



ΣΤΑΘΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Σταθμική ανάλυση είναι η αναλυτική τεχνική η οποία βασίζεται στη μέτρηση της μάζας ενός δείγματος μετά από κατάλληλη κατεργασία ή στη μέτρηση της μάζας μιας δυσδιάλυτης ενώσεως, που προκύπτει από το αναλυόμενο δείγμα με ειδική χημική διεργασία.



ΣΤΑΘΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

- **Μέσω σχηματισμού αερίου** (άμεσες και έμμεσες, π.χ προσδιορισμός υγρασίας)
- **Μέσω σχηματισμού ιζήματος**
- Στις σταθμικές μεθόδους κατατάσσεται και η **ηλεκτροσταθμική ανάλυση**, η οποία βασίζεται στην απόθεση ουσίας στην επιφάνεια ηλεκτροδίου κατά τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος από το διάλυμα (απόθεση Cu σε κάθοδο Pt).
- Η σταθμική ανάλυση μέσω σχηματισμού δυσδιάλυτης ένωσης είναι μία περίπλοκη διαδικασία από την οποία πρέπει να προκύψει μία απόλυτα καθαρή ένωση γνωστής σύστασης. Η ένωση αυτή πρέπει να απομονωθεί ποσοτικά και να είναι απαλλαγμένη από προσμείξεις, ώστε από τη ζύγισή της να υπολογισθεί η περιεκτικότητα του επιθυμητού συστατικού στο αρχικό δείγμα.

Πλεονεκτήματα (ογκομετρία και ενόργανη ανάλυση)

- Εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια (βαθμό συμφωνίας μεταξύ της πειραματικής και πραγματικής τιμής) που φτάνει το 0,1%. Αυτό οφείλεται στη δυνατότητα που παρέχει ο αναλυτικός ζυγός να προσδιορίζει μάζα με ακρίβεια 5 δεκαδικών ψηφίων.
- Μεγάλη επαναληψιμότητα (συμφωνία που δείχνουν οι πειραματικές τιμές μεταξύ τους).
- Υψηλή ευαισθησία που σε ορισμένες περιπτώσεις επιτρέπει τον προσδιορισμό συστατικών του δείγματος με περιεκτικότητα μέχρι 0,1 % w/w.
- Είναι απόλυτη μέθοδος, αφού δεν απαιτεί ούτε βαθμονόμηση, ούτε πρότυπα διαλύματα.
- Ο απαιτούμενος εργαστηριακός εξοπλισμός είναι χαμηλού κόστους.

Μειονεκτήματα (ογκομετρία και ενόργανη ανάλυση)

- Περιορισμένη εκλεκτικότητα. Γι' αυτό σε πολλές περιπτώσεις προηγείται διαχωρισμός, πριν την εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης.
- Ο χρόνος ανάλυσης είναι μεγάλος, η διαδικασία χαρακτηρίζεται επίπονη και απαιτείται έμπειρος και προσεκτικός αναλυτής, χωρίς να υπάρχει δυνατότητα αυτοματοποίησης.
- Απαιτείται σχετικά μεγάλη ποσότητα δείγματος, π.χ. 0,5 g.

Στάδια σταθμικής ανάλυσης

1. Δειγματοληψία, ξήρανση (εάν είναι απαραίτητη) και ζύγιση με ακρίβεια ποσότητας δείγματος (sampling).
2. Διαλυτοποίηση του δείγματος (dissolution)
3. Ρύθμιση συνθηκών (ρύθμιση/διατήρηση pH, μεταβολή του αριθμού οξείδωσης ενός στοιχείου, δέσμευση παρεμποδίζοντων ιόντων με προσθήκη καλυπτικών αντιδραστηρίων)
4. Προσθήκη αντιδραστηρίου καταβυθίσεως και σχηματισμός ιζήματος (precipitation).
5. Χώνευση ιζήματος (digestion)
6. Διήθηση ιζήματος (filtration)-Έκπλυση
7. Ξήρανση (drying) ή και πύρωση (igniting) για την μετατροπή του ιζήματος σε προϊόν κατάλληλο προς ζύγιση.
8. Ζύγιση
9. Υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της εκατοστιαίας περιεκτικότητας του δείγματος σε κάποιο συστατικό.

4. Προσθήκη αντιδραστηρίου καταβυθίσεως και σχηματισμός ιζήματος (precipitation).

Αντιδραστήρια καταβύθισης:

Τα **ανόργανα** αντιδραστήρια καταβυθίσεως σχηματίζουν δυσδιάλυτα άλατα ή ένυδρα οξείδια και το τελικό προς ζύγιση προϊόν είναι το άλας ή το αντίστοιχο οξείδιο. Κύρια μειονεκτήματα των ανόργανων αντιδραστηρίων καταβυθίσεως είναι η απουσία εκλεκτικότητας και η ανάγκη υψηλής θερμοκρασίας πυρώσεως.

Τα **οργανικά** αντιδραστήρια καταβυθίσεως σχηματίζουν σταθερά ιζήματα μεγάλου μοριακού βάρους. Χρησιμοποιούνται αντιδραστήρια τα οποία έχουν την ικανότητα σχηματισμού **χηλικών ενώσεων**. Μειονεκτήματα των οργανικών αντιδραστηρίων καταβυθίσεως είναι η ευπάθειά τους στη θερμότητα, το φως και στην παρουσία οξειδωτικών ή αναγωγικών ενώσεων.

4. Προσθήκη αντιδραστηρίου καταβύθισης και σχηματισμός ιζήματος (precipitation)

Επιθυμητά ιζήματα:

- Να έχει πολύ μικρή διαλυτότητα (ποσοτική καταβύθιση)
- Να συγκροτείται από μεγάλους κρυστάλλους (μακροκρυσταλλικό ίζημα), ώστε να καταβυθίζεται γρήγορα, να διηθείται και να εκπλένεται εύκολα, χωρίς να διέρχεται από τους πόρους του ηθμού. Είναι γνωστό ότι τα μακροκρυσταλλικά ιζήματα χαρακτηρίζονται από μικρή επιφάνεια επαφής. Έτσι, φαινόμενα προσρόφησης ή έγκλεισης, που προκαλούν μόλυνση στο ίζημα, περιορίζονται.
- Να έχει σταθερή και καθορισμένη σύσταση ή να έχει δυνατότητα να μετατραπεί σε ένωση γνωστής στοιχειομετρίας. Για παράδειγμα, η καταβύθιση του Fe^{3+} υπό μορφή $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ δεν είναι ευνοϊκή, γι' αυτό και το ίζημα πυρώνεται, ώστε να μετατραπεί σε Fe_2O_3 το οποίο έχει σταθερή και γνωστή στοιχειομετρίας σύσταση.
- Το αντιδραστήριο καταβύθισης να είναι εκλεκτικό, δηλαδή να αντιδρά μόνο με την προς ανάλυση ουσία.
- Μικρή ποσότητα της προσδιοριζόμενης ουσίας να δίνει μεγάλη ποσότητα ιζήματος.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

1. ΠΥΡΗΝΩΣΗ/ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΥ

- Ιόντα (μέγεθος: $\leq 10^{-8}$ cm)
- Κολλοειδή σωματίδια (μέγεθος: 10^{-7} - 10^{-5} cm)

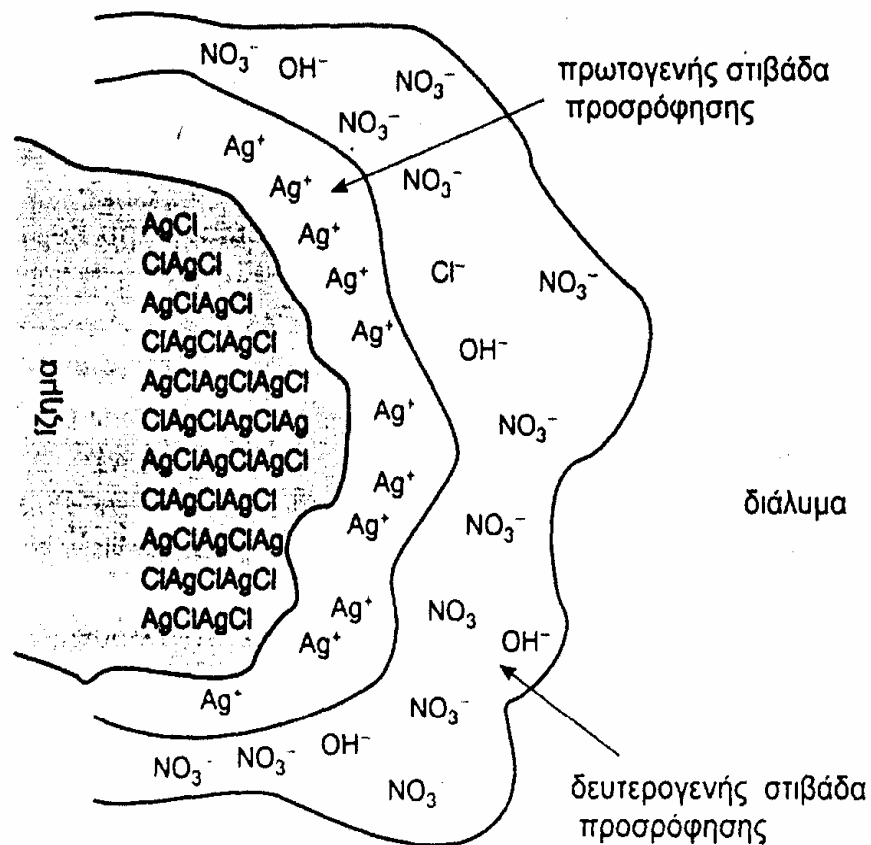
2. ΚΑΘΙΣΗΣΗ

- Κολλοειδή ή πηγματώδη ιζήματα (μέγεθος: $\leq 10^{-8}$ cm) (π.χ. $\text{Al}(\text{OH})_3$)
- Τα μικκύλια μετατρέπονται σε λεπτούς κρυστάλλους ΠΟΥ
 - είτε συσσωματώνονται προς **μικροκρυσταλλικά** ιζήματα (μέγεθος: 10^{-6} - 10^{-4} cm) (π.χ. BaSO_4)
 - είτε αυξάνονται σε μέγεθος προς **μακροκρυσταλλικά** (μέγεθος: 10^{-4} - 10^{-3} cm) (π.χ. BaCl_2)

Ηλεκτρική Διπλοστιβάδα-Helmholtz

Πρωτογενή στιβάδα προσρόφησης, μια στιβάδα προσροφημένων εκλεκτικά από το διάλυμα ιόντων, κυρίως όμοιων με εκείνα που υπάρχουν στον κρύσταλλο

Δευτερογενή (αντισταθμιστική) στιβάδα προσρόφησης, που περιβάλλει την πρωτογενή στιβάδα προσρόφησης και αποτελείται από ιόντα του διαλύματος αντίθετου φορτίου, ώστε να εξασφαλιστεί η ηλεκτρική ουδετερότητα του σωματιδίου.



Σχηματική παρουσίαση κolloειδούς σωματιδίου AgCl με την πρωτογενή στιβάδα προσρόφησης ιόντων Ag⁺ και τη δευτερογενή αντισταθμιστική στιβάδα ιόντων NO₃⁻ (ηλεκτρική διπλοστιβάδα) σε διάλυμα με περίσσεια AgNO₃.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΒΥΘΙΣΗΣ

Ο μηχανισμός σχηματισμού του ιζήματος δεν έχει ακόμα διευκρινισθεί πλήρως. Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι το μέγεθος των σωματιδίων ενός ιζήματος εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- θερμοκρασία διαλύματος
- συγκέντρωση διαλύματος
- διαλυτότητα ιζήματος
- ταχύτητα προσθήκης και ανάμιξης των αντιδραστηρίων για το σχηματισμό του ιζήματος.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΒΥΘΙΣΗΣ

Επίσης, είναι γενικά αποδεκτό ότι, οι φάσεις της πυρήνωσης και της σωματιδιακής ανάπτυξης του κρυστάλλου είναι ανταγωνιστικές.

Οι συνθήκες καταβύθισης θα πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε η ταχύτητα πυρήνωσης να είναι μικρή, ενώ η ταχύτητα ανάπτυξης του κρυστάλλου μεγάλη. Κατ' αυτό τον τρόπο παράγονται λίγοι, αλλά ευμεγέθεις κρύσταλλοι.

Η ταχύτητα πυρήνωσης αυξάνεται με την αύξηση του βαθμού υπερκορεσμού του διαλύματος:

Υπερκορεσμός = $Q-S$

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑΒΥΘΙΣΗΣ

Σχετικός υπερκορεσμός του διαλύματος (*relative supersaturation*):

■ **Σχετικός υπερκορεσμός = $(Q - S) / S$**

όπου,

■ Q : η συγκέντρωση της καταβυθιζόμενης ουσίας σε συγκεκριμένη στιγμή, πριν την καταβύθιση.

■ S : η διαλυτότητα της ουσίας, η συγκέντρωση δηλαδή του κορεσμένου διαλύματος της.

■ Για μεγάλες τιμές $(Q-S) / S \Rightarrow$ το ίζημα τείνει να γίνει κολλοειδές

■ Για μικρές τιμές $(Q-S) / S \Rightarrow$ το ίζημα πιθανότατα είναι μακροκρυσταλλικό

Στους γενικούς κανόνες καταβύθισης περιλαμβάνονται:

- Η χρησιμοποίηση θερμών διαλυμάτων σε μικρές συγκεντρώσεις.
- Η ανάμιξη των διαλυμάτων να γίνεται σταδιακά, ακόμα και κατά σταγόνα, υπό συνεχή ανάδευση.
- Η παραμονή του ιζήματος στο μητρικό διάλυμα για κάποιο χρονικό διάστημα (π.χ. 1 ώρα ή περισσότερο). Έτσι, συντελείται η χώνευση ή πέψη (*digestion*) του ιζήματος. Κατά τη χώνευση, οι μικροί κρύσταλλοι διαλύονται, σχηματίζονται νέοι μεγαλύτεροι, οπότε ο κρύσταλλος τελειοποιείται.
- Να σημειωθεί ότι το μέγεθος του κρυστάλλου μπορεί να αυξηθεί και με διαδοχική θέρμανση και ψύξη του διαλύματος.

Μόλυνση ιζημάτων

- Κατά το σχηματισμό ή την παραμονή του ιζήματος στο διάλυμα, η παρουσία "ξένων" ιόντων, πολλές φορές προκαλεί μόλυνση του ιζήματος. Η μόλυνση αυτή επιτυγχάνεται με **αληθινή καταβύθιση** ή με **συγκαταβύθιση (coprecipitation)**.

Αληθινή καταβύθιση

- Τα ανεπιθύμητα ιόντα καταβυθίζονται είτε συγχρόνως (**σύγχρονη καταβύθιση**), είτε μετά το εξεταζόμενο ίζημα (**μετακαταβύθιση, *postprecipitation***), ακολουθώντας και στις δυο περιπτώσεις τη συνθήκη καταβύθισης (το γινόμενο ιόντων να είναι μεγαλύτερο του K_s).
- Η μείωση της μόλυνσης λόγω αληθινής καταβύθισης, επιτυγχάνεται με διαχωρισμό των ανεπιθύμητων ιόντων, πριν την καταβύθιση του ιζήματος, ή με τη χρήση καλυπτικών αντιδραστηρίων για τη συμπλοκοποίηση αυτών.

Συγκαταβύθιση (coprecipitation)

- Στη συγκαταβύθιση καθιζάνουν μαζί με το ίζημα που μας ενδιαφέρει και άλλες ουσίες για τις οποίες δεν ισχύει η συνθήκη καταβύθισης, δηλαδή **$Q_s \leq K_s$** . Η συγκαταβύθιση μπορεί να οφείλεται σε:

- **Επιφανειακή προσρόφηση ιζήματος (adsorption).** Η μόλυνση αυτού του είδους είναι η περισσότερη συνηθισμένη και αποφεύγεται με πλύση του ιζήματος με κατάλληλο ηλεκτρολύτη.
- **Έγκλειση (occlusion).** Η μόλυνση αυτή συμβαίνει όταν έχουμε ταχεία ανάπτυξη κρυστάλλου, οπότε ξένα ιόντα παγιδεύονται στο εσωτερικό του. Το φαινόμενο περιορίζεται με μείωση της ταχύτητας ανάπτυξης του κρυστάλλου, ή με αναδιάλυση και επανακαταβύθιση του ιζήματος.
- **Σχηματισμός μικτών κρυστάλλων (mixed crystal formation)** μεταξύ προσμίξεων και ιζήματος. Η μόλυνση αυτή προκαλείται όταν ιόντα ίδιου μεγέθους και φορτίου με το εξεταζόμενο ιόν (ισόμορφα ιόντα), το αντικαθιστούν στο ίζημα του, σχηματίζοντας μικτούς κρυστάλλους.
- **Μηχανική παγίδευση (mechanical entrapment).** Αυτή συμβαίνει όταν κατά την ανάπτυξη του κρυστάλλου παγιδευτούν σ' αυτό μηχανικά άλλες ουσίες, π.χ. νερό ή σκόνη. Οι ουσίες αυτές εύκολα απομακρύνονται με πλύση του ιζήματος ή με επανακαταβύθιση του ιζήματος.

Διήθηση

- Η διήθηση μπορεί να γίνει με χαρτί διήθησης ή ακόμα με ηθμό από πορσελάνη ή γυάλινο χωνί με πορώδη πυθμένα, π.χ. ηθμός Buchner όταν τα διαλύματα είναι πυκνά (όξινα ή βασικά ή οξειδωτικά).
- Τύποι χάρτινων ηθμών:
 - της μαύρης ταινίας (ή Whatman 41), μαλακοί ηθμοί, με μεγάλους πόρους, για ταχεία διήθηση, κατάλληλοι για ζελατινώδη ιζήματα.
 - της κυανής ή κόκκινης ταινίας (ή Whatman 42), οι οποίοι είναι σκληροί με πολύ μικρούς πόρους, για βραδεία διήθηση, κατάλληλοι για μικροκρυσταλλικά ιζήματα.
 - της λευκής ταινίας (ή Whatman 40), ο οποίος είναι ενδιάμεσος τύπος ηθμού, κατάλληλος για κρυσταλλικά ιζήματα.
 - οι πτυχωτοί ηθμοί, οι οποίοι είναι ταχείας διήθησης και χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει η συλλογή του διηθήματος και όχι του ιζήματος.

Έκπλυση ιζήματος

Η επιλογή του υγρού έκπλυσης, γίνεται με βάση τη διαλυτότητα του ιζήματος και την αντίστοιχη των ξένων προσμίξεων.

Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται υγρά που προκαλούν υδρόλυση, ή μετατρέπουν ένα μέρος του ιζήματος σε κολλοειδές αιώρημα (αποσυσσωμάτωση). Γενικά χρησιμοποιούνται υδατικά διαλύματα πτητικών ηλεκτρολυτών, π.χ. HNO_3 , HCl , NH_4NO_3 , NH_4Cl , που απομακρύνονται εύκολα με ξήρανση ή πύρωση του ιζήματος. Σημαντικός είναι επίσης και ο παράγοντας της θερμοκρασίας (Η διαλυτότητα του ιζήματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία). Τέλος, κατά την έκπλυση έχουμε γενικώς καλύτερα αποτελέσματα, όταν το υγρό έκπλυσης προστίθεται σε μικρές δόσεις και όχι μαζεμένο.

Η έκπλυση θεωρείται πλήρης, όταν δεν είναι δυνατό να ανιχνευθούν τα ξένα ιόντα στο τελευταίο μέρος του διηθήματος.

Ξήρανση

Μετά τη διήθηση, ο υγρός ηθμός διπλώνεται, ώστε να εγκλειστεί πλήρως το ίζημα και τοποθετείται σε χωνευτήριο ή κάψα πορσελάνης. Η ξήρανση του ιζήματος γίνεται στο πυριαντήριο στους 105-125 °C για περίπου 1 έως 2 ώρες. Με αυτό τον τρόπο, απομακρύνεται ο διαλύτης και τα διάφορα άλλα πτητικά συστατικά, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκτίναξης και απώλειας δείγματος κατά τη διάρκεια της πύρωσης.

Πύρωση

- Ο ηθμός με το ίζημα μεταφέρεται σε προζυγισμένο χωνευτήριο, συνήθως από πορσελάνη, το οποίο έχει ήδη πυρωθεί μέχρι σταθερού βάρους στη θερμοκρασία πύρωσης του ιζήματος. Στη συνέχεια το χωνευτήριο τοποθετείται σε τρίγωνο και θερμαίνεται με τη φλόγα του λύχνου.
- Στην αρχή το χωνευτήριο θερμαίνεται με μικρή φλόγα (θερμαντική φλόγα του λύχνου), ώστε ο ηθμός να απανθρακωθεί. Στη συνέχεια, το ίζημα πυρώνεται σε υψηλότερη θερμοκρασία μέχρις ότου το τελικό στερεό προϊόν (στερεό ζύγισης) έχει σταθερή στοιχειομετρική σύσταση. Πρακτικά αυτό ισχύει όταν δύο διαδοχικές ζυγίσεις του χωνευτηρίου - ιζήματος διαφέρουν μεταξύ τους λιγότερο από $\pm 0,3 \text{ mg}$.
- Μετά την πύρωση, το ίζημα διατηρείται στο ξηραντήρα ώστε να αποκτήσει τη θερμοκρασία του δωματίου και στη συνέχεια ζυγίζεται.

ΕΚΑΤΟΣΤΙΑΙΑ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%A) ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ A

$$\% A = \frac{I \cdot \Sigma \cdot 100}{\Delta}$$

όπου $I = g$ της τελικά ζυγιζόμενης ουσίας B (ίζημα ή προϊόν μετατροπής του) ,

$\Delta = g$ του δείγματος,

Σ είναι ο συντελεστής μετατροπής του B σε A, δηλαδή ο αριθμός επί τον οποίο πρέπει να πολλαπλασιασθεί το βάρος I , για να ληφθεί το αντίστοιχο βάρος προσδιοριζόμενου συστατικού A.

Συντελεστής μετατροπής Σ

$$\Sigma = \frac{\beta \cdot \text{MB}_B}{\alpha \cdot \text{MB}_A}$$

όπου α και β είναι οι συντελεστές των A και B, αντίστοιχα, στην εξίσωση, η οποία παρέχει τη στοιχειομετρική σχέση μεταξύ των ουσιών A και B.

Παράδειγμα 1

- Να υπολογισθούν οι συντελεστές μετατροπής για τις μετατροπές: α. Fe_2O_3 σε Fe , β. Fe_2O_3 σε Fe_3O_4 , γ. $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ σε MgO , δ. ουρίας σε αμμωνία.
- α. $\Sigma = 2 \text{Fe} / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 \cdot 55,847 / 159,692 = 0,6994$
- β. $\Sigma = 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 / 3 \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 \cdot 231,539 / 3 \cdot 159,692 = 0,9666$
- γ. $\Sigma = 2 \text{MgO} / \text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 2 \cdot 40,304 / 222,553 = 0,3622$
- δ. $\Sigma = 2 \text{NH}_3 / \text{NH}_2\text{CONH}_2 = 2 \cdot 17,031 / 60,056 = 0,5672$

- Να υπολογισθούν οι συντελεστές μετατροπής για τις μετατροπές: α. Fe_3O_4 σε Fe , β. BaSO_4 σε SO_3 , γ. $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ σε P_2O_5 , δ. $\text{Al}(\text{C}_9\text{H}_6\text{ON})_3$ σε Al_2O_3 .

Παράδειγμα 2.

0,7965 g ορυκτού διαλύονται σε υδροχλωρικό οξύ και ο σίδηρος προσδιορίζεται σταθμικά με τη μέθοδο της αμμωνίας. Αν το βάρος του Fe_2O_3 το οποίο ζυγίζεται τελικά είναι 0,3189 g, να υπολογισθεί η εκατοστιαία περιεκτικότητα του ορυκτού σε Fe.

- Υπολογίζουμε το συντελεστή μετατροπής για τη μετατροπή Fe_2O_3 σε Fe:
- $\Sigma = 2\text{Fe} / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 \cdot 55,847 / 159,692 = 0,6994$
- Από την εξίσωση $\% A = \frac{l \cdot \Sigma \cdot 100}{\Delta}$ έχουμε:
- $\% \text{Fe} = (0,3189 \text{ g} \cdot 0,6994 \cdot 100) / 0,7965 \text{ g} = 28,00.$

Παράδειγμα 3.

0,8552 g ορείχαλκου υφίστανται κατεργασία με HNO_3 8 M και μετά τη διήθηση και πύρωση του ιζήματος λαμβάνονται 0,0632 g SnO_2 . Στο μισό του διηθήματος προσδιορίζεται ο ψευδάργυρος με καταβύθιση ($\text{ZnNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) και πύρωση, οπότε λαμβάνονται 0,2231 g $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$, ενώ στο άλλο μισό του διηθήματος προσδιορίζεται ο χαλκός ως CuSCN , οπότε λαμβάνονται 0,5874 g ιζήματος. Να υπολογισθεί η εκατοστιαία περιεκτικότητα του ορείχαλκου σε κασσίτερο, ψευδάργυρο και χαλκό.

Δίνονται: $A_{\text{r}_{\text{Sn}}} = 118,69$, $A_{\text{r}_{\text{Zn}}} = 65,37$, $A_{\text{r}_{\text{Cu}}} = 63,546$, $M_{\text{r}_{\text{SnO}_2}} = 150,69$, $M_{\text{r}_{\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7}} = 304,68$, $M_{\text{r}_{\text{CuSCN}}} = 121,63$

ΛΥΣΗ

$$\% \text{Sn} = \frac{0,0632 \text{ g SnO}_2 \cdot \frac{118,69 \text{ g Sn}}{150,69 \text{ g SnO}_2} \cdot 100}{0,8552 \text{ g δείγματος}} = 5,82$$

$$\% \text{Zn} = \frac{0,2231 \text{ g Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \frac{2 \cdot 65,37 \text{ g Zn}}{304,68 \text{ g Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7} \cdot 100}{0,4276 \text{ g δείγματος}} = 22,39$$

$$\% \text{Cu} = \frac{0,5874 \text{ g CuSCN} \cdot \frac{63,546 \text{ g Cu}}{121,63 \text{ g CuSCN}} \cdot 100}{0,4276 \text{ g δείγματος}} = 71,77$$