

Εργασίες με διαλύματα – Ποσοτική ανάλυση

ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός αυτής της ενότητας είναι να γνωρίσουμε ορισμένα χαρακτηριστικά των διαλυμάτων και διαδικασίες προσδιορισμού της ποσότητας μιας ουσίας που περιέχεται σε ένα διάλυμα είτε ζυγίζοντας το τελικό προϊόν είτε μετρώντας τον όγκο ενός βοηθητικού διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης. Πιο συγκεκριμένα, θα γνωρίσουμε:

1. Τη γραμμομοριακή συγκέντρωση
2. Την αραίωση διαλυμάτων
3. Τη σταθμική ανάλυση και
4. Την ογκομετρική ανάλυση

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτή την ενότητα, θα μπορείτε να:

- ❖ Ορίζετε τη molarity (γραμμομοριακή συγκέντρωση) ενός διαλύματος.
- ❖ Υπολογίζετε τη molarity από μάζα και όγκο και να την χρησιμοποιείτε ως συντελεστή μετατροπής.
- ❖ Περιγράφετε αυτό που συμβαίνει στη συγκέντρωση ενός διαλύματος, όταν αυτό αραιώνεται.
- ❖ Εκτελείτε υπολογισμούς που εμπριέχουν αραιώσεις διαλυμάτων.
- ❖ Προσδιορίζετε την ποσότητα μιας χημικής οντότητας με σταθμική ανάλυση.
- ❖ Υπολογίζετε τον απαιτούμενο όγκο διαλύματος αντιδρώντος για ολοκλήρωση μιας αντίδρασης.
- ❖ Κατανοείτε τον τρόπο εκτέλεσης μιας ογκομέτρησης.
- ❖ Υπολογίζετε την ποσότητα μιας ουσίας σε ένα ογκομετρούμενο διάλυμα.

Έννοιες κλειδιά

- ❖ Αραίωση διαλύματος
- ❖ Γραμμομοριακή συγκέντρωση
- ❖ Διαλυμένη ουσία
- ❖ Διαλύτης
- ❖ Ογκομέτρηση
- ❖ Ογκομετρική ανάλυση
- ❖ Ποιοτική ανάλυση
- ❖ Ποσοτική ανάλυση
- ❖ Πυκνό – αραιό διάλυμα
- ❖ Σταθμική ανάλυση
- ❖ Συγκέντρωση

Ebbing – Gammon (Ενότητες)

4.7 Γραμμομοριακή συγκέντρωση

4.8 Αραίωση διαλυμάτων

4.9 Σταθμική ανάλυση

4.10 Ογκομετρική ανάλυση

4.7 Γραμμομοριακή συγκέντρωση (molarity)

Διαλυμένη ουσία: η ουσία που διαλύουμε σε υγρό (διαλύτης).

Συγκέντρωση (γενικά): η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας σε καθορισμένη ποσότητα διαλύματος.

Αραιό και πυκνό διάλυμα: όταν η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας είναι χαμηλή ή υψηλή, αντίστοιχα.

Γραμμομοριακή συγκέντρωση ή molarity (M): τα moles της διαλυμένης ουσίας σε ένα λίτρο διαλύματος:

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

Πλεονέκτημα της molarity ως μονάδας συγκέντρωσης:
για ένα διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης, η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας σχετίζεται με τον όγκο του διαλύματος.
(Αντί να ζυγίζουμε, μετρούμε όγκο που είναι πιο εύκολο!)

Παράδειγμα 4.11

Παρασκευή διαλύματος ορισμένου όγκου και συγκέντρωσης
Πώς θα παρασκευάσουμε 250 mL διαλύματος θειικού χαλκού,
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, συγκεντρώσεως 0,200 M;

Απάντηση

Η τυπική μάζα του $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ είναι 249,69 amu \Rightarrow

1 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ζυγίζει 249,69 g \Rightarrow για διάλυμα 0,200 M

απαιτούνται $249,69 \text{ g/mol} \times 0,200 \text{ mol/L} = 49,938 \text{ g/L} \Rightarrow$

για 250 mL = 0,250 L, απαιτούνται $49,938 \text{ g/L} \times 0,250 \text{ L} = \underline{12,483 \text{ g}}$



Τα τρία βασικά βήματα
παρασκευής
διαλύματος ορισμένου
όγκου και ορισμένης
συγκέντρωσης

1. Ζυγίζουμε 12,483 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

2. Μεταφέρουμε το στερεό σε ογκομετρική φιάλη των 250 mL

3. Συμπληρώνουμε με νερό μέχρι τη χαραγή και ανακινούμε τη φιάλη

Παράδειγμα 4.12

Χρήση της molarity ως συντελεστή μετατροπής

Πόσα γραμμάρια διχρωμικού νατρίου, $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, θα πρέπει να προστεθούν σε ογκομετρική φιάλη των 50,0 mL για να προκύψει διάλυμα $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 M, όταν η φιάλη πληρωθεί με νερό μέχρι τη χαραγή;

Απάντηση

Μετατροπή όγκου διαλύματος σε μάζα διαλυμένης ουσίας



όγκος διαλύματος \times molarity διαλύματος \times γραμμομοριακή μάζα διαλυμένης ουσίας

$$50 \times 10^{-3} \text{ L διαλύματος} \times \frac{0,025 \text{ mol Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{1 \text{ L διαλύματος}} \times \frac{262,0 \text{ g Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{1 \text{ mol Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} =$$

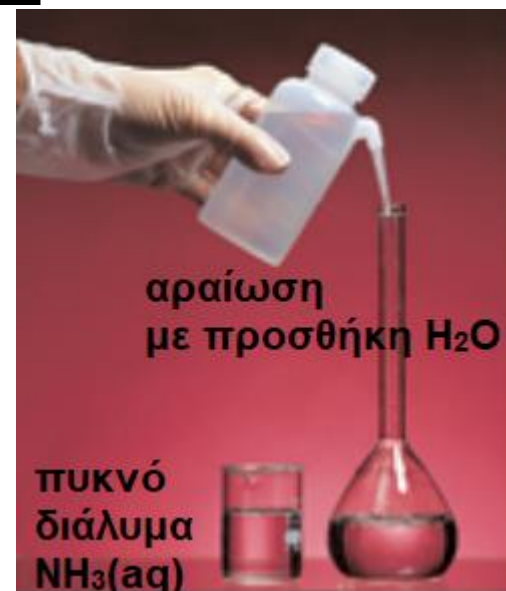
$$0,3275 \text{ g Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \approx 0,33 \text{ g Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

4.8 Αραίωση διαλυμάτων

Αραίωση διαλύματος: όταν σε ένα πυκνό διάλυμα μιας ουσίας A προσθέτουμε διαλύτη (νερό) για να ελαττώσουμε τη συγκέντρωσή του.

Τι αλλάζει κατά την αραίωση;
η molarity και ο όγκος V του διαλύματος

Τι μένει αμετάβλητο κατά την αραίωση;
τα moles της διαλυμένης ουσίας A



!! Θεμελιώδης σχέση: moles διαλυμένης ουσίας = molarity $\times V$

Αν M_i είναι η molarity και V_i ο όγκος της A πριν την αραίωση και M_f είναι η molarity και V_f ο όγκος της A μετά την αραίωση, τότε, επειδή τα moles της A είναι τα ίδια, θα ισχύει:

$$M_i \times V_i = M_f \times V_f$$

Τύπος της αραίωσης διαλυμάτων⁷

Παράδειγμα 4.13

Αραίωση διαλύματος

Ένας χημικός θέλει να παρασκευάσει διάλυμα HCl 0,25 M.

Το υδροχλωρικό οξύ του εμπορίου είναι 12,4 M.

Πόσα mL από το οξύ του εμπορίου χρειάζεται ο χημικός για να παρασκευάσει 1,50 L από το αραιό οξύ;

Απάντηση

Εφαρμογή του τύπου της αραίωσης: $M_i \times V_i = M_f \times V_f$

όπου $M_i = 12,4 M$, $M_f = 0,25 M$, $V_f = 1,50 L$ και $V_i = ?$

$$V_i = \frac{M_f \times V_f}{M_i} \times \frac{0,25 M \times 1500 \text{ mL}}{12,4 M} = \underline{30,2} \text{ mL} \approx 30 \text{ mL}$$

Ποσοτική ανάλυση

4.9 Σταθμική ανάλυση

Ποσοτική ανάλυση: προσδιορισμός της ποσότητας μιας ουσίας ή κάποιας χημικής οντότητας που υπάρχει σε ένα υλικό.
(Η **ποιοτική ανάλυση** αναφέρεται στην ταυτοποίηση των ουσιών ή χημικών ειδών που υπάρχουν σε κάποιο υλικό)

Ποια είναι τα είδη της ποσοτικής ανάλυσης;

1. Σταθμική ανάλυση
προσδιορισμός της ποσότητας μιας ουσίας σε προϊόν που μπορεί να απομονωθεί πλήρως και να ζυγιστεί.

2. Ογκομετρική ανάλυση
(βλ. παρακάτω).



Σταθμική ανάλυση ιόντων Ba^{2+}

Παράδειγμα 4.14

Προσδιορισμός της ποσότητας μιας οντότητας με σταθμική ανάλυση
Ένα ευδιάλυτο ιωδίδιο διαλύθηκε σε νερό. Μετά προστέθηκε περίσσεια νιτρικού αργύρου, AgNO_3 , για να καταβυθίσει όλα τα ιόντα I^- ως ιωδίδιο του αργύρου, AgI . Αν 1,545 g από το ευδιάλυτο ιωδίδιο έδωσαν 2,185 g ιωδίδιο του αργύρου, πόσα γραμμάρια ιωδίου υπάρχουν στο δείγμα του ευδιάλυτου ιωδιδίου; Πόση είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε ιώδιο;

Απάντηση

Μετατροπή μάζας AgI σε μάζα I :



$$2,185 \text{ g AgI} \times \frac{1 \text{ mol AgI}}{234,77 \text{ g AgI}} \times \frac{1 \text{ mol I}^-}{1 \text{ mol AgI}} \times \frac{126,90 \text{ g I}^-}{1 \text{ mol I}^-} = 1,18105 \text{ g I}^-$$

Εκατοστιαία περιεκτικότητα δείγματος (1,545 g) σε ιώδιο

$$\frac{1,18105 \text{ g I}^-}{1,545 \text{ g δείγματος}} \times 100\% = 76,443\% \text{ I}^- \approx 76,44\% \text{ I}^-$$

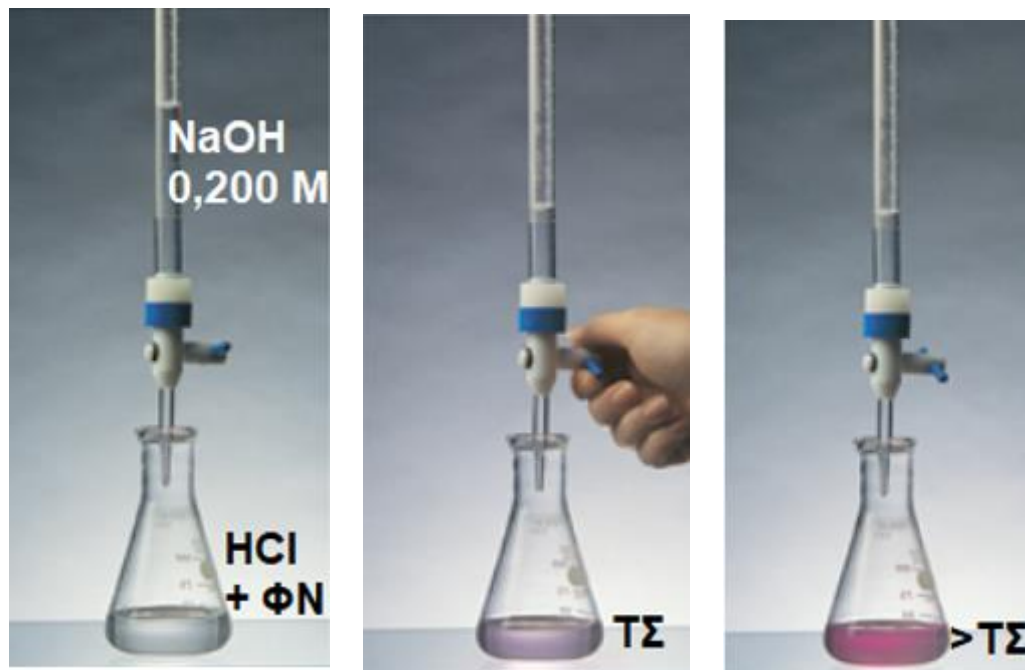


Ποσοτική ανάλυση

4.10 Ογκομετρική ανάλυση

Ογκομέτρηση: η διαδικασία προσδιορισμού της ποσότητας μιας ουσίας A, κατά την οποία προσθέτουμε έναν επιμελώς μετρούμενο όγκο διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης της ουσίας B, μέχρις ότου η αντίδραση των A και B συμπληρωθεί ακριβώς.

Ογκομετρική ανάλυση: η μέθοδος ανάλυσης που στηρίζεται σε ογκομέτρηση.



Ογκομέτρηση μιας άγνωστης ποσότητας HCl με πρότυπο διάλυμα NaOH 0,200 M.

ΦN = φαινολοφθαλεΐνη

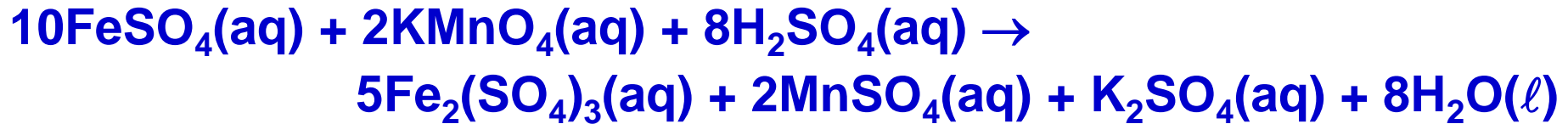
ΤΣ = τελικό σημείο

>ΤΣ = υπέρβαση του ΤΣ¹¹

Παράδειγμα 4.15

Υπολογισμός της ποσότητας μιας ουσίας με ογκομετρική ανάλυση

Πόσα mL διαλύματος KMnO_4 0,238 M χρειάζονται για να αντιδράσουν με 3,36 g θειικού σιδήρου, FeSO_4 κατά την αντίδραση



Απάντηση

Μετατροπή της μάζας του FeSO_4 σε όγκο διαλύματος KMnO_4 .

$\text{g FeSO}_4 \Rightarrow \text{mol FeSO}_4 \Rightarrow \text{mol KMnO}_4 \Rightarrow \text{mL KMnO}_4$

$$3,36 \text{ g FeSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol FeSO}_4}{151,92 \text{ g FeSO}_4} \times \frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{10 \text{ mol FeSO}_4} \times \frac{1 \text{ L KMnO}_4}{0,238 \text{ mol KMnO}_4}$$

$$= 0,01859 \text{ L (18,6 mL) διαλύματος KMnO}_4$$

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

4.16 Σε μια φιάλη που περιέχει 35,7 mL υδροχλωρικού οξέος 12,0 M προστίθεται νερό μέχρι που ο όγκος του διαλύματος γίνεται 250 mL. Πόση είναι η συγκέντρωση του νέου διαλύματος;

4.17 Ένα υδατικό διάλυμα περιέχει 4,50% (κατά μάζα) αμμωνία, NH_3 . Η πυκνότητα της υδατικής αμμωνίας είναι $0,979 \text{ g/cm}^3$. Πόση είναι η molarity του διαλύματος;

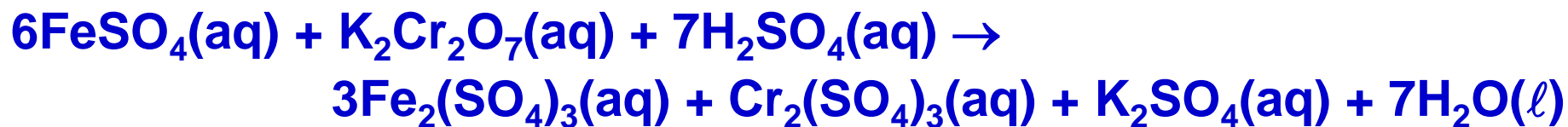
4.18 Ο χρυσός έχει ενώσεις που περιέχουν ιόντα χρυσού(I) ή ιόντα χρυσού(III). Μια ένωση χρυσού και χλωρίου υποβλήθηκε σε κατεργασία με διάλυμα νιτρικού αργύρου, AgNO_3 , προκειμένου τα ιόντα χλωριδίου της ένωσης να μετατραπούν σε ίζημα AgCl . Δείγμα 162,7 mg της ένωσης του χρυσού έδωσε 100,3 mg AgCl .
(α) Υπολογίστε την εκατοστιαία περιεκτικότητα χλωρίου της ένωσης του χρυσού.
(β) Αποφανθείτε αν ο τύπος της ένωσης είναι AuCl ή AuCl_3 .

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

4.19 Δείγμα 3,33 g σιδηρούχου μεταλλεύματος μετατρέπεται σε διάλυμα θειικού σιδήρου(II), FeSO_4 , και το διάλυμα αυτό ογκομετρείται με διχρωμικό κάλιο, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 0,150 M.

Αν χρειάζονται 41,4 mL διαλύματος διχρωμικού καλίου για την ογκομέτρηση του διαλύματος θειικού σιδήρου(II), πόση είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα του μεταλλεύματος σε σίδηρο;

Η αντίδραση είναι



4.20 Έχετε ένα δείγμα δηλητηρίου τρωκτικών του οποίου το δραστικό συστατικό είναι θειικό θάλλιο(I). Αναλύετε το δείγμα για να βρείτε την εκατοστιαία σύστασή του σε δραστικό συστατικό, προσθέτοντας ιωδίδιο του καλίου για να καταβυθίσετε κίτρινο ιωδίδιο του θαλλίου. Αν το αρχικό δείγμα ζύγιζε 759,0 mg και λάβατε 212,2 mg ξηρού ιζήματος, πόσο τοις % κατά μάζα θειικό θάλλιο(I) περιέχει το δηλητήριο;

(α) 32,42% (β) 30,05% (γ) 21,30 % (δ) 17,42%