

# Κεφάλαιο **6**

## Ο Ηλεκτρονικός υπολογιστής ως εργαλείο του χημικού

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να παρουσιάσει τη διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου και τις κυριότερες εργαστηριακές συσκευές ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης, καθώς επίσης και τις βασικές αρχές της βιομηχανικής παραγωγής.

### **Ενότητες**

- 6.1 Ποιοτικός έλεγχος και εργαστηριακές συσκευές χημικής ανάλυσης**
- 6.2 Βιομηχανική παραγωγή και βιομηχανικές μονάδες**
- 6.3 Αυτόματος έλεγχος βιομηχανικών μονάδων**

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 6.1**

### **ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

- *Ποιοτικός έλεγχος*
- *Εργαστηριακές μετρήσεις για τον έλεγχο της ποιότητας*
- *Εργαστηριακά όργανα ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης*

#### **ΤΕΛΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΝ:**

- Να αναφέρουν τι είναι ποιότητα ενός προϊόντος και από ποιους παράγοντες εξαρτάται.
- Να αναφέρουν τι είναι ο ποιοτικός έλεγχος και σε τι αποσκοπεί.
- Να απαριθμούν τα στάδια του ποιοτικού ελέγχου.
- Να αναφέρουν τι είναι τα πρότυπα για τη διασφάλιση της ποιότητας και ποιες διαδικασίες αφορούν.
- Να περιγράφουν τα στάδια μιας ενόργανης χημικής ανάλυσης.
- Να απαριθμούν τα βασικά αναλυτικά όργανα ενός χημικού εργαστηρίου και τις χρήσεις τους.

#### **6.1.1 Ο ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ Η/Υ – ΤΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Κατά τα τελευταία χρόνια ο έντονος ανταγωνισμός έχει αυξήσει τις απαιτήσεις για βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων. Καλή ποιότητα ενός προϊόντος σημαίνει ότι το προϊόν ικανοποιεί τις απαιτήσεις που έχουν, σχετικά με αυτό, η πολιτεία, διεθνείς οργανισμοί ή και το καταναλωτικό κοινό.

Η ποιότητα των προϊόντων εξαρτάται από την ποιότητα των πρώτων και βοηθητικών υλών, τη μέθοδο παραγωγής, τα στάδια της επεξεργασίας, τα υλικά συσκευασίας, τις συνθήκες κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση των

προϊόντων κλπ. Η καλύτερη ποιότητα προϊόντος προϋποθέτει συνήθως μεγαλύτερο κόστος προϊόντος.

Η ποιότητα των προϊόντων ελέγχεται στα εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου. Ποιοτικός έλεγχος είναι το σύνολο των λειτουργικών τεχνικών και των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούνται για την εκπλήρωση των απαιτήσεων της ποιότητας.

Στόχος του ποιοτικού ελέγχου είναι ο προσδιορισμός ορισμένων φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των πρώτων υλών αλλά και των ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων, η σύγκρισή τους με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά (προδιαγραφές) και η αποδοχή, η απόρριψη ή η διόρθωση των διαφορών με κατάλληλες ενέργειες (ρύθμιση συνθηκών διεργασιών κλπ.) σε ένα σύστημα ανατροφοδότησης.

Ο ποιοτικός έλεγχος διακρίνεται σε έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας και έλεγχο του τελικού προϊόντος. Περιλαμβάνει:

- έλεγχο ποιότητας των πρώτων υλών
- έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας
- έλεγχο ποιότητας των ενδιάμεσων προϊόντων
- έλεγχο ποιότητας του τελικού προϊόντος
- έλεγχο κατά την αποθήκευση και διακίνηση του προϊόντος.

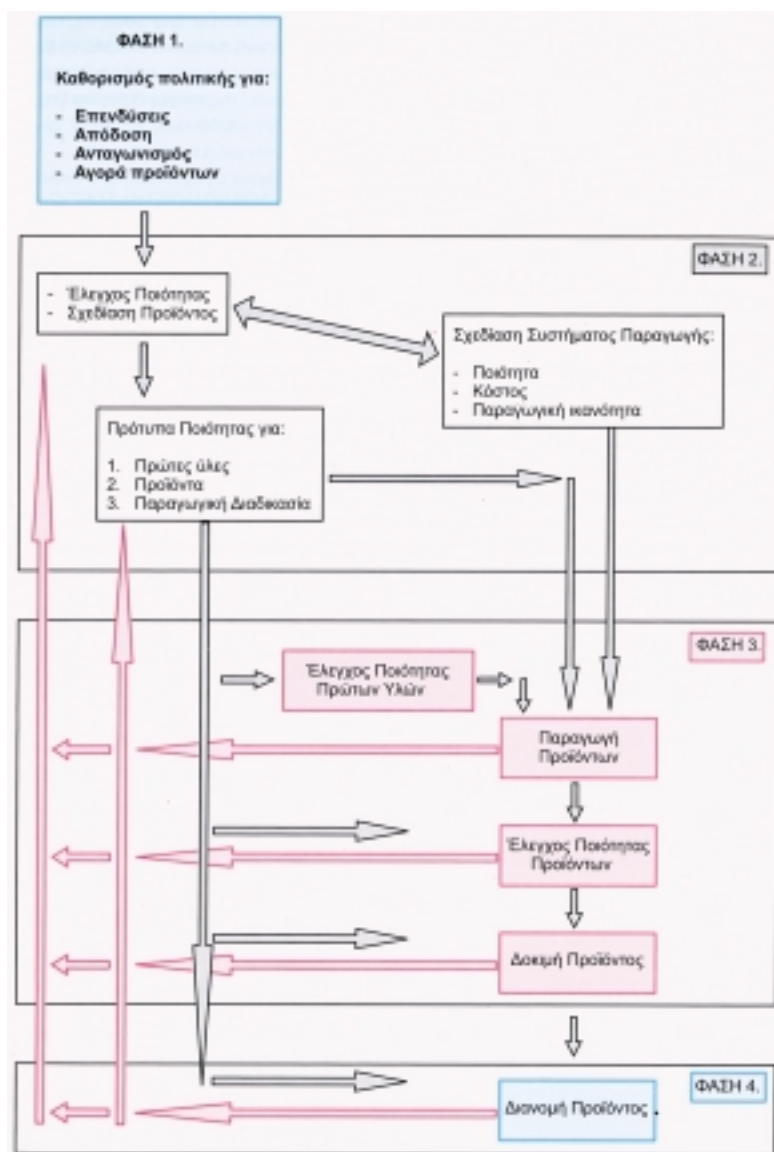
Για τον έλεγχο της ποιότητας, απαιτείται η οργάνωση ενός συστήματος ποιοτικού ελέγχου με στόχο τον καθορισμό προδιαγραφών για κάθε είδος προϊόντος π.χ. το γάλα πρέπει να έχει συγκεκριμένη σύσταση (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες κλπ.) και ιδιότητες. Οι προδιαγραφές είναι νομικές, όταν θεσπίζονται από διεθνείς οργανισμούς, από κρατικές υπηρεσίες ή από την Ευρωπαϊκή Ένωση, και βιομηχανικές όταν θεσπίζονται από τη βιομηχανία.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας έχουν δημιουργηθεί από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO - International Standards Organization) ειδικές σειρές προτύπων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των οποίων γίνεται από τους εθνικούς ή άλλους φορείς η πιστοποίηση των επιχειρήσεων.

Τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται ως οδηγός για τη διασφάλιση της ποιότητας και ως μέτρο για την αξιολόγησή της είναι αυτά της σειράς ISO 9000. Η σειρά αυτή περιλαμβάνει πέντε βασικά πρότυπα, δηλαδή συστήματα για τη διασφάλιση ποιότητας στη διοίκηση, στις υπηρεσίες, στο σχεδιασμό, στην εγκατάσταση, στην παραγωγή, στον έλεγχο των υλικών, στα προϊόντα.

Τα πρότυπα της σειράς ISO 9000 περιέχουν γενικές οδηγίες για την πορεία που καλείται να ακολουθήσει μια επιχείρηση με σκοπό τη διασφάλιση της ποιότητας και δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένα προϊόντα. Πλήρεις οδηγίες, ώστε ένα χημικό εργαστήριο να μπορεί να διεξάγει μετρήσεις με αξιόπιστα αποτελέσματα, δίνονται από τα ευρωπαϊκά πρότυπα της σειράς EN 45.000.

Η συνολική διαδικασία του ποιοτικού ελέγχου φαίνεται στην εικόνα 6.1.1.



**Εικόνα 6.1.1** Η συνολική διαδικασία ελέγχου ποιότητας

### 6.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Ο έλεγχος της ποιότητας των προϊόντων γίνεται με τον προσδιορισμό των διαφόρων χαρακτηριστικών των σωμάτων, υποκειμενικών (γεύση, οσμή, χρώμα κλπ.) και αντικειμενικών (όγκος, βάρος, πυκνότητα, χημική σύσταση κλπ.). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι αντίστοιχα η εξέταση του προϊόντος μέσω των πέντε αισθήσεων και οι διάφορες επιστημονικές μέθοδοι μέτρησης, φυσικές, χημικές, φυσικοχημικές και μικροβιολογικές.

Στο χημικό εργαστήριο γίνεται συνήθως μέτρηση διαφόρων φυσικών ιδιοτήτων ενός προϊόντος και προσδιορισμός των συστατικών και της αναλογίας τους στο δείγμα, δηλαδή ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση χρησιμοποιούνται συνήθως εργαστηριακά όργανα και συσκευές, όπως ο τιτλοδότης, το φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού, ο αέριος χρωματογράφος κλπ.

**Τα στάδια μιας ενόργανης χημικής ανάλυσης είναι:**

- Η δειγματοληψία
- Η προκατεργασία του δείγματος
- Η βαθμονόμηση του οργάνου
- Η λήψη της μέτρησης
- Η επεξεργασία, η παρουσίαση και η αξιολόγηση των μετρήσεων.

Τα δείγματα παίρνονται με κατάλληλες μεθόδους δειγματοληψίας από τα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και αποθηκεύονται, μέχρι να αναλυθούν, σε συνθήκες κατάλληλες για τη διατήρησή τους (π.χ. ψύξη). Πριν από τη χημική μέτρηση χρειάζεται συνήθως προκατεργασία του δείγματος και βαθμονόμηση του οργάνου.

Η προκατεργασία του δείγματος περιλαμβάνει μια σειρά διεργασιών, που εξαρτάται από το είδος του δείγματος και τη συγκεκριμένη ανάλυση. Τέτοιες διεργασίες είναι η άλεση, η ξήρανση, η ζύγιση, η διαλυτοποίηση του δείγματος κλπ.

Η βαθμονόμηση του οργάνου είναι η ρύθμιση της απόδοσής του κατά τη μέτρηση και γίνεται με κατάλληλα πρότυπα. Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος της καμπύλης αναφοράς για τη βαθμονόμηση. Κατά τη μέθοδο αυτή, παρασκευάζονται πρότυπα διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης και μετريέται κάποια συγκεκριμένη φυσική τους ιδιότητα, π.χ. pH, αγωγιμότητα, απορρόφηση φωτός κλπ. Στη συνέχεια κατασκευάζεται η καμπύλη αναφοράς, δηλαδή η γραφική παράσταση του μετρούμενου μεγέθους (απορρόφησης φωτός, pH κλπ.) σε συνάρτηση προς τη συγκέντρωση του διαλύματος. Η αντίστοιχη φυσική ιδιότητα ενός διαλύματος άγνωστης συγκέντρωσης μετريέται με το όργανο, και η συγκέντρωσή του βρίσκεται στη συνέχεια από την καμπύλη αναφοράς.

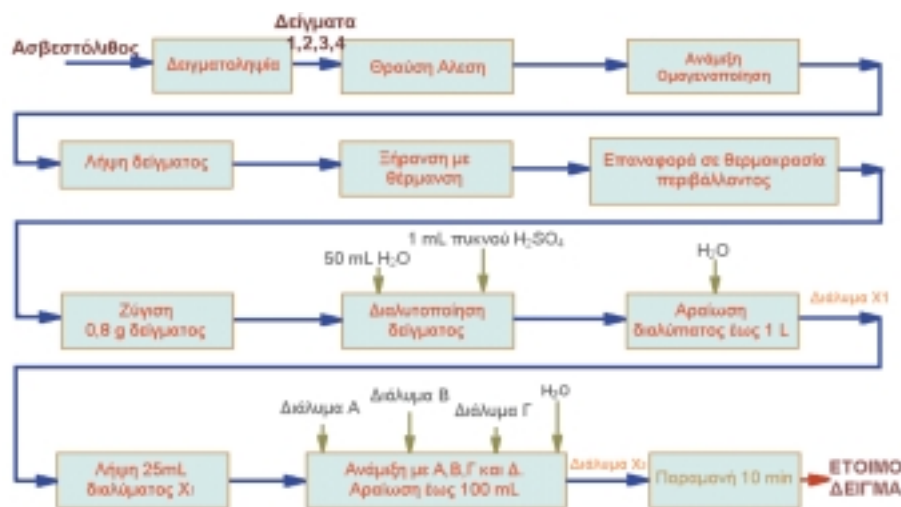
Ένα παράδειγμα ενόργανης χημικής ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης σιδήρου(Fe) σε δείγμα ασβεστολίθου.

Ο ασβεστόλιθος αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη για την παρασκευή του τσιμέντου. Η περιεκτικότητα του ασβεστολίθου σε σίδηρο επηρεάζει το ύψος της απαιτούμενης θερμοκρασίας για την πύρωση του μίγματος ασβεστολίθου-αργίλου κατά την παραγωγή του κλίνκερ και εν μέρει το σχηματισμό των υδραυλικών ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την πήξη του τσιμέντου.

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του Fe γίνεται ως εξής: Μετά από σειρά διεργασιών για την προετοιμασία του δείγματος και τη μετατροπή του σε διάλυμα, μετريέται η απορρόφηση φωτός ορισμένου μήκους κύματος του διαλύματος από φασματοφωτόμετρο ορατού- υπεριώδους, το οποίο έχει προηγουμένως βαθμονομηθεί με σειρά προτύπων διαλυμάτων. Η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{Fe}^{++}$  στο διάλυμα προσδιορίζεται από την καμπύλη αναφοράς. Από τη συγκέντρωση των ιόντων  $\text{Fe}^{++}$  μετά από μια απλή μαθηματική επεξεργασία, υπολογίζεται η συγκέντρωση του σιδήρου στο δείγμα του ασβεστολίθου.(Εικόνες 6.1.2 έως 6.1.5)



Εικόνα 6.1.2 Τα τρία στάδια της ανάλυσης σιδήρου II και τα αντιδραστήρια που απαιτούνται



Εικόνα 6.1.3 Τα διαδοχικά στάδια της προετοιμασίας του δείγματος για τη μέτρηση της απορρόφησης (ΣΤΑΔΙΟ 1)



Εικόνα 6.1.4 Η διαδικασία κατασκευής της καμπύλης αναφοράς(ΣΤΑΔΙΟ 2)



**Εικόνα 6.1.5** Μέτρηση της απορρόφησης και υπολογισμός της συγκέντρωσης του σιδήρου στον ασβεστόλιθο (ΣΤΑΔΙΟ 3)

Η διαδικασία της ανάλυσης σιδήρου σε ασβεστόλιθο και τα χρησιμοποιούμενα σκεύη και όργανα μέτρησης παρουσιάζονται στη συνοδευτική εφαρμογή. Για να τη δούμε, επιλέγουμε «ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ» - «ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΣΙΔΗΡΟ».

### 6.1.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΧΗΜΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Μερικά αναλυτικά όργανα που χρησιμοποιούνται συχνά στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση περιγράφονται με συντομία στη συνέχεια. Εικόνες και διαγράμματα αυτών των οργάνων παρουσιάζονται στη συνοδευτική εφαρμογή. Για να τα δούμε, επιλέγουμε «ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ» - «ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΧΗΜΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ».

#### 1. Συσσκευή μέτρησης της συγκέντρωσης ιόντων ( Μετρητής ιόντων )

Ο μετρητής ιόντων είναι ένα πεχάμετρο που διαθέτει, εκτός από το ηλεκτρόδιο αναφοράς, ένα εκλεκτικό ηλεκτρόδιο ιόντος, που έχει ειδική μεμβράνη αντίχενωσης του ιόντος. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων σχετίζεται με τη συγκέντρωση του ιόντος στο διάλυμα. Τα δύο ηλεκτρόδια είναι συχνά ενσωματωμένα σε ένα.

Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των νιτρικών σε χυμούς φρούτων και στο έδαφος, των ιόντων χλωρίου σε δείγμα τσιμέντου, των ιόντων φθορίου στην οδοντόπαστα, των ιόντων καλίου, νατρίου, μολύβδου σε διάφορα δείγματα κλπ.

#### 2. Αυτόματη συσκευή ογκομέτρησης ή τιτλοδότης διαλυμάτων

Ογκομέτρηση ή τιτλοδότηση είναι ο ποσοτικός προσδιορισμός μιας ουσίας σε ένα διάλυμα, με την προσθήκη ενός αντιδραστηρίου, με το οποίο η ουσία αντιδρά εξ ολοκλήρου.

Στο άγνωστης συγκέντρωσης διάλυμα προστίθεται συνεχώς μετρούμενος όγκος προτύπου διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης μέχρι το σημείο πλήρους αντίδρασης. Το τελικό σημείο της αντίδρασης προσδιορίζεται από μια



απότομη μεταβολή στη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο κατάλληλων ηλεκτροδίων, η οποία μετριέται με ένα πεχάμετρο.

Η αυτόματη συσκευή ογκομέτρησης συνδέεται με μικροϋπολογιστή, ο οποίος ελέγχει την προσθήκη αντιδραστήριου, διακόπτει την προσθήκη στο τελικό σημείο της αντίδρασης και υπολογίζει τη συγκέντρωση της ουσίας στο διάλυμα.

Τα μέρη μιας αυτόματης συσκευής ογκομέτρησης είναι: α) μια αυτόματη προχοΐδα σταθερής ροής, β) η μονάδα ελέγχου αυτομάτων ογκομετρήσεων, γ) το καταγραφικό ηλεκτρόμετρο (πεχάμετρο), δ) η μονάδα κυψελίδας με μαγνητικό αναδευτήρα και ποτήρι ογκομέτρησης.

Οι συσκευές τιτλοδότησης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό οξέος ή βάσης σε υδατικά διαλύματα, για τον προσδιορισμό χρωμιούχων, ιωδιούχων, βρωμιούχων στο νερό, για τη μέτρηση της σκληρότητας του νερού, για τη μέτρηση της οξύτητας του λαδιού, των αναψυκτικών, της μπύρας, της βενζίνης κλπ. Χρησιμοποιούνται γενικά για αντιδράσεις εξουδετέρωσης, καθίζησης, οξειδοαναγωγής, σχηματισμού συμπλόκων κ.λ.π. σε υδατικά και μη διαλύματα. Βρίσκουν εφαρμογή στον ποιοτικό έλεγχο νερού, τροφίμων και πετρελαιοειδών.

### 3. Όργανα απορρόφησης του φωτός

Το φάσμα του φωτός χωρίζεται σε τρεις περιοχές:

- α) Στην υπεριώδη περιοχή (*ultraviolet, UV*), με μήκη κύματος 185-380 nm, αόρατη.
- β) Στην ορατή περιοχή (*visible, Vis*), με μήκη κύματος 380-780 nm, ορατή.
- γ) Στην υπέρυθρη περιοχή (*infrared, I.R.*), με μήκη κύματος 780 nm -15 μ, αόρατη.

Στη συνέχεια, περιγράφονται με συντομία οι μέθοδοι μέτρησης της απορρόφησης του φωτός και τα αντίστοιχα όργανα:

Η φασματοφωτομετρία απορρόφησης είναι η μέθοδος που βασίζεται στη μέτρηση της σχετικής απορρόφησης του φωτός, ορισμένου μήκους κύματος, που διέρχεται από διάλυμα μιας χημικής ουσίας, και στη συσχέτισή της με τη συγκέντρωση της ουσίας στο διάλυμα.

Στηρίζεται στο νόμο των Lambert-Beer, σύμφωνα με τον οποίο: «Όταν μονοχρωματική ακτινοβολία περνάει μέσα από διάλυμα, σταθερού πάχους στιβάδας, τότε η απορρόφησή της από το διάλυμα είναι ευθέως ανάλογη προς τη συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας».

Όταν χρησιμοποιείται μονοχρωματική ακτινοβολία (φως ορισμένου μήκους κύματος) σε οποιαδήποτε περιοχή του φάσματος του φωτός, η μέθοδος λέγεται φασματομετρία ή φασματοφωτομετρία, ενώ όταν χρησιμοποιείται ορισμένο εύρος μηκών κύματος ή και μονοχρωματική ακτινοβολία στην ορατή μόνο περιοχή, η μέθοδος λέγεται φωτομετρία ή χρωματομετρία.

Τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης της απορρόφησης του φωτός είναι:



*Τα φασματοφωτόμετρα υπεριώδους-ορατού (spectrophotometer UV-Vis)*

*Τα φασματοφωτόμετρα υπερύθρου (I.R., Infrared radiation)*

*Τα φωτόμετρα ή χρωματόμετρα (photometer, colorimeter)*

Τα βασικά μέρη ενός φασματοφωτομέτρου ή ενός χρωματομέτρου είναι: η πηγή ακτινοβολίας, το τμήμα επιλογής μήκους κύματος, το τμήμα τοποθέτησης των κυψελίδων, ο ανιχνευτής ακτινοβολίας και το τμήμα ανάγνωσης ή καταγραφής των μετρήσεων.

Το φάσμα απορρόφησης μιας ουσίας, δηλαδή η γραφική παράσταση της απορρόφησης (A) διαλύματος της ουσίας σε συνάρτηση προς το μήκος κύματος ( $\lambda$ ), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση (αναγνώριση) της ουσίας (ποιοτικός προσδιορισμός). Επίσης, αν μετρηθεί η απορρόφηση ενός διαλύματος της ουσίας άγνωστης συγκέντρωσης, μπορεί να προσδιοριστεί η συγκέντρωση της ουσίας, εφόσον είναι γνωστή η καμπύλη αναφοράς της ουσίας (ποσοτικός προσδιορισμός).

Η φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού χρησιμοποιείται κυρίως στην ποσοτική ανάλυση, π.χ. στον προσδιορισμό ιόντων σιδήρου σε στερεό δείγμα, μαγγανίου και χρωμίου στο χάλυβα, νιτρικών ιόντων στο νερό, φωσφορικών στα απορρυπαντικά, στην ανάλυση τροφίμων, βιολογικών υγρών, νερού, μετάλλων, στον έλεγχο καθαρότητας των αντιδραστηρίων κλπ.

Η φασματοφωτομετρία υπερύθρου χρησιμοποιείται κυρίως στη διευκρίνιση της δομής και στην ταυτοποίηση άγνωστων χημικών ενώσεων, π.χ. στον προσδιορισμό της χαρακτηριστικής ομάδας μορίων, στον προσδιορισμό του βενζολίου, στην ανίχνευση προσμίξεων κλπ. Μια συνηθισμένη εφαρμογή της είναι η ανάλυση αλκοόλης σε δείγματα εκπνεόμενου αέρα από οδηγούς.

Η χρωματομετρία ή φωτομετρία χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό διαφόρων ιόντων και χημικών ενώσεων στο νερό και σε διάφορα διαλύματα, π.χ. ιόντων χλωρίου, αργιλίου, καδμίου, μολύβδου, νιτρικών, φωσφορικών, καθώς και χημικών ενώσεων, όπως χλωρίου, υδραζίνης, φαινόλης κλπ.

#### 4. Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης

Το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης μετράει την απορρόφηση ακτινοβολίας ορισμένου μήκους κύματος από ουδέτερα άτομα ενός στοιχείου. Η ατομοποίηση του στοιχείου επιτυγχάνεται με φλόγα ή με ηλεκτρικά θερμαινόμενο κλίβανο. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση του στοιχείου, σύμφωνα με το νόμο του Beer.

Τα μέρη ενός φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης είναι: η πηγή ακτινοβολίας, ο μονοχρωμάτορας, ο ατομοποιητής-καυστήρας ή ηλεκτρικός φούρνος γραφίτη και ο ανιχνευτής.

Η μέθοδος της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης χρησιμοποιείται στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μεταλλικών στοιχείων και ιχνο-

στοιχείων. Με αυτήν προσδιορίζεται μεγάλος αριθμός μετάλλων σε περιβαλλοντικά δείγματα (νερά, απόβλητα, καυσαέρια, σκόνη, αέρια και αεριολύματα), βιολογικά δείγματα, βιομηχανικά προϊόντα (χρώματα, πλαστικά, φαρμακευτικά είδη, χαρτί, γυαλί, τσιμέντο, προϊόντα πετρελαίου, κλπ.), τρόφιμα, ορυκτά και πετρώματα, μεταλλουργικά προϊόντα, γεωργικά δείγματα κλπ.

### 5. Αέριος χρωματογράφος

Ο αέριος χρωματογράφος (Gas chromatographer, GC) χρησιμοποιείται στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μιγμάτων και στον έλεγχο της καθαρότητας των ουσιών.

Το μίγμα ουσιών διαβιβάζεται σε αέρια κατάσταση (κινητή φάση) και κινείται με τη βοήθεια ενός αδρανούς αερίου μέσα σε στήλη που περιέχει κατάλληλο υγρό (στατική φάση) που συγκρατείται σε στερεό υπόστρωμα, π.χ. γης διατόμων, ή σε τριχοειδείς σωλήνες από μέταλλο, γυαλί ή πολυμερές υλικό. Τα διάφορα συστατικά του μίγματος έχουν διαφορετική ταχύτητα μετατόπισης και φθάνουν σε διαφορετικούς χρόνους στην έξοδο της στήλης, όπου ανιχνεύονται από ειδικό ανιχνευτή. Ο ανιχνευτής αυτός μπορεί να είναι ένας φασματογράφος μάζας σε ορισμένες περιπτώσεις.

Τα σπουδαιότερα μέρη ενός αερίου χρωματογράφου είναι: α) οι οβίδες του αδρανούς αερίου (ήλιο, αργό, άζωτο), β) ο μετρητής ροής του αδρανούς αερίου γ) ο κλίβανος σταθερής θερμοκρασίας, που περιλαμβάνει το σύστημα εισαγωγής του δείγματος και τη στήλη δ) ο ανιχνευτής ε) ο ενισχυτής στ) το σύστημα επεξεργασίας σήματος και αποτελεσμάτων ή ο καταγραφέας.

Η γραφική παράσταση του σήματος σε συνάρτηση προς το χρόνο λέγεται χρωματογράφημα. Από τη μελέτη και επεξεργασία του προκύπτει το είδος των συστατικών και η αναλογία τους στο μίγμα.

Ο αέριος χρωματογράφος χρησιμοποιείται για την ανάλυση πετρελαίου και παραγώγων, φυσικών προϊόντων, βιολογικών δειγμάτων, τροφίμων, παραιοτοκτόνων, στεροειδών ορμονών, ναρκωτικών, λιπασμάτων, αλκοολούχων ποτών κλπ. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος, τη μελέτη μετακίνησης αερίων μαζών στη Μετεωρολογία, την εξερεύνηση της ατμόσφαιρας των πλανητών κ.α.

### 6. Φασματογράφος μάζας

Ο φασματογράφος μάζας (ή το φασματόμετρο μάζας, mass spectrometer, MS) χρησιμοποιείται στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση ανόργανων και οργανικών ουσιών σε μίγματα, στον προσδιορισμό της δομής πολλών σύνθετων μορίων, της αναλογίας των ισοτόπων των στοιχείων στα δείγματα κλπ.

Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στην παραγωγή ιόντων από ένα δείγμα που βρίσκεται στην αέρια φάση και στο διαχωρισμό των ιόντων στη συνέχεια, σύμφωνα με το λόγο της μάζας προς το φορτίο που αντιστοιχεί στο καθένα. Το διάγραμμα που παρουσιάζει τη σχετική ένταση του μετρούμενου

ρεύματος των ιόντων στον ανιχνευτή σε συνάρτηση προς το λόγο της μάζας προς φορτίο ιόντος λέγεται φάσμα μάζας. Η σχετική ένταση του ρεύματος εκφράζει τη σχετική αφθονία των ιόντων στο μίγμα (%).

Τα μέρη ενός φασματομέτρου μάζας είναι: το σύστημα εισαγωγής του δείγματος, η πηγή ιόντων και ο αναλυτής μάζας. Πρόσθετα μέρη είναι το σύστημα δημιουργίας υψηλού κενού, τα συστήματα παρουσίωσης των φασμάτων και ο Η/Υ.

Οι εφαρμογές της φασματομετρίας μάζας αφορούν στην ταυτοποίηση άγνωστων οργανικών ενώσεων μέσω της μελέτης των φασμάτων μάζας, τα οποία είναι το «δακτυλικό αποτύπωμα» για κάθε ένωση. Γίνεται σύγκριση του φάσματος μάζας με φάσματα γνωστών ουσιών που είναι καταχωρισμένα σε ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες. Επίσης, χρησιμοποιείται στον ποσοτικό προσδιορισμό ουσιών σε δείγματα ορυκτών, απολιθωμένων υλικών, σεληνιακών βράχων κλπ.

Μερικά από τα παραπάνω αναλυτικά όργανα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ποιότητας του πόσιμου νερού. Για να μπορεί το νερό να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο πρέπει τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά να τηρούν τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί από το νόμο.

Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν διάφορες παραμέτρους: οργανοληπτικές (χρώμα, θολότητα, οσμή, γεύση), φυσικοχημικές (θερμοκρασία, ΡΗ, διαλυμένο  $O_2$ , σκληρότητα, κλπ.), παραμέτρους που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες (νιτρικά άλατα, νιτρώδη άλατα, υπολειμματικό χλώριο, σίδηρος, μαγγάνιο, οργανοχλωριωμένες ουσίες κ.ά.) ή τοξικές ουσίες (υδράργυρος, κάδμιο, μόλυβδος, παρασιτοκτόνα κ.ά.) και μικροβιολογικές παραμέτρους (κολοβακτηρίδια, στρεπτόκοκκοι κ.ά.).

Οι κυριότερες αναλύσεις του πόσιμου νερού και τα χρησιμοποιούμενα αναλυτικά όργανα παρουσιάζονται στη συνοδευτική εφαρμογή. Για να τα δούμε, επιλέγουμε «ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ» - «ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ».

### ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Κατά τα τελευταία χρόνια ο έντονος ανταγωνισμός έχει αυξήσει τις απαιτήσεις για βελτιωμένη ποιότητα προϊόντων. Καλή ποιότητα ενός προϊόντος σημαίνει ότι το προϊόν ικανοποιεί τις απαιτήσεις που έχουν, σχετικά με αυτό, η πολιτεία, διεθνείς οργανισμοί ή και το καταναλωτικό κοινό.

Στόχος του ποιοτικού ελέγχου είναι ο προσδιορισμός ορισμένων φυσικών και χημικών χαρακτηριστικών των πρώτων υλών αλλά και των ενδιάμεσων και τελικών προϊόντων, η σύγκρισή τους με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά (προδιαγραφές) και η αποδοχή, η απόρριψη ή η διόρθωση των διαφορών με κατάλληλες ενέργειες (ρύθμιση συνθηκών διεργασιών κλπ.) σε ένα σύστημα ανατροφοδότησης.

Ο ποιοτικός έλεγχος διακρίνεται σε έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας και έλεγχο του τελικού προϊόντος. Περιλαμβάνει έλεγχο ποιότητας των πρώτων υλών, της παραγωγικής διαδικασίας, της ποιότητας των ενδιάμεσων και των τελικών προϊόντων και τέλος έλεγχο κατά την αποθήκευση και διακίνηση του προϊόντος.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας έχουν δημιουργηθεί από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO - International Standards Organization) ειδικές σειρές προτύπων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των οποίων γίνεται από τους εθνικούς ή άλλους φορείς η πιστοποίηση των επιχειρήσεων.

Στο χημικό εργαστήριο γίνεται συνήθως μέτρηση διαφόρων φυσικών ιδιοτήτων και προσδιορισμός των συστατικών και της αναλογίας τους στο δείγμα, δηλαδή ποιοτική και ποσοτική ανάλυση. Τα στάδια της χημικής ανάλυσης είναι η δειγματοληψία, η προκατεργασία του δείγματος, η βαθμονόμηση του οργάνου, η λήψη της μέτρησης και η επεξεργασία, παρουσίαση και αξιολόγηση της μέτρησης.

Για την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση χρησιμοποιούνται συνήθως εργαστηριακά όργανα και συσκευές, όπως ο τιτλοδότης, ο μετρητής ιόντων, το φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού, το φασματοφωτόμετρο υπερύθρου, το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης, ο αέριος χρωματογράφος, ο φασματογράφος μάζας κ.ά.

### **ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΝΩΣΕΩΝ**



1. Τι είναι ποιότητα ενός βιομηχανικού προϊόντος και από τι εξαρτάται;
2. Τι είναι ο ποιοτικός έλεγχος και σε τι αποσκοπεί;
3. Ποια τα στάδια του ποιοτικού ελέγχου στη βιομηχανία;
4. Τι είναι τα πρότυπα της σειράς ISO 9000 και ποιες διαδικασίες αφορούν;
5. Να περιγράψετε τα στάδια μιας ενόργανης χημικής ανάλυσης.
6. Ποια είναι τα κυριότερα όργανα που χρησιμοποιούνται στην ποιοτική και ποσοτική ανάλυση;
7. Αναφέρετε παραδείγματα χρήσης των εξής αναλυτικών οργάνων α) αυτόματου τιτλοδότη, β) μετρητή ιόντων, γ) φασματοφωτομέτρου υπεριώδους-ορατού και υπερύθρου, δ) φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης, ε) αέριου χρωματογράφου, ζ) φασματογράφου μάζας.

## ΕΝΟΤΗΤΑ 6.2

### ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

- *Στάδια της παραγωγικής διαδικασίας ενός χημικού προϊόντος*
- *Παραγωγή θειικού οξέος*

#### ΤΕΛΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΝ:

- Να ορίζουν τη βιομηχανική παραγωγή.
- Να διακρίνουν τις χημικές βιομηχανίες από τις άλλες βιομηχανίες και να αναφέρουν παραδείγματα.
- Να διακρίνουν τη βιομηχανική μονάδα από το βιομηχανικό συγκρότημα.
- Να διακρίνουν τις βιομηχανικές μονάδες συνεχούς λειτουργίας από τις βιομηχανικές μονάδες ασυνεχούς λειτουργίας και να αναφέρουν παραδείγματα.
- Να αναφέρουν τα σημαντικότερα στάδια της βιομηχανικής παραγωγής.
- Να απαριθμούν τα διαδοχικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας ενός χημικού προϊόντος και να αναφέρουν παραδείγματα.

#### 6.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η βιομηχανική παραγωγή είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στο μετασχηματισμό της ύλης σε έτοιμα ή ημιέτοιμα για κατανάλωση προϊόντα σε μεγάλη κλίμακα, με τη χρησιμοποίηση οργανωμένου συστήματος χημικών ή μηχανικών μέσων, ενέργειας και ανθρώπινου δυναμικού.

Η χημική βιομηχανία είναι ο κλάδος της βιομηχανίας στον οποίο η παραγωγή των προϊόντων γίνεται με μεταβολή στη χημική σύσταση ή στη φυσική κατάσταση της ύλης, ενώ οι άλλες βιομηχανίες περιορίζονται στη μεταποίηση της μορφής μόνο της ύλης (π.χ. βιομηχανία αυτοκινήτων, κλωστοϋφαντουργία κλπ.). Χημικές βιομηχανίες είναι οι βιομηχανίες τσιμέντου, χαρτιού, χρωμάτων, φαρμάκων, τροφίμων, τα διυλιστήρια πετρελαίου κλπ.

Κατά τη βιομηχανική παραγωγή χημικών προϊόντων, μία ή περισσότερες



πρώτες ύλες (φυσικά ή ημικατεργασμένα προϊόντα άλλων βιομηχανιών) υφίστανται μια σειρά από διεργασίες, φυσικές ή χημικές, σε βιομηχανικές συσκευές και μετατρέπονται σταδιακά στο τελικό προϊόν. Οι φυσικές διεργασίες δε μεταβάλλουν τη χημική σύσταση της ύλης (αποθήκευση, άλεση, κοσκίνισμα, ανάμιξη, διάλυση, θέρμανση κλπ.), ενώ οι χημικές τη μεταβάλλουν (καύση, διάσπαση, πολυμερισμός κλπ.). Οι φυσικές διεργασίες γίνονται συνήθως πριν και μετά τη χημική διεργασία, για την προετοιμασία των πρώτων υλών και την παραλαβή, τον καθαρισμό και τη συσκευασία του τελικού προϊόντος.



**Εικόνα 6.2.1** Η διαδοχή των φυσικών και χημικών διεργασιών κατά την παραγωγή των χημικών προϊόντων

Το σύνολο των βιομηχανικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενός προϊόντος συγκροτεί μια βιομηχανική μονάδα. Κάθε βιομηχανική εγκατάσταση, δηλαδή κάθε εργοστάσιο, μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες από μία βιομηχανικές μονάδες. Στην περίπτωση αυτή, το εργοστάσιο αποτελεί ένα βιομηχανικό συγκρότημα, π.χ. ένα εργοστάσιο λιπασμάτων, που περιλαμβάνει μονάδες παραγωγής θειικού οξέος, αμμωνίας, θειικού αμμωνίου, φωσφορικού οξέος, φωσφορικού αμμωνίου κλπ., αποτελεί ένα βιομηχανικό συγκρότημα.



**Εικόνα 6.2.2** Βιομηχανικό συγκρότημα παραγωγής λιπασμάτων

Μια βιομηχανική μονάδα μπορεί να είναι συνεχούς ή ασυνεχούς λειτουργίας. Στις μονάδες συνεχούς λειτουργίας η παραγωγή γίνεται με συνεχείς ροές των υλικών στις διαδοχικές βιομηχανικές συσκευές. Η συνεχής λειτουργία εφαρμόζεται όταν απαιτούνται μεγάλες ποσότητες και σταθερή ποιότητα προϊόντος, π.χ. στη βιομηχανία τσιμέντου, λιπασμάτων, ζάχαρης, στα διυλιστήρια πετρελαίου κλπ. Στις μονάδες ασυνεχούς λειτουργίας η παραγωγή γίνεται κατά παρτίδες. Η ασυνεχής λειτουργία προτιμάται όταν παράγονται μικρές ποσότητες και πολλά διαφορετικά προϊόντα, π.χ. βιομηχανίες φαρμάκων, χρωμάτων, τροφίμων κλπ.

Γενικά, τα σημαντικότερα στάδια της βιομηχανικής παραγωγής είναι τα εξής:

- Η σχεδίαση και η επιλογή των προϊόντων
- Η σχεδίαση και η επιλογή της παραγωγικής ικανότητας
- Η σχεδίαση και επιλογή της παραγωγικής διαδικασίας και του αντίστοιχου τεχνολογικού εξοπλισμού
- Η σχεδίαση και η μελέτη της εργασίας
- Ο προγραμματισμός της παραγωγής
- Η παραγωγική διαδικασία
- Ο έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας και των αποθεμάτων
- Ο έλεγχος της ποιότητας του προϊόντος
- Ο έλεγχος του κόστους της παραγωγής

### 6.2.2 ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΧΗΜΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

Τα διαδοχικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας για τη βιομηχανική παραγωγή ενός χημικού προϊόντος είναι τα ακόλουθα:

- Η προμήθεια των πρώτων και βοηθητικών υλών
- Η αποθήκευση των πρώτων και βοηθητικών υλών
- Η διεξαγωγή σειράς φυσικών διεργασιών
- Η διεξαγωγή των χημικών διεργασιών
- Ο διαχωρισμός και η παραλαβή του προϊόντος
- Η ανακύκλωση των πρώτων υλών
- Η συσκευασία του προϊόντος
- Η αποθήκευση του προϊόντος
- Η διακίνηση του προϊόντος

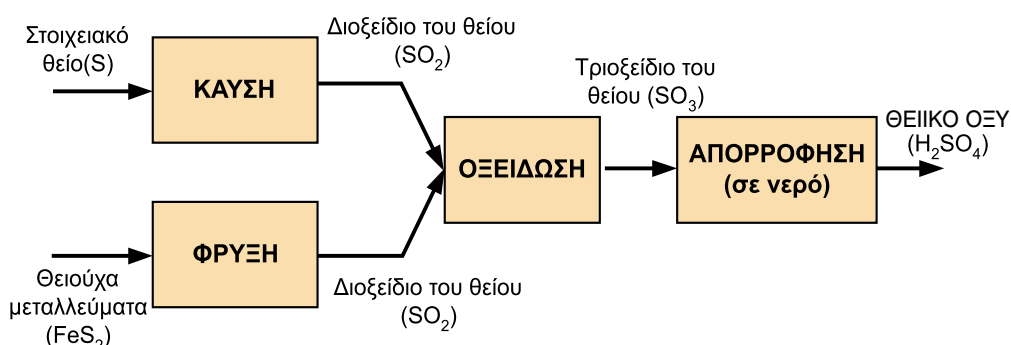
Οι βασικές πληροφορίες για την παραγωγική διαδικασία ενός προϊόντος μπορούν να δοθούν γραφικά, με τη μορφή σχηματικού ή κατασκευαστικού διαγράμματος. Ένα σχηματικό διάγραμμα δίνει την πορεία της βιομηχανικής παραγωγής ενός προϊόντος (διάγραμμα ροής διεργασιών). Ένα κατασκευαστικό διάγραμμα απεικονίζει συμβολικά τη σειρά των βιομηχανικών συσκευών που χρησιμοποιούνται κατά τη βιομηχανική παραγωγή.



Για παράδειγμα, η παραγωγή του θειικού οξέος από πρώτη ύλη θείου ή σιδηροπυρίτη γίνεται με τις παρακάτω διεργασίες:

- α) Καύση του θείου ή φρύξη του σιδηροπυρίτη για την παραγωγή διοξειδίου του θείου.
- β) Καταλυτική οξείδωση του διοξειδίου του θείου προς τριοξείδιο του θείου σε μετατροπέα- πύργο επαφής με καταλύτη πεντοξείδιο του βαναδίου.
- γ) Απορρόφηση σε νερό του τριοξειδίου του θείου και μετατροπή του σε θειικό οξύ σε δύο πύργους απορρόφησης.

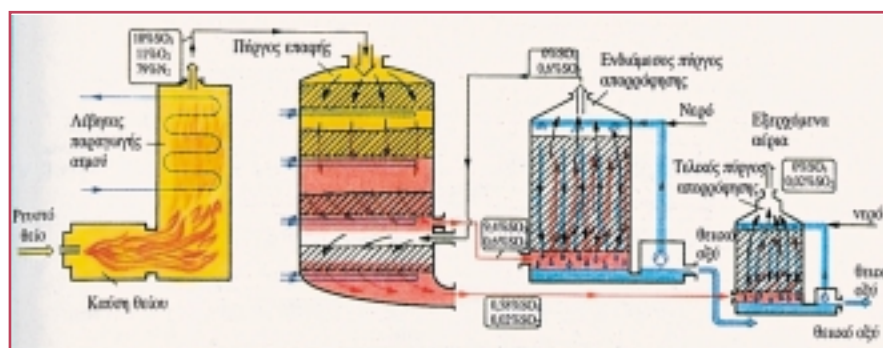
Τα αντίστοιχα διαγράμματα για τη βιομηχανική παραγωγή του θειικού οξέος παρουσιάζονται στις εικόνες 6.2.3 και 6.2.4.



**Εικόνα 6.2.3** Διάγραμμα ροής διεργασιών κατά τη βιομηχανική παραγωγή του θειικού οξέος

Οι χημικές αντιδράσεις κάθε σταδίου είναι:

- 1) Καύση θείου:  $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- 2) Φρύξη σιδηροπυρίτη:  $4 FeS_2 + 11 O_2 \rightarrow 2 Fe_2O_3 + 8 SO_2$
- 3) Οξείδωση διοξειδίου του θείου:  $SO_2 + 1/2 O_2 \rightarrow SO_3$
- 4) Απορρόφηση:  $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$



**Εικόνα 6.2.4** Κατασκευαστικό διάγραμμα μιας μονάδας παραγωγής θειικού οξέος από θείο

Τα στάδια της διαδικασίας παραγωγής του θειικού οξέος από θείο και οι αντίστοιχες βιομηχανικές συσκευές που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται

στη συνοδευτική εφαρμογή. Για να τα δούμε, επιλέγουμε «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ» - «ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΙΪΚΟΥ ΟΞΕΟΣ».

Ένα άλλο παράδειγμα βιομηχανικής παραγωγής είναι η επεξεργασία του νερού ώστε να γίνει πόσιμο. Η επεξεργασία του νερού περιλαμβάνει μια σειρά από διεργασίες για τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του (διαύγηση, αποχρωματισμό, απόσμηση), για την εξασφάλιση της υγιεινής (απολύμανση με χλώριο, προσρόφηση από ενεργό άνθρακα) και για την απομάκρυνση διαλυμένων αλάτων π.χ. σιδήρου, μαγγανίου (χημική οξείδωση) κλπ.

Οι διεργασίες που εφαρμόζονται στην περίπτωση της επεξεργασίας επιφανειακού νερού (από ποτάμια και λίμνες) είναι οι εξής:

**Προεπεξεργασία:** Περιλαμβάνει απομάκρυνση στερεών σε σχάρες και κόσκινα, απομάκρυνση λάσπης, λαδιών κλπ.

**Γρήγορη ανάμιξη με κροκιδωτικό-κροκίδωση:** Κατά την κροκίδωση γίνεται η μείωση των ηλεκτροστατικών απώσεων μεταξύ των αιωρουμένων σωματιδίων του νερού και βοηθείται η συσσωμάτωσή τους στο επόμενο στάδιο. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλου κροκιδωτικού, συνήθως θειικού αργιλίου και πολυηλεκτρολύτη (πολυϊονικού πολυμερούς), και γρήγορη ανάμιξη.

**Αργή ανάμιξη- συσσωμάτωση:** Κατά την αργή ανάμιξη γίνεται η συσσωμάτωση των αιωρουμένων σωματιδίων, δηλαδή η συγκόλλησή τους σε μεγαλύτερα στερεά, και έτσι διευκολύνεται η κατακάθισή τους στο επόμενο στάδιο.

**Καθίζηση:** Κατά την καθίζηση γίνεται κατακάθιση λόγω βαρύτητας των αιωρουμένων στερεών και συσσωματωμάτων, με την παραμονή του νερού σε ειδικές δεξαμενές.

**Διήθηση:** Κατά τη διήθηση γίνεται κατακράτηση των μικρών αιωρουμένων σωματιδίων ή κολλοειδών από στρώμα πορώδους υλικού, συνήθως άμμου.

**Χημική Οξείδωση- Απολύμανση:** Γίνονται με προσθήκη συνήθως χλωρίου (αερίου, διαλυμένου στο νερό). Με τη χημική οξείδωση απομακρύνονται σίδηρος και μαγγάνιο, χρώμα, οσμή, γεύση και διάφορες ανεπιθύμητες ουσίες από το νερό. Η απολύμανση γίνεται για την καταστροφή ή αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών.

**Προσρόφηση:** Γίνεται συγκράτηση των μορίων διαφόρων διαλυμένων ουσιών στην επιφάνεια πορώδους υλικού, συνήθως ενεργού άνθρακα. Είναι σημαντική διεργασία, κατά την οποία απομακρύνονται από το νερό χρώμα, οσμή, γεύση, φυσικές και συνθετικές οργανικές ουσίες (φυτοφάρμακα κλπ.), οργανικά παραπροϊόντα της χλωρίωσης του νερού κλπ.

Τα στάδια της επεξεργασίας του επιφανειακού νερού, ώστε να γίνει πόσιμο, και οι αντίστοιχες εγκαταστάσεις παρουσιάζονται στη συνοδευτική εφαρμογή. Για να τα δούμε επιλέγουμε «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ» - «ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ».

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Η βιομηχανική παραγωγή είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στο μετασχηματισμό της ύλης σε έτοιμα ή ημιέτοιμα για κατανάλωση προϊόντα σε μεγάλη κλίμακα, με τη χρησιμοποίηση οργανωμένου συστήματος χημικών ή μηχανικών μέσων, ενέργειας και ανθρώπινου δυναμικού.

Το σύνολο των βιομηχανικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενός προϊόντος συγκροτεί μια βιομηχανική μονάδα. Μια βιομηχανική εγκατάσταση μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερες από μία βιομηχανικές μονάδες, οπότε λέγεται βιομηχανικό συγκρότημα. Οι βιομηχανικές μονάδες μπορεί να είναι συνεχούς ή ασυνεχούς παραγωγής.

Τα σημαντικότερα στάδια της βιομηχανικής παραγωγής είναι η σχεδίαση και η επιλογή των προϊόντων, της παραγωγικής ικανότητας, της παραγωγικής διαδικασίας και του αντίστοιχου τεχνολογικού εξοπλισμού, η σχεδίαση και μελέτη της εργασίας, ο προγραμματισμός της παραγωγής, ο έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας και των αποθεμάτων, ο έλεγχος της ποιότητας και του κόστους της παραγωγής.

Τα διαδοχικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας για τη βιομηχανική παραγωγή ενός χημικού προϊόντος είναι η προμήθεια και αποθήκευση των πρώτων υλών, η διεξαγωγή σειράς φυσικών διεργασιών για την προετοιμασία των πρώτων υλών, η διεξαγωγή της ή των χημικών διεργασιών, η διεξαγωγή άλλων φυσικών διεργασιών για τον καθαρισμό του προϊόντος, η ανακύκλωση των πρώτων υλών, η συσκευασία, η αποθήκευση και η διακίνηση του προϊόντος. Αυτά δίνονται με τα σχηματικά και τα κατασκευαστικά διαγράμματα ροής διεργασιών.

Ως παραδείγματα βιομηχανικής παραγωγής αναφέρονται η παραγωγή του θειικού οξέος από θείο και η επεξεργασία του πόσιμου νερού.

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΝΩΣΕΩΝ



1. Τι είναι βιομηχανική παραγωγή;
2. Πώς διακρίνονται οι χημικές βιομηχανίες από τις άλλες βιομηχανίες; Να αναφέρετε παραδείγματα.
3. Τι είναι βιομηχανική μονάδα και τι βιομηχανικό συγκρότημα;
4. Ποια η διαφορά στον τρόπο λειτουργίας μιας συνεχούς και μιας ασυνεχούς βιομηχανικής μονάδας; Να αναφέρετε παραδείγματα.
5. Ποια είναι τα σημαντικότερα στάδια της βιομηχανικής παραγωγής;
6. Ποια είναι τα διαδοχικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας ενός χημικού προϊόντος;
7. Ποια είναι τα διαδοχικά στάδια της παραγωγής του θειικού οξέος;
8. Ποιες είναι οι κυριότερες διεργασίες κατά την επεξεργασία του επιφανειακού νερού, ώστε να γίνει πόσιμο;

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 6.3 ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ**

- *Ο αυτόματος έλεγχος στη χημική βιομηχανία*
- *Συστήματα αυτόματου ελέγχου*
- *Εφαρμογές στη χημική βιομηχανία*

### **ΤΕΛΕΙΩΝΟΝΤΑΣ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΘΑ ΜΠΟΡΟΥΝ:**

- Να αναφέρουν τους λόγους ύπαρξης των συστημάτων αυτόματου ελέγχου των βιομηχανικών μονάδων.
- Να περιγράφουν το ρόλο ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου μιας χημικής διεργασίας.
- Να διακρίνουν τους τύπους των συστημάτων αυτόματου ελέγχου και να περιγράφουν τη λειτουργία τους.
- Να περιγράφουν τον έλεγχο της θερμοκρασίας του περιεχομένου υγρού ενός χημικού αντιδραστήρα με σύστημα αυτόματου ελέγχου α) με ανατροφοδότηση β) χωρίς ανατροφοδότηση.
- Να περιγράφουν το ρόλο του υπολογιστή της διεργασίας κατά τον αυτόματο έλεγχο της διεργασίας.
- Να απαριθμούν τις δραστηριότητες ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Παραγωγής.

### **6.3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΕΛΕΓΧΟ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**

Κατά τη λειτουργία μιας βιομηχανικής μονάδας επιβάλλεται να ικανοποιούνται ορισμένες απαιτήσεις, όπως:

- Ασφαλής λειτουργία, για την προστασία των εργαζομένων και της εγκατάστασης.
- Εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας και ποιότητας των προϊόντων.
- Τήρηση των περιβαλλοντικών κανονισμών.
- Εκπλήρωση των ειδικών απαιτήσεων λειτουργίας της κάθε βιομηχανικής συσκευής.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας της εγκατάστασης.

Οι παραπάνω απαιτήσεις υπαγορεύουν την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο της λειτουργίας της βιομηχανικής μονάδας. Ο έλεγχος αυτός, λόγω της πολυπλοκότητας των βιομηχανικών διεργασιών, δεν είναι δυνατόν να διενεργείται από ανθρώπους-χειριστές. Σήμερα χρησιμοποιούνται συστήματα αυτόματου ελέγχου, τα οποία λειτουργούν με το συνδυασμό του κατάλληλου τεχνολογικού εξοπλισμού, δηλαδή αισθητήρων, ενεργοποιητών, ηλεκτρονικών υπολογιστών, συσκευών ελέγχου, βαλβίδων κλπ. και της ανθρώπινης παρέμβασης (βλ. ενότητα 1.1).

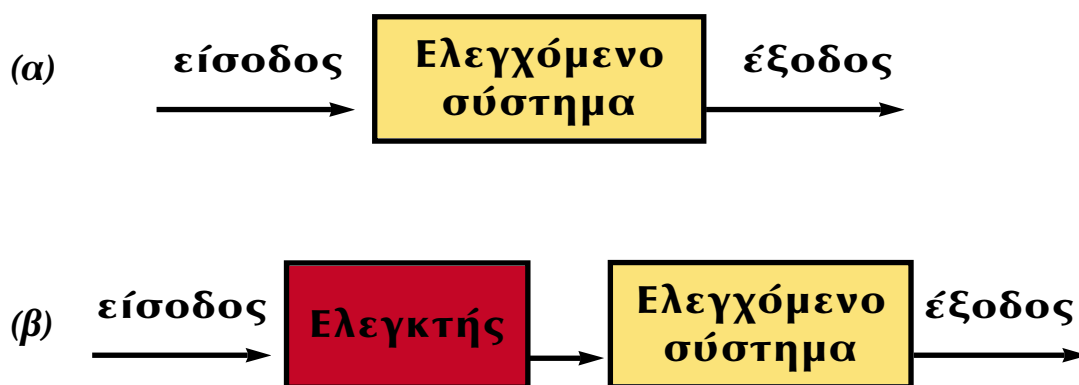
Ο ρόλος ενός αυτόματου συστήματος ελέγχου μιας χημικής διεργασίας περιλαμβάνει:

- 1) Την ελαχιστοποίηση της επίδρασης των εξωτερικών διαταραχών στην πορεία της παραγωγικής διαδικασίας.
- 2) Την εξασφάλιση της σταθερότητας των συνθηκών της διεργασίας.
- 3) Τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της χημικής διεργασίας.

Η εκπλήρωση του ρόλου αυτού επιτυγχάνεται με τα σύγχρονα συστήματα πληροφορικού ελέγχου, στα οποία ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι εκείνος που εποπτεύει το αυτόματο σύστημα ελέγχου και όχι ο άνθρωπος-χειριστής.

### 6.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα απαραίτητα στοιχεία ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου είναι : η είσοδος, ο ελεγκτής και το ελεγχόμενο σύστημα, προκειμένου να δημιουργηθεί η επιθυμητή έξοδος (αποτέλεσμα).



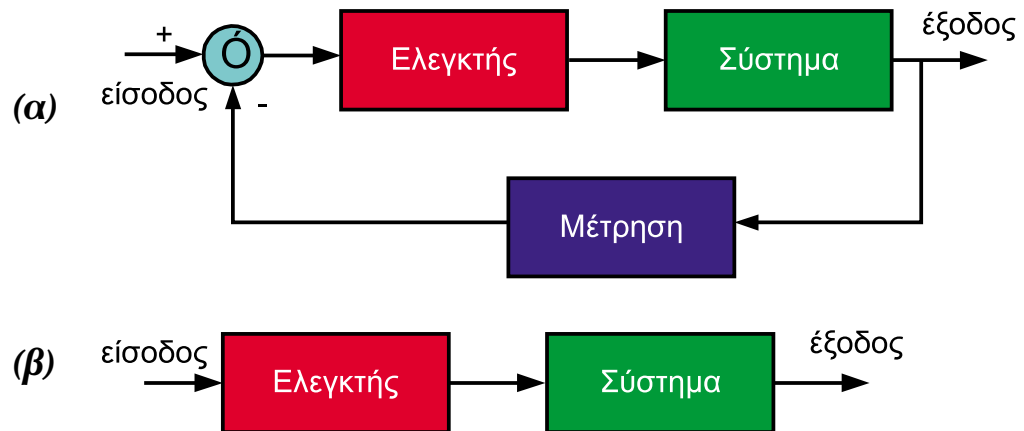
**Εικόνα 6.3.1** Σύστημα (α) χωρίς αυτόματο έλεγχο (β) με αυτόματο έλεγχο

Στα διαγράμματα της εικόνας 6.3.1 βλέπουμε τη λειτουργία ενός συστήματος, π.χ. ενός ηλεκτρικού θερμοσίφωνου. Η είσοδος στο σύστημα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, η έξοδος είναι η θερμοκρασία του νερού και ο ελεγκτής είναι ο θερμοστάτης. Εάν το σύστημα δε συνδέεται με θερμοστάτη, η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι συνεχής (εικόνα 6.3.1α). Εάν συνδέεται με θερμοστάτη,

η θερμοκρασία του νερού θα διατηρείται στην επιθυμητή τιμή (εικόνα 6.3.1β). Με το συνδυασμό δηλαδή ελεγκτή και ελεγχόμενου συστήματος, από μια είσοδο παράγεται μια επιθυμητή έξοδος.

Ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου μπορεί να λειτουργεί με δύο τρόπους:

- Με ανατροφοδότηση (feedback control) (κλειστό σύστημα ελέγχου)
- Χωρίς ανατροφοδότηση (feedforward control) (ανοικτό σύστημα ελέγχου)



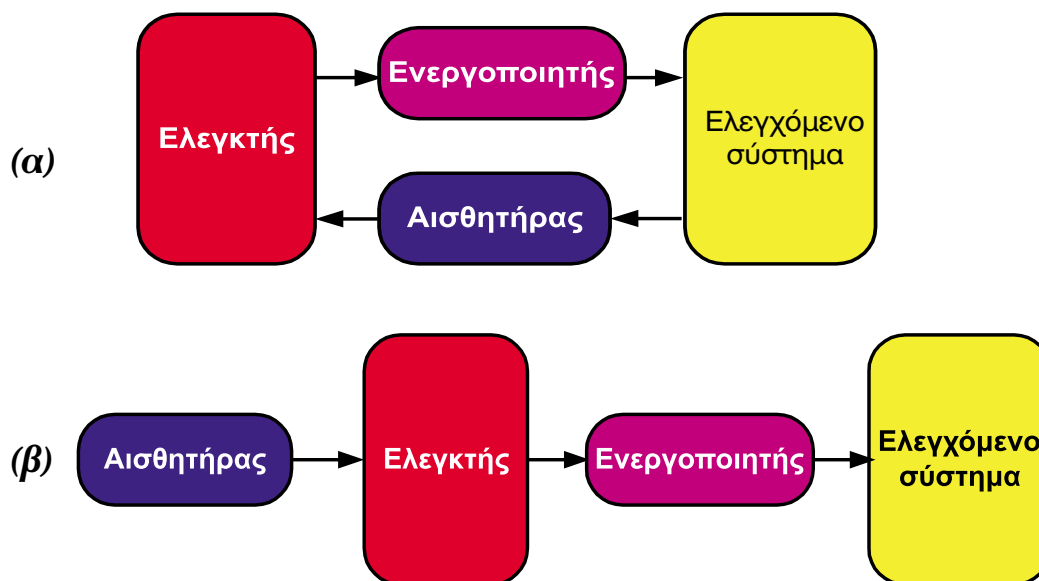
**Εικόνα 6.3.2** Συστήματα αυτόματου ελέγχου (α) με ανατροφοδότηση (β) χωρίς ανατροφοδότηση

Ένα σύστημα ελέγχου με ανατροφοδότηση (κλειστό σύστημα) λειτουργεί όπως το ηλεκτρικό θερμοσίφωνο. Ο θερμοστάτης (ελεγκτής) παρακολουθεί τη θερμοκρασία του νερού (έξοδος) και, όταν αυτή γίνει μεγαλύτερη από μια επιθυμητή τιμή, διακόπτει την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος (είσοδος) στην ηλεκτρική αντίσταση που θερμαίνει το νερό. Στο σύστημα αυτό η είσοδος επηρεάζεται από την έξοδο (εικόνα 6.3.2α)

Σε ένα σύστημα ελέγχου χωρίς ανατροφοδότηση (ανοικτό σύστημα), η είσοδος του συστήματος ρυθμίζεται μετά από μελέτη των διεργασιών της συσκευής ώστε να δίνει την επιθυμητή έξοδο. Ένα τέτοιο ελεγχόμενο σύστημα είναι το ηλεκτρικό πλυντήριο και ελεγκτής ο «εγκέφαλος» του. Είσοδοι του συστήματος είναι η ποσότητα του απορρυπαντικού, η ποσότητα του νερού το ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ έξοδος είναι η καθαρότητα των ρούχων. Ο εγκέφαλος του πλυντηρίου οδηγεί το πλυντήριο σε μια σειρά από προγραμματισμένες διαδοχικές λειτουργίες (πλύσιμο, στύψιμο κλπ.), χωρίς να εξετάζει τα αποτελέσματά τους. Στην περίπτωση αυτή η είσοδος ρυθμίζεται από τον ελεγκτή ανεξάρτητα από την έξοδο του συστήματος (καθαρότητα των ρούχων) (Εικόνα 6.3.2β).

Τα στοιχεία των δύο συστημάτων αυτόματου ελέγχου και η μεταξύ τους σύνδεση φαίνονται στην εικόνα 6.3.3. Τα στοιχεία μέτρησης είναι οι αισθητήρες και τα στοιχεία ελέγχου οι ενεργοποιητές του συστήματος, που έχουμε αναφέρει ήδη στην ενότητα 1.1.





Εικόνα 6.3.3 Διάγραμμα (α) κλειστού (β) ανοικτού συστήματος αυτόματου ελέγχου

### 6.3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΗ ΧΗΜΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

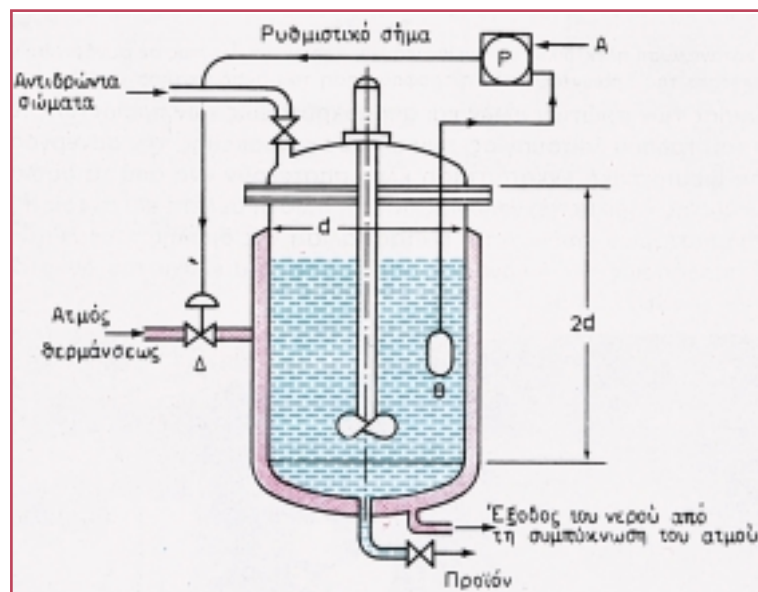
Στη χημική βιομηχανία συχνότερα χρησιμοποιούνται τα συστήματα αυτόματου ελέγχου με ανατροφοδότηση, π.χ. για τον έλεγχο της πίεσης, της ροής, της στάθμης, της σύστασης κλπ. Τα στάδια αυτού του τύπου ελέγχου είναι τα εξής:

- Μέτρηση διαφόρων φυσικών μεγεθών π.χ. πίεσης, θερμοκρασίας, ροής, στάθμης, σύστασης, στην έξοδο της ελεγχόμενης διεργασίας (π.χ. ενός χημικού αντιδραστήρα) με τους κατάλληλους αισθητήρες.
- Σύγκριση της τιμής μέτρησης με την επιθυμητή τιμή (set point) από τον ελεγκτή, ο οποίος αποφασίζει με ποιο τρόπο θα μειώσει τη διαφορά (απόκλιση) και στέλνει εντολή στον κατάλληλο ενεργοποιητή (συνήθως μια βαλβίδα ελέγχου).
- Εκτέλεση της εντολής από τον ενεργοποιητή (άνοιγμα, κλείσιμο βάνας, διακόπτη κλπ.).

Ένα παράδειγμα αυτόματου ελέγχου μιας διεργασίας με ανατροφοδότηση είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε ένα αυτόκλειστο (κλειστό δοχείο, θερμικός χημικός αντιδραστήρας), που είναι εξοπλισμένο με μανδύα θέρμανσης με ατμό (εικόνα 6.3.4). Η θερμοκρασία του περιεχομένου του αυτοκλείστου μετριέται με το θερμόμετρο  $\Theta$  και η μέτρηση μεταδίδεται με μορφή ηλεκτρικού σήματος στον ελεγκτή P. Ο ελεγκτής τροφοδοτείται επίσης με ένα σήμα αναφοράς A που αντιστοιχεί στην επιθυμητή θερμοκρασία για το περιεχόμενο του αντιδραστήρα στην ορισμένη χρονική στιγμή. Τα δυο σήματα συγκρίνονται από τον ελεγκτή και, ανάλογα με τη διαφορά τους, διαβιβάζεται προς τον ηλεκτροκίνητο διακόπτη Δ ένα ρυθμιστικό σήμα, το οποίο με-



ταβάλλει την παροχή του ατμού προς τον θερμαντικό μανδύα του αυτοκλείστου, ώστε να αποκατασταθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο περιεχόμενο του αντιδραστήρα.



**Εικόνα 6.3.4** Έλεγχος της θερμοκρασίας κλειστού χημικού αντιδραστήρα με σύστημα αυτόματου ελέγχου με ανατροφοδότηση.

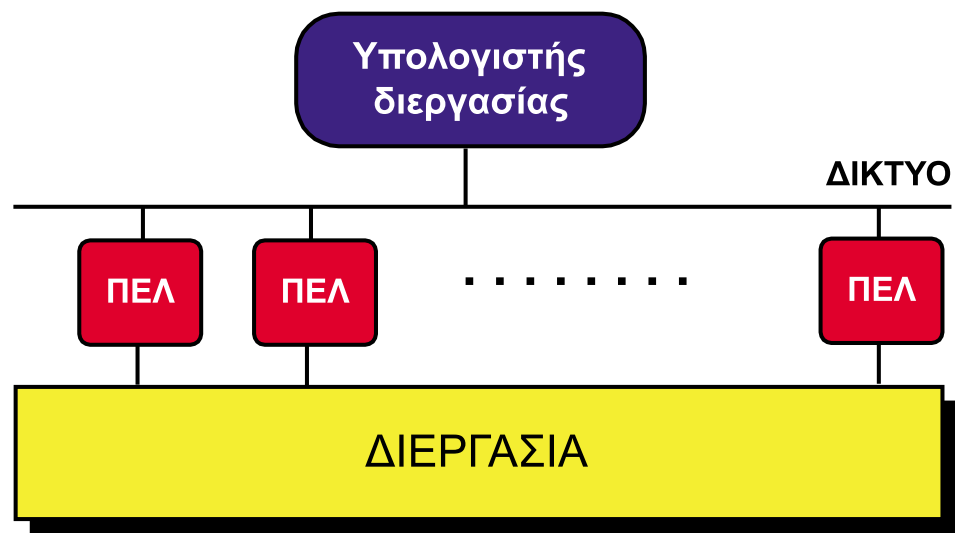
Στα συστήματα ελέγχου χωρίς ανατροφοδότηση η μέτρηση των διαφόρων φυσικών μεγεθών γίνεται στην είσοδο του συστήματος και ο ελεγκτής κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε να υπάρχει η επιθυμητή έξοδος. Δε διορθώνει, δηλαδή, τυχαιές διαταραχές του συστήματος με μέτρηση στην έξοδο και ανάλογη ρύθμιση της εισόδου, όπως στα συστήματα με ανατροφοδότηση. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται π.χ. για τον έλεγχο της λειτουργίας μιας στήλης απόσταξης, ενός εναλλάκτη θερμότητας, ενός συστήματος ψύξης κλπ.

Ένα σύστημα ελέγχου χωρίς ανατροφοδότηση χρησιμοποιείται, για παράδειγμα, για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ενός χημικού αντιδραστήρα τύπου ανοικτού δοχείου, συνεχούς λειτουργίας, με συνεχή δηλ. ροή εισερχόμενου και εξερχόμενου υγρού και θέρμανση με ατμό μέσω ενός σωλήνα με σχήμα σπείρας (σερπαντίνια). Σε αυτό μετρείται η θερμοκρασία του εισερχόμενου υγρού συγκρίνεται με την επιθυμητή θερμοκρασία  $A$  και ανάλογα ρυθμίζεται η παροχή του ατμού από τον ελεγκτή με κατάλληλο σήμα στον ενεργοποιητή (εικόνα 6.3.5).



**Εικόνα 6.3.5** Έλεγχος θερμοκρασίας ανοικτού χημικού αντιδραστήρα συνεχούς λειτουργίας με σύστημα αυτόματου ελέγχου χωρίς ανατροφοδότηση

Οι ελεγκτές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC). Αυτοί είναι μονάδες μικροϋπολογιστών που συνδέονται με τη διεργασία. Με μια διεργασία μπορεί να συνδεθούν πολλοί ελεγκτές για τον έλεγχο πολλών παραμέτρων. Στα σύγχρονα συστήματα ελέγχου οι μονάδες αυτές συνδέονται μέσω δικτύου μεταξύ τους και με τον υπολογιστή της διεργασίας, ο οποίος εκτελεί τον εποπτικό έλεγχο της διεργασίας (εικόνα 6.3.6).



**Εικόνα 6.3.6** Διασύνδεση υπολογιστή διεργασιών και περιφερειακών μονάδων ελέγχου

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές ρυθμίζουν τις τιμές των παραμέτρων που ελέγχουν (π.χ. θερμοκρασία, πίεση, στάθμη, ροή κλπ.) ώστε να βρίσκονται σε προκαθορισμένα επίπεδα ανά χρονική στιγμή, σύμφωνα με τον προγραμματισμό τους. Τα επίπεδα αυτά (οι επιθυμητές τιμές των παραμέτρων) έχουν καθοριστεί από τον υπολογιστή της διεργασίας, στον οποίο φθάνουν δεδομένα (στιγμιαίες τιμές των ελεγχόμενων παραμέτρων) από όλες τις περιφερειακές μονάδες ελέγχου (ΠΕΛ, PLC) και από τον οποίο λαμβάνονται οι τελικές αποφάσεις. Οι επιθυμητές τιμές μπορούν να μεταβληθούν μόνον από τον υπολογιστή της διεργασίας, στον οποίο έχουν πρόσβαση οι χειριστές και η διαχείριση της επιχείρησης.

Ο υπολογιστής της διεργασίας συγκρίνει συνεχώς τις καταστάσεις της διεργασίας που είναι αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων με τις τρέχουσες καταστάσεις και αν εντοπίσει κάποια απόκλιση, τότε στέλνει σήματα ελέγχου στους τοπικούς ελεγκτές της διεργασίας (Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές, ΠΕΛ, PLC) για τη διόρθωση της απόκλισης (εικόνα 1.1.5). Αν μια απόκλιση παραμένει παρά τις προσπάθειες ελέγχου, τότε το σύστημα δίνει εντολή στον ελεγκτή να ακινητοποιήσει τη διεργασία και να σημάνει συναγερμό στο χειριστή της διεργασίας. Ο χειριστής τότε πρέπει να καλέσει το

συνεργείο βλαβών για την επιδιόρθωση της βλάβης. Μετά από κάθε μήνυμα συναγερμού, εμφανίζεται σχετικό μήνυμα στην οθόνη του χειριστή της διεργασίας και του χειριστή του υπολογιστή της διεργασίας, ώστε να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα.

Ο κύριος σκοπός ενός υπολογιστή διεργασιών είναι η εποπτεία και ο έλεγχος όλων των σταδίων της παραγωγής ενός προϊόντος, από το σχεδιασμό μέχρι τη διακίνησή του. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφορικού ελέγχου της παραγωγής (Computer Integrated Manufacturing, CIM ).

Το Ολοκληρωμένο Σύστημα Παραγωγής αποτελεί ένα σύγχρονο σύστημα διαχείρισης και ελέγχου της παραγωγής, που φροντίζει για την προστασία του εξοπλισμού και την έγκαιρη διάγνωση των βλαβών, τον έλεγχο των συνθηκών της διεργασίας, την καταχώριση και επεξεργασία στοιχείων του ποιοτικού ελέγχου και στοιχείων του κόστους, την οργάνωση των διεργασιών με στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και το βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο προγραμματισμό της παραγωγής.

Τα Ολοκληρωμένα Συστήματα Παραγωγής εφαρμόζονται προς το παρόν σε μικρό σχετικά βαθμό. Με τη μελλοντική προσθήκη και του επιπέδου του σχεδιασμού των προϊόντων, και την ευρύτερη εφαρμογή τους προβλέπεται ότι θα έχουν τεράστια επίδραση στην παραγωγή στο μέλλον.

Διαγράμματα συστημάτων αυτόματου ελέγχου και παραδείγματα ελέγχου διαφόρων παραμέτρων στη χημική βιομηχανία με συστήματα πληροφορικού ελέγχου παρουσιάζονται στη συνοδευτική εφαρμογή. Για να τα δούμε, επιλέγουμε «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ» - «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ».

### ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Κατά τη λειτουργία μιας βιομηχανικής μονάδας επιβάλλεται να ικανοποιούνται ορισμένες απαιτήσεις, όπως ασφαλής λειτουργία, εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας και ποιότητας των προϊόντων, τήρηση των περιβαλλοντικών κανονισμών, εκπλήρωση ειδικών απαιτήσεων λειτουργίας των βιομηχανικών συσκευών, ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας. Οι απαιτήσεις αυτές υπαγορεύουν την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο της λειτουργίας της βιομηχανικής μονάδας με συστήματα αυτόματου ελέγχου.

Τα απαραίτητα στοιχεία ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου είναι : η είσοδος, ο ελεγκτής και το ελεγχόμενο σύστημα, προκειμένου να δημιουργηθεί η επιθυμητή έξοδος-αποτέλεσμα, π.χ. στο ηλεκτρικό θερμοσίφωνο είσοδος είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, ελεγκτής είναι ο θερμοστάτης, ελεγχόμενο σύστημα είναι το δοχείο με το νερό και έξοδος είναι η θερμοκρασία του νερού.

Ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου μπορεί να λειτουργεί με δύο τρόπους:

α) Με ανατροφοδότηση (*feedback control*), όταν η έξοδος επηρεάζει την είσοδο του συστήματος, όπως στο ηλεκτρικό θερμοσίφωνο, όπου ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού διακόπτεται το ηλεκτρικό ρεύμα (κλειστό σύστημα ελέγχου).

β) Χωρίς ανατροφοδότηση (*feedforward control*), όταν η έξοδος δεν επηρεάζει την είσοδο, όπως στο ηλεκτρικό πλυντήριο, όπου η καθαρότητα των ρούχων δεν επηρεάζει την ποσότητα του απορρυπαντικού και του νερού, το πρόγραμμα πλύσης κλπ. (ανοικτό σύστημα ελέγχου), αλλά ανάλογα με το είδος και το βαθμό λεκιάσματος των ρούχων επιλέγεται το πρόγραμμα πλύσης.

Στη χημική βιομηχανία πιο συχνά χρησιμοποιούνται τα συστήματα αυτόματου ελέγχου με ανατροφοδότηση, π.χ. για τον έλεγχο της πίεσης, της ροής, της στάθμης, της σύστασης κλπ. Τα συστήματα ελέγχου χωρίς ανατροφοδότηση χρησιμοποιούνται π.χ. για τον έλεγχο της λειτουργίας μιας στήλης απόσταξης, ενός εναλλάκτη θερμότητας, ενός συστήματος ψύξης κλπ. Ένα παράδειγμα εφαρμογής των δύο συστημάτων είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας του εξερχόμενου ή εισερχόμενου υγρού ενός αντιδραστήρα και η ανάλογη ρύθμιση από τον ελεγκτή της παροχής του ατμού που το θερμαίνει. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται σύστημα ελέγχου με ανατροφοδότηση και στη δεύτερη χωρίς ανατροφοδότηση.

Οι ελεγκτές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC). Αυτοί είναι μονάδες μικροϋπολογιστών που συνδέονται μέσω δικτύου μεταξύ τους και με τον υπολογιστή της διεργασίας, ο οποίος εκτελεί τον εποπτικό έλεγχο της διεργασίας.

Ο κύριος σκοπός ενός υπολογιστή διεργασιών είναι η εποπτεία και ο έλεγχος όλων των σταδίων της παραγωγής ενός προϊόντος, από το σχεδιασμό μέχρι τη διακίνησή του. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός είναι απαραίτητο ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφορικού ελέγχου της παραγωγής (Computer Integrated Manufacturing, CIM). Το Ολοκληρωμένο Σύστημα Παραγωγής με Η/Υ αποτελεί ένα σύγχρονο σύστημα διαχείρισης και ελέγχου της παραγωγής, που φροντίζει για την προστασία του εξοπλισμού, τον έλεγχο των διεργασιών, την επεξεργασία στοιχείων ποιοτικού ελέγχου και κόστους, την οργάνωση των διεργασιών με στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και τον προγραμματισμό της παραγωγής.

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΝΩΣΕΩΝ



1. Γιατί είναι απαραίτητα τα συστήματα αυτόματου ελέγχου των βιομηχανικών μονάδων;
2. Ποιος είναι ο ρόλος ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου μιας χημικής διεργασίας;

3. Ποια είδη συστημάτων αυτόματου ελέγχου υπάρχουν; Περιγράψτε τη λειτουργία τους.
4. Πώς ελέγχεται η θερμοκρασία του περιεχομένου υγρού ενός χημικού αντιδραστήρα με ένα σύστημα αυτόματου ελέγχου α) με ανατροφοδότηση β) χωρίς ανατροφοδότηση.
5. Ποιος είναι ο ρόλος του υπολογιστή της διεργασίας σε ένα σύστημα πληροφορικού ελέγχου;
6. Ποιες οι δραστηριότητες ενός Ολοκληρωμένου Συστήματος Παραγωγής;



**ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. American Water Works Association, Water Quality and Treatment, *A Handbook or Community Water Supplies*, 4th edition, Mc Graw Hill, U.S.A., 1990.
2. Chohey, N.P., *Instrumentation and Process Control*, Chemical Engineering Mc Graw- Hill Pub.Co., New York 1996.
3. Cummins, A.B. and Given, I.A., *SME Mining Engineering Handbook*, Society of Mining Engineers, Vol. 1, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York 1973.
4. Hurst, J. W. and Mortimer, J.W., *Laboratory robotics*, VCA Publishers, Inc., USA 1987
5. Kirk- Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol.2, 4th edition, John Wiley and sons, New York, 1993.
6. Kirk- Othmer, (editors) *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol.20, 4th edition, John Wiley and sons, New York, 1993.
7. McCabe , W.L. and Smith, J.C., *Βασικά φυσικά διεργασίες Χημικής Μηχανικής*, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα 1971.
8. McLennan, F., and Kowalski, B.R., *Process Analytical Chemistry*, 1st edition, Chapman & Hall, U.S.A. 1995.
9. Nikoladze, G., Mints, D., Kastalsky, A., *Water Treatment*, Mir Publishers, Moscow 1989.
10. Perry, R.H. and Chilton, C.H., *Chemical Engineer's Handbook*, 5th edition
11. Stephanopoulos, G., *Chemical Process Control*, 1st edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1984.

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ανδρέου, Ι., Λυγερός, Α.Ι., Ματσούκας, Φ., και Σκανδάλης, Ν., Εφαρμογές Η/Υ στα Ελληνικά Διυλιστήρια Ασπροπύργου, *Συμπόσιο «Εφαρμογές Η/Υ στη χημική βιομηχανία»*, Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών, Ιδρυμα Ευγενίδου, Μάϊος 1991.
2. Βασιλακόπουλος, Δ., Μπουρουσιάν, Μ. και Σπυρέλλης, Ν., *Γενική Χημεία*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999.
3. Βιολάκης, Β., και Θωμαΐδης, Ν., *Χημική Τεχνολογία II*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999.
4. Γατόπουλος, Ι., Ο Βιομηχανικός Αυτοματισμός στην Ελλάδα. Μερικά παραδείγματα και προοπτικές, *Συμπόσιο «Εφαρμογές Η/Υ στη χημική βιομηχανία»*, Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών, Ιδρυμα Ευγενίδου, Μάϊος 1991.
5. Γλώσσας, Ν. και Τσελές, Ι., *Αρχές Αυτοματισμού*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999.



6. Δαπόντες, Ν., και Κασσέτας, Α.Ι., *Φυσική*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1998.
7. Ζανάκη, Κ., *Ελεγχος Ποιότητας Νερού*, Εκδόσεις «ΙΩΝ», Αθήνα 1996.
8. Ιορδανίδη, Π.Ι. και Γεροχρήστου-Ζορμπά, *Τεχνολογία Οργάνων Εργαστηρίου*, Ιδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1003.
9. Καγκαράκη, Κ. Α., *Ανόργανη και Οργανική Τεχνολογία*, Ιδρυμα Ευγενίδου, 1η έκδοση, Αθήνα 1981.
10. Καγκαράκη, Κ. Α., *Χημική Τεχνολογία*, Ιδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1992.
11. Κανδύλη, Α., Ανάλυση των αναγκών σε λογισμικό της χημικής βιομηχανίας, Συμπόσιο «Εφαρμογές Η/Υ στη χημική βιομηχανία», Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών, Ιδρυμα Ευγενίδου, Μάϊος 1991.
12. Κινγκ, Ρ.Ε., *Πληροφορικός Έλεγχος*, Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994.
13. Κινγκ, Ρ.Ε., Σύγχρονες Εφαρμογές Βιομηχανικής Πληροφορικής στον Όμιλο ΑΓΕΤ-ΗΡΑΚΛΗΣ, Συμπόσιο «Εφαρμογές Η/Υ στη χημική βιομηχανία», Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών, Ιδρυμα Ευγενίδου, Μάϊος 1991.
14. Κοτονιάς, Γ. και Αγγελούσης, Γ., *Ποιοτικός Έλεγχος II*, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2000.
15. Κοτονιάς, Γ. Θ., *Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου Υλικών*, Ιδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1993.
16. Λάζος, Ε. και Μπρατάκος, Μ., *Φυσικοχημικές Μέθοδοι Ανάλυσης*, ΟΕΔΒ, 1η έκδοση, Αθήνα 2000.
17. Λέκκας, Θ., *Περιβαλλοντική Μηχανική I, Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Μυτιλήνη 1996.
18. Μαρούλης, Ζ. και Μαρίνος-Κουρής, Δ., ΕΜΠ, Ο Η/Υ στη Χημική Βιομηχανία: Προβλήματα-Προοπτικές, Συμπόσιο «Εφαρμογές Η/Υ στη χημική βιομηχανία», Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών, Ιδρυμα Ευγενίδου, Μάϊος 1991
19. Μπιλάλης, Γ. Δ., Αυτοματοποίηση και Ρομποτική στα Μεταλλεία, *Εθνικό Συμπόσιο «Αυτοματοποίηση και Ρομποτική»*, Δεκέμβριος 1987, Αθήνα.
20. Μπομπέτης, Α. και Καλλίτης, Π., *Εργαστήριο Χημείας*, ΟΕΔΒ, έκδοση 4η, Αθήνα 1988.
21. Παπαζής, Σ., Σακκάς, Ν. και Σαμαράς, Ν., *Στοιχεία Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων*, ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα 2000.
22. Σίσκος, Π.Α. και Νικολέλης, Δ.Π., *Αναλυτικές Μέθοδοι Διαχωρισμού*, Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών, Αθήνα 1991.
23. Σταθερόπουλος, Μ., *Αναλυτική Χημεία*, τόμος I, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1997.
24. Σταθερόπουλος, Μ., *Οι υπολογιστές στη χημεία, RAM*, Σεπτέμβριος 1989.
25. Χατζηϊωάννου, Θ.Π., *Εργαστηριακά ασκήσεις ποσοτικής αναλυτικής χημείας*, Πανεπιστήμιον Αθηνών, 2η έκδοση, Αθήνα 1981.