

Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (Καρδίτσα)

Ανόργανη Χημεία (Εργαστήριο)

Ενότητα 3^η: Παρασκευή Διαλυμάτων - Αραιώσεις

Νοέμβριος 2020

Δρ. Λάκκα Αχιλλεία – ΠΔ 407

Moles

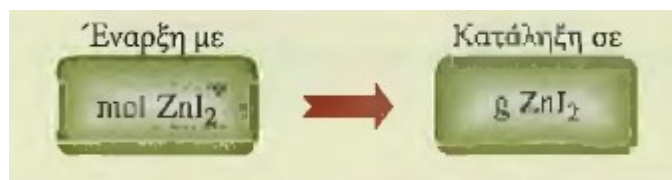
Όταν γίνεται αναφορά στον αριθμό των μορίων ή των ιόντων που συμμετέχουν σε μια χημική αντίδραση, είναι πολύ βολικό να χρησιμοποιείται ο όρος **“mole”** ή **γραμμομόριο** (συντομογραφία: mol). Ένα mole οποιασδήποτε ουσίας είναι η ποσότητα, της οποίας η μάζα (η γραμμομοριακή μάζα) είναι ίση με τη μοριακή μάζα (ή τη μάζα της τυπικής μονάδας) σε γραμμάρια. Ένα mole HCl, για παράδειγμα, έχει μάζα 36.5 g (ή αλλιώς, η γραμμομοριακή μάζα του HCl είναι 36.5 g/mol).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, όταν πρόκειται να προσδιοριστεί η γραμμομοριακή μάζα μιας ουσίας, πρέπει να καθορίζεται ακριβώς ο τύπος της ουσίας στην οποία αναφερόμαστε. Π.χ. το άτομο υδρογόνου (H) έχει γραμμομοριακή μάζα 1 g/mol, αλλά το μοριακό υδρογόνο (H₂) έχει γραμμομοριακή μάζα 2 g/mol.

Moles

3

- Το ιωδίδιο του ψευδαργύρου, ZnI_2 , παρασκευάζεται με απευθείας αντίδραση των στοιχείων του. Από τις ποσότητες των διαθέσιμων στοιχείων, ένας χημικός υπολογίζει ότι μπορούν να σχηματιστούν 0,0654 mol ZnI_2 . Πόσα γραμμάρια ιωδιδίου του ψευδαργύρου είναι αυτή η ποσότητα;



Λύση. Η γραμμομοριακή μάζα του ZnI_2 είναι 319 g/mol.



$$0,0654 \text{ mol ZnI}_2 \times \frac{319 \text{ g ZnI}_2}{1 \text{ mol ZnI}_2} = 20,9 \text{ g ZnI}_2$$

Αντίδραση ψευδαργύρου με ιώδιο.

Η εκλυόμενη κατά την αντίδραση θερμότητα προκαλεί μερική εξάχνωση του ιωδίου (βιολετί ατμός).

Moles

4

- Ο χρωμικός μόλυβδος(II), PbCrO_4 , είναι μια κίτρινη χρωστική (γνωστή ως κίτρινο του χρωμίου) η οποία παρασκευάζεται από μια αντίδραση καθίζησης . Από μια τέτοια αντίδραση σχηματίστηκαν 45,6 g ιζήματος χρωμικού μολύβδου(II). Πόσα moles PbCrO_4 είναι αυτή η ποσότητα;



Λύση. Η γραμμομοριακή μάζα του PbCrO_4 είναι 323 g/mol.

$$1 \text{ mol PbCrO}_4 = 323 \text{ g PbCrO}_4$$

$$45,6 \text{ g PbCrO}_4 \times \frac{1 \text{ mol PbCrO}_4}{323 \text{ g PbCrO}_4} = 0,141 \text{ mol PbCrO}_4$$



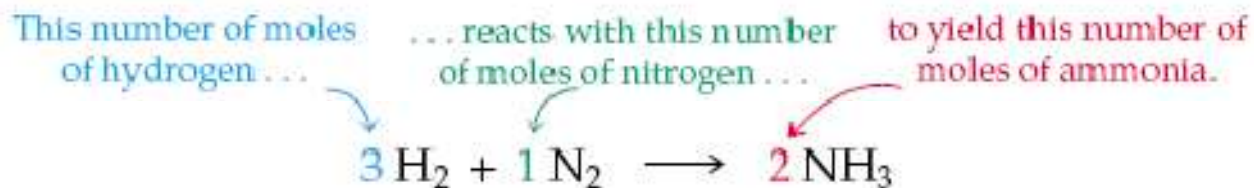
Παρασκευή χρωμικού μολύβδου(II). Όταν στο διαυγές κίτρινο διάλυμα του χρωμικού καλίου προστίθεται το άχρωμο διάλυμα του νιτρικού μολύβδου(II) σχηματίζονται λεπτοί κρύσταλλοι χρωμικού μολύβδου(II) με λαμπερό κίτρινο χρώμα.

Moles

5

Σε οποιαδήποτε ισοσταθμισμένη εξίσωση, οι συντελεστές φανερώνουν πόσα μόρια από κάθε ουσία είναι απαραίτητα για την αντίδραση. Με βάση λοιπόν αυτές τις γραμμομοριακές μάζες, μπορούν να υπολογιστούν οι μάζες των αντιδρώντων / προϊόντων.

Στην παρακάτω αντίδραση, για παράδειγμα, φαίνεται ότι 3 mol H₂ (3 × 2 = 6 g) αντιδρούν με 1 mol N₂ (28 g) και δίνουν 2 mol NH₃ (2 × 17 = 34 g).

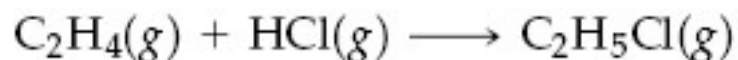


Στοιχειομετρία

6

Στην καθημερινή εργαστηριακή πρακτική είναι απαραίτητο να γίνονται μετατροπές μεταξύ μάζας και mol για να επιβεβαιώνεται ότι χρησιμοποιούνται οι σωστές αναλογίες των ουσιών. Αυτές οι σχέσεις μάζας – mol αναφέρονται γενικά με τον όρο «στοιχειομετρία».

Παράδειγμα



Δεδομένο: 15 g αιθυλενίου

Ζητούμενο: Πόσα g HCl απαιτούνται ν' αντιδράσουν με 15 g αιθυλενίου;

Στοιχειομετρία/Moles

7

Σύμφωνα με την εξίσωση, 1 mol HCl αντιδρά με 1 mol C₂H₄. Για να βρεθεί η μάζα του HCl που απαιτείται, θα πρέπει να βρεθεί πρώτα ο αριθμός των mol που αντιστοιχεί στα 15 g.

$$\text{Molar mass of C}_2\text{H}_4 = 28.0 \text{ g/mol}$$

$$\text{Moles of C}_2\text{H}_4 = 15.0 \text{ g ethylene} \times \frac{1 \text{ mol ethylene}}{28.0 \text{ g ethylene}} = 0.536 \text{ mol ethylene}$$

Τώρα είναι γνωστά τα mol αιθυλενίου (0.536), είναι γνωστά και τα mol HCl. Εφόσον λοιπόν είναι γνωστά τα mol HCl, μπορεί να υπολογιστεί η μάζα που αντιστοιχεί σε 0.536 mol.

$$\text{Molecular mass of HCl} = 1.0 \text{ amu} + 35.5 \text{ amu} = 36.5 \text{ amu}$$

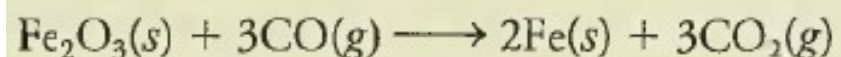
$$\text{Molar mass of HCl} = 36.5 \text{ g/mol}$$

$$\text{Grams of HCl} = 0.536 \text{ mol C}_2\text{H}_4 \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_4} \times \frac{36.5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 19.6 \text{ g HCl}$$

Στοιχειομετρία/Moles

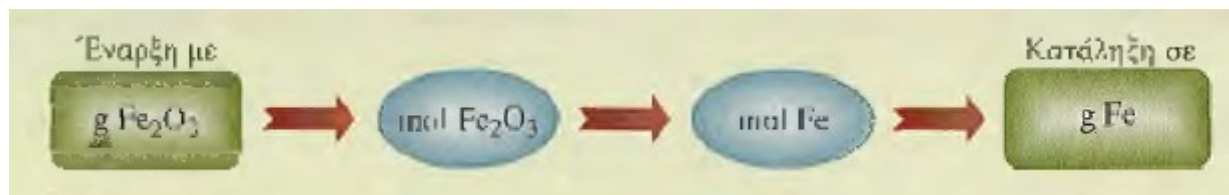
8

- Ο αιματίτης, Fe_2O_3 , είναι ένα σημαντικό μέταλλευμα του σιδήρου. Ο ελεύθερος σίδηρος λαμβάνεται από την αντίδραση του αιματίτη με μονοξειδίο του άνθρακα, CO , σε υψικάμινο. Η αντίδραση έχει ως εξής:



Πόσα γραμμάρια σιδήρου μπορούν να παραχθούν από 1,00 kg Fe_2O_3 ;

Λύση: Πρώτα μετατρέπουμε τη μάζα του Fe_2O_3 ($1,00 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3 = 1,00 \times 10^3 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$) σε moles Fe_2O_3 . Κατόπιν, βάσει των συντελεστών της ισοσταθμισμένης χημικής εξίσωσης, μετατρέπουμε τα moles Fe_2O_3 σε moles Fe . Τέλος, μετατρέπουμε τα moles Fe σε γραμμάρια Fe .



$$1,00 \times 10^3 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \times \frac{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}{160 \text{ g Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{2 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{55,8 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = 698 \text{ g Fe}$$

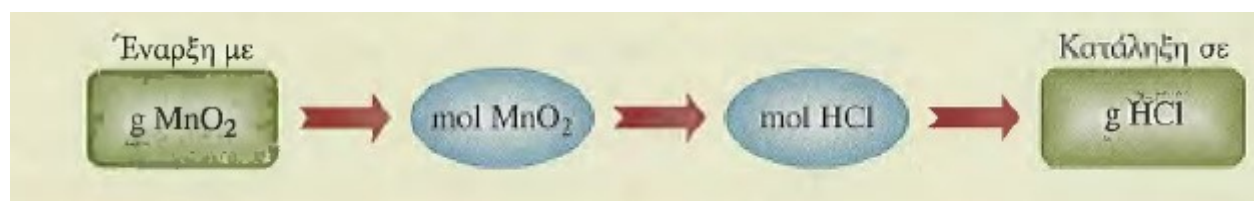
Στοιχειομετρία/Moles

9

- Πόσα γραμμάρια HCl αντιδρούν με 5,00 g οξειδίου του μαγγανίου, σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση;



Λύση:



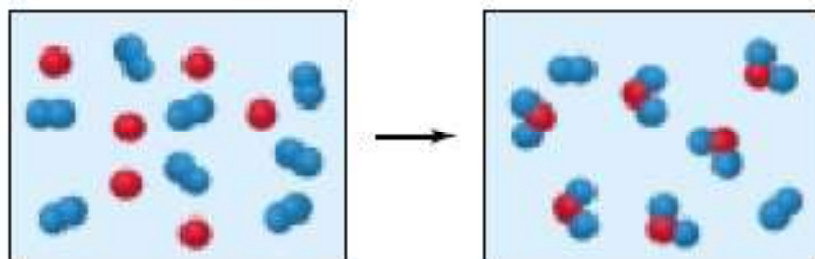
$$5,00 \text{ g MnO}_2 \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{86,9 \text{ g MnO}_2} \times \frac{4 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol MnO}_2} \times \frac{36,5 \text{ g HCl}}{1 \text{ mol HCl}} = 8,40 \text{ g HCl}$$

Αντιδράσεις με Περιορισμένες Ποσότητες Αντιδρώντων

10

Πολλές χημικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται υπό την παρουσία περίσσιας ενός αντιδρώντος· μιας ποσότητας δηλαδή παραπάνω απ' αυτή που επιβάλλει η στοιχειομετρία. Όποτε συμβαίνει αυτό, η παραπάνω ποσότητα του αντιδρώντος περισσεύει μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης.

Η έκταση της αντίδρασης που θα λάβει μέρος, λοιπόν, εξαρτάται από το αντιδρών που βρίσκεται σε περιορισμένη αναλογία – το **περιοριστικό αντιδρών**. Το άλλο αντιδρών λέγεται ότι είναι *αντιδρών σε περίσσια*.



Αντιδράσεις με Περιορισμένες Ποσότητες Αντιδρώντων

11

- Μεταλλικός ψευδάργυρος και υδροχλωρικό οξύ αντιδρούν σύμφωνα με την αντίδραση:



Αν προστεθούν 0,30 mol Zn σε υδροχλωρικό οξύ που περιέχει 0,52 mol HCl, πόσα moles H₂ θα παραχθούν;

Λύση: Ποιο είναι το περιοριστικό αντιδρών;

$$\begin{aligned} 0,30 \text{ mol Zn} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}} &\approx 0,30 \text{ mol H}_2 \\ 0,52 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol HCl}} &= 0,26 \text{ mol H}_2 \end{aligned}$$

Το υδροχλωρικό οξύ πρέπει να είναι το περιοριστικό αντιδρών και κάποια ποσότητα ψευδαργύρου πρέπει να μείνει στο τέλος αναλλοίωτη. (Ο ψευδάργυρος είναι το αντιδρών σε περίσσεια.)

Επειδή το HCl είναι το περιοριστικό αντιδρών, η ποσότητα του υδρογόνου που παράγεται πρέπει να είναι 0,26 mol.

Συγκέντρωση των Εν Διαλύσει Αντιδρώντων - Μοριακότητα

12

Η πιο χρήσιμη έκφραση της συγκέντρωσης ενός διαλύματος είναι η **μοριακότητα (M)**, η οποία ορίζεται ως *τα mol της εν διαλύσει ουσίας ανά L διαλύματος*. Για παράδειγμα, 1 L νερού που περιέχει 1 mol NaCl έχει συγκέντρωση 1 mol/L, δηλαδή είναι 1 M.

Η μοριακότητα (molarity) οποιουδήποτε διαλύματος βρίσκεται διαιρώντας τον αριθμό των mol της εν διαλύσει ουσίας με τον όγκο του διαλύματος, εκφρασμένο σε L.

$$\text{Molarity(M)} = \frac{\text{Moles of solute}}{\text{Liters of solution}}$$

Αραίωση Πυκνών Διαλυμάτων

13

Πολλές χημικές ουσίες είναι εμπορικά διαθέσιμες ως πυκνά διαλύματα, αλλά στην κοινή εργαστηριακή πρακτική χρησιμοποιούνται διαλύματα πολύ μικρότερης συγκέντρωσης. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχει η ανάγκη αραίωσης.

Το υδροχλωρικό οξύ, για παράδειγμα, υπάρχει διαθέσιμο ως υδατικό διάλυμα 12 M, αλλά στο εργαστήριο συνήθως χρησιμοποιούνται διαλύματα 0.1 M, 1-2 M, ή 6 M.

Concentrated solution + Solvent \longrightarrow Dilute solution

Αραίωση Πυκνών Διαλυμάτων

14

Αυτό που πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη όταν γίνεται η αραίωση ενός διαλύματος, είναι ότι ο αριθμός των mol της διαλυμένης ουσίας είναι σταθερός· αυτό που αλλάζει είναι ο όγκος του διαλύματος, επειδή προστίθεται περισσότερος διαλύτης. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω ισχύει:

$$\begin{aligned}\text{Moles of solute (constant)} &= \text{Molarity} \times \text{Volume} \\ &= M_i \times V_i = M_f \times V_f\end{aligned}$$

Όπου M_i είναι η αρχική μοριακότητα, V_i ο αρχικός όγκος, M_f είναι η τελική μοριακότητα και V_f ο τελικός όγκος μετά την αραίωση. Με βάση την παραπάνω εξίσωση, η μοριακότητα του τελικού διαλύματος θα είναι:

$$M_f = M_i \times \frac{V_i}{V_f}$$

Παρασκευή Διαλυμάτων Γνωστής Συγκέντρωσης

15

1. Ένας γνωστός αριθμός mol της ουσίας εισάγεται σε ογκομετρική φιάλη.
2. Προστίθεται αρκετή ποσότητα διαλύτη, έτσι ώστε να διαλυθεί η ουσία με περιστροφική ανάδευση.
3. Επιπλέον ποσότητα διαλύτη προστίθεται προσεκτικά μέχρι το σημάδι αναφοράς στο λαιμό της φιάλης και κατόπιν το διάλυμα ανακινείται μέχρι πλήρους ομογενοποίησης.



(a)



(b)



(c)

Παρασκευή Διαλυμάτων Γνωστής Συγκέντρωσης

16

Αν θέλουμε να παρασκευάσουμε ένα διάλυμα που να είναι, π.χ. 0,200 M σε CuSO_4 , τοποθετούμε 0,200 mol CuSO_4 σε μια ογκομετρική φιάλη του λίτρου (1,000 L), ή ανάλογη ποσότητα σε φιάλη διαφορετικού μεγέθους.

Μετά προσθέτουμε μια μικρή ποσότητα νερού για να διαλύσουμε το CuSO_4 και στη συνέχεια επιπλέον νερό μέχρι τη χαραγή που υπάρχει στο λαιμό της φιάλης και ανακινούμε το διάλυμα.



Ζυγίζουμε 0,0500 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (12,48 g) πάνω σε δίσκο εργαστηριακού ζυγού.

Μεταφέρουμε προσεκτικά τον πενταϋδρικό θειικό χαλκό(II) στην ογκομετρική φιάλη.

Προσθέτουμε νερό έως ότου η στάθμη του διαλύματος φτάσει στη χαραγή της ογκομετρικής φιάλης των 250 mL. Η molarity είναι $0,0500 \text{ mol}/0,250 \text{ L} = 0,200 \text{ M}$.

Η γραμμομοριακή μάζα του $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 249.69 \text{ g/mol}$

Παρασκευή Διαλυμάτων Γνωστής Συγκέντρωσης

Υπολογισμός της molarity από μάζα και όγκο

17

- Δείγμα NaNO_3 που ζυγίζει 0,38 g τοποθετείται σε ογκομετρική φιάλη των 50,0 mL. Η φιάλη συμπληρώνεται με νερό μέχρι τη χαραγή. Ποια είναι η molarity του διαλύματος που προκύπτει;
- Για να υπολογίσουμε τη molarity χρειαζόμαστε τα moles της διαλυμένης ουσίας. Γι' αυτό, στην αρχή μετατρέπουμε τα γραμμάρια του NaNO_3 σε moles. Η molarity ισούται με τα moles της διαλυμένης ουσίας διαιρεμένα με τα λίτρα του διαλύματος.

$$\text{Molarity} = \frac{4,47 \times 10^{-3} \text{ mol NaNO}_3}{50,0 \times 10^{-3} \text{ L διαλύματος}} = 0,089 \text{ M NaNO}_3$$

Η γραμμομοριακή μάζα του $\text{NaNO}_3 = 84,9947 \text{ g/mol}$

Παρασκευή Διαλυμάτων Γνωστής Συγκέντρωσης

Χρήση της Molarity ως συντελεστή μετατροπής

18

- Η molarity είναι ένας συντελεστής μετατροπής. Ως συντελεστής μετατροπής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάβαση από moles διαλυμένης ουσίας σε όγκο διαλύματος ή από όγκο διαλύματος σε moles διαλυμένης ουσίας.
- Ένα πείραμα απαιτεί την προσθήκη στο δοχείο της αντίδρασης 0,184 g υδροξειδίου του νατρίου, NaOH, υπό μορφή υδατικού διαλύματος. Πόσα mL διαλύματος NaOH 0,150 M πρέπει να προστεθούν;
- Η γραμμομοριακή μάζα του NaOH είναι 40,0 g/mol,

$$0,184\text{g-NaOH} \times \frac{1\text{ mol-NaOH}}{40,0\text{ g-NaOH}} \times \frac{1\text{ L διαλύματος}}{0,150\text{ mol-NaOH}} = 3,07 \times 10^{-2}\text{ L διαλύματος (ή } 30,7\text{ mL)}$$

Στο δοχείο της αντίδρασης πρέπει να προστεθούν **30,7 mL** διαλύματος NaOH 0,150 M.

Αραίωση Πυκνών Διαλυμάτων

19

Στην κοινή εργαστηριακή πρακτική, οι αραιώσεις των διαλυμάτων πραγματοποιούνται ως εξής:

Ο προς αραιωση όγκος του πυκνού διαλύματος λαμβάνεται από το δοχείο που περιέχει το πυκνό διάλυμα με σιφόνι κατάλληλου όγκου. Ακολούθως τοποθετείται σε ογκομετρική φιάλη, επίσης κατάλληλου όγκου. Τέλος, προστίθεται όγκος διαλύτη ως το σημάδι αναφοράς και γίνεται ανακίνηση μέχρι πλήρους ομογενοποίησης.



(a)



(b)



(c)

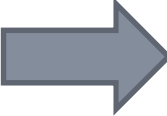
Αραίωση Πυκνών Διαλυμάτων

20

- Δίνεται διάλυμα αμμωνίας 14,8 M. Πόσα mL από αυτό το διάλυμα χρειαζόμαστε για να παρασκευάσουμε με αραίωση 100,0 mL διαλύματος NH₃ 1,00 M;

$$M_i V_i = M_f V_f$$
$$V_i = \frac{M_f V_f}{M_i}$$

$$V_i = \frac{1,00 \text{ M} \times 100,0 \text{ mL}}{14,8 \text{ M}} = 6,76 \text{ mL}$$



Όταν αραιώνουμε ένα διάλυμα, ο όγκος του πυκνότερου διαλύματος θα πρέπει πάντοτε να είναι μικρότερος από τον όγκο του τελικού διαλύματος. Ομοίως, η αρχική συγκέντρωση ενός διαλύματος είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την τελική συγκέντρωση, μετά την αραίωση. Αυτές οι δύο ιδέες επιτρέπουν να ελέγχουμε κατά πόσο είναι λογικό το αποτέλεσμα μας κάθε φορά που χρησιμοποιούμε τον τύπο της αραίωσης.

Αραίωση Πυκνών Διαλυμάτων - Ασκήσεις

21

1. Να παρασκευαστεί διάλυμα NaCl όγκου 100 mL και συγκέντρωσης 0.1 M από εμπορικό στερεό NaCl.
2. Να παρασκευαστούν 50 mL διαλύματος NaCl συγκέντρωσης 0.01 M από διάλυμα συγκέντρωσης 0.1 M.

Απαιτούμενα υλικά / αντιδραστήρια: 2 ποτήρια ζέσεως (50 mL), χωνάκι, ογκομετρική φιάλη των 50 και 100 mL, σιφόνι των 5 mL, πουάρ, υδροβολέας, στερεό NaCl, σπάτουλα.

Αραίωση Πυκνών Διαλυμάτων - Ασκήσεις

22

35.20 mL διαλύματος HCl 0.0985 M αναμιγνύονται με 36.60 mL διαλύματος HCl 0.1075 M.

- Να προσδιοριστεί η μοριακότητα του διαλύματος που θα προκύψει.
- Να προσδιοριστεί η μοριακότητα αν αυτό το διάλυμα αραιωθεί σε τελικό όγκο 250 mL.