

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13<sup>ο</sup> ΟΡΓΑΝΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

### Γενικά

Η κύρια αποστολή των αναλυτών είναι ο προσδιορισμός των παραμέτρων στο αίμα, τα ούρα και σε άλλα υγρά και στερεά υλικά του ανθρώπινου σώματος, οι οποίες, ενώ παραμένουν σταθερές, όταν το άτομο είναι υγιές, παρουσιάζουν μεγάλη μεταβλητότητα σε περιπτώσεις ασθένειάς του.

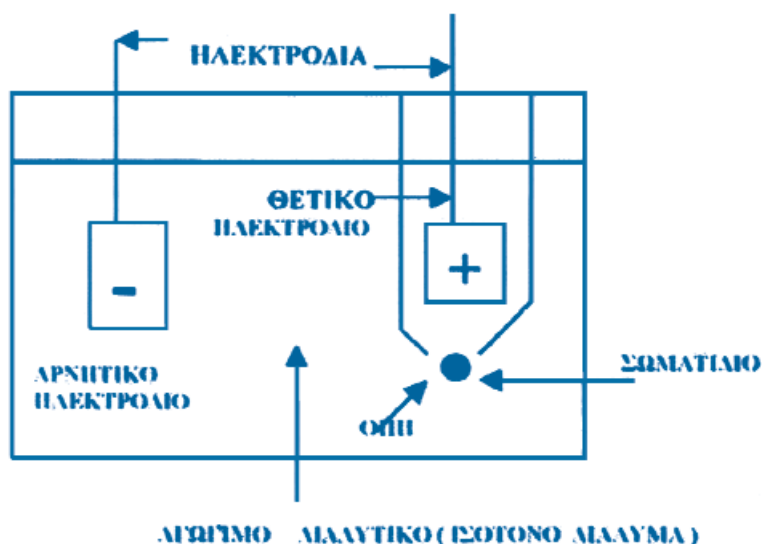
Τα σημαντικά πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση οργάνων αυτόματης ανάλυσης έναντι των κλασσικών "χειρωνακτικών" μεθόδων προσδιορισμού είναι η μεγάλη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη λήψη των αποτελεσμάτων, η εξοικονόμηση αντιδραστηρίων, η μείωση των ωρών εργασίας του προσωπικού και βέβαια η αυξημένη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, αφού μειώνονται κατά πολύ σφάλματα που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα.

Τα όργανα αυτόματης ανάλυσης που βρίσκονται στα σύγχρονα νοσοκομεία είναι ο αιματολογικός και ο βιοχημικός αναλυτής και ακόμη, ανάλογα με το μέγεθος και την αποστολή του νοσοκομείου, οι αναλυτές ούρων, ορμονών και παραγόντων πήξης του αίματος. Το κοινό τους γνώρισμα είναι η αυτοματοποίηση, που οφείλεται κυρίως στη συνεργασία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

### 13.1. Αιματολογικός αναλυτής

#### 13.1.1. Γενική αρχή μέτρησης

Η αρχή μέτρησης έχει ως εξής: τα έμμορφα στοιχεία του αίματος, (ερυθρά, λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια), αφού πρώτα αραιωθούν σ' ένα διάλυμα, το οποίο έχει την ιδιότητα να μην αλλάζει το σχήμα και το μέγεθός τους, περνάνε με εισρόφηση από μία πολύ μικρή οπή (δηλαδή άνοιγμα). Στα άκρα της οπής βάζουμε ένα σταθερό δυναμικό. Όταν αρχίσουν να περνάνε τα στοιχεία του αίματος μέσα από την οπή, τότε μεταβάλλεται η ηλεκτρική αντίσταση της οπής και φυσικά η διαφορά της τάσης στα άκρα της. Αποτέλεσμα είναι να παράγεται ένας ηλεκτρικός παλμός, ο οποίος είναι ανάλογος του όγκου του κυττάρου που περνά από την οπή, με την προϋπόθεση ότι τα κύτταρα διέρχονται ακριβώς από το κέντρο της οπής (σχήμα 13.1.).



Σχήμα 13.1. Αρχή λειτουργίας αιματολογικού αναλυτή

Οι νέοι τύποι αιματολογικών αναλυτών, εκτός από την απλή αρίθμηση σωματιδίων που κάνουν, έχουν και τη δυνατότητα να τα κατανέμουν αυτομάτως και κατά μέγεθος δημιουργώντας έτσι ένα ιστόγραμμα.

### 13.1.2. Μέρη του αναλυτού

Οι σύγχρονοι αιματολογικοί αναλυτές αποτελούνται από τα εξής βασικά μέρη:

- Ένα πολύ καλό υπολογιστικό σύστημα, έναν εκτυπωτή, όπου καταγράφονται – εκτυπώνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- Αναλυτική μονάδα, με το υδραυλικό σύστημα αναρρόφησης, αραίωσης και επεξεργασίας του δείγματος.
- Το σύστημα του αυτόματου δειγματολήπτη, όπου τοποθετούνται τα δείγματα. Τα δείγματα μπορεί να είναι τύπου κασέτας ή σωληνάρια διαφόρων διαμετρημάτων.
- Σύστημα αυτόματης ανάγνωσης των σωληναρίων (Bar Code Reader), με δυνατότητα ανάγνωσης διαφόρων κωδικών τόσο των αντιδραστηρίων όσο και των ασθενών που έχουν περαστεί με το σύστημα αυτό.

- Δέσμη Laser υπάρχει στα περισσότερα μηχανήματα, ώστε να μετριέται το ποσοστό σκεδάσεως της δέσμης στα κύτταρα, προκειμένου να μετρηθούν ορισμένοι παράμετροι του αίματος στα ερυθρά αιμοσφαίρια και στα αιμοπετάλια, όπως μέση συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης ανά ερυθροκύτταρο (MCHC), καμπύλη κατανομής της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης ανά ερυθροκύτταρο κτλ.
- Το σύστημα αναρρόφησης - ρύγχος. Μπορεί να είναι και διπλό το σύστημα αυτό, διότι μετρά λευκά και ερυθρά αιμοσφαίρια.
- Το σύστημα των αποβλήτων, όπου συγκεντρώνονται τα δείγματα που μετρήθηκαν.

### 13.2. Βιοχημικός αναλυτής

#### 13.2.1. Σκοπός του βιοχημικού αναλυτή στο εργαστήριο

Ο βιοχημικός αναλυτής χαρακτηρίζεται, σήμερα, ως το έξυπνο μηχανήμα με την υψηλή νοημοσύνη. Συνδυάζει την αλματώδη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών με την κλασική μέθοδο λήψης εξετάσεων σε ένα διαγνωστικό εργαστήριο. Αποτέλεσμα είναι η δυνατότητα παροχής όλων των εξετάσεων, πλην των αιματολογικών, από ένα μηχανήμα και κάθε καινούργια μέθοδος που εμφανίζεται να μπορεί να προγραμματιστεί εύκολα και να πραγματοποιηθεί από το βιοχημικό αναλυτή. Έτσι, μπορεί να πραγματοποιεί (όλες οι πιο κάτω μετρήσεις μπορεί να γίνουν ανά δείγμα ασθενή):

1. Γενικές βιοχημικές εξετάσεις: (χοληστερίνη, τριγλυκερίδια, ουρία, ουρικό οξύ, γλυκόζη ούρων, κρεατινίνη ορού κτλ.)
2. Ηλεκτρολύτες.
3. Ενζυματικές εξετάσεις.
4. Προσδιορισμό επιπέδων φαρμάκων.
5. Ενδοκρινολογικές εξετάσεις.
6. Τοξικολογικές εξετάσεις.
7. Ειδικές εξετάσεις: γαλακτικό οξύ, πρωτεΐνες εγκεφαλονωτιαίου υγρού κτλ.
8. Εξετάσεις τύπου STAT (επείγον). Υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης δειγμάτων, όταν ένα περιστατικό είναι επείγον. Με το πάτημα ενός πλήκτρου, ο αναλυτής δείχνει αυτόματα μία θέση στο δίσκο των δειγμάτων που εξετάζει εκείνη την στιγμή, σταματά τη ρουτίνα των εξετάσεων, τοποθετείται το δείγμα

από το χειριστή και σε ελάχιστο χρονικό διάστημα παίρνει ο χειριστής την απάντηση. Κατόπιν, ο αναλυτής συνεχίζει κανονικά το πρόγραμμά του, από το σημείο που σταμάτησε.

#### 9. Αυτόματη βαθμονόμηση καμπύλης.

### 13.2.2. Μέρη του βιοχημικού αναλυτή

Ο βιοχημικός αναλυτής αποτελείται από:

- Την ηλεκτρονική μονάδα.
- Ειδικό ψυγείο, όπου τοποθετούνται και φυλάσσονται τα αντιδραστήρια που θα χρησιμοποιήσει ο αναλυτής.
- Χώρο του δειγματολήπτη. Είναι ο χώρος όπου τοποθετούνται τα διάφορα δείγματα που προορίζονται για εξέταση.
- Χώρο ανάμειξης των αντιδραστηρίων με το δείγμα, ώστε το νέο δείγμα που προκύπτει (από την ανάμειξη) να μετρηθεί στο φωτομετρικό σύστημα του αναλυτή.
- Ειδικό χώρο όπου φυλάσσονται τα ηλεκτρόδια για μετρήσεις καλίου, νατρίου και χλωρίου.
- Ρύγχος αναρρόφησης του δείγματος. Πρόκειται για ένα ειδικό σύστημα ρομποτικής, σχεδιασμένο με ειδικό τρόπο, που επιτρέπει τη μεταφορά και προσθήκη πολύ μικρών όγκων, με εξαιρετική ακρίβεια.
- Σύστημα αντλίων, που επιτρέπει τη μεταφορά των αντιδραστηρίων και των δειγμάτων.
- Φωτομετρικό σύστημα, όπου τα δείγματα περνούν μπροστά από μία ειδική λυχνία, φωτομετρούνται και, μέσω φωτομετρικών κυψελών, μετατρέπονται σε ψηφιακά σήματα (όπως έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 9).
- Σύστημα ειδικών φακών και φίλτρων, που περιορίζει το μέγεθος, ανάλογα με την εξέταση, της φωτεινής δέσμης.
- Σύστημα για αυτόματη ανάγνωση των σωληναρίων (Bar Code Reader) με δυνατότητα ανάγνωσης διαφόρων κωδικών τόσο των αντιδραστηρίων όσο και των ασθενών που έχουν περαστεί με το σύστημα αυτό.
- Σύστημα αυτόματης παροχής αποιονισμένου νερού για αυτόματη πλύση των τμημάτων του αναλυτή, όπου χρειάζεται.
- Ειδικό σύστημα αποχέτευσης των δειγμάτων, είτε απευθείας στην αποχέτευση είτε με συλλογή των αποβλήτων.



### 13.2.3. Κανόνες λειτουργίας και μέτρα προφύλαξης

Σε κάθε εργαστήριο, όπου υπάρχει βιοχημικός αναλυτής, πρέπει να ακολουθούνται ορισμένοι βασικοί κανόνες για τη σωστή και απρόσκοπτη λειτουργία του αναλυτή, επειδή είναι πολύ ακριβό μηχάνημα και κοστίζει η επισκευή του σε περίπτωση βλάβης. Επίσης, σε περίπτωση βλάβης, η όλη δουλειά του εργαστηρίου γίνεται με τις κλασικές πλέον μεθόδους, που σημαίνει σημαντική απώλεια χρόνου, αντιδραστηρίων και μη αξιόπιστα αποτελέσματα. Οι κανόνες που πρέπει να ακολουθηθούν πιστά είναι:

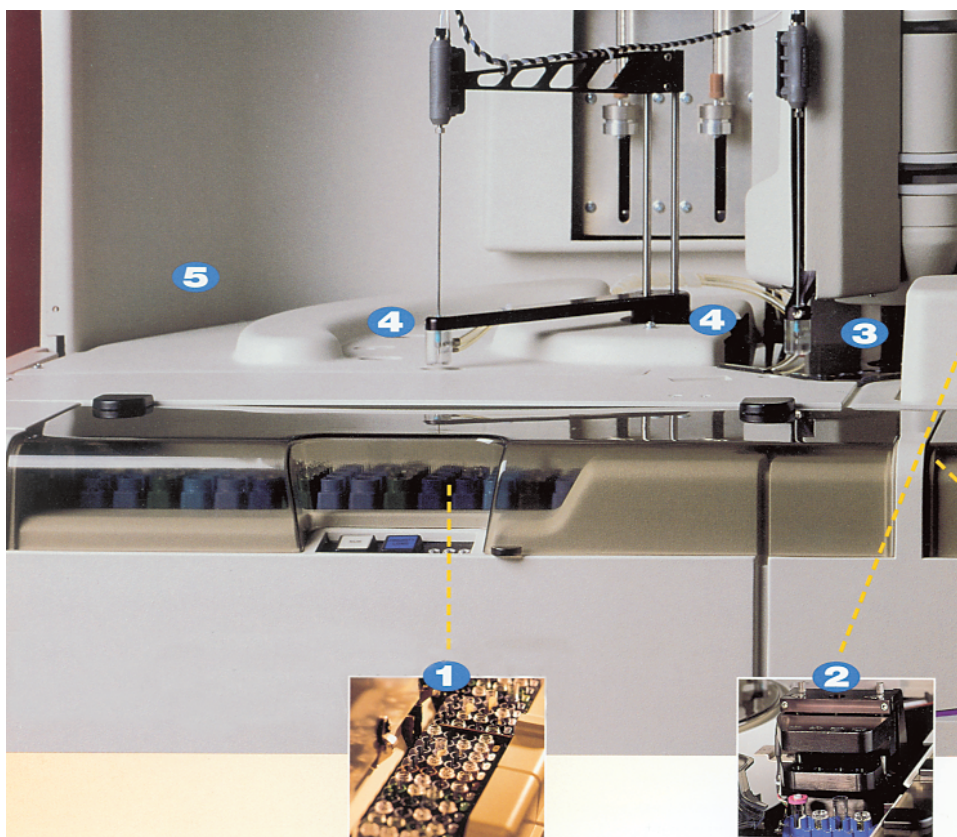
1. Μη δουλεύετε στο μηχάνημα και μην ακουμπάτε και πειράζετε τα διάφορα μέρη του, εάν προηγουμένως δεν έχετε μελετήσει τα εγχειρίδια χρήσης του αναλυτή, που εκδίδονται από την κατασκευάστρια εταιρεία.
2. Ό,τι δεν καταλαβαίνετε σχετικά με τον αναλυτή, ζητήστε τη βοήθεια ειδικού



Σχήμα 13.2. Πρόσωση βιοχημικού αναλυτή. Δεξιά του φαίνεται ο υπολογιστής που είναι συνδεδεμένος με το όλο σύστημα

τεχνικού της εταιρείας και όχι άλλου συναδέλφου του εργαστηρίου. Υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να προκληθούν ζημιές στον αναλυτή και να σταματήσει η λειτουργία του για μεγάλο χρονικό διάστημα, λόγω έλλειψης ανταλλακτικών.

3. Μην επεμβαίνετε στο πρόγραμμα του αναλυτή, εάν δεν το γνωρίζετε πάρα πολύ καλά. Μπορεί να φαίνεται ότι είναι ίδιος με τον υπολογιστή που έχετε στο σπίτι σας, αλλά έχει πολλές διαφορές ως προς τη λειτουργικότητά του. Εάν συμβούν βλάβες στο λειτουργικό του σύστημα, η δαπάνη επισκευής του είναι μεγάλη. Πρέπει να προσέχετε πολύ τις εντολές που δίνετε στον υπολογιστή. Καλό είναι να τις έχετε σε ένα μέρος, που μόνον εσείς θα ξέρετε και να τις συμβουλευέστε ανά πάσα στιγμή. Φυλάγετε τις δισκέτες των προγραμμάτων ή τα CD σε μέρος, όπου δεν υπάρχουν χημικά, όπως



Σχήμα 13.3. Αναλυτής σε λειτουργία 1. Χώρος όπου τοποθετούνται τα υπό εξέταση δείγματα, χώρος δειγματολήπτη. 2. Σύστημα αυτόματης ανάγνωσης δειγμάτων (Bar Code Reader). 3 και 4 και 5 σύστημα, όπου γίνεται η αναρρόφηση του δείγματος, από το ρύγχος αναρρόφησης δειγμάτων, λεπτός σωλήνας, και ο όλος χώρος εξέτασης του δείγματος.

ατμοί οξέων και μαγνητικά περιβάλλοντα, δηλαδή μετασχηματιστές, τροφοδοτικά ισχυρά κτλ.

4. Ελέγχετε πάντα τη θερμοκρασία του εργαστηρίου. Πρέπει να έχει μία σταθερή τιμή. Σε περίπτωση καύσωνα, φροντίζετε οι εξετάσεις να έχουν τελειώσει πριν από το μεσημέρι, διότι, έστω και αν υπάρχει κλιματισμός στο εργαστήριο, υπάρχει φόβος να έχουμε κατά τη διάρκεια των μεσημβρινών ωρών μη αξιόπιστα αποτελέσματα. Εξάλλου ο αναλυτής έχει ανιχνευτές θερμοκρασίας, που δίνουν εντολή να διακοπεί προσωρινά η λειτουργία του και να τεθεί σε κατάσταση αναμονής, όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο. Καλό είναι να μην συμβεί αυτό.
5. Η λειτουργία του αναλυτή στο χώρο του εργαστηρίου επηρεάζεται από την υγρασία του χώρου, με αποτέλεσμα την αναξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Πρέπει να ελέγχεται η σχετική υγρασία του εργαστηρίου με ειδικό καταγραφικό μηχάνημα και να συγκρίνεται με αυτή που δίνει ο κατασκευαστής του αναλυτή. Πρέπει να αποφεύγεται στον ίδιο χώρο με τον αναλυτή να χρησιμοποιείται το σύστημα ψύξης, που στηρίζεται στην αρχή της εκτόξευσης ψυχρών σταγονιδίων.
6. Η παροχή τροφοδοσίας ρεύματος πρέπει να είναι από τον πίνακα απευθείας και όχι από ρευματοδότες, που παρέχουν ρεύμα και σε άλλα μηχανήματα, όπως φυγοκέντρους, μοτέρ, αναδευτήρες, ψυγεία κτλ.
7. Μετά το τέλος των καθημερινών εξετάσεων, πρέπει να καθαρίζετε αμέσως το μηχάνημα πολύ καλά, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, προς αποφυγή των μολύνσεων που μπορεί να αναπτυχθούν από τα διάφορα αντιδραστήρια.
8. Ο χειριστής κατά τη διάρκεια της εργασίας του να φορά γάντια και καθαρή ποδιά. Μετά την εργασία του να πλένει πολύ καλά τα χέρια του. Να βγάζει με προσοχή τα γάντια και την ποδιά. Σε περίπτωση που η ποδιά είναι λερωμένη, να την αλλάζει αμέσως. Πρέπει να χρησιμοποιεί ο χειριστής γάντια μιας χρήσης και μετά την εργασία του να τα πετά.

### 13.3. Αναλυτής ούρων

#### 13.3.1. Σκοπός του αναλυτή ούρων στο εργαστήριο

Βρίσκεται σε εργαστήρια όπου υπάρχει πολύ μεγάλη κίνηση ασθενών και εξετάσεων, όπως μεγάλα νοσοκομεία, κλινικές μεγάλες, διαγνωστικά κέντρα κτλ. Ανιχνεύει και μετρά τις διάφορες ουσίες που βρίσκονται στα ούρα, όπως πρωτεΐνες, γλυκόζη, λευκώματα, χολερυθρίνη κ.ά.



**13.3.2. Κανόνες λειτουργίας του αναλυτή ούρων**

Εφαρμόζουμε πιστά τους ίδιους κανόνες λειτουργίας που αναφέρονται στους βιοχημικούς αναλυτές.



Σχήμα 13.4.  
Αυτόματος αναλυτής ούρων

**13.4. Αναλυτής ορμονών****13.4.1. Σκοπός του αναλυτή ορμονών στο εργαστήριο**

Βρίσκεται σε εργαστήρια όπου υπάρχει πολύ μεγάλη κίνηση ασθενών και εξετάσεων, όπως μεγάλα νοσοκομεία, κλινικές μεγάλες, διαγνωστικά κέντρα κτλ. Η λειτουργία του βασίζεται στις αρχές των: κινητικών προσδιορισμών (MSA), Θολοσιμετρικού προσδιορισμού (Latex agglutination) και Ανοσοενζυμικού προσδιορισμού (EMIT). Με τον αναλυτή ορμονών μπορούμε να εξετάσουμε:

1. Ορμόνες γονιμότητας.
2. Ορμόνες θυροειδούς.
3. Καρδιακό κύκλο.
4. Φάρμακα, επίπεδο φαρμάκων, αντιβιοτικά.

5. Έλεγχο αναιμιών.

6. Δείκτες καρκίνου κτλ.

### **13.4.2. Κανόνες λειτουργίας του αναλυτή ορμονών.**

Εφαρμόζουμε πιστά τις ίδιους κανόνες λειτουργίας που έχουμε για τους βιοχημικούς αναλυτές.

### **13.5. Αναλυτής παραγόντων πήξης**

#### **13.5.1. Γενικά**

Είναι το μηχάνημα το οποίο εξετάζει την ταχύτητα πήξης του αίματος, καθώς και τη χρωματική του συμπεριφορά. Βασίζεται στη αρχή ότι ένα δείγμα ορισμένου όγκου και πυκνότητας, εάν επεξεργαστεί καταλλήλως με διάφορα αντιδραστήρια και εισαχθεί σε μία θέση όπου έχει μια σταθερή θερμοκρασία  $37,6^{\circ}\text{C}$  με απόκλιση  $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ , θα αρχίσει η πήξη του αίματος μετά ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο είναι διαφορετικό για κάθε δείγμα. Αυτό το δείγμα περνά μπροστά από μία φωτεινή δέσμη που εκπέμπεται από πηγή φωτός ειδικού τύπου με έναν ειδικό μηχανισμό.

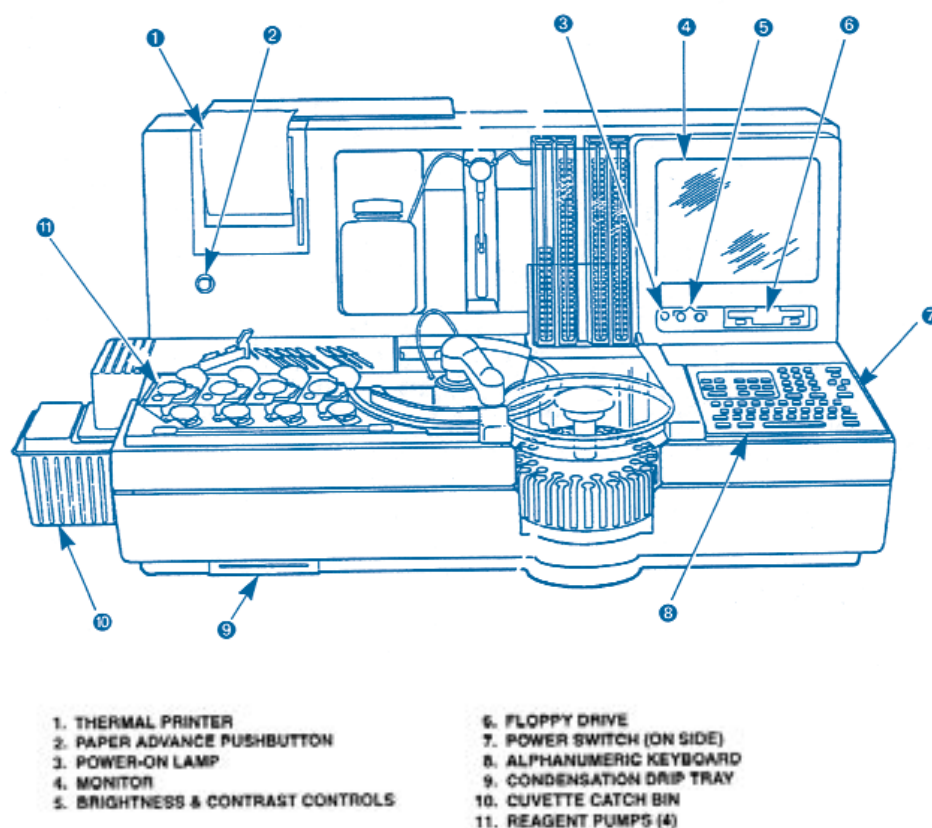
Καθώς το φως αρχίζει να διαπερνά το δείγμα, αυτό αρχίζει να φαίνεται πιο πυκνό τη χρονική στιγμή, που στο δείγμα αρχίζει το στάδιο της θρόμβωσης. Όταν αρχίζει αυτό το φαινόμενο, η ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται στο δείγμα μειώνεται αυτομάτως, ανιχνευόμενη από ειδικούς αισθητήρες, που παίρνουν σήμα από τον υπολογιστή. Η δέσμη του φωτός περιορίζεται πολύ με την προσθήκη ειδικών φίλτρων, όταν το δείγμα έχει φθάσει στο τελικό στάδιο της θρόμβωσης, και τότε διαβάζεται το δείγμα και φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα στην οθόνη ή στον εκτυπωτή – καταγραφικό.

Τα μηχανήματα αυτά αξιολογούν όλα τα στάδια της θρόμβωσης που συμβαίνουν σε ένα ασθενή. Δηλαδή το χρόνο επώασης της θρόμβωσης, το στάδιο της δημιουργίας της θρόμβωσης και τέλος το στάδιο της επαλήθευσης. Όλη η διαδικασία της θρόμβωσης, δηλαδή από την αρχή έως το τέλος της ανάλυσης, ανιχνεύεται με ειδικούς αισθητήρες που υπάρχουν στο μηχάνημα, με αποτέλεσμα την ώρα που αρχίζει η θρόμβωση, αρχίζει και η εμφάνιση των διαφόρων ηλεκτρονικών παλμών που καταγράφονται και αξιολογούνται από τον υπολογιστή.

Τα διάφορα σήματα που δημιουργούνται στον υπολογιστή είναι μεγάλης χρονικής διάρκειας και δεν αναμειγνύονται με άλλα σήματα, όπως εξωτερικοί θόρυβοι ή απότομες μεταβολές της τάσης του ρεύματος. Τα μηχανήματα αυτά είναι ειδικά κατασκευασμένα, ώστε να αποδίδουν την πυκνότητα των δειγμάτων με μεγάλη ακρίβεια, σταθερότητα και επαναληψιμότητα.

### 13.5.2. Κανόνες λειτουργίας του αναλυτή παραγόντων πήξης

Εφαρμόζουμε πιστά τους ίδιους κανόνες λειτουργίας που έχουμε για τους βιοχημικούς αναλυτές.



Σχήμα 13.5. Αναλυτής παραγόντων πήξης



## Ανακεφαλαίωση

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα των οργάνων της αυτόματης ανάλυσης είναι η σημαντικότερη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη λήψη των αποτελεσμάτων, η εξοικονόμηση αντιδραστηρίων, η μείωση των ωρών εργασίας του προσωπικού και βέβαια η αυξημένη αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Τα όργανα αυτόματης ανάλυσης που βρίσκονται στα σύγχρονα νοσοκομεία είναι ο αιματολογικός και ο βιοχημικός αναλυτής και ακόμη, ανάλογα με το μέγεθος και την αποστολή του νοσοκομείου, οι αναλυτές ούρων, ορμονών και παραγόντων πήξης του αίματος. Το κοινό τους γνώρισμα είναι η αυτοματοποίηση, που οφείλεται κυρίως στη συνεργασία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.



## Ερωτήσεις

1. Τι εξετάζει ο αιματολογικός αναλυτής;
2. Ποιος είναι ο σκοπός του βιοχημικού αναλυτή;
3. Τι εξετάζει ένας αναλυτής παραγόντων πήξης;
4. Ποιος είναι ο χαρακτηρισμός του βιοχημικού αναλυτή;  
Γιατί ονομάστηκε έτσι;
5. Σε ποια αρχή βασίζεται ο αιματολογικός αναλυτής;
6. Από ποια μέρη αποτελείται ο βιοχημικός αναλυτής;
7. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των αναλυτών οποιασδήποτε κατηγορίας;
8. Τι μετρά ο αναλυτής ορμονών;
9. Πού συναντάμε τον αναλυτή ούρων και γιατί;



## Άσκηση

1. Να αναγνωρίσετε τα βασικά μέρη των οργάνων αυτόματης ανάλυσης που υπάρχουν στο εργαστήριό σας.