

Κεφάλαιο 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχοι:

Στο τέλος αυτής της διδακτικής ενότητας θα πρέπει να είσαι σε θέση

- να ορίζεις την Αναλυτική Χημεία.
- να γνωρίζεις μερικά στοιχεία για την ιστορική της εξέλιξη.
- να γνωρίζεις την αναγκαιότητα και τις εφαρμογές της σήμερα.
- να προβλέπεις την εξέλιξή της στο μέλλον, τόσο ως προς τις εφαρμογές όσο και ως προς την τεχνολογική της ανάπτυξη.

Σύμφωνα με το μεγάλο αναλυτικό χημικό C. N. Reiley :

“Αναλυτική Χημεία είναι οτιδήποτε κάνουν οι αναλυτικοί χημικοί.”

«Analytical Chemistry is what analytical chemists do.»



Προσδιορισμός περιεκτικότητας δείγματος σε χρυσό τον 15^ο αιώνα με τη μέθοδο της «χάραξης» (scratch test). Στη μέθοδο χάραξης για τον έλεγχο καθαριότητας του Au αναφέρεται πρώτος ο Θεόφραστος (372-287 π.χ.).

1.1 Τι είναι η Αναλυτική Χημεία

1.1.α. Ορισμός Αναλυτικής Χημείας

Αναλυτική Χημεία είναι ο κλάδος της Χημείας ο οποίος ασχολείται με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση μιας ουσίας, καθώς και με την ταυτοποίηση όλων ή ορισμένων συστατικών της.

Με τον όρο ποιοτική σύσταση εννοούμε το είδος των συστατικών (στοιχείων) τα οποία αποτελούν την ουσία, με τον όρο ποσοτική σύσταση εννοούμε την ποσότητα κάθε συστατικού στην ουσία, ενώ με τον όρο ταυτοποίηση εννοούμε την πιστοποίηση ενός ή περισσότερων συστατικών.

Η ποιοτική σύσταση του νερού, για παράδειγμα, εκφράζει τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το νερό, δηλαδή το υδρογόνο (H) και το οξυγόνο (O). Η ποσοτική σύσταση του νερού εκφράζει την εκατοστιαία περιεκτικότητά του σε υδρογόνο και οξυγόνο. Το νερό δηλαδή περιέχει 11.11 % υδρογόνο και 88,89 % οξυγόνο.

1.1.β. Ιστορική εξέλιξη

Η προεπιστημονική Χημεία ξεκινά από την εποχή των Αιγυπτίων, Σουμερίων και Βαβυλωνίων, συνεχίζει αργότερα με τους Έλληνες φιλοσόφους και φτάνει μέχρι τα τέλη του 17ου αιώνα.

Η Αναλυτική Χημεία ξεκινάει ως επιστήμη από την εποχή της «κυπέλλωσης» και της «χάραξης» (περί τον 14ο αιώνα).

Η κυπέλλωση ήταν μέθοδος μεταλλουργίας του χρυσού και του αργύρου, η οποία χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα για τον καθαρισμό του χρυσού. Κατά τη μέθοδο αυτή, έλειωναν το μέταλλο μέσα σε ειδικά πορώδη πυρίμαχα δοχεία με τη μορφή κυπέλλου. Κατά την απόχυσή του, οι μεγάλοι πόροι συγκρατούσαν τις προσμίξεις, αυξάνοντας έτσι την καθαρότητα του μετάλλου.

Η χάραξη ήταν μέθοδος, η οποία χρησιμοποιούσε τη «λυδία λίθο» (μαύρη πυριτική πέτρα), για να χαράσσει το μέταλλο. Από το μέγεθος και το χρώμα της γραμμής ήλεγχαν την καθαρότητα του χρυσού. Τόσο η κυπέλλωση όσο και η χάραξη χαρακτηρίστηκαν «ξηρές μέθοδοι ανάλυσης».

Στα τέλη του 11ου με αρχές του 12ου αιώνα, αναπτύσσονται οι «υγροχημικές μέθοδοι», οι οποίες στηρίχθηκαν σε αντιδράσεις διαλυμάτων με τη χρήση οξέων.

Λαμπρή περίοδος όμως για την Αναλυτική Χημεία αρχίζει με τον Robert Boyle (1627-1691), όταν για πρώτη φορά εισά-

γεται ο όρος «χημική ανάλυση», για να δηλώσει τη χρήση χημικών αντιδράσεων στον καθορισμό διαφόρων ουσιών.

Ο ίδιος ο Boyle εισάγει την «πυροχημική μέθοδο ανίχνευσης», όταν διαπιστώνει το διαφορετικό χρωματισμό της φλόγας κατά την τοποθέτηση μικρής ποσότητας μιας ουσίας πάνω σ' αυτήν.

Την ίδια περίοδο, αρχίζει μια μεγάλη συνεργασία μεταξύ της Ιατρικής και της Χημείας για την παρασκευή φαρμάκων. Παράλληλα, εξελίσσεται η τυπογραφία, οπότε η ανταλλαγή επιστημονικών απόψεων, μέσω των γραπτών κειμένων και με στόχο την ανάπτυξη των επιστημών, γίνεται ευκολότερη.

Οι Γερμανοί επιστήμονες Pfaff και H.Rose δημοσίευσαν στις αρχές του 19ου αιώνα (το 1821) τα πρώτα σημαντικά συγγράμματα της Αναλυτικής Χημείας. Επίσης το 1862 άρχισε να εκδίδεται το πρώτο ειδικά για την Αναλυτική Χημεία περιοδικό «Journal», και ακολούθησαν το «The Analyst», το «Chemical Abstracts» κ.ά.

1.1.γ. Η Αναλυτική Χημεία σήμερα

Σήμερα η Αναλυτική Χημεία παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον, τόσο από επιστημονικής πλευράς όσο και από πλευράς εφαρμογών.

Έχει αναπτύξει πλήθος από ευαίσθητες τεχνικές μεγάλης πρακτικής σημασίας, για τον έλεγχο και την παραγωγή προϊόντων. Σημαντική, επίσης, είναι και η συμβολή της Αναλυτικής Χημείας σε πολλές άλλες επιστήμες, όπως: Κλινική Χημεία, Χημεία Περιβάλλοντος, Φαρμακευτική Χημεία, Μικροβιολογία, Φυσιολογία, Παλαιοντολογία, Ορυκτολογία, Γεωλογία, Φυσική, Βιολογία, Ιατρική, ακόμα και Κοινωνικές Επιστήμες.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις διάφορες αποφάσεις και ρυθμίσεις που λαμβάνονται κατά καιρούς για το περιβάλλον, τόσο από κρατικούς φορείς όσο και από παγκόσμιους οργανισμούς (Forum).

Είναι γνωστό ότι η μόλυνση των θαλασσών, των ποταμών, των λιμνών και του εδάφους, καθώς και η ρύπανση της ατμόσφαιρας με το φωτοχημικό νέφος έχουν καταστροφικά αποτελέσματα.

Η αλόγιστη χρήση των φυτοφαρμάκων έχει σοβαρές συνέπειες στην υγεία τόσο του ανθρώπου όσο και των ζώων και πουλιών.

Η περιοδική χρήση αναβολικών έχει ακόμα και θανατηφό-

Σήμερα, η Αναλυτική Χημεία έχει εξελιχθεί σ' έναν επιστημονικό κλάδο, ο οποίος αναπτύσσει και εφαρμόζει μεθόδους, όργανα και στρατηγικές, για να μπορεί να δίνει πληροφορίες σχετικά με τη σύσταση και τη φύση των διαφόρων υλικών στο χώρο και το χρόνο. (Ορισμός από το Τμήμα Αναλυτικής Χημείας της Ομοσπονδίας Ευρωπαϊκού Συνδέσμου Χημείας).

ρα αποτελέσματα για μερικούς αθλητές.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, αλλά και σε πολλές άλλες ακόμα, τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων φαίνεται πλέον να παίζουν έναν καθοριστικό ρόλο.

Η εφεύρεση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και η σύνδεσή τους με τα σύγχρονα όργανα της Αναλυτικής Χημείας, για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, συντελούν καθοριστικά στη βελτίωση των μεθόδων ανάλυσης.



Εικόνα 1.1 Αέριος χρωματογράφος

Τα νέα συστήματα δορυφόρων (Global Systems), σε συνδυασμό με τα κινητά όργανα ανάλυσης και ελέγχου, οδηγούν σταδιακά σε αναβάθμιση της ανάλυσης, βοηθούν κατά μεγάλο ποσοστό τις «επί τόπου» αναλύσεις και περιορίζουν κατά πολύ το χρόνο και τα σφάλματα της ανάλυσης. Επίσης, η συνεργασία της Αναλυτικής Χημείας με τις άλλες επιστήμες οδηγεί σε νέες τεχνολογικές βελτιώσεις, σε ιατρικές και επιστημονικές ανακαλύψεις, ακόμα και σε αποφάσεις και μεταβολές νομικού χαρακτήρα, όπως η λήψη μέτρων για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, ο περιορισμός στη χρήση διαφόρων φαρμάκων, η κατάργηση ορισμένων άλλων κλπ.

1.2 Η Αναλυτική μέθοδος στη Χημεία. Χαρακτηριστικά της αναλυτικής μεθόδου

Ο βασικός κορμός της Αναλυτικής Χημείας είναι η αναλυτική μέθοδος. Είναι η μέθοδος, την οποία πρέπει να ακολουθήσει ο ειδικά εκπαιδευμένος χημικός, εφαρμόζοντας την κατάλληλη τεχνική, ώστε να μπορέσει να δώσει απάντηση σε οποιοδήποτε πρόβλημα ανάλυσης. Η πορεία της ανάλυσης περνάει μέσα από κάποια συγκεκριμένα, βασικά στάδια τα οποία αναλύονται παρακάτω.

1.2.α. Χαρακτηριστικά της αναλυτικής μεθόδου

Η αναλυτική μέθοδος, όμως, θα πρέπει να διακρίνεται και από κάποια βασικά χαρακτηριστικά απόδοσης, τα οποία την καθιστούν αξιόπιστη και συμφέρουσα, όπως:

- 1. Ευαισθησία (sensitivity):** Εκφράζει την ικανότητα της μεθόδου να μετράει τις μεταβολές του μετρούμενου μεγέθους. Η αναλυτική μέθοδος παρουσιάζει τόσο μεγαλύτερη ευαισθησία, όσο μεγαλύτερη μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους μπορεί να μετρήσει, σε πολύ μικρή μεταβολή της συγκέντρωσης του δείγματος.
- 2. Ακρίβεια (accuracy):** Η ακρίβεια της μεθόδου εκφράζεται με την απόκλιση της μετρούμενης τιμής ενός μεγέθους από την πραγματική τιμή του. Η απόκλιση αυτή ονομάζεται απόλυτο σφάλμα. Όσο μικρότερο είναι το απόλυτο σφάλμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια της μεθόδου.
- 3. Επαναληψιμότητα (precision):** Αναφέρεται στα αποτελέσματα μιας ανάλυσης και εκφράζει τη συμφωνία των μετρήσεων. Δείχνει, δηλαδή, πόσο πλησιάζουν τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης μεταξύ τους. Εκφράζεται με την τυπική απόκλιση s (standard deviation) ή με τη σχετική τυπική απόκλιση RSD (relative standard deviation).
- 4. Αξιοπιστία (reliability):** Εκφράζει την ποιότητα της ανάλυσης, με βάση την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα.
- 5. Επιλεκτικότητα (selectivity):** Εκφράζει την ικανότητα της μεθόδου να προσδιορίζει με ακρίβεια ένα συστατικό μέσα από ένα σύνολο παρεμποδιστών.
- 6. Όριο ανίχνευσης (detection limit):** Είναι η μικρότερη ποσότητα (συγκέντρωση) μιας ουσίας που μπορεί να ανιχνευτεί με βεβαιότητα 99,6%.
- 7. Χρόνος ανάλυσης:** Είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας ανάλυσης από την αρχή της προετοιμασίας του δείγματος. Σήμερα όμως, που ζούμε στον καιρό της ταχύτητας, ο χρόνος ανάλυσης έχει αντικατασταθεί από την ταχύτητα της μεθόδου, η οποία εκφράζει τον αριθμό των αναλύσεων ανά μονάδα χρόνου.
- 8. Κόστος:** Το κόστος της ανάλυσης καθορίζουν :
 - i. Η αγορά και η συντήρηση των οργάνων
 - ii. Η αγορά των αντιδραστηρίων
 - iii. Το κόστος εργασίας του εργατικού δυναμικού

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της αναλυτικής μεθόδου καθορίζονται στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης, το **στάδιο προσδιορισμού του προβλήματος**.

Ξέρεις τι είναι ίζημα;

Είναι η στερεά φάση που κατακάθεται σ' ένα ετερογενές μίγμα. Φαντάσου το «κατακάθι» στον ελληνικό καφέ. Αυτό είναι ίζημα.

Γνωρίζεις ότι:

Παραεμποδιστής είναι μια ουσία μέσα σ' ένα διάλυμα, που βρέθηκε χωρίς τη θέλησή μας. Είναι σαφές ότι κάθε παραεμποδιστής εμποδίζει τη σωστή και ακριβή ανάλυση. Γι' αυτό και το όνομά του.

Θυμήσου ότι:

Ιόντα είναι φορτισμένα άτομα ή ομάδες ατόμων και διακρίνονται σε **μονοατομικά** (αποτελούνται από ένα φορτισμένο άτομο) π.χ. H^+ , S^{2-} , Fe^{2+} , και **πολυατομικά** (αποτελούνται από περισσότερα άτομα) π.χ. OH^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} .

Στάδια αναλυτικής μεθόδουΠροσδιορισμός
αναλυτικού
προγράμματος

Δειγματοληψία

Επεξεργασία
δείγματοςΑπαλλαγή
από παρεμποδίσεςΕκτέλεση
πειράματος
μετρήσεις

Υπολογισμοί



Αξιολόγηση

1.2.β Στάδια αναλυτικής μεθόδου

Όπως αναφέρεται παραπάνω, η διαδικασία που ακολουθείται κάθε φορά για την ανάλυση ενός δείγματος περνάει μέσα από κάποια βασικά στάδια, τα οποία αποτελούν τη βάση για την επιτυχία της ανάλυσης.

Τα στάδια αυτά είναι:

1ο Στάδιο. Προσδιορισμός αναλυτικού προβλήματος - επιλογή μεθόδου

Ο πλήρης προσδιορισμός του αναλυτικού προβλήματος αποτελεί ένα από τα βασικότερα στάδια της ανάλυσης. Αποτελεί ένα δύσκολο πρώτο βήμα, γι' αυτό απαιτεί εμπειρία και γνώση του αντικειμένου. Τα βασικά ερωτήματα τα οποία πρέπει ο αναλυτικός χημικός να εξετάσει στο πρώτο αυτό στάδιο είναι:

- **Είδος- κατάσταση του δείγματος.** Ο χημικός πρέπει να εξετάσει αν το δείγμα είναι ανόργανο ή οργανικό, αν βρίσκεται σε καθαρή κατάσταση ή με προσμίξεις (γνωστές ή άγνωστες), ποια είναι η φυσική του κατάσταση, ποια η προέλευσή του κλπ.
- **Είδος της απαιτούμενης ανάλυσης.** Η ανάλυση θα πρέπει να είναι στοιχειακή ή μοριακή, περιστασιακή ή περιοδική (συνήθης);
- **Ακρίβεια - ευαισθησία.** Πόση ακρίβεια χρειάζεται στις μετρήσεις και ποια ευαισθησία πρέπει να έχει η μέθοδος;
- **Αναμενόμενα αποτελέσματα.** Ποια είναι τα αναμενόμενα ποιοτικά αποτελέσματα και ποιες οι αναμενόμενες τιμές ποσοτήτων (κατά προσέγγιση);
- **Διαθέσιμος χρόνος.** Πόσο γρήγορα πρέπει να δοθεί απάντηση; Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι η ακρίβεια της μεθόδου και ο χρόνος ανάλυσης πρέπει να είναι ανάλογα. Η βιασύνη συνήθως δεν εξασφαλίζει μεγάλη ακρίβεια στην ανάλυση.
- **Εργαστηριακός εξοπλισμός.** Η ενόργανη ανάλυση είναι ακριβέστερη, αλλά απαιτεί μεγάλο εργαστηριακό εξοπλισμό, σε αντίθεση με την κλασική που είναι πιο απλή.
- **Κόστος ανάλυσης.** Το κόστος ανάλυσης ποικίλλει ανάλογα με το είδος της μεθόδου. Στην κλασική ανάλυση, το κόστος καθορίζεται περισσότερο από το κόστος εργασίας και λιγότερο από την αξία των οργάνων ή των χρησιμοποιούμενων ουσιών. Στην ενόργανη ανάλυση, όμως, το κόστος καθορίζουν περισσότερο η αγορά και η συντήρηση των οργάνων και λιγότερο το κόστος εργασίας και οι

χρησιμοποιούμενες ουσίες.

- **Αριθμός αναλύσεων.** Είναι σαφές ότι, αν απαιτείται μεγάλος αριθμός αναλύσεων, μπορεί να γίνουν μεγάλες επενδύσεις και στην αναλυτική διαδικασία (ενόργανη ανάλυση), ενώ για μικρό αριθμό αναλύσεων πιο συμφέρουσα είναι η κλασική μέθοδος.

2ο Στάδιο. Δειγματοληψία

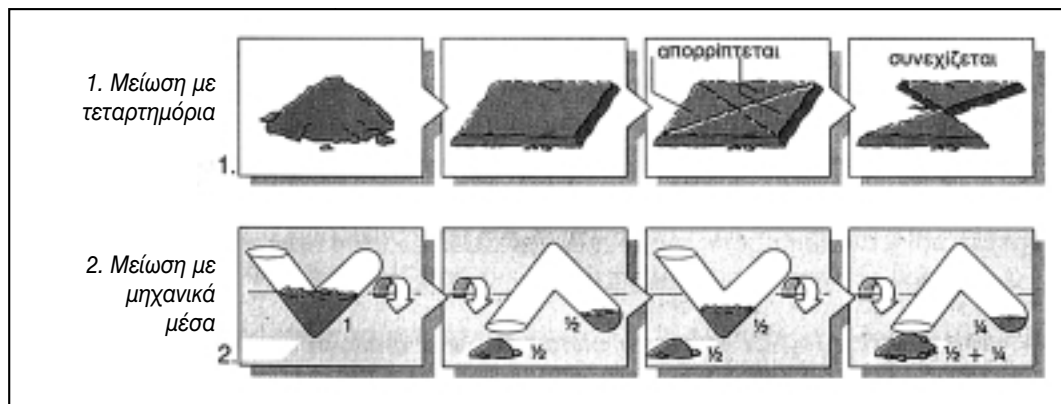
Στο στάδιο αυτό, περιγράφεται η διαδικασία λήψης ενός μικρού αντιπροσωπευτικού δείγματος, το οποίο θα πρέπει να έχει την ίδια χημική σύσταση με τη μέση σύσταση του συνολικού υλικού. Αν το δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό του υλικού, τότε η ανάλυση μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα.

Μερικοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν σημαντικά τον τρόπο λήψης δείγματος είναι:

- **Το είδος του προς εξέταση υλικού.** Διαφορετική θα είναι η δειγματοληψία σε στερεό δείγμα από ό,τι σ' ένα υγρό ή σ' ένα αέριο.
- **Το είδος της εξέτασης.** Διαφορετική, επίσης, θα είναι η δειγματοληψία, ανάλογα με το είδος της εξέτασης που πρόκειται να γίνει για να προσδιοριστεί κάποιο συστατικό. Για παράδειγμα, διαφορετική θα είναι η δειγματοληψία για τον προσδιορισμό μετάλλων σ' ένα μέταλλευμα απ' ό,τι για τον προσδιορισμό μετάλλων στο συκώτι ή στους πνεύμονες ενός ζώου.
- **Οι συνθήκες.** Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται η δειγματοληψία. Στην περίπτωση αιμοληψίας για εργαστηριακές εξετάσεις, διαφορετική είναι η σύσταση του αίματος πριν από το φαγητό και διαφορετική μετά απ' αυτό.

Η διαδικασία λήψης ενός δείγματος ακολουθεί τα παρακάτω στάδια.

1. **Συλλογή χονδρικού δείγματος.** Είναι το αρχικό αντιπροσωπευτικό δείγμα που λαμβάνεται απ' ευθείας από το προς εξέταση υλικό. Από το αρχικό υλικό παίρνουμε μερικά επί μέρους δείγματα, τα ομογενοποιούμε και έτσι δημιουργούμε το χονδρικό δείγμα.
2. **Παρασκευή εργαστηριακού δείγματος.** Με ειδική κατεργασία του χονδρικού δείγματος προκύπτει το εργαστηριακό δείγμα. Αν, για παράδειγμα, το χονδρικό δείγμα είναι στερεό, κοσκινίζεται, κονιοποιείται και με συνεχείς διαχωρισμούς μειώνεται. Η μείωση μπορεί να γίνει είτε με



διαχωρισμό με τεταρτημόρια ή με διάφορα άλλα μηχανικά μέσα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Το εργαστηριακό δείγμα που παρασκευάστηκε χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη. Το ένα δίνεται για ανάλυση (δείγμα) και το άλλο φυλάσσεται για ενδεχόμενη σύγκριση ή επανέλεγχο (αντιδείγμα).

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται το δείγμα κατά τη φύλαξη και μέχρι την ανάλυσή του, για να αποφευχθούν απώλειες, μολύνσεις ή αλλοιώσεις που μπορεί αυτό να υποστεί (αντίδραση με τον ατμοσφαιρικό αέρα, με το υλικό του δοχείου φύλαξης, από την επίδραση του φωτός κλπ.).

3ο Στάδιο. Επεξεργασία δείγματος

Το εργαστηριακό δείγμα που παρασκευάστηκε δεν είναι έτοιμο ακόμα για τη χημική ανάλυσή του. Απαιτεί μια σειρά από διεργασίες, οι οποίες θα το καταστήσουν έτοιμο και ικανό για ανάλυση. Οι διεργασίες αυτές μπορεί να είναι:

- Κονιοποίηση ή λειοτριβήση
- Κοσκίνισμα
- Ξήρανση
- Διαλυτοποίηση
- Σύντηξη
- Τεφροποίηση κ.ά.

Οι διεργασίες αυτές αναλύονται στα κεφάλαια 3^ο και 4^ο.

4ο Στάδιο. Απαλλαγή από παρεμποδίσσεις

Το εργαστηριακό δείγμα συνήθως περιέχει διάφορες προσμίξεις οι οποίες θα δυσκολέψουν τη διαδικασία της ανάλυσης. Είναι λοιπόν αναγκαίο να απαλλαγεί, όσο είναι δυνατόν, το δείγμα από τις ουσίες αυτές.

Για να το πετύχουμε αυτό, ακολουθούμε τις εξής μεθόδους:

- > Διήθηση
- > Απόσταξη
- > Χρωματογραφία
- > Κρυστάλλωση - ανακρυστάλλωση
- > Φυγοκέντρωση
- > Εκχύλιση

Οι παραπάνω μέθοδοι αναλύονται στα παρακάτω κεφάλαια.

5ο Στάδιο. Εκτέλεση πειράματος-Μετρήσεις

Στο στάδιο αυτό, τόσο η πειραματική διαδικασία όσο και οι μετρήσεις ακολουθούν τη διαδικασία που ορίζει η μέθοδος που έχει επιλεγεί για τη συγκεκριμένη ανάλυση. Αν, για παράδειγμα, έχει επιλεγεί η ογκομετρική μέθοδος, τότε η μέτρηση αφορά τον όγκο του πρότυπου διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε. Αν έχει επιλεγεί η σταθμική μέθοδος (καταβύθιση ιζήματος), τότε το σχηματισθέν ίζημα, συλλέγεται και, αφού ξηρανθεί, ζυγίζεται. Αν, τέλος, ακολουθείται ενόργανη ανάλυση, τότε η διαδικασία αποσκοπεί στη μέτρηση ή την παρακολούθηση και καταγραφή της τιμής μιας φυσικής σταθεράς του δείγματος.

Για τη μέτρηση πανομοιότυπων δειγμάτων, απαιτείται η παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων. Τα διαλύματα αυτά παρασκευάζονται είτε από πρωτογενείς πρότυπες ουσίες είτε από δευτερογενείς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά τόσο οι πρωτογενείς όσο και οι δευτερογενείς ουσίες.

6ο Στάδιο. Υπολογισμοί

Ο υπολογισμός της ποσότητας (συγκέντρωσης) κάποιου ή κάποιων συστατικών του δείγματος από τα πειραματικά δεδομένα είναι μια απλή και καθιερωμένη διαδικασία. Τόσο όμως οι μετρήσεις όσο και οι υπολογισμοί υπόκεινται στους νόμους και κανόνες της στατιστικής ανάλυσης. Οι συνεχείς επαναλήψεις των μετρήσεων αλλά και των υπολογισμών μειώνουν το πιθανό σφάλμα και αυξάνουν τη στατιστική βεβαιότητα. Η χρήση βέβαια των ηλεκτρονικών υπολογιστών, τόσο στους υπολογισμούς όσο και στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων, διευκολύνει κατά μεγάλο βαθμό το έργο των αναλυτικών χημικών και αυξάνει την απόδοση της αναλυτικής μεθόδου και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

7ο Στάδιο. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης θεωρούνται σχεδόν αναξιόπιστα, αν δεν αξιολογηθούν και δε διερευνηθούν σωστά. Η επαλήθευση αυτή των αποτελεσμάτων επιτυγχάνεται συνήθως με σύγκριση αυτών με τις τιμές πρότυπων δειγμάτων, τις οποίες αναζητάμε είτε στη βιβλιογραφία, είτε στην επανάληψη της μεθόδου με πρότυπα δείγματα (ουσίες) προκαθορισμένης ποιότητας και συγκέντρωσης στα ζητούμενα συστατικά.

1.3 Συνηθέστερες αναλυτικές μέθοδοι

Οι αναλυτικές μέθοδοι, με βάση τις εφαρμογές τους, μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

1. **Ποιοτική Ανάλυση:** Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ενός ή περισσότερων συστατικών ενός δείγματος, καθώς και για την ταυτοποίησή τους.
2. **Ποσοτική Ανάλυση:** Χρησιμοποιείται για τον ακριβή ποσοτικό προσδιορισμό ενός ή περισσότερων συστατικών του δείγματος.

Η σύγχρονη Αναλυτική Χημεία ασχολείται κυρίως με την Ποσοτική Ανάλυση, η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος σε σχέση με την Ποιοτική Ανάλυση. Γι' αυτό, πολλά διεθνή ευρείας κυκλοφορίας έγκυρα πανεπιστημιακά βιβλία παραλείπουν παντελώς τον όρο Ποιοτική Ανάλυση.

Με βάση το είδος του «προς ανάλυση» δείγματος (ανάλυτη), η αναλυτική μέθοδος διακρίνεται σε:

1. **Ανόργανη Ποιοτική ή Ποσοτική Ανάλυση,** όταν οι ουσίες που προσδιορίζουμε είναι ανόργανες.
2. **Οργανική Ποιοτική ή Ποσοτική Ανάλυση,** όταν οι ουσίες που προσδιορίζουμε είναι οργανικές.

Ανάλογα με το μέγεθος (μάζα) του δείγματος που αναλύεται, η ανάλυση χαρακτηρίζεται:

1. **Μακρο-ανάλυση:** Η μάζα του δείγματος είναι μεγαλύτερη από 0,1 g ($m > 0,1$ g).
2. **Ημιμικρο - ανάλυση:** Η μάζα του δείγματος κυμαίνεται μεταξύ 0,01 και 0,1 g ($0,01 < m < 0,1$ g).
3. **Μικρο-ανάλυση:** Η μάζα του δείγματος κυμαίνεται μεταξύ 0,01 και 0,001 g ($0,001 < m < 0,01$ g).
4. **Υπερμικρο-ανάλυση:** Το δείγμα έχει μάζα μικρότερη του ενός χιλιοστού του γραμμαρίου ($m < 0,001$ g).

Οι αναλυτικές μέθοδοι μπορούν να ταξινομηθούν και με βάση τη δομή των συστατικών που ανιχνεύονται ποιοτικά ή ποσοτικά, όπως:

- **Στοιχειακή Ποιοτική Ανάλυση**
- **Μοριακή Ποιοτική Ανάλυση**
- **Στοιχειακή Ποσοτική Ανάλυση**
- **Μοριακή Ποσοτική Ανάλυση**

Με δύο λόγια.....

- ❖ Αναλυτική Χημεία είναι ο κλάδος της Χημείας ο οποίος ασχολείται με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση μιας ουσίας, καθώς και με την ταυτοποίηση όλων ή ορισμένων συστατικών της.
- ❖ Ξεκινάει το 14ο αιώνα με τη «χάραξη» και την «κυπέλλωση» και εξελίσσεται μέχρι σήμερα.
- ❖ Συνεργάζεται με πλήθος άλλων επιστημών, συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων και βελτιώνοντας τις συνθήκες της καθημερινής ζωής.
- ❖ Χρησιμοποιεί την αναλυτική μέθοδο, που είναι η πορεία που ακολουθεί ο αναλυτής για την επίλυση κάθε αναλυτικού προβλήματος.
- ❖ Τα στάδια της αναλυτικής μεθόδου είναι:
 - ▶ Προσδιορισμός του αναλυτικού προβλήματος
 - ▶ Δειγματοληψία
 - ▶ Επεξεργασία δείγματος
 - ▶ Απαλλαγή από παρεμποδιστές
 - ▶ Εκτέλεση πειράματος-Μετρήσεις
 - ▶ Υπολογισμοί
 - ▶ Αξιολόγηση αποτελεσμάτων
- ❖ Τα χαρακτηριστικά της αναλυτικής μεθόδου είναι:
 - ▶ Ευαισθησία
 - ▶ Ακρίβεια
 - ▶ Επαναληψιμότητα
 - ▶ Αξιοπιστία
 - ▶ Επιλεκτικότητα
 - ▶ Χρόνος ανάλυσης
 - ▶ Κόστος ανάλυσης
 - ▶ Όριο ανίχνευσης

Συνηθέστερες αναλυτικές μέθοδοι είναι:

- ▶ Ποιοτική και Ποσοτική
- ▶ Ανόργανη Ποιοτική και Οργανική Ποιοτική
- ▶ Ανόργανη Ποσοτική και Οργανική ποσοτική
- ▶ Μακρο - Ανάλυση
- ▶ Ημιμικρο - Ανάλυση
- ▶ Μικρο - Ανάλυση
- ▶ Υπερμικρο - Ανάλυση

ΕΛΕΓΧΕΤΕ τις γνώσεις σας

1. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:
 - α. Με ποιους τρόπους μπορούμε να μειώσουμε ένα δείγμα;
 - β. Ποιοι παράγοντες καθορίζουν το κόστος της ανάλυσης;
2. Συμπληρώστε τα κενά ώστε να προκύπτουν σωστές προτάσεις:
 - α. Η αναλυτική μέθοδος παρουσιάζει τόσο ευαισθησία, όσο μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους μπορεί να μετρήσει, σε πολύ μικρή μεταβολή της συγκέντρωσης του δείγματος.
 - β. Στην ενόργανη ανάλυση, το κόστος καθορίζουν περισσότερο και των οργάνων και λιγότερο και
3. Να αντιστοιχίσετε τα δείγματα με τις κατάλληλες μεθόδους που πρέπει να ακολουθήσουμε για την ανάλυσή τους:

<ol style="list-style-type: none">α. Στερεό δείγμα μάζας 5 gβ. Στερεό δείγμα μάζας 0,002gγ. Στερεό δείγμα μάζας 0,09 gδ. Στερεό δείγμα μάζας 0.008 g	<ol style="list-style-type: none">1. Μακρο-ανάλυση2. Ημιμικρο-ανάλυση3. Μικρο-ανάλυση4. Υπερμικρο-ανάλυση
---	--
4. Να χαρακτηρίσετε σωστές ή λανθασμένες τις προτάσεις που ακολουθούν σημειώνοντας Σ ή Λ δίπλα σε καθεμιά.
 - α. Η δειγματοληψία είναι το πρώτο στάδιο του αναλυτικού προβλήματος.
 - β. Η ακρίβεια της μεθόδου είναι ανάλογη με το χρόνο ανάλυσης.
 - γ. Η ταυτοποίηση μιας ουσίας είναι ζήτημα της Ποσοτικής ανάλυσης.
 - δ. Το όριο ανίχνευσης είναι η μέγιστη ποσότητα (συγκέντρωση) μιας ουσίας, που μπορεί να ανιχνευτεί με μεγάλη βεβαιότητα.