M ή N παρασκευάζονται με διάλυση της απαιτούμενης ποσότητας ουσίας σε όγκο διαλύτη (συνήθως H₂O) μικρότερο από τον τελικό και στη συνέχεια αραιώση μέσα σε ογκομετρική φιάλη μέχρι τη χαραγή.

❑ Ποια είναι η σχέση Κανονικότητας (N) και Μοριακότητας (M);

Η Κανονικότητα (N) συνδέεται με την Μοριακότητα (M) με τη σχέση:

$$M \text{ (mol/L)} = N \text{ (greq/L)} / \alpha \text{ (greq/mol)}$$

❑ Δίνεται M και ζητείται N

$$\underline{\mathbf{N = M \times \alpha}}$$

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ή ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ, NORMALITY (N)

Σε διαλύματα οξέων και βάσεων,

- η κανονικότητα αναφέρεται συνήθως σε πόσα ιόντα OH^- ή H^+ περιέχονται σε μια δομική μονάδα ή ένα μόριο ουσίας.

Δηλαδή ο αριθμός α είναι το πλήθος H^+ ή OH^-

- Διάλυμα 2N Ca(OH)_2 , σημαίνει ότι η συγκέντρωση του διαλύματος αυτού είναι 1 M . $M=N/\alpha$

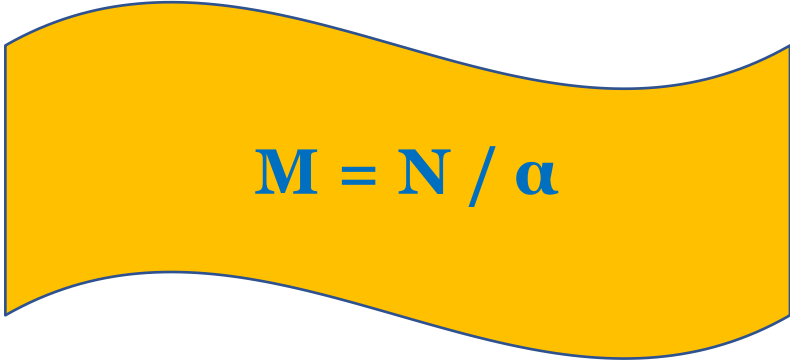
Παραδείγματα

Αν HCl 1 N πόση είναι η M ?

Αν H_2SO_4 4 N πόση είναι η M ?

Αν NaOH 1 N πόση είναι η M ?

Αν $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 1 N πόση είναι η M ?


$$M = N / \alpha$$

Παραδείγματα

Πώς θα παρασκευάσετε τα παρακάτω διαλύματα αντιδραστηρίων που απαιτούνται στο Εργαστήριο χρησιμοποιώντας αντίστοιχα εμπορικά πυκνά διαλύματα;

A) 250 mL H_2SO_4 4N από πυκνό διάλυμα του εμπορίου μοριακότητας 18M.

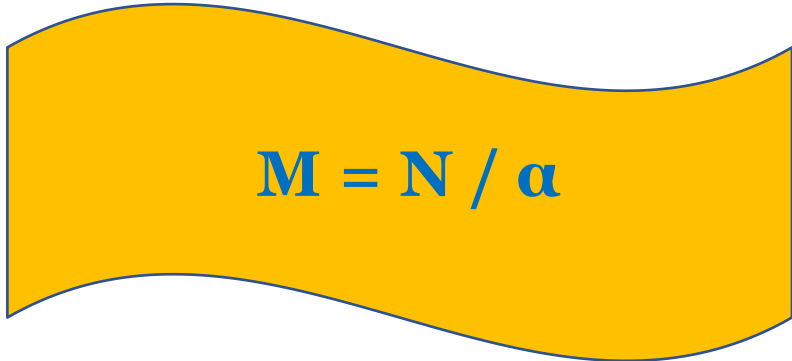
$$C_A V_A = C_T V_T$$

$$C_A = 18\text{M}$$

$$C_T = N/2 = 4/2 = 2\text{M}$$

$$V_T = 250\text{mL}$$

$$V_A = C_T V_T / C_A = 2 \times 250 / 18 = 27,78 \text{ mL}$$


$$M = N / \alpha$$

Παραδείγματα

Πώς θα παρασκευάσετε τα παρακάτω διαλύματα αντιδραστηρίων που απαιτούνται στο Εργαστήριο χρησιμοποιώντας αντίστοιχα εμπορικά πυκνά διαλύματα;

B) 500mL δ. HNO_3 6M από πυκνό διάλυμα του εμπορίου πυκνότητας 1,42g/mL και περιεκτικότητας 70% w/w. (A.B. H=1, N=14, O=16)

1mL HNO_3 ζυγίζει 1,42g

τα 1000mL x;

$$x = 1,42 \cdot 1000 / 1 = 1420g$$

Τα 100g πυκνού διαλύματος περιέχουν 70g HNO_3

τα 1420g x;

$$x = 70 \cdot 1420 / 100 = 994g \text{ HNO}_3$$

$$n = m / M_B = 994 / 63 = 15,77 \text{ mol} \Rightarrow M = n / V = 15,77 \text{ M}$$

$$C_A V_A = C_T V_T \Rightarrow V_A = C_T V_T / C_A = 6 \cdot 500 / 15,77 = 190,24 \text{ mL}$$

Β) Να υπολογισθεί η Ν του πυκνού θειϊκού οξέος του εμπορίου όταν η κατά βάρος περιεκτικότητά του είναι 95% και η πυκνότητά του 1,84 g/mL

$\rho = 1,84 \text{ g/mL}$. Άρα:

Το 1mL H_2SO_4 ζυγίζει 1,84g

Τα 1000mL $\quad \quad \quad x$;

$$x = 1,8 \times 1000 / 1 = 1840 \text{ gr}$$

Περιεκτικότητα 95% κατά βάρος:

Σε 100 g διαλύματος περιέχονται 95g H_2SO_4

Στα 1840g $\quad \quad \quad x$;

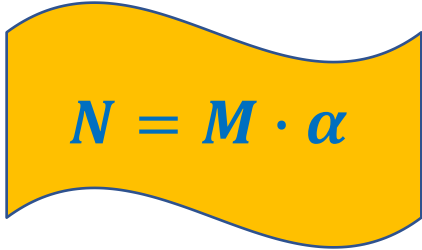
$$x = 95 \times 1840 / 100 = 1748 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4$$

$\text{MB } \text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g/mol}$

$$n = m / \text{MB} = 1748 / 98 = 17,83 \text{ mol}$$

$$M = n / V = 17,83 \text{ M}$$

$$N = \alpha \times M = 2 \times 17,83 = 35,66$$


$$N = M \cdot \alpha$$

Άσκηση:

Το πυκνό HCl έχει περιεκτικότητα 37% w/w, μοριακό βάρος 36,46 g/mol και πυκνότητα 1,19 g/mL. Υπολογίστε τη συγκέντρωση, σε M, του διαλύματος.

HCl: $\rho = 1,19 \text{ g/mL}$, 37% w/w

Βρίσκουμε πόσα g είναι το 1L (1000mL) διαλύματος HCl:

Το 1mL ζυγίζει 1,19g

Τα 1000mL x;

$$x = 1,19 \times 1000 / 1 = 1190 \text{ g}$$

Βρίσκουμε πόσα g HCl υπάρχουν στα 1000mL διαλύματος:

Σε 100g διαλύματος υπάρχουν 37g HCl

Στα 1190g x;

$$x = 37 \times 1190 / 100 = 440,3 \text{ g}$$

Βρίσκουμε πόσα moles είναι τα 440,3g HCl:

$$n = m / M_B = 440,3 / 36,46 = 12,1 \text{ mol}$$

$$\text{Άρα } M = n / V = 12,1 \text{ mol} / 1 \text{ L} = 12,1 \text{ M}$$

Άσκηση:

Πόσα mL πυκνού HCl περιεκτικότητας 37% w/w, μοριακού βάρους 36,46 g/mol και πυκνότητας 1,19 g/mL απαιτούνται για την παρασκευή HCl 1 N και όγκου 500 mL;

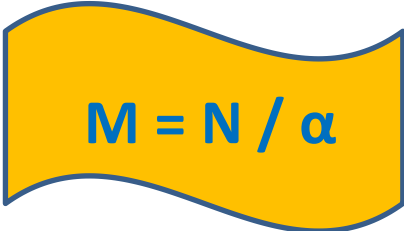
Από την προηγούμενη άσκηση έχουμε δ. HCl 12,1M

Για το HCl $\alpha=1$, άρα $12.1M = 12,1N$

$$C_A V_A = C_T V_T \Rightarrow$$

$$12,1N \times V_A = 1N \times 500mL \Rightarrow$$

$$V_A = 500mL \times 1N / 12,1N = 41,3mL$$


$$M = N / \alpha$$