

# Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

### **Στόχοι :**

Στο τέλος αυτής της διδακτικής ενότητας θα πρέπει να μπορείς

- να αναφέρεις τους χώρους του εργαστηρίου, καθώς και τη λειτουργικότητά τους.
- να αναφέρεις τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τους λόγους που επιβάλλουν την επιλογή τους.
- να ταξινομείς τα αντιδραστήρια με βάση την καθαρότητά τους.
- να αντλεις για τα αντιδραστήρια πληροφορίες από τις ετικέτες.
- να αναφέρεις γενικούς κανόνες φύλαξης και διατήρησης των αντιδραστηρίων.
- να χρησιμοποιείς σωστά τα διάφορα σκεύη.
- να διατυπώνεις και να τηρείς τους κανόνες ασφαλείας.
- να επιλέγεις τις κατάλληλες ουσίες καθαρισμού.
- να τηρείς τη διαδικασία καθαρισμού των χημικών οργάνων.
- να μετράς τον όγκο και τη μάζα στερεού και υγρού.
- να προσδιορίζεις την πυκνότητα στερεών και υγρών.

## 2.1 Χωροταξική περιγραφή εργαστηρίου

Ένα σύγχρονο εργαστήριο πρέπει να είναι σωστά μελετημένο και κατασκευασμένο έτσι ώστε να εξασφαλίζει τις προϋποθέσεις για ασφαλείς, άνετες, ακριβείς και αξιόπιστες αναλύσεις.

Η μελέτη και η κατασκευή των απαιτούμενων χώρων θα πρέπει να έχουν ως βασικούς στόχους:

- την ασφαλή φύλαξη και διατήρηση των οργάνων και των αντιδραστηρίων
- τον απαιτούμενο μηχανολογικό εξοπλισμό των χώρων (ρεύμα, νερό, αποχέτευση, εξαερισμό, παροχή υγραερίου, κλιματισμό, πυρασφάλεια κλπ.)
- τις προϋποθέσεις για τον καθαρισμό και ξήρανση των σκευών και των οργάνων
- την άνεση και ασφάλεια στις κινήσεις του προσωπικού
- την απαιτούμενη ασφάλεια των χώρων

Αναλυτικότερα η χωροταξική περιγραφή καθώς και ο απαραίτητος εξοπλισμός του εργαστηρίου αναφέρονται παρακάτω.

### 2.1. α. Χωροταξική διάταξη εργαστηρίου

Ένα σύγχρονο αναλυτικό εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει τους παρακάτω χώρους:

#### 1. Κύρια αίθουσα εργαστηρίου

Αποκαλείται κοινώς εργαστήριο. Είναι η αίθουσα στην οποία διεξάγεται ο μεγαλύτερος όγκος των εργασιών των χημικών αναλύσεων. Είναι εφοδιασμένη με όλα τα απαραίτητα όργανα, σκεύη, αντιδραστήρια και ό,τι άλλο υλικό θεωρείται αναγκαίο για τη διεκπεραίωση μιας χημικής ανάλυσης. Στην κύρια αίθουσα του εργαστηρίου πρέπει να υπάρχουν:

✓ **Πάγκοι εργασίας:** Οι πάγκοι πρέπει να είναι εφοδιασμένοι στο κέντρο τους με νεροχύτες ή νιπτήρες με ενσωματωμένες παροχές νερού και ρεύματος διαφόρων τάσεων και στη βάση τους να φέρουν ντουλάπια και συρτάρια, για τη φύλαξη των χρησιμοποιούμενων μικροοργάνων, μικρών φιαλών, ανταλλακτικών κλπ.

✓ **Απαγωγός:** Συνήθως, καταλαμβάνει τη μία πλευρά της αίθουσας, έχει μέγεθος μεγάλης ντουλάπας, διαθέτει

ανοιγόμενα (συρταρωτά) παράθυρα και είναι εφοδιασμένος με ισχυρό απορροφητήρα στο επάνω μέρος του, για να απορροφά τα επιβλαβή αέρια (εικόνα 2.1).



**Εικόνα 2.1** Κινούμενος απαγωγός

✓ **Χώρος αναλυτικών ζυγών:** Συνήθως αποτελεί τμήμα της κύριας αίθουσας, αλλά μπορεί και να αποτελεί ξεχωριστή

### Θυμήσου:

- Τα υγρά, τοξικά και διαβρωτικά αντιδραστήρια φυλάσσονται στα χαμηλά (κάτω) ντουλάπια.
- Τα στερεά αντιδραστήρια τοποθετούνται σε ερμάρια ή συρτάρια.
- Τα χημικά αντιδραστήρια καλό είναι να φυλάσσονται μακριά από το φως και από τις υψηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος, για την αποφυγή τυχόν αλλοιώσεων.

### Θυμήσου:

Τα χρησιμοποιούμενα όργανα και σκεύη, μετά το τέλος της κάθε ανάλυσης, θα πρέπει να καθαρίζονται επιμελώς και να φυλάσσονται, ώστε να αποφεύγονται τυχόν φθορές ή μολύνσεις.

μικρή αίθουσα, όπου βρίσκονται οι αναλυτικοί ζυγοί και διάφορα άλλα ευαίσθητα όργανα.

✓ **Ερμάρια και ντουλάπες:** Περιμετρικά του εργαστηρίου και όπου ο χώρος το επιτρέπει, υπάρχουν ερμάρια και ντουλάπες για τη φύλαξη σκευών και αντιδραστηρίων. Θα πρέπει να τονιστεί ότι: Τα γυάλινα σκεύη και όργανα φυλάσσονται σε ξύλινες ή μεταλλικές ντουλάπες με γυάλινα και συρόμενα τζάμια. Τα υπόλοιπα, μεταλλικά, ξύλινα, πλαστικά ή πορσελάνινα σκεύη ή όργανα, φυλάσσονται μέσα σε συρτάρια ή ντουλάπες ξύλινες ή μεταλλικές.

✓ **Ψυγείο - καταψύκτης:** Αρκετά αντιδραστήρια ή διαλύματα απαιτούν πολλές φορές τη φύλαξη ή διατήρησή τους σε θερμοκρασίες χαμηλές. Γι' αυτό η ύπαρξη ψυγείου - καταψύκτη θεωρείται απαραίτητη στο εργαστήριο.

✓ **Πυροσβεστική φωλιά:** Το εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει πυροσβεστήρες καθορισμένων προδιαγραφών και σε συγκεκριμένες θέσεις, ώστε να είναι εύκολη η πρόσβαση και άμεση η χρήση τους όταν χρειαστεί. Η ασφάλεια του εργαστηρίου αναλύεται διεξοδικά σε άλλη παράγραφο.

✓ **Εξαεριστήρες:** Το εργαστήριο είναι χώρος στον οποίο γίνονται πειράματα και αναλύσεις. Κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής μερικών από τις αναλύσεις αυτές παράγονται επικίνδυνα αέρια, τα οποία μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό. Κρίνεται λοιπόν αναγκαίο σε κάθε σύγχρονο εργαστήριο να υπάρχει τεχνητός εξαερισμός. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικών εξαεριστήρων, οι οποίοι τοποθετούνται ψηλά, στο πάνω μέρος του εργαστηρίου, και είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς αισθητήρες. Οι αισθητήρες αυτοί έχουν την ικανότητα να θέτουν σε λειτουργία τον κάθε εξαεριστήρα, όταν η ποιότητα του αέρα θεωρείται ακατάλληλη.

✓ **Θερμαντικά σώματα:** Το εργαστήριο θα πρέπει να διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία περίπου 18° C. Τη θερμοκρασία αυτή την εξασφαλίζουν ειδικά θερμαντικά σώματα, όπως καλοριφέρ, αερόθερμα, κλιματιστικά μηχανήματα κλπ.

## 2. Παρασκευαστήριο

Δίπλα στην κύρια αίθουσα του εργαστηρίου υπάρχει το παρασκευαστήριο. Πρόκειται για μικρή αίθουσα, που επικοινωνεί άμεσα με το εργαστήριο.

Στο παρασκευαστήριο παρασκευάζονται διαλύματα, εκτελούνται μικρά δοκιμαστικά πειράματα, προετοιμάζονται οι εργαστηριακές αναλύσεις και φυλάσσονται ακριβά και επιβλαβή αντιδραστήρια.



Εικόνα 2.2 Κύρια αίθουσα εργαστηρίου

## 3. Αποθήκη

Στα σύγχρονα και καλά οργανωμένα εργαστήρια υπάρχει αίθουσα αποθήκης, στην οποία φυλάσσονται συνήθως αποθέματα αναλώσιμων υλικών, όργανα που χρησιμοποιούνται σπανιότερα, εφεδρικά σκεύη, ανταλλακτικά των οργάνων και συσκευών κλπ.

## 2.2 Υλικά χημικού εργαστηρίου

Τα υλικά που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:



ερμάριο φύλαξης οξέων

- Υλικά κατασκευής του εργαστηρίου
- Υλικά κατασκευής οργάνων και σκευών

### 2.2.α. Υλικά κατασκευής του εργαστηρίου

Μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται στα υλικά επικαλύψεως των χώρων του εργαστηρίου, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια, τόσο για τον αναλυτή όσο και για τη συνολική διαδικασία της ανάλυσης.

Το δάπεδο του εργαστηρίου θα πρέπει να είναι επιστρωμένο με ειδικό πλαστικό, το οποίο εξασφαλίζει την ελάχιστη ολισθηρότητα, την καλύτερη δυνατή θερμομόνωση, καθώς και την ηλεκτρική μόνωση για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας.

Η επιφάνεια των πάγκων εργασίας θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από:

- Ανθεκτικότητα σε οξέα και βάσεις (με όριο την ανθεκτικότητα στο νιτρικό οξύ και στην καυστική σόδα).
- Ανθεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες (με όριο την ανθεκτικότητα στο κυανό του μεθυλενίου).
- Αντιολισθηρότητα (με ελάχιστο όριο αυτή του γυαλιού).
- Αντοχή στη φωτιά (πρέπει να είναι πυρίμαχο το υλικό επικάλυψης).
- Ανθεκτικότητα στην υγρασία (δεν πρέπει να παρατηρείται φούσκωμα ή διάβρωση).
- Αντοχή στις τριβές (δεν πρέπει να παρατηρείται φθορά ή σύνθλιψη κατά τη μετακίνηση ή ολίσθηση των αντικειμένων).

Γενικά, τα καταλληλότερα υλικά που εξασφαλίζουν τις παραπάνω προδιαγραφές είναι τα ειδικά οξύμαχα πλακίδια επίστρωσης. Μοναδικό τους μειονέκτημα είναι το μεγάλο κόστος αγοράς.

### 2.2.β. Υλικά κατασκευής χημικών οργάνων

Τα σημαντικότερα υλικά κατασκευής χημικών οργάνων, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους, περιγράφονται παρακάτω.

#### 1. Γυάλινα σκεύη

Συνήθως κατασκευάζονται από οξειδία του βορίου ( $B_2O_3$ ) και του πυριτίου ( $SiO_2$ ) (πίνακας 2.1). Ο χαρακτηρισμός ενός γυάλινου σκεύους γίνεται με βάση τη θερμική του αντοχή, την αντοχή του σε ήπια χτυπήματα καθώς και την αντοχή του στις επιδράσεις διαφόρων διαλυμάτων. Τα γυάλινα σκεύη προ-

σβάλλονται συνήθως από τα διαλύματα αλκαλίων, υδροφθορίου καθώς και του πυκνού και θερμού φωσφορικού οξέος. Γι' αυτό και τα διαλύματα αυτά δε θα πρέπει να διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε γυάλινα σκεύη. Τα βοριοπυριτικά γυάλινα σκεύη θεωρούνται υψηλής ποιότητας, επειδή χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμική αντοχή.

Συστατικό %	Fused Quartz	Jena Glass	Duran	Pyrex	Vycor
SiO <sub>2</sub>	99,8	76,0	80,5	81,0	95-96
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	8,4	12,5	11,4	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	4,5	2,5	2,0	1
Na <sub>2</sub> O	<0,01	6,5	3,8	4,5	<0,01
K <sub>2</sub> O	<0,01	-	0,7	0,1	<0,01
MgO	<0,01	-	-	0,2	-
CaO	<0,01	0,4	-	0,3	-
BaO	<0,01	3,9	-	0,3	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	<0,1	<0,01	0,15	-
TiO <sub>2</sub>	<0,01	0,05	<0,01	0,05	-
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,01	0,1	-	0,3	-

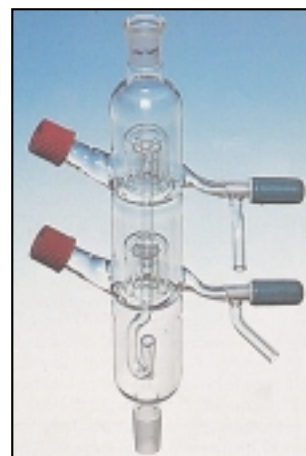
**Πίνακας 2.1** Γυάλινα σκεύη διαφόρων τύπων, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε οξείδια:

## 2. Σκεύη από πορσελάνη

Η πορσελάνη χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδιο του αργιλίου (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), σε σχέση με τα οξείδια που περιέχει το γυαλί. Τα σκεύη από πορσελάνη (κάψες, χωνευτήρια, γουδιά κλπ.) χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή σε χτυπήματα και στις θερμάνσεις, όταν δεν περιέχουν υάλωμα. Σε σύγκριση με τα γυάλινα σκεύη, τα πορσελάνινα είναι περισσότερο ανθεκτικά στην επίδραση αλκαλικών διαλυμάτων, προσβάλλονται όμως και αυτά, όπως και τα γυάλινα, από διάλυμα υδροφθορίου καθώς και από πυκνό και θερμό φωσφορικό οξύ.

## 3. Σκεύη από οξείδια μετάλλων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν συνήθως δοχεία ή χωνευτήρια, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή σε ειδικές περιπτώσεις αναλύσεων. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται τα οξείδια BeO, MgO, ZrO<sub>2</sub>, ή Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Τα χωνευτήρια από Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> έχουν ευρύτερη αναλυτική εφαρμογή λόγω της αντοχής τους στα διαλύματα οξέων καθώς και στα διαλύματα και τήγματα αλκαλίων.



Γυάλινη αποστακτική στήλη



χωνευτήρια πορσελάνης



Σήμερα χρησιμοποιείται ένα νέο είδος πλαστικού το **Πολυτετραφθοροαιθυλένιο** το οποίο παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σχετικά με τα άλλα δύο όπως:

- Θερμική αντοχή που φτάνει τους 300 °C.
- Είναι αδρανές στους οργανικούς διαλύτες.
- Είναι αδρανές στα ανόργανα αντιδραστήρια εκτός του φθορίου.
- Επιτρέπει πολύ μικρή διαφυγή των αερίων αφού είναι ελάχιστα πορώδες.

#### 4. Σκεύη από γραφίτη

Από γραφίτη κατασκευάζονται συνήθως δοχεία ή χωνευτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται σπάνια. Τα βασικά τους πλεονεκτήματα είναι δύο:

- ✓ Λόγω της αγωγιμότητας του γραφίτη μπορούν να θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες με τη χρήση επαγωγικών ρευμάτων.
- ✓ Ο γραφίτης δε διαβρέχεται από ορισμένα τήγματα, πράγμα που διευκολύνει την απόχυσή τους.

#### 5. Σκεύη από πολυμερή (πλαστικά)

Από πολυμερή (πλαστικά) κατασκευάζονται συνήθως σκεύη γενικής χρήσης (υδροβολείς, μπουκαλάκια κλπ.), όργανα μέτρησης όγκου (ογκομετρικές φιάλες, ογκομετρικοί κύλινδροι, σιφώνια κλπ.), καθώς και άλλα δοχεία φύλαξης υγρών ή στερεών ουσιών.

Βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα πλαστικά σκεύη είναι:

- Το χαμηλό κόστος αγοράς σε σχέση με τα άλλα σκεύη
- Η ελάχιστη ευθραυστότητα που παρουσιάζουν

Τα μειονεκτήματά τους είναι:

- Η περιορισμένη αντοχή τους στις υψηλές θερμοκρασίες (η οποία ποικίλλει ανάλογα με το είδος του πλαστικού)
- Η διαπερατότητά τους από διάφορα αέρια
- Η αλλοίωσή τους από ορισμένους οργανικούς διαλύτες

Τα σπουδαιότερα και πιο εύχρηστα στο εργαστήριο πλαστικά είναι:

**1. Πολυαιθυλένιο:** Είναι πολυμερές του αιθυλενίου (αιθενίου), το οποίο παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Αντέχει στα αλκάλια και στα οξέα εκτός του νιτρικού ( $\text{HNO}_3$ ) και του οξικού ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) οξέος.
- Προσβάλλεται από πολλούς οργανικούς διαλύτες.
- Η θερμική αντοχή του φτάνει τους 60 °C.
- Διαπερνάται από ορισμένα αέρια, όπως  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O(g)}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Br}_2$  κλπ.

**2. Πολυπροπυλένιο:** Είναι πολυμερές του προπυλενίου (προπενίου), το οποίο παρουσιάζει τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά με το πολυαιθυλένιο, εκτός της θερμικής αντοχής του που φτάνει τους 110 °C.



## 6. Σκεύη από μέταλλα ή κράματα

Η ανάγκη για την κατεργασία δειγμάτων σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες οδήγησε τους αναλυτές στη χρησιμοποίηση μεταλλικών χωνευτηρίων ή άλλων δοχείων. Τα μεταλλικά σκεύη, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται και ανάλογα με το προς ανάλυση δείγμα, μπορεί να κατασκευάζονται από αμιγή μέταλλα ή από κράματα μετάλλων. Τα κράματα συνήθως έχουν μικρότερη θερμική αντοχή από τα αμιγή μέταλλα, όμως πλεονεκτούν ως προς τη σκληρότητα και τη μηχανική αντοχή τους.

Ο χειρισμός των σκευών αυτών, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, απαιτεί πολύ μεγάλη προσοχή και γίνεται με ειδικές λαβίδες συγκεκριμένων προδιαγραφών.

Ιδιαίτερη επίσης προσοχή χρειάζεται και ο καθαρισμός τους, ο οποίος γίνεται σε στάδια και βεβαίως με διαλύματα που δεν προσβάλλουν το υλικό κατασκευής τους.

Ο παρακάτω πίνακας (2.2) δίνει μερικά παραδείγματα μετάλλων με τα αντίστοιχα σημεία τήξης τους.

Μέταλλο		Σημείο τήξης σε °C.
Άργυρος	(Ag)	962
Χρυσός	(Au)	1064
Νικέλιο	(Ni)	1453
Σίδηρος	(Fe)	1535
Λευκόχρυσος	(Pt)	1772
Ζιρκόνιο	(Zr)	1852
Ρόδιο	(Rh)	1966
Ιρίδιο	(Ir)	2410
Μολυβδαίνιο	(Mo)	2610
Ταντάλιο	(Ta)	2996
Ρήνιο	(Re)	3167
Βολφράμιο	(W)	3410

**Πίνακας 2.2.** Σημεία τήξης ορισμένων μετάλλων

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι ιδιότητες σκευών κατασκευασμένων από συγκεκριμένα μέταλλα.

### α. Σκεύη από λευκόχρυσο

Χρησιμοποιούνται στις εξατμίσεις όξινων ή αλκαλικών διαλυμάτων, στις πυρώσεις ή τεφροποιήσεις οργανικών υλικών, καύσιμων υλών, στις συντήξεις ανθρακικών, χλωριούχων, νιτρικών και όξινων θειούχων αλάτων. Αποφεύγεται η σύντηξη αλάτων των μετάλλων εκείνων, με τα οποία ο λευκόχρυσος σχηματίζει κράματα.

Σε υψηλές θερμοκρασίες, ο λευκόχρυσος καθίσταται διαπερατός από το υδρογόνο, το οποίο μπορεί να διευκολύνει αναγωγικές αντιδράσεις στο περιεχόμενο του δοχείου.

Αποφεύγεται, επίσης, η πύρωση περιεχομένων διηθητικών χαρτιών σε χωνευτήρια λευκόχρυσου, επειδή ο άνθρακας και το θείο του χαρτιού μπορούν να τον προσβάλλουν.

Παρουσία αέρα ο λευκόχρυσος προσβάλλεται από τα υδροξείδια, όπως και από τα οξειδία και υπεροξείδια των αλκαλίων, όταν θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες.

### **β. Σκεύη από χρυσό**

Ο χρυσός δεν προσβάλλεται από διαλύματα οξέων, ούτε από τα αλκάλια, παρά μόνο από το βασιλικό νερό. Προτιμάται από το λευκόχρυσο λόγω του χαμηλότερου κόστους.

### **γ. Σκεύη από άργυρο**

Ο άργυρος προτιμάται στις αλκαλικές συντήξεις, επειδή δεν προσβάλλεται από τα υδροξείδια των αλκαλίων. Επίσης, το κόστος του είναι αρκετά χαμηλό.

### **δ. Σκεύη από νικέλιο**

Χρησιμοποιούνται κι αυτά συνήθως στις συντήξεις με υπεροξείδιο του νατρίου ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ), επειδή δεν προσβάλλονται από τα αλκάλια. Είναι χωνευτήρια χαμηλού κόστους αλλά μικρής μηχανικής αντοχής, αφού δεν αντέχουν περισσότερο από 4-5 πυρώσεις.

### **ε. Σκεύη από ανοξείδωτο χάλυβα**

Χρησιμοποιούνται σε δείγματα οργανικών ουσιών, σε οξειδωτικές συντήξεις και γενικότερα σε δείγματα που δεν περιέχουν σίδηρο ή δεν επιβαρύνονται από σίδηρο.

Γενικά, οι χάλυβες είναι κράματα του λευκοσιδήρου με άνθρακα και άλλα στοιχεία, όπως χρώμιο, πυρίτιο, μαγγάνιο κλπ.

Η αντοχή του χάλυβα στη διάβρωση οφείλεται στο χρώμιο, το οποίο σχηματίζει λεπτό στρώμα από οξείδιο του χρωμίου στην επιφάνεια του κράματος.

### **στ. Σκεύη από ταντάλιο**

Η μηχανική αντοχή των χωνευτηρίων από ταντάλιο φτάνει μέχρι τους  $1100^\circ \text{C}$ . Δεν προσβάλλονται από τήγματα μετάλλων (π.χ. Li, Na, K, Mg κλπ.).

Οξειδώνονται όμως εύκολα από οξυγόνο, άζωτο, χλώριο, φθόριο, σε θερμοκρασίες πάνω από  $150^\circ \text{C}$ .

Πρώτος ο **Brearily** το 1913 διαπίστωσε ότι ο χάλυβας με χρώμιο σε περιεκτικότητα 13% w/w παρουσίαζε αντοχή στη διάβρωση της ατμόσφαιρας.

Προσβάλλονται από το υδροφθόριο και τα ψυχρά αλκαλικά διαλύματα.

### ζ. Σκεύη από μολυβδαίνιο

Το μολυβδαίνιο έχει μεγάλη θερμική και μηχανική αντοχή, γι' αυτό τα χωνευτήριά του μπορούν να θερμανθούν μέχρι  $2100^{\circ}\text{C}$ , σε αδρανή όμως ατμόσφαιρα. Αν η ατμόσφαιρα δεν είναι αδρανής, τότε το μολυβδαίνιο πάνω από τους  $400^{\circ}\text{C}$  μετατρέπεται σε οξειδίο το οποίο σιγά - σιγά εξαχνώνεται.

Προσβάλλεται από το νιτρικό οξύ, ενώ δεν προσβάλλεται από τα άλλα συνήθη οξέα.

### η. Σκεύη από ζirkόνιο

Τα χωνευτήρια από ζirkόνιο αντέχουν σε θερμοκρασίες μέχρι  $800^{\circ}\text{C}$ .

Προσβάλλονται από το υδροφθόριο, ενώ δεν προσβάλλονται από άλλα διαλύματα οξέων ή από τα αλκάλια, ή από ανθρακικά άλατα, υδροξείδια, υπεροξείδια κλπ.

Υλικό	Σημείο τήξης, $^{\circ}\text{C}$	Πυκνότητα ( $\text{g/cm}^3$ )	Σκληρότητα Mohs
Κεραμικά Οξειδία			
Αλουμίνη	2070	4,0	9
Βηρυλλία	2530	3,0	8
Ζirkονία	2700	5,9	8
Κεραμικά μη Οξειδία			
Καρβίδιο βορίου	2350	2,5	9
Καρβίδιο πυριτίου	2700	3,2	9
Αζίδιο πυριτίου	1900	3,4	9
Μέταλλα			
Αργίλιο	660	2,7	3
Χάλυβας, κοινός	1515	7,9	5

**Πίνακας 2.3** Ιδιότητες κεραμικών σε σχέση με τις αντίστοιχες των μετάλλων

## 2.3 Χημικά Αντιδραστήρια

### 2.3.α. Ορισμός - χαρακτηριστικά

Πολλές φορές οι χημικές αντιδράσεις απαιτούν τη χρήση καθορισμένων χημικών ουσιών, οι οποίες θεωρούνται απαραίτητες για την πραγματοποίησή τους. Οι χημικές αυτές ουσίες ονομάζονται χημικά αντιδραστήρια. Είναι όμως σαφές

Σε πολλά κράτη ακόμα χρησιμοποιούνται και τα **Καθαρισμένα ή πρακτικώς καθαρά αντιδραστήρια**.

ότι η απαιτούμενη ακρίβεια σε μια αναλυτική διαδικασία εξαρτάται απόλυτα από την καθαρότητα των χρησιμοποιούμενων αντιδραστηρίων. Η μεγάλη καθαρότητα των αντιδραστηρίων συντελεί στην αποφυγή πρόσθετων ανεπιθύμητων ουσιών (παρεμποδιστών) στην ανάλυση και επιτυγχάνει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Το υψηλό όμως κόστος των υπερκαθαρών αντιδραστηρίων αναγκάζει τον αναλυτή πολλές φορές να καταφεύγει στη χρήση συμβατικών χημικών αντιδραστηρίων. Συμβατικά αντιδραστήρια θεωρούνται τα αντιδραστήρια των οποίων η καθαρότητα δεν είναι η μεγαλύτερη δυνατή, όμως οι συγκεκριμένες προσμίξεις που περιέχουν δεν αποτελούν παρεμπόδιση στην ανάλυση.

Ο χαρακτηρισμός των χημικών αντιδραστηρίων θα πρέπει να γίνεται με βάση τα παρακάτω αναφερόμενα χαρακτηριστικά:

- **Η καθαρότητα (purity) μιας ουσίας.** Εκφράζει την εκατοστιαία (w/w) περιεκτικότητα μιας ουσίας (π.χ. NaOH 99,97 %).
- **Το υλικό αναφοράς (reference material).** Είναι η ουσία ή το υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της τιμής μιας ιδιότητας, για την αξιολόγηση της μεθόδου ή για τη βαθμονόμηση ενός οργάνου.
- **Το πιστοποιημένο υλικό αναφοράς (certified reference material).** Είναι το υλικό ή η ουσία που συνοδεύεται από πιστοποιητικό.

### 2.3.β. Κατηγορίες αντιδραστηρίων

Τα χημικά αντιδραστήρια που διατίθενται στο εμπόριο, ανάλογα με το βαθμό καθαρότητας αλλά και τη χρήση για την οποία προορίζονται, κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. **Εμπορικώς ή τεχνικώς καθαρά αντιδραστήρια. (comercial or technical grade).** Είναι συνήθως αντιδραστήρια που περιέχουν μεγάλες ποσότητες προσμίξεων. Τα αντιδραστήρια αυτά διατίθενται για βιομηχανικούς σκοπούς και η χρήση τους απαγορεύεται σε χημικές αναλύσεις. Χρησιμοποιούνται συνήθως στην παρασκευή απορρυπαντικών, ουσιών καθαρισμού, υγρών πλύσης κλπ.
2. **Καθαρισμένα ή πρακτικώς καθαρά αντιδραστήρια.** Περιέχουν μικρές ποσότητες προσμίξεων, αφού έχουν

υποστεί στοιχειώδη επεξεργασία. Είναι ακατάλληλα για χημικές αναλύσεις, χρησιμοποιούνται όμως στη σύνθεση άλλων ουσιών.

3. **Φαρμακευτικώς καθαρά (USP grade).** Μπορεί να περιέχουν προσμίξεις, οι οποίες είναι όμως αβλαβείς. Ανταποκρίνονται στην καθαρότητα που ορίζει ο φαρμακευτικός έλεγχος κάθε κράτους. Χρησιμοποιούνται στη σύνθεση άλλων ουσιών, είναι όμως ακατάλληλα για χημικές αναλύσεις. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, πρέπει να ελεγχθούν με υπερκαθαρά αντιδραστήρια.
4. **Χημικώς καθαρά αντιδραστήρια (chemically pure grade-CP grade).** Είναι μερικώς καθαρισμένα αντιδραστήρια, στα οποία όμως δεν αναφέρονται ούτε η καθαρότητά τους ούτε και τα όρια των προσμίξεων. Αν χρησιμοποιηθούν πρέπει να γίνει πρότερος έλεγχος για τις προσμίξεις ή για τυχόν ύπαρξη του προσδιοριζόμενου κατά την ανάλυση συστατικού.
5. **Αναλυτικώς καθαρά αντιδραστήρια (reagent grade).** Περιέχουν ίχνη προσμίξεων, τα οποία αναγράφονται στην ετικέτα του δοχείου μαζί με την καθαρότητά τους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χημικές αναλύσεις χωρίς προηγούμενη προεργασία. Στο εμπόριο κυκλοφορούν με την ένδειξη pro-analysis ή analytical reagent.
6. **Υπερκαθαρά (primary - standard grade).** Είναι αντιδραστήρια εξαιρετικά μεγάλης καθαρότητας με ποσοστό μεγαλύτερο του 99,95 % και ικανοποιούν όλες τις προδιαγραφές παρασκευής που καθορίζονται από κρατικούς και διεθνείς οργανισμούς. Η ετικέτα του δοχείου τους πρέπει να αναγράφει τα αποτελέσματα της ανάλυσής τους. Επειδή το κόστος τους είναι πολύ μεγάλο, χρησιμοποιούνται μόνο στην παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων (standard solutions). Στο εμπόριο διατίθενται με τον χαρακτηρισμό extra pure ή suprapur ή aristar.

### Πρότυπα αντιδραστήρια

Κάθε σύγχρονο αναλυτικό εργαστήριο πρέπει να διατηρεί ως αποθέματα ορισμένα αντιδραστήρια, των οποίων η χημική σύσταση καθώς και η συγκέντρωση είναι γνωστή και πιστοποιημένη. Τα αντιδραστήρια αυτά ονομάζονται πρότυ-

πα. Η καθαρότητα των αντιδραστηρίων αυτών ή κάποια φυσική ή χημική ιδιότητά τους είναι εγγυημένες και πιστοποιημένες με τη μέγιστη τεχνική δυνατότητα, γι' αυτό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βαθμονόμηση οργάνων, στη ρύθμιση, τη σύγκριση ή τον έλεγχο δειγμάτων κλπ. Η παρασκευή των πρότυπων αντιδραστηρίων επιτυγχάνεται με τις πρωτογενείς ή τις δευτερογενείς πρότυπες ουσίες.

### Πρωτογενής πρότυπη ουσία

Ονομάζεται κάθε ουσία μεγάλης καθαρότητας (η καθαρότητα να πλησιάζει το 100 %), από την οποία μπορούμε να παρασκευάσουμε απ' ευθείας ένα πρότυπο διάλυμα.

Οι πρωτογενείς πρότυπες ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στη βαθμονόμηση ενόργανων μεθόδων ή αναλυτικών οργάνων όσο και στις αναλύσεις.

Για παράδειγμα, αν θέλουμε να παρασκευάσουμε πρότυπο διάλυμα NaCl, συγκεκριμένης συγκέντρωσης, από πρωτογενές NaCl 99,99 %, ζυγίζουμε την απαιτούμενη ποσότητα πρωτογενούς NaCl, τη διαλύουμε σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη και συμπληρώνουμε την ογκομετρική φιάλη μέχρι τη χαραγή.

### Δευτερογενής πρότυπη ουσία

Δε χαρακτηρίζεται από υψηλή καθαρότητα, γι' αυτό και τα διαλύματά της απαιτούν τιτλοδότηση πριν από τη χρήση.

Ο χαρακτηρισμός των διαφόρων αντιδραστηρίων, ουσιών, υλικών, ακόμα και το νομικό πλαίσιο που καθορίζει τις τιμές και τις μεθόδους ελέγχου και πιστοποίησης ανήκει σε συγκεκριμένους οργανισμούς (Forum), κρατικούς ή διεθνείς.

Για την Ελλάδα αρμόδιος οργανισμός είναι ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛ.Ο.Τ).

Παρακάτω δίνεται πίνακας με τους κυριότερους διεθνείς αντίστοιχους οργανισμούς.

1.	International Atomic Energy Agency (IAEA) Analytical Quality Control Services Laboratory Seibersdorf	Austria
2.	Community Bureau of Reference (BCR) Directorate General XII, GEE, Commission of the European Communities	Belgium
3.	Central Bureau of Nuclear Measurements, Commission of the European Communities (CBNM), Geel Establishment	France
4.	World Health Organization, Collaborating Center for Chemical Reference Substances	Sweden

**Πίνακας 2.4.** Διεθνείς Οργανισμοί ελέγχου και τυποποίησης

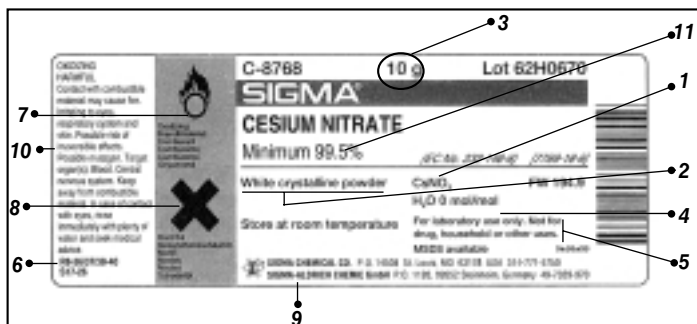
Στην Ευρωπαϊκή Ένωση λειτουργεί από το 1990 η μεγαλύτερη βάση δεδομένων (COMAR), με 4.300 πρότυπες ουσίες, διεθνώς αποδεκτές, από τις πενήντα καλύτερες βιομηχανίες παρασκευής χημικών προϊόντων.

### **2.3.γ. Χειρισμός - ασφάλεια αντιδραστηρίων**

Όπως έχει επανειλημμένα τονιστεί, όλα σχεδόν τα χημικά αντιδραστήρια είναι επικίνδυνα, άλλα λιγότερο και άλλα περισσότερο. Για το λόγο αυτό, ο σωστός και ασφαλής χειρισμός τους είναι αναγκαίος. Η επιτυχία στο σωστό και ασφαλή χειρισμό τους, όμως, εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από τις πληροφορίες που έχουμε σχετικά με το κάθε ένα, καθώς και από τη σοβαρότητα με την οποία τα αντιμετωπίζουμε. Τις ουσιώδεις και βασικές πληροφορίες αντλούμε από την ετικέτα συσκευασίας του δοχείου. Η ετικέτα αυτή θα πρέπει να περιέχει:

- ▶ Πληροφορίες για το είδος του περιεχομένου (όνομα - χημικός τύπος), βλ. 1.
- ▶ Πληροφορίες για τις ιδιότητες του περιεχομένου (χρώμα, φυσική κατάσταση, σημείο βρασμού, σημείο τήξης, πυκνότητα κλπ.), βλ. 2.
- ▶ Καθαρότητα του περιεχομένου, βλ. 11.
- ▶ Ποσότητα του περιεχομένου της συσκευασίας, βλ. 3.
- ▶ Ποσότητα και ποιότητα προσμίξεων, βλ. 4.
- ▶ Προτεινόμενη χρήση, βλ. 5.
- ▶ Χαρακτηρισμό επικινδυνότητας και ασφάλειας (Risk - Safety), βλ. 6.
- ▶ Σύμβολα, διεθνώς αποδεκτά, για την επικινδυνότητα του περιεχομένου, βλ. 7, 8.
- ▶ Τίτλο ή επωνυμία της εταιρείας παραγωγής καθώς και στοιχεία επικοινωνίας ( διεύθυνση, τηλέφωνο, fax, πόλη και χώρα παραγωγής), βλ. 9.
- ▶ Δευτερεύουσες οδηγίες που πρέπει να αναφερθούν και αφορούν το περιεχόμενο, βλ. 10.





Εικόνα 2.3. παράδειγμα ετικέτας συσκευασίας νιτρικού κεσίου

### Θυμήσου:

- Ποτέ δεν αφήνουμε ανοιχτό το δοχείο ενός αντιδραστηρίου μέχρι να τελειώσει η ανάλυση.
- Αμέσως μετά από κάθε χρήση, πωματίζουμε το κάθε δοχείο, ώστε να μην ανακατευτούν τα πώματα διαφορετικών δοχείων.
- Ο πάγκος εργασίας πρέπει να περιέχει μόνο το αντιδραστήριο που χρησιμοποιούμε εκείνη τη στιγμή.

Ο αναλυτής, πριν από τη χρησιμοποίηση κάθε χημικού αντιδραστηρίου, πρέπει να εξετάζει σχολαστικά την ετικέτα. Η λανθασμένη χρησιμοποίηση μιας ουσίας μπορεί να προκαλέσει:

- τραυματισμό του αναλυτή.
- σοβαρά ακόμα και ανεπανόρθωτα λάθη στην ανάλυση.
- καθυστέρηση στον προβλεπόμενο χρόνο της ανάλυσης.
- αύξηση του κόστους της ανάλυσης.

### 2.3.δ. Φύλαξη και διατήρηση των αντιδραστηρίων

Η φύλαξη και η διατήρηση των αντιδραστηρίων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, τους οποίους θα πρέπει να έχει υπόψη του τόσο ο υπεύθυνος του εργαστηρίου όσο και ο κάθε αναλυτής. Οι κυριότεροι είναι:

- Η φυσική κατάσταση του αντιδραστηρίου
- Το βάρος της συσκευασίας
- Η ευαισθησία στο φως
- Η ευφλεκτότητα
- Η πτητικότητα
- Η θερμική αντοχή
- Η επικινδυνότητα κλπ.

Τα στερεά αντιδραστήρια τοποθετούνται σε συρτάρια ή ερμάρια. Αν η συσκευασία ή το βάρος τους είναι μεγάλο, τοποθετούνται στα χαμηλά (κάτω) ερμάρια ή ντουλάπια.

Τα τοξικά, διαβρωτικά και γενικά επικίνδυνα υγρά τοποθετούνται σε χαμηλά ερμάρια ή ντουλάπια κι αν είναι δυνατόν μέσα σε ξύλινα δοχεία άμμου.

Πολλά αντιδραστήρια απαιτούν μικρές θερμοκρασίες για

τη διατήρησή τους (π.χ. ακεταλδεΰδη). Η διατήρηση αυτών των αντιδραστηρίων γίνεται σε ψυγείο ή σε καταψύκτη, ανάλογα με τη θερμοκρασία διατήρησης, η οποία αναγράφεται στην ετικέτα του δοχείου συσκευασίας.

Τα φωτοευαίσθητα αντιδραστήρια διατηρούνται σε σκοτεινά ντουλάπια, για την αποφυγή αλλοιώσεων από το φως.

Τα πτητικά και εύφλεκτα αντιδραστήρια φυλάσσονται μακριά από εστίες φωτιάς.

Τέλος, θα πρέπει εδώ να τονιστεί ότι, αμέσως μετά τη χρήση, κάθε δοχείο συσκευασίας του αντιδραστηρίου κλείνεται καλά και τοποθετείται στην αρχική του θέση.



Εικόνα 2.4.

## 2.4 Βασικά όργανα και σκεύη

Τα βασικά όργανα και σκεύη ενός σύγχρονου αναλυτικού εργαστηρίου ταξινομούνται και αναλύονται στις παρακάτω κατηγορίες.

### 2.4.α. Όργανα μέτρησης όγκου

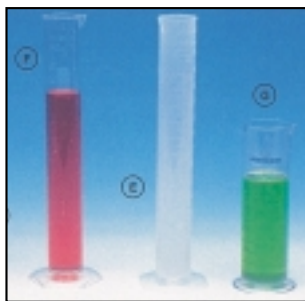
Τα όργανα που περιγράφονται παρακάτω χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μέτρηση του όγκου ενός υγρού.

#### 1. Ογκομετρικές φιάλες

Είναι συνήθως γυάλινες ή πλαστικές βαθμονομημένες φιάλες με χωρητικότητα που κυμαίνεται από 1 mL έως 5 L. Η βαθμονόμησή τους γίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία η οποία πρέπει να αναγράφεται στη φιάλη. Το πώμα τους μπορεί να είναι εσφυρισμένο ή πλαστικό ή από λάστιχο. Ανάλογα με τη



ογκομετρική φιάλη



ογκομετρικοί κύλινδροι



πλαστικές πιπέτες



ποτήρια ζέσης

βαθμονόμησή τους διακρίνονται σε:

- Φιάλες TC (To Contain), οι οποίες είναι ακριβείς και ειδικά βαθμονομημένες για να περιέχουν το συγκεκριμένο όγκο του υγρού.
- Φιάλες TD (To Deliver), οι οποίες είναι βαθμονομημένες για να μεταφέρουν το συγκεκριμένο όγκο και είναι μικρότερης ακρίβειας από τις φιάλες TC.

Οι ογκομετρικές φιάλες φέρουν την ένδειξη του συνολικού όγκου μόνο και όχι υποδιαίρεσεις του. Όπως σε όλα τα γυάλινα όργανα, η ανάγνωση του όγκου γίνεται από το κάτω μέρος της επιφάνειας του μηνίσκου.

### 2. Ογκομετρικοί κύλινδροι

Είναι γυάλινοι ή πλαστικοί κύλινδροι με ή χωρίς πώμα, το οποίο μπορεί να είναι εσφυρισμένο ή πλαστικό. Φέρουν υποδιαίρεσεις του συνολικού τους όγκου, ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται από 5mL έως 1 L. Έτσι κάθε κύλινδρος έχει τη δυνατότητα για μετρήσεις διαφόρων όγκων, μικρότερων του συνολικού του. Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ακρίβεια μέτρησης είναι μεγάλη στους μικρούς σωλήνες και μπορεί να φτάσει έως τα 0,1 mL. Όσο το μέγεθος του σωλήνα μεγαλώνει (άρα και ο συνολικός όγκος που μπορεί να μετρηθεί), τόσο μειώνεται η ακρίβεια του μετρούμενου όγκου. Σωλήνες, για παράδειγμα, συνολικού όγκου 1L έχουν ακρίβεια περίπου 10 mL.

### 3. Σταγονόμετρα (ή πιπέτες)

Είναι κι αυτά γυάλινα ή πλαστικά σωληνάκια, τα οποία στο ένα άκρο φέρουν ενσωματωμένη ή πρόσθετη φούσκα για αναρρόφηση και στο άλλο τριχοειδή απόληξη για να εξασφαλίζει τη ροή κατά σταγόνες (στάγδην). Η χρήση τους είναι απλή. Πιέζουμε τη φούσκα και βυθίζουμε το τριχοειδές άκρο στο υγρό από το οποίο θέλουμε να πάρουμε μικρή ποσότητα. Αφήνουμε τη φούσκα αργά να επανέλθει, γεμίζοντας το σταγονόμετρο. Τοποθετούμε το σταγονόμετρο στο τοίχωμα του δοχείου, στο οποίο θέλουμε να αδειάσει το περιεχόμενο και πιέζουμε ξανά τη φούσκα. Τα σταγονόμετρα χρησιμοποιούνται συνήθως σε ημι-μικρο-ανάλυσεις.

### 4. Ποτήρια

Είναι γυάλινα ή πλαστικά διαφόρων μεγεθών, συνήθως από 5mL έως 1L. Η ακρίβεια του μετρούμενου όγκου είναι μικρή, λόγω της μεγάλης ελεύθερης επιφάνειας του υγρού σε σχέση με το συνολικό του όγκο. Στο χείλος τους φέρουν στό-

μιο το οποίο παρουσιάζει αρκετές ευκολίες χρήσης, όπως:

- ✓ Διευκολύνει την απόχυση του υγρού σε άλλο δοχείο.
- ✓ Εξασφαλίζει σταθερή θέση για τη ράβδο ανάδευσης.
- ✓ Διευκολύνει τη διαφυγή αερίων όταν το χείλος του ποτηριού καλύπτεται από γυαλί ρολογιού.

Γενικά όμως τα ποτήρια χρησιμοποιούνται περισσότερο για μεταφορά ενός υγρού από ένα δοχείο σε άλλο, ενώ για τη μέτρηση όγκου χρησιμοποιούνται οι άλλες κατηγορίες σκευών.

### 5. Κωνικές και σφαιρικές φιάλες

Είναι κι αυτές γυάλινες φιάλες, με χωρητικότητα που κυμαίνεται από 25 mL έως 1L. Χρησιμοποιούνται σε ογκομετρήσεις, αποσυνθέσεις ή εξατμίσεις διαφόρων διαλυμάτων.

### 6. Προχοΐδες

Είναι επιμήκεις γυάλινοι σωλήνες σταθερής διαμέτρου (συνήθως 1 mL), με ακριβή και λεπτομερή βαθμονόμηση, που καταλήγουν σε τριχοειδή απόληξη. Χρησιμοποιούνται στην τιτλοδότηση διαλυμάτων με τη μέθοδο της ογκομέτρησης. Ο μετρούμενος όγκος είναι ακριβής και εξασφαλίζεται με ροή του υγρού από την προχοΐδα σε άλλο δοχείο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι προχοΐδων ανάλογα με τη χωρητικότητα και την ακρίβειά τους.

A/a	Τύπος	Χωρητικότητα σε mL	Ακρίβεια σε mL
1	Μακροπροχοΐδες	5 έως 100	0,01 έως 0,1
2	Μικροπροχοΐδες	2 mL	0,02 περίπου
3	Υπερμικροπροχοΐδες	0,1 mL	0,05 περίπου
4	Υπερμικρομετρικές	Ο όγκος του υγρού ρυθμίζεται μέσω ειδικού εξωτερικού εμβόλου	

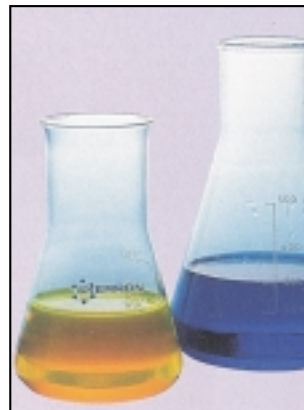
**Πίνακας 2.5.** κατηγορίες προχοΐδων

Στις κοινές προχοΐδες ο έλεγχος της ροής εξασφαλίζεται από μία στρόφιγγα που βρίσκεται κοντά στην τριχοειδή απόληξη.

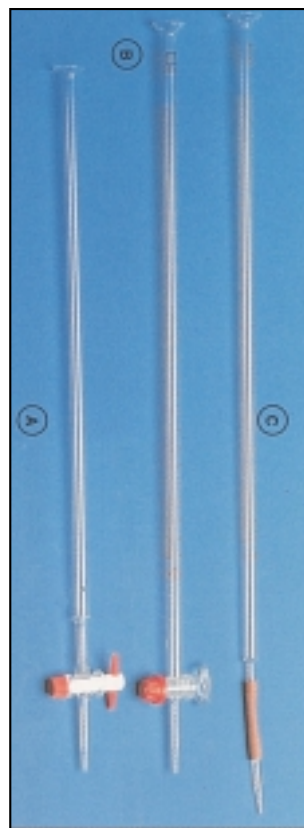
Παρ' όλο που ο χειρισμός της προχοΐδας είναι απλός, όμως εγκυμονεί κινδύνους τόσο στο χειρισμό της στρόφιγγας, όσο και στον τρόπο ανάγνωσης της τιμής του όγκου.

Για να αποφύγουμε τυχόν λάθη στο χειρισμό της προχοΐδας θα πρέπει:

- Η προχοΐδα να είναι πολύ καθαρή και να ξεπλένεται 2-3 φορές με το διάλυμα που πρόκειται να μετρηθεί, πριν από



κωνικές φιάλες



προχοΐδες



σιφώνια σε στατώ



σιφώνι με αυτόματη χειρολαβή



γυάλινη σύριγγα

την κανονική χρήση.

- Η στρόφιγγα πρέπει να λιπαίνεται πριν από κάθε χρήση, για να είναι ευκίνητη και να μην υπάρχει διαρροή.
- Να φροντίζουμε ώστε να μην υπάρχουν φυσαλίδες αέρα στο χώρο μεταξύ του ακροφυσίου και της στρόφιγγας, διότι ο όγκος του μεταφερόμενου υγρού δε θα είναι ακριβής.

### 7. Σιφώνια

Είναι συνήθως γυάλινοι ή πλαστικοί σωλήνες, μικρής σχε-  
τικά διατομής, άλλοτε σταθερής και άλλοτε όχι. Είναι βαθμο-  
νομημένα και φέρουν ένδειξη συνολικού όγκου (αν είναι  
μικρής χωρητικότητας), ή σταδιακές υποδιαιρέσεις του  
συνολικού όγκου (αν είναι μεγάλης χωρητικότητας).

Ανάλογα με τη χρήση ή το μέγεθός τους διακρίνονται σε:

**α. Σιφώνια μεταφοράς ή πλήρωσης.** Περιέχουν ένδειξη μόνο  
του συνολικού όγκου, είναι μεγάλης ακρίβειας και είναι  
βαθμονομημένα έτσι ώστε η τελευταία σταγόνα να παρα-  
μένει στο σιφώνι.

**β. Σιφώνια μέτρησης σταδιακής ένδειξης ή τύπου Mohr.**  
Είναι σταθερής διατομής σε όλο το μήκος τους εκτός των  
άκρων και περιέχουν υποδιαιρέσεις του συνολικού τους  
όγκου (εκτός του ακροφυσίου). Όταν τελειώσει η εκροή  
του υγρού, παραμένει στο ακροφύσιο μια μικρή ποσότη-  
τα, η οποία δεν πρέπει να εμψυσάται για να πέσει.

**γ. Σιφώνια ορολογικά.** Είναι σταθερής συνήθως διατομής και  
βαθμονομημένα με υποδιαιρέσεις του συνολικού όγκου  
ακόμα και στο ακροφύσιο, γι' αυτό θα πρέπει να αδειάζει  
και η τελευταία σταγόνα του περιεχόμενου υγρού.

**δ. Σιφώνια με έμβολο.** Χρησιμοποιούνται για μετρήσεις πολύ  
μικρών ποσοτήτων και διακρίνονται σε:

**i. Σύριγγες.** Υπάρχουν οι πλαστικές ή φαρμακευτικές και οι  
γυάλινες με μεταλλικό έμβολο. Οι γυάλινες χρησιμοποιούνται  
σε μετρήσεις πολύ μικρών ποσοτήτων, αφού η δυνατότητά  
τους κυμαίνεται από 0,01μL έως 100μL (1μL = 1/1000 mL).

**ii. Μικροπιπέτες.** Έχουν δυνατότητα μέτρησης από 1μL  
έως 1000μL. Μπορεί να είναι σταθερού ή μεταβλητού όγκου  
και η χρήση τους γίνεται με τη βοήθεια εμβόλου.

Όπως έχει τονιστεί, το γέμισμα ή το άδειασμα ενός σιφω-  
νιού, γίνεται με τη βοήθεια φούσκας (πουάφ) ή αντλίας.

Το γέμισμα γίνεται με το ακροφύσιο του σιφωνιού, πλή-  
ρως εμβαπτισμένο στο διάλυμα από το οποίο θέλουμε να  
αντλήσουμε.

Το άδειασμα γίνεται με το ακροφύσιο να ακουμπάει στο



πλαϊνό τοίχωμα του δοχείου, για την αποφυγή εκτινάξεων σταγονιδίων.

Τα πουάρ που χρησιμοποιούμε συνήθως είναι τριών βαλβίδων. Η πάνω χρησιμοποιείται για τη συμπίεση της φούσκας, η κάτω για το γέμισμα και η μεσαία για το άδειασμα του υγρού.

## 1<sup>η</sup> Εργαστηριακή άσκηση Μέτρηση του όγκου ενός υγρού

### Στόχοι :

Στο τέλος αυτής της εργαστηριακής άσκησης θα πρέπει να μπορείς

- να χειρίζεσαι τα όργανα μέτρησης όγκου.
- να μετράς τον όγκο ενός υγρού επιλέγοντας το κατάλληλο σκεύος ή όργανο ανάλογα με την ποσότητα και την ακρίβεια που απαιτείται.

### Πείραμα 1.1

#### Μέτρηση 75 mL νερού σε ογκομετρικό κύλινδρο

#### Πρόβλημα:

Για την παρασκευή ενός υδατικού διαλύματος NaCl ορισμένης περιεκτικότητας απαιτούνται 75 mL νερού. Με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου, να μετρήσετε τον όγκο του νερού και να τον μεταφέρετε σε κωνική φιάλη των 250 mL.

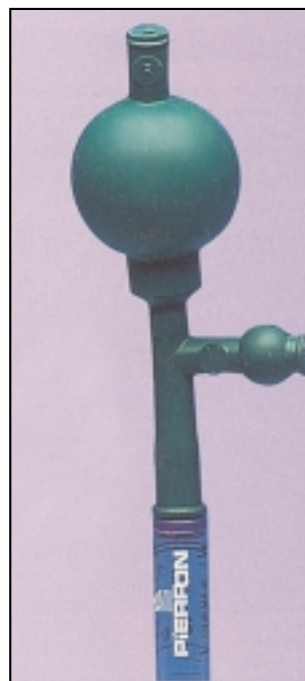
#### Σκεφτόμαστε - αποφασίζουμε:

- ▶ Ο όγκος που θέλουμε να μετρήσουμε είναι 75 mL, άρα ο ογκομετρικός κύλινδρος που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να έχει χωρητικότητα λίγο μεγαλύτερη, δηλαδή 100 mL.
- ▶ Για να προσθέσουμε νερό θα χρειαστούμε τη βοήθεια ενός υδροβολέα.
- ▶ Για την ασφαλή μεταφορά του νερού από τον κύλινδρο στην κωνική φιάλη θα χρειαστεί και ένα χωνί. Άρα:

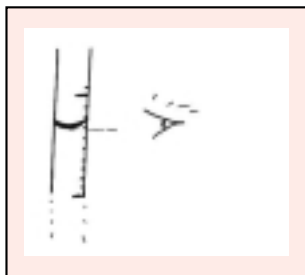
A/a	Απαιτούμενα όργανα	Απαιτούμενα αντιδραστήρια
1.	Ογκ.κύλινδρος 100mL	Απιονισμένο νερό
2.	Κωνική φιάλη 250 mL	
3.	Υδροβολέας	
4.	Χωνί	



πουάρ απλής βαλβίδας



πουάρ τριών βαλβίδων



### Πειραματική πορεία:

- Τοποθετούμε το χωνί στο στόμιο της κωνικής φιάλης, ώστε να μπορούμε να μεταγγίσουμε με ασφάλεια τον όγκο του νερού που θα μετρήσουμε.
- Τοποθετούμε τον ογκομετρικό κύλινδρο σε λείο οριζόντιο επίπεδο.
- Προσθέτουμε νερό με τη βοήθεια υδροβολέα, μέχρι την ένδειξη 75 mL.
- Παίρνουμε με προσοχή τον ογκομετρικό κύλινδρο και τον αδειάζουμε προσεκτικά στο χωνί.



### Προσέχουμε.....

- ✓ Το ακροφύσιο του υδροβολέα πρέπει να ακουμπάει στο τοίχωμα του κυλίνδρου, ώστε να μην εκτινάσσονται σταγονίδια νερού.
- ✓ Η ανάγνωση του όγκου του νερού στον κύλινδρο πρέπει να γίνεται από οριζόντια θέση και τα μάτια πρέπει να είναι περίπου στο ίδιο ύψος με τη στάθμη του υγρού.

## Πείραμα 1.2

Μέτρηση 4,5 mL διαλύματος HCl 0.1 M με σιφώνι

### Πρόβλημα:

Να μετρηθεί, με τη βοήθεια σιφωνιού, όγκος 4,5 mL διαλύματος HCl και να τοποθετηθεί σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL.

### Σκεφτόμαστε - αποφασίζουμε:

- Η μέτρηση των 4,5 mL θα πρέπει να γίνει σε σιφώνι των 5 mL ή των 10 mL, που διαθέτουν και υποδιαίρέσεις όγκου, για να μπορεί να μετρηθεί η ακρίβεια του μισού (0,5) mL.
  - Για την αναρρόφηση με το σιφώνι χρειαζόμαστε πουάρ.
- Άρα:

A/a	Απαιτούμενα όργανα	Απαιτούμενα αντιδραστήρια
1.	Σιφώνι των 5 ή 10 mL	HCl 0,1 M
2.	Πουάρ σιφωνιού	
3.	Ποτήρι ζέσεως 100 mL	



**Πειραματική πορεία:**

- Τοποθετούμε το πουάρ στο σιφώνι.
- Πιέζουμε με το ένα χέρι την πάνω βαλβίδα του πουάρ και με το άλλο πιέζουμε το πουάρ, ώστε να αδειάσει ολόκληρη η φούσκα του.
- Τοποθετούμε το ελεύθερο ακροφύσιο του σιφωνιού μέσα στο διάλυμα του  $\text{HCl}$ , ώστε να πλησιάζει τον πυθμένα.
- Πιέζουμε την κάτω βαλβίδα του πουάρ, ώστε να αρχίσει η αναρρόφηση του διαλύματος.
- Όταν η ένδειξη του κάτω μέρους του μηνίσκου δείξει 4,5 mL, αφήνουμε τη βαλβίδα ώστε να σταματήσει η αναρρόφηση.
- Τοποθετούμε το σιφώνι στο ποτήρι έτσι ώστε το ακροφύσιο του σιφωνιού να ακουμπάει στο πλευρικό τοίχωμα του ποτηριού.
- Πιέζουμε τη μεσαία βαλβίδα του πουάρ, μέχρι να αδειάσει όλη η ποσότητα του υγρού.

**Προσέχουμε.....**

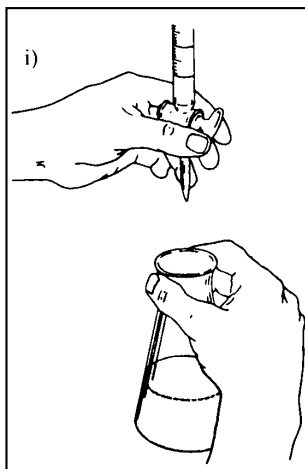
- ✓ Η φιάλη φύλαξης του διαλύματος  $\text{HCl}$  και το ποτήρι πρέπει να είναι κοντά, ώστε να μη στάζει το περιεχόμενο του σιφωνιού.
- ✓ Αμέσως μετά το τέλος της μέτρησης και μεταφοράς του διαλύματος, αφαιρείται το πουάρ και πλένεται το σιφώνι πολλές φορές πρώτα στη βρύση και μετά με αποιονισμένο ή αποσταγμένο νερό (με τη βοήθεια του υδροβολέα).
- ✓ Τέλος, αφήνεται για να στεγνώσει σε ειδικό στήριγμα.

**Πείραμα 1.3**

**Μέτρηση 35 mL διαλύματος  $\text{HNO}_3$  0.2 M με προχοΐδα**

**Πρόβλημα:**

Για την εξουδετέρωση ενός διαλύματος  $\text{NaOH}$ , βρέθηκε ότι απαιτούνται 35 mL διαλύματος νιτρικού οξέος ( $\text{HNO}_3$ ) 0,2 M. Με τη βοήθεια της προχοΐδας να μετρήσετε τον απαιτούμενο όγκο του διαλύματος οξέος και να τον μεταφέρετε σε ποτήρι ζέσεως των 100 mL.



τρόπος χειρισμού προχοΐδας

### Σκεφτόμαστε - αποφασίζουμε:

- Ο όγκος του διαλύματος που θέλουμε να μετρήσουμε είναι 35 mL. Το σιφώνι των 50 mL δεν ενδείκνυται (συνήθως δεν υπάρχουν τέτοια σιφώνια), ο ογκομετρικός κύλινδρος δεν έχει την ακρίβεια της προχοΐδας και οι ογκομετρικές φιάλες ή τα ποτήρια δεν έχουν υποδιαίρεσεις του όγκου. Άρα, η προχοΐδα των 50 mL είναι ιδανική για τη μέτρηση του όγκου αυτού. Για τη μεταφορά του διαλύματος από το δοχείο στην προχοΐδα θα χρειαστούμε και ένα χωνί. Άρα :

A/a	Απαιτούμενα όργανα	Απαιτούμενα αντιδραστήρια
1.	Ορθοστάτης σε βάση	Διάλυμα $\text{HNO}_3$ 0,2 M
2.	Μεταλλική λαβίδα	
3.	Προχοΐδα	
4.	2 ποτήρια ζέσεως των 100 mL	
5.	Χωνί	

### Πειραματική πορεία:

- Τοποθετούμε την προχοΐδα στον ορθοστάτη.
- Κλείνουμε τη στρόφιγγα.
- Τοποθετούμε το χωνί στο πάνω μέρος της προχοΐδας.
- Προσθέτουμε σιγά-σιγά το διάλυμα του οξέος ώστε να υπερβεί την ένδειξη μηδέν (0).
- Τοποθετούμε το ποτήρι κάτω από την προχοΐδα.
- Ανοίγουμε σιγά-σιγά τη στρόφιγγα της προχοΐδας, μέχρι η ένδειξη του μηνίσκου του υγρού να φτάσει το μηδέν.
- Κλείνουμε τη στρόφιγγα.
- Τοποθετούμε ένα δεύτερο καθαρό ποτήρι, κάτω από την προχοΐδα.
- Ανοίγουμε τη στρόφιγγα μέχρι η ένδειξη του μηνίσκου του υγρού να γίνει 35, οπότε κλείνουμε τη στρόφιγγα.
- Το περιεχόμενο του δεύτερου ποτηριού είναι ο ζητούμενος όγκος.



Προσέχουμε.....

- ✓ Τη στρόφιγγα της προχοΐδας τη χειριζόμαστε με το αριστερό χέρι και όπως αναφέρεται στην περιγραφή της προχοΐδας (& 2.6.β.).
- ✓ Η ανάγνωση του όγκου γίνεται από το κάτω μέρος του μηνίσκου του υγρού και με τα μάτια στο ίδιο ύψος με τη στάθμη του.
- ✓ Μετά το τέλος της άσκησης, τοποθετούμε άδειο μεγάλο ποτήρι κάτω από την προχοΐδα και πλένουμε με άφθονο νερό (με τη βοήθεια υδροβολέα).

## 2.4.β. Όργανα μέτρησης μάζας

### Ζυγοί

Η μέτρηση της μάζας ενός δείγματος ή μιας χημικής ουσίας (που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε μια ανάλυση) αποτελεί έναν από τους κυριότερους συντελεστές για την αξιοπιστία του αποτελέσματος της ανάλυσης. Η τεχνολογική εξέλιξη βοήθησε σε μεγάλο βαθμό την παράμετρο της ζύγισης, κατασκευάζοντας συνεχώς νέους ζυγούς, κάθε φορά μεγαλύτερης ευαισθησίας και αξιοπιστίας. Τέλος, η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών συστημάτων μπήκε και στους ζυγούς. Κατασκευάστηκαν έτσι ηλεκτρονικοί ζυγοί μεγάλης ακρίβειας. Στο εργαστήριο υπάρχουν δύο βασικοί τύποι ζυγών.

- **Οι βοηθητικοί ζυγοί (Auxiliary balances).**
- **Οι αναλυτικοί ζυγοί (Laboratory balances).**

Οι βοηθητικοί ζυγοί χρησιμοποιούνται για γρήγορες ζυγίσεις, οι οποίες δε χρειάζονται μεγάλη ακρίβεια, ή σε περιπτώσεις ζύγισης μεγάλων ποσοτήτων. Είναι γνωστό ότι η ακρίβεια ζύγισης στους ζυγούς είναι μεγαλύτερη, όσο μικρότερη είναι η ικανότητα (ποσότητα) ζύγισης.

Οι αναλυτικοί ζυγοί, ανάλογα με την ακρίβειά τους, διακρίνονται σε:

- i. **Μακροζυγοί.** Έχουν μέγιστη ικανότητα ζύγισης 200 g και ακρίβεια 0,1 g.
- ii. **Ημιμικροζυγοί.** Έχουν μέγιστη ικανότητα ζύγισης 30 g και ακρίβεια 0,01 g.
- iii. **Μικροζυγοί ή Φαρμακευτικοί.** Έχουν ικανότητα ζύγισης 20 g και ακρίβεια 0,001 g.



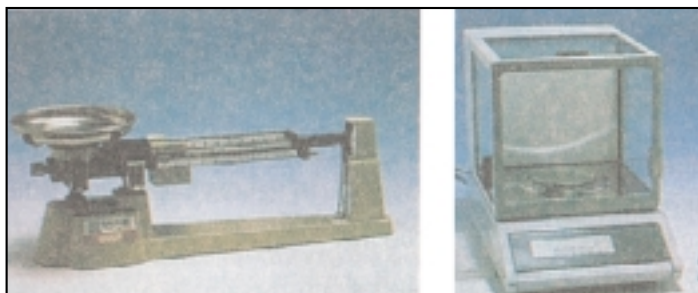
Δυναμόμετρο

**iv. Υπερμικροζυγοί ή Αναλυτικοί.** Έχουν ικανότητα ζύγισης 5 g και ακρίβεια 0,0001 g.



**Εικόνα 2.5** Παραδείγματα ηλεκτρονικών ζυγών

Σε εξαιρετικές όμως περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ζυγοί μεγαλύτερης ακρίβειας και ευαισθησίας.



**Εικόνα 2.6** Ζυγός με βερνιέρο

Αναλυτικοί υπερμικροζυγοί

### Σφάλματα που παρατηρούνται κατά τη ζύγιση

Η μεγάλη ευαισθησία ενός αναλυτικού ζυγού απαιτεί μεγάλη προσοχή στο χειρισμό του και αποφυγή των σφαλμάτων κατά τη διάρκεια της ζύγισης:

- Ο ζυγός πρέπει να είναι σωστά τοποθετημένος σε απόλυτα οριζόντια και σταθερή θέση (απόλυτη ισορροπία).
- Αν το σώμα που θέλουμε να ζυγίσουμε δεν είναι στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τότε η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ σώματος και αέρα δημιουργεί ρεύματα που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της ζύγισης.
- Αν οι πλευρικές πόρτες του ζυγού είναι ανοιχτές κατά τη ζύγιση, τα ρεύματα αέρα επηρεάζουν το δίσκο και η ζύγιση δεν είναι ακριβής.
- Η αδικαιολόγητα αργή ζύγιση δημιουργεί πρόβλημα. Ενδέχεται να απορροφηθεί υγρασία του περιβάλλοντος από το δείγμα, ιδιαίτερα αν αυτό είναι πολύ υγροσκοπικό.
- Η μεταφορά του δοχείου προς το ζυγό δεν πρέπει να γίνεται με ακάλυπτα χέρια, διότι μέρος του λίπους των χεριών

παραμένει στο δοχείο και ζυγίζεται και αυτό.

- ▶ Οι ηλεκτρονικοί ζυγοί επηρεάζονται πολύ από μαγνητικά ή ηλεκτρομαγνητικά υλικά, καθώς και από τις μεταβολές της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος.
- ▶ Τέλος, όλοι οι αναλυτικοί ζυγοί πρέπει να βαθμονομούνται τακτικά, διότι είναι πολύ ευαίσθητοι και απορρυθμίζονται πολύ εύκολα.

## 2.4.γ. Βοηθητικά όργανα ζύγισης

### 1. Γυαλιά ρολογιού

Είναι γυάλινα, στρογγυλά σκεύη (στο σχήμα του γυαλιού ενός στρογγυλού ρολογιού), με ελαφρά κοίλη επιφάνεια, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στη ζύγιση μικρών ποσοτήτων στερεών ουσιών. Χρησιμοποιούνται όμως και για την κάλυψη της ελεύθερης επιφάνειας ποτηριών, φιαλών ή άλλων μικρών σκευών.

### 2. Φιαλίδια ζύγισης

Τα φιαλίδια ζύγισης χρησιμοποιούνται για τη ζύγιση στερεών υγροσκοπικών ουσιών, γι' αυτό και είναι εφοδιασμένα με εσφυρισμένο πώμα. Το εσφυρίσμα όμως στα φιαλίδια ζύγισης πρέπει να είναι εξωτερικό, και όχι όπως στα άλλα συνήθη εσφυρισμένα σκεύη, ώστε να μη συγκρατείται ποσότητα της ουσίας κατά το άδειασμα.

### 3. Σκαφίδια ζύγισης

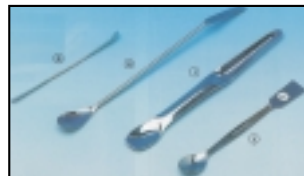
Είναι μεταλλικά συνήθως σκαφίδια, τα οποία χρησιμοποιούνται σε γρήγορες ζυγίσεις και μεταγγίσεις στερεών ουσιών, οι οποίες δεν επηρεάζονται από την υγρασία ή τον αέρα.

### 3. Σπάτουλες

Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μικρών ποσοτήτων στερεών ουσιών από τα δοχεία φύλαξης στα σκεύη ζύγισης. Μπορεί να είναι μεταλλικές (χαλύβδινες), τα άκρα των οποίων είναι καλυμμένα με αδρανές πλαστικό, ή από πορσελάνη. Τελευταία χρησιμοποιούνται και σπάτουλες από Teflon ή από πλαστικό.



γυαλιά ρολογιού



μεταλλικές σπάτουλες

## 2η Εργαστηριακή άσκηση

### Μέτρηση μάζας υγρού ή στερεού

#### Στόχοι:

Στο τέλος αυτής της εργαστηριακής άσκησης θα πρέπει να μπορείς

- να χειρίζεσαι τους ζυγούς, καθώς και να επιλέγεις και να χειρίζεσαι και τα υπόλοιπα σκεύη μέτρησης της μάζας.
- να μετράς τη μάζα τόσο των στερεών όσο και των υγρών σωμάτων.

#### Πείραμα 2.1

Μέτρηση 1,40 g στερεού χλωριούχου νατρίου (NaCl)

#### Πρόβλημα:

Για την παρασκευή ενός υδατικού διαλύματος απαιτούνται 1,40 g NaCl. Να ζυγίσετε 1,40 g NaCl και να τα μεταφέρετε σε ογκομετρικό κύλινδρο των 100 mL.

#### Σκεφτόμαστε - αποφασίζουμε:

Για να ζυγίσουμε τόσο μικρή ποσότητα στερεού, θα πρέπει να προτιμήσουμε το γυαλί ρολογιού. Το NaCl δεν είναι τόσο πολύ υγροσκοπικό ώστε να χρειαστούμε φιαλίδιο ζύγισης με πώμα. Θα χρειαστούμε μια μικρή σπάτουλα για τη μεταφορά του στερεού από το δοχείο φύλαξης στο γυαλί ρολογιού. Για τη μεταφορά από το γυαλί στον ογκομετρικό κύλινδρο θα χρειαστούμε και ένα χωνί. Άρα:

A/a	Απαιτούμενα όργανα	Απαιτούμενα αντιδραστήρια
1.	Ζυγός (αναλυτικός)	1. Στερεό NaCl
2.	Γυαλί ρολογιού	2. Αποσταγμένο νερό
3.	Χωνί	
4.	Ογκ. Κύλινδρος 100 mL	
5.	Σπάτουλα μικρή	
6.	Υδροβολέας	

**Πειραματική πορεία:**

- Τοποθετούμε το γυαλί ρολογιού πάνω στο δίσκο του ζυγού.
- Ανοίγουμε το ζυγό και περιμένουμε την ένδειξη μηδέν. Η τοποθέτηση του γυαλιού πριν από το άνοιγμα του ζυγού γίνεται για να μη δείξει ο ζυγός το απόβαρο (τάρα) του γυαλιού.
- Με τη βοήθεια της σπάτουλας, προσθέτουμε στο γυαλί προσεκτικά NaCl, μέχρι να δείξει ο ζυγός 1,40 g.
- Κλείνουμε το ζυγό.
- Τοποθετούμε το χωνί στον ογκομετρικό κύλινδρο.
- Παίρνουμε το γυαλί ρολογιού, το πλησιάζουμε πάνω στο χωνί και το αδειάζουμε.
- Με τη βοήθεια του υδροβολέα (ρίχνοντας λίγο αποσταγμένο νερό), μεταφέρουμε το υπόλοιπο NaCl (αν έχει απομείνει) στον ογκομετρικό κύλινδρο.

**Προσέχουμε.....**

- ✓ Ο ζυγός πρέπει να βρίσκεται σε απόλυτα οριζόντια και σταθερή θέση.
- ✓ Αν ο ζυγός δεν μπορεί να μηδενίζει το απόβαρο τότε:  
ανοίγουμε το ζυγό,  
τοποθετούμε το γυαλί,  
σημειώνουμε το απόβαρο και στη συνέχεια προσθέτουμε NaCl, μέχρι να αυξηθεί η ένδειξη κατά 1,40 g.

### 3<sup>η</sup> Εργαστηριακή άσκηση

#### Υπολογισμός της πυκνότητας υγρού ή στερεού

**Στόχος:**

Στο τέλος αυτής της εργαστηριακής άσκησης θα πρέπει να μπορείς

- να υπολογίζεις την πυκνότητα ενός υγρού ή ενός στερεού σώματος.



**Δύο λόγια για την πυκνότητα ( $\rho$ )**

Είναι γνωστό ότι η πυκνότητα  $\rho$  ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας  $m$  προς τον όγκο  $V$  ενός σώματος, ή αλλιώς είναι η ποσότητα (μάζα  $m$ ) του σώματος που βρίσκεται σε ορισμένο όγκο  $V$ .

Π.χ. Όταν λέμε ότι ένα διάλυμα έχει πυκνότητα  $\rho=1,2$  g/mL, εννοούμε ότι σε κάθε κυβικό εκατοστό (mL ή cm<sup>3</sup>) του διαλύματος πρέπει να υπάρχει μάζα 1,2 γραμμάρια.

Αν πάρουμε δύο κυβικά εκατοστά από το διάλυμα, πόση πυκνότητα θα έχουν; 1,2 g/mL.

Αν πάρουμε 1 L από το διάλυμα αυτό, πόση θα είναι η πυκνότητά του; 1,2 g/mL.

Αν πάρουμε ένα καζάνι από το ίδιο διάλυμα, πόση θα είναι η πυκνότητά του; 1,2 g/mL.

Μια πέτρα θα έχει την ίδια πυκνότητα είτε είναι μεγάλη είτε τη σπάσουμε σε μικρά κομμάτια.

Το πετρέλαιο ενός δοχείου έχει την ίδια πυκνότητα είτε το δοχείο είναι γεμάτο είτε έχει πετρέλαιο μέχρι τη μέση.

Άρα, η πυκνότητα είναι ένα μέγεθος που δεν εξαρτάται από την ποσότητα που θα πάρουμε κάθε φορά, παρά μόνο από το είδος του σώματος.

Τέτοια μεγέθη, όπως η πυκνότητα, που δεν εξαρτώνται από το μέγεθος ή την ποσότητα του δείγματος, ονομάζονται **εντατικά μεγέθη**.

Υπάρχουν όμως και άλλα μεγέθη, τα οποία εξαρτώνται από την ποσότητα και ονομάζονται **εκτατικά μεγέθη**. Η μάζα ή ο όγκος ενός σώματος είναι εκτατικά μεγέθη.

Μια κουταλιά τσάι έχει μικρότερη μάζα από ένα φλιτζάνι γεμάτο τσάι.

Ο όγκος της πορτοκαλάδας που περιέχεται σε ένα ποτήρι είναι πολύ μικρότερος από τον όγκο που περιέχεται σε ένα γεμάτο δοχείο 10 λίτρων.

Ένα γεμάτο ποτήρι θαλασσινό νερό έχει πολύ μικρότερη μάζα από έναν κουβά γεμάτο με το ίδιο θαλασσινό νερό. Η πυκνότητα όμως του θαλασσινού νερού και η περιεκτικότητά του σε άλατα είναι η ίδια και στα δύο.

**Υπολογισμός της πυκνότητας**

Ο υπολογισμός της πυκνότητας ενός σώματος μπορεί να γίνει με πολλές μεθόδους.

Η πιο απλή είναι η μέθοδος υπολογισμού της πυκνότητας, με βάση τον τύπο  $\rho=m/V$ . Μετρούμε τη μάζα και τον όγκο του σώματος και κατόπιν τα διαιρούμε.

Ακολουθεί η μέθοδος της ληκύθου, η οποία είναι πιο ακριβής και στηρίζεται στη μέτρηση του βάρους του υγρού που περιέχει η λήκυθος (βλέπε διπλανό σχήμα).

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα, τα πυκνόμετρα ή αραιόμετρα, τα οποία μετρούν με μεγάλη ευκολία την πυκνότητα υγρών.

Τα πυκνόμετρα αυτά, ανάλογα με το υγρό που μετρούν, διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.

Τύπος αραιόμετρου	Χρήση
Αλκοολόμετρα	Προσδιορίζουν την αλκοόλη στα οιοπνευματώδη ποτά.
Σακχαρόμετρα	Προσδιορίζουν το σάκχαρο συνήθως σε χυμούς φρούτων.
Γαλατόμετρα	Μετρούν την πυκνότητα του γάλατος σε σχέση με την περιεκτικότητα σε λίπος (πιθανή νοθεία με νερό).
Ελαιόμετρα	Προσδιορίζουν την πυκνότητα των ελαίων και σπορελαίων.
Υδρόμετρα	Μετρούν την πυκνότητα διαλυμάτων όπως μούστου (Baume), σακχαρούχων διαλυμάτων, διαλυμάτων αλάτων κλπ.
Αλατόμετρα	Προσδιορίζουν NaCl σε άλμη.

**Πίνακας 2.6** Τύποι αραιομέτρων

### Πείραμα 3.1

**Υπολογισμός της πυκνότητας υδατικού διαλύματος NaCl 9 % w/w**

#### Πρόβλημα:

Να υπολογιστεί η πυκνότητα διαλύματος NaCl 9 % w/w.

#### Σκεφτόμαστε - αποφασίζουμε:

- ▶ Για τον υπολογισμό της πυκνότητας  $\rho$  από τον τύπο  $\rho = m/V$  πρέπει να μετρήσουμε τη μάζα  $m$  και τον όγκο  $V$  του διαλύματος.
- ▶ Για τη μέτρηση της μάζας απαιτείται ζυγός.

- ▶ Για τη μέτρηση του όγκου απαιτείται ογκομετρικός κύλινδρος.
- ▶ Για τη μεταφορά του διαλύματος από τη φιάλη φύλαξης στον κύλινδρο χρειάζεται ένα χωνί. Άρα:

A/a	Απαιτούμενα όργανα	Απαιτούμενα αντιδραστήρια
1.	Ογκομετρικός κύλινδρος των 100 mL	Διάλυμα NaCl 9% w/w
2.	Ζυγός	
3.	Χωνί	

### Πειραματική πορεία:

- Ανοίγουμε το ζυγό και περιμένουμε την ένδειξη 0,00.
- Τοποθετούμε τον άδειο κύλινδρο στο ζυγό και σημειώνουμε την ένδειξη του ζυγού.
- Βγάζουμε τον κύλινδρο από το ζυγό και, με τη βοήθεια του χωνιού, προσθέτουμε 10 mL διαλύματος στον κύλινδρο.
- Αφαιρώντας το χωνί, ζυγίζουμε ξανά τον κύλινδρο με το υγρό και σημειώνουμε τη νέα ένδειξη του ζυγού.
- Η διαφορά της παλιάς από τη νέα ένδειξη δίνει τη μάζα του διαλύματος.
- Ο όγκος του διαλύματος είναι 10 mL.

### Υπολογισμός της πυκνότητας

Αρχική ένδειξη	Τελική ένδειξη	Μάζα διαλύματος
.....	.....	m = .....

Από τον τύπο  $\rho = m/V$  έχω:.....  
..... Άρα  $\rho = \dots\dots\dots \text{g/mL}$ .



**Προσέχουμε.....**

- ✓ Η ανάγνωση του όγκου του υγρού γίνεται από το κάτω άκρο του μηνίσκου.
- ✓ Τα μάτια πρέπει να είναι στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με το μηνίσκο.

### Πείραμα 3.2

Υπολογισμός της πυκνότητας μιας γομολάστιχας

#### Πρόβλημα:

Να υπολογιστεί η πυκνότητα μιας γομολάστιχας.

#### Σκεφτόμαστε - αποφασίζουμε:

- ▶ Για τον υπολογισμό της πυκνότητας, πρέπει να υπολογίσουμε τη μάζα και τον όγκο της γομολάστιχας.
- ▶ Η μέτρηση της μάζας της γίνεται με το ζυγό.
- ▶ Ο υπολογισμός του όγκου της γίνεται έμμεσα, με την ανύψωση της στάθμης νερού σε ογκομετρικό κύλινδρο, σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη.
- ▶ Για την προσθήκη του νερού απαιτείται υδροβολέας.
- ▶ Για τη μεταφορά της γομολάστιχας μέσα στον κύλινδρο απαιτείται μεταλλική λαβίδα (βιολογική).

Άρα:

A/a	Απαιτούμενα όργανα	Απαιτούμενα αντιδραστήρια
1.	Ζυγός	Νερό
2.	Ογκομετρικός κύλινδρος των 100 mL	
3.	Γομολάστιχα	
4.	Λαβίδα μεταλλική	
5.	Υδροβολέας	

#### Πειραματική πορεία:

- Ζυγίζουμε τη γομολάστιχα και σημειώνουμε την ένδειξη του ζυγού.
- Με τη βοήθεια του υδροβολέα προσθέτουμε στον κύλινδρο 50 mL νερού.
- Με τη βοήθεια της λαβίδας προσθέτουμε σιγά-σιγά τη γομολάστιχα στον κύλινδρο.
- Σημειώνουμε τη νέα ένδειξη του νερού στον κύλινδρο.
- Η διαφορά των αρχικών 50 mL από τη νέα ένδειξη του νερού δίνει τον όγκο της γομολάστιχας.

#### Υπολογισμός της πυκνότητας

Αρχικός όγκος νερού	Τελικός όγκος	Όγκος γομολάστιχας
$V_{\text{αρχ}} = 50 \text{ mL}$	$V_{\text{τελ}} = \dots\dots\dots$	$V_{\text{γομ}} = \dots\dots\dots$

Ένδειξη ζυγού  $m = \dots\dots\dots g$

Από τον τύπο  $\rho = m/V$  έχω .....

.....και άρα  $\rho = \dots\dots\dots g/mL$ .



**Προσέχουμε.....**

- ✓ Η προσθήκη της γομολάστιχας στον κύλινδρο γίνεται προσεκτικά, ώστε να μην εκτοξευτούν σταγονίδια νερού κατά την προσθήκη.
- ✓ Κατά την προσθήκη του νερού με τον υδροβολέα, το ακροφύσιο πρέπει να ακουμπάει στα τοιχώματα του κυλίνδρου.
- ✓ Η ανάγνωση του όγκου γίνεται από το κάτω άκρο του μηνίσκου και τα μάτια βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τη στάθμη του νερού.

## 2.4.γ. Όργανα και σκευή γενικής χρήσης

### 1. Δοκιμαστικοί σωλήνες

Είναι γυάλινοι σωλήνες τριών (ή πέντε) συνήθως μεγεθών, μικροί, μεσαίοι και μεγάλοι. Κατασκευάζονται από συνηθισμένο γυαλί ή από γυαλί pyrex. Χρησιμοποιούνται σε πειράματα ή μικροδοκιμές χημικών αντιδράσεων.

### 2. Φιάλες αντιδραστηρίων

Είναι συνήθως γυάλινες φιάλες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη φύλαξη των αντιδραστηρίων. Συνήθως φέρουν πώμα εσφυρισμένο ή πλαστικό και η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 10mL έως 1L. Μπορεί να είναι διαφανείς ή σκουρόχρωμες (οι δεύτερες χρησιμοποιούνται στη φύλαξη φωτοευαίσθητων ουσιών). Σπανιότερα χρησιμοποιούμε και πλαστικές φιάλες για ορισμένες κατηγορίες διαλυμάτων ή αμιγών αντιδραστηρίων (π.χ.  $H_2O_2$ ).

### 3. Ράβδοι ανάδευσης

Είναι συμπαγείς γυάλινες ράβδοι, διαφόρων μεγεθών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ανάδευση υγρών διαλυμάτων ή μιγμάτων.

#### 4. Υδροβολείς

Είναι γυάλινα ή πλαστικά δοχεία με χωρητικότητα 0,5 ή 1L, με διάτρητο πώμα, από το οποίο περνάει πλαστικός

σωλήνας. Οι γυάλινοι φέρουν δύο σωλήνες στο πώμα τους, ο ένας χρησιμεύει για την πίεση του υγρού και ο άλλος για την εκτόξευσή του. Οι πλαστικοί λειτουργούν με απλή πίεση στο μέσον τους. Οι υδροβολείς περιέχουν συνήθως αποσταγμένο ή απιονισμένο νερό ή άλλους διαλύτες και χρησιμοποιούνται για το ξέπλυμα μικρών σκευών ή για την παρασκευή διαλυμάτων (συμπληρώνουμε την απαιτούμενη ποσότητα διαλύτη).

#### 5. Κάψες

Είναι ανοιχτές, λεπτές, από πορσελάνη «φλιτζάνες», που φέρουν στόμιο και χρησιμοποιούνται συνήθως σε εξατμίσεις διαφόρων υγρών.

#### 6. Χωνευτήρια

Είναι μικρά γυάλινα ή από πορσελάνη δοχεία, τα οποία ανάλογα με τη χρήση τους, διακρίνονται σε:

##### i. Χωνευτήρια πύρωσης

Είναι μικρά, λεπτά, από πορσελάνη δοχεία, που χρησιμοποιούνται στη θέρμανση ή πύρωση στερεών χημικών ουσιών. Επειδή ή πορσελάνη προσβάλλεται από ορισμένα άλατα, οξέα και βάσεις, τα χωνευτήρια πορσελάνης δεν ενδείκνυνται σε πυρώσεις τέτοιων ουσιών.

##### ii. Χωνευτήρια διήθησης

Είναι γυάλινα (τύπου Gooh) ή από πορσελάνη χωνευτήρια, τα οποία διαθέτουν διάτρητο πυθμένα, στον οποίο τοποθετείται ειδικό φίλτρο για τη διήθηση ιζημάτων. Αντέχουν σε θερμοκρασία μέχρι και 500°C, ενώ για μεγαλύτερες θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται χωνευτήρια από πορσελάνη, χαλαζία και αλουμίνα.

#### 7. Χωνιά

Υπάρχουν διάφορα είδη, τα οποία ανάλογα με τη χρήση τους, διακρίνονται σε:

i. **Διαχωριστικά.** Είναι γυάλινα κωνικά ή κυλινδρικά δοχεία, που απολήγουν σε μακρύ και στενό σωλήνα ο οποίος διαθέτει στρόφιγγα. Στο άλλο άκρο τους φέρουν πώμα εσμου-



υδροβολείς



Κάψες πορσελάνης



Χωνί Buchner

ρισμένο ή πλαστικό. Χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό υγρών που δεν αναμιγνύονται (π.χ. νερό και λάδι).

ii. **Απλά.** Είναι γυάλινα ή πλαστικά, μικρού ή μεγάλου μεγέθους, τα οποία χρησιμοποιούνται στην πλήρωση προχοϊδων ή φιαλών, ακόμα και για τη διήθηση με τη βοήθεια διηθητικού χαρτιού.

iii. **Buchner.** Είναι χωνιά από πορσελάνη, με διάτρητο οριζόντιο πυθμένα, στον οποίο τοποθετείται διηθητικό χαρτί, και χρησιμοποιούνται σε μεγάλες ποσότητες ιζημάτων.

Σήμερα χρησιμοποιούνται ειδικά χωνιά διήθησης, τα οποία στον πυθμένα τους διαθέτουν φίλτρα μιας χρήσης, με αποσπώμενο σύστημα. Αυτά τα χωνιά, ειδικά σε περιπτώσεις ραδιενεργών υλικών, θεωρούνται απολύτως απαραίτητα.

### 8. Ιγδία (κοινώς: γουδιά)

Είναι σκεύη που χρησιμοποιούνται για το σπάσιμο ή τη λειοτρίβηση σκληρών υλικών. Κυκλοφορούν σε δύο τύπους : Τα απλά ιγδία και τα ιγδία τύπου Plattner. Τα απλά κατασκευάζονται από αχάτη, από ατσάλι ή από καρβίδιο του βορίου. Μοιάζουν με τις κάψες, μόνο που έχουν πιο χοντρά τοιχώματα και φέρουν και μοχλό, με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η θραύση του υλικού. Τα ιγδία τύπου Plattner διαθέτουν κύλινδρο με έμβολο-σπαστήρα, ο οποίος λειτουργεί με τη βοήθεια ενός σφυριού.



Εικόνα 2.7 Ιγδίο (γουδί) πορσελάνης



## 9. Λύχνοι

Η θέρμανση ή η πύρωση ουσιών είναι απαραίτητη σε πολλές αναλύσεις και επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των εργαστηριακών λύχνων. Η φλόγα που δίνει ο κάθε λύχνος (οξειδωτική ή θερμαντική), καθώς και η μέγιστη θερμοκρασία, στην οποία μπορεί να φτάσει η πύρωση ή η θέρμανση, είναι ανάλογη του τύπου του κάθε λύχνου. Οι τύποι των λύχνων και η λειτουργία τους περιγράφονται στα παρακάτω κεφάλαια.

## 10. Λαβίδες

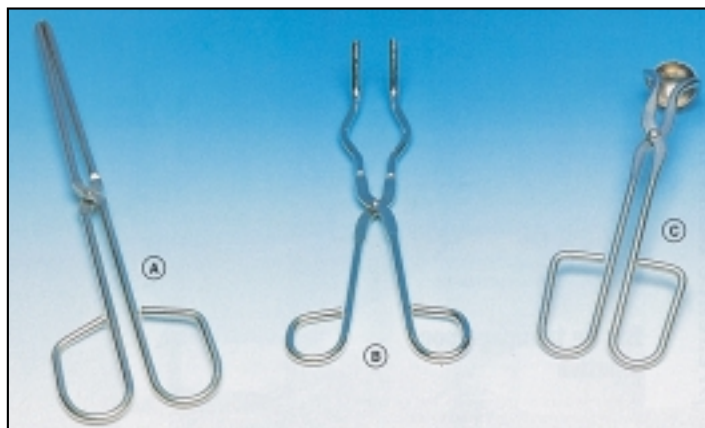
Είναι συνήθως μεταλλικές ή ξύλινες, διαφόρων τύπων, και χρησιμοποιούνται για την ασφαλή λαβή δοκιμαστικών σωλήνων ή άλλων μικρών σκευών κατά ή μετά τη θέρμανσή τους.



Λύχνοι τύπου Bunsen



Εικόνα 2.8 Παραδείγματα λαβίδων



Εικόνα 2.9 Παραδείγματα μεταλλικών λαβίδων



Ηλεκτρονικό θερμόμετρο με αισθητήρα

### 2.4.δ. Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας

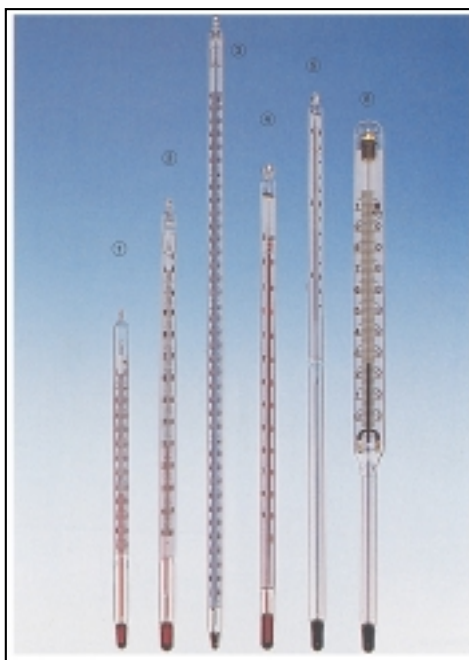
Είναι γνωστό ότι για τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος χρησιμοποιούνται τα θερμόμετρα. Σ' ένα αναλυτικό εργαστήριο χρησιμοποιούνται διάφορα είδη θερμομέτρων. Το είδος του θερμομέτρου που θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία θέλουμε να μετρήσουμε, καθώς και από το εύρος της κλίμακας που απαιτείται. Έτσι, σ' ένα αναλυτικό εργαστήριο μπορούμε να συναντήσουμε:

- Γυάλινα θερμόμετρα
- Ηλεκτρονικά θερμόμετρα
- Μεταλλικά θερμόμετρα (αισθητήρες)

Τα γυάλινα θερμόμετρα μπορεί να περιέχουν υδράργυρο ή άλλο χρωματισμένο υγρό (συνήθως οινόπνευμα).

Τα ηλεκτρονικά περιέχουν αισθητήρα θερμοκρασίας και καταγραφικό σύστημα που μεταφέρει την τιμή σε οθόνη.

Τα μεταλλικά θερμόμετρα είναι αισθητήρες, οι οποίοι μετρούν τη μεταβολή της θερμοκρασίας και μεταφέρουν την αίσθηση σε ειδικό καταγραφικό σύστημα, ή ακόμα και σε υπολογιστή, απ' όπου μπορούμε να μελετήσουμε ταυτόχρονα και να συνδυάσουμε τις μεταβολές αυτές με άλλα μεγέθη.



Εικόνα 2.10 Είδη θερμομέτρων

### 2.4.ε. Όργανα - συσκευές εργαστηρίου

Ένα πλήρες και σύγχρονο αναλυτικό εργαστήριο, εκτός από τα στοιχειώδη σκεύη που περιγράφηκαν παραπάνω, πρέπει να διαθέτει σειρά εργαστηριακών συσκευών, η χρήση των οποίων είναι άκρως απαραίτητη σε πολλές αναλύσεις. Οι σπουδαιότερες συσκευές είναι:

- **Υδρόλουτρα, ατμόλουτρα και ελαιόλουτρα**, για τη θέρμανση σε ήπια θερμοκρασία μέσω λουτρού.
- **Μαγνητικοί αναδευτήρες**, για την αυτόματη ανάδευση υγρών (και με ταυτόχρονη ήπια θέρμανση).
- **Πυριστήρια, φούρνοι, λυχνίες υπερύθρου**, για θέρμανση ουσιών σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες.
- **Φυγοκεντρικές συσκευές**, για το διαχωρισμό μιγμάτων στα συστατικά τους.
- **Εκχυλιστικές συσκευές**, για την εκχύλιση μιγμάτων.
- **Φασματομέτρα**, για μετρήσεις φασμάτων διαφόρων ουσιών.
- **Φασματογράφοι**, για τον προσδιορισμό ουσιών σε πολύ μικρές ποσότητες.
- **Ιοντοανταλλακτικές στήλες**, για την παραγωγή απιονισμένου νερού.
- **Δισαποστακτήρες**, για την παραγωγή δις-αποσταγμένου νερού.

Στα παρακάτω κεφάλαια περιγράφονται πλήρως οι συσκευές, καθώς και η χρήση και η λειτουργία τους.

### 2.5 Καθαρισμός σκευών και οργάνων

Η καθαριότητα των χημικών σκευών και οργάνων συνδέεται άμεσα με την ακρίβεια και την αξιοπιστία της ανάλυσης. Οι απαιτήσεις καθαριότητας στο αναλυτικό εργαστήριο δεν πρέπει να συγχέονται μ' αυτές της οικιακής.

#### • Δοκιμή καθαριότητας

Η πιο απλή δοκιμή καθαριότητας ενός γυάλινου σκεύους είναι το γέμισμα με αποσταγμένο ή απιονισμένο νερό και το άδειασμά του. Το καθαρό σκεύος αφήνει ένα λεπτό στρώμα νερού σ' όλη την επιφάνειά του, ενώ το μη καθαρό αφήνει συμπλέγματα σταγόνων.

#### • Πλύση

Τα γυάλινα σκεύη συνήθως πλένονται με ειδικά απορρυπαντικά, όπως διάλυμα Teepol 10% ή Decon 90%. Πρέπει να



ψήκτρες καθαρισμού

προηγηθεί το γέμισμα του σκεύους με διάλυμα απορρυπαντικού για 15-20 min. Στη συνέχεια, το σκεύος βουρτσίζεται με σφουγγάρι ή με ειδικές ψήκτρες. Τέλος, ξεπλένεται καλά με νερό βρύσης, μετά με αποσταγμένο ή αποιονισμένο νερό και τέλος με δις-αποσταγμένο. Η παρατεταμένη παραμονή του απορρυπαντικού πρέπει να αποφεύγεται, διότι δημιουργεί κατάλοιπα (δακτυλίδες) στο σκεύος, τα οποία δεν μπορούν να απομακρυνθούν. Όταν το σκεύος έχει χρησιμοποιηθεί για διαλύματα ιόντων μετάλλων, τότε πρέπει να ξεπλυθεί με αποσταγμένο νερό, στη συνέχεια να γεμίσει με διάλυμα 1:1  $\text{HNO}_3$ , όπου παραμένει για μια νύχτα. Τέλος, αφού αδειάσει, ξεπλένεται πολλές φορές με αποσταγμένο νερό. Με τον ίδιο τρόπο πλένονται και τα σιφώνια, οι δοκιμαστικοί σωλήνες και οι ράβδοι ανάδευσης.

Οι προχοΐδες και τα διαχωριστικά χωνιά γεμίζονται με το κατάλληλο υγρό, αφήνονται για μερικές ώρες και μετά βουρτσίζονται με ειδική βούρτσα. Ξεπλένονται με άφθονο αποσταγμένο νερό. Πριν από το τελικό ξέπλυμα αφαιρείται η στρόφιγγα και σκουπίζεται με διηθητικό χαρτί βουτηγμένο σε αιθέρα. Αφού στεγνώσει, η στρόφιγγα λιπαίνεται με βαζελίνη ή ειδική σιλικόνη.

Οι στρόφιγγες από τεφλόν προσβάλλονται από το χρωμοθειικό οξύ, γι' αυτό για τον καθαρισμό τους χρησιμοποιούμε το νιτρικό οξύ.

Εκτός του διαλύματος  $\text{HNO}_3$  στο εργαστήριο χρησιμοποιείται το χρωμοθειικό οξύ. Παρασκευάζεται ως εξής: Διαλύουμε 100gr  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ή 70gr  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  σε 200ml  $\text{H}_2\text{O}$  και συμπληρώνουμε με  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% μέχρις όγκου 1L. Το χρωμοθειικό οξύ είναι κατάλληλο καθαριστικό, αλλά επιβάλλεται να χρησιμοποιείται σε απαγωγό και με εξαιρετικά μεγάλη προσοχή. Είναι διαβρωτικό (λόγω του  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) αλλά και καρκινογόνο (λόγω των  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ).

Άλλα υγρά καθαρισμού είναι:

- i. αλκοολικό διάλυμα  $\text{KOH}$ ,
- ii.  $\text{NaOH}$  2,5M,
- iii. διάλυμα  $\text{HCl}$ ,
- iv.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  κ.ά.

Αν τα σκεύη περιέχουν λιπαρές ουσίες, για τον καθαρισμό τους μπορούμε να χρησιμοποιούμε:

- ◆ Βούρτσισμα με κατάλληλο απορρυπαντικό,
- ◆ καλό ξέπλυμα με οργανικούς διαλύτες,

- ♦ διάλυμα NaOH 2,5M,
- ♦ χρωμοθειϊκό οξύ (μούλιασμα πρώτα και μετά πλύσιμο).

Στο τέλος, το σκεύος ξεπλένεται πολλές φορές με αποσταγμένο νερό, ακόμα και με δις-αποσταγμένο.

Εκτός όμως των γενικών αυτών κανόνων καθαρισμού των σκευών, ένας αναλυτής μπορεί να χρησιμοποιεί ειδικότερες μεθόδους ανάλογα με το περιεχόμενο του σκεύους. Π.χ.

- υπολείμματα  $\text{KMnO}_4$  καθαρίζονται με την προσθήκη διαλύματος HCl ή  $\text{FeSO}_4$ ,
- υπολείμματα  $\text{I}_2$  καθαρίζονται με διάλυμα  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,
- υπολείμματα αλάτων  $\text{Fe}^{++}$  ή  $\text{Fe}^{+++}$  καθαρίζονται με HCl κλπ.

### • Στέγνωμα - Ξήρανση

Μετά το πλύσιμο των σκευών ακολουθεί το στέγνωμα. Οι δοκιμαστικοί σωλήνες αφήνονται ανεστραμμένοι να στραγγίσουν σε ειδικά στηρίγματα ή σε ποτήρια ζέσεως στον πυθμένα των οποίων έχει τοποθετηθεί διηθητικό χαρτί. Οι προχοϊδες και τα σιφώνια επίσης στεγνώνουν σε ειδικά στηρίγματα. Τα μεγαλύτερα σκεύη, όπως ποτήρια, ογκομετρικές φιάλες, κωνικές κλπ, τοποθετούνται ανεστραμμένα σε χαρτί κουζίνας ή διηθητικό ή σε καθαρή πετσέτα. Οι προχοϊδες δεν πρέπει να στεγνώνουν ανεστραμμένες, για να αποφεύγεται η κάθοδος του λιπαντικού της στρόφιγγας στο σώμα της προχοϊδας.

Το στράγγισμα των σκευών, σε αντίθεση με την ξήρανση, θεωρείται απαραίτητο.

Η ξήρανση των γυάλινων σκευών θεωρείται αφ' ενός μεν χρονοβόρα, αφ' ετέρου δημιουργεί προβλήματα στα βαθμονομημένα όργανα μέτρησης όγκου, αφού η θέρμανσή τους στους  $100^\circ\text{C}$  μπορεί να μην επιτρέψει την επαναφορά στην αρχική τους κατάσταση.

### • Φύλαξη

Τέλος, αν τα καθαρά γυάλινα σκεύη μέτρησης χρειαστεί να παραμείνουν ανενεργά για μεγάλο χρονικό διάστημα, πρέπει να γεμίσουν με αποσταγμένο νερό και να πωματιστούν ή να τοποθετηθούν σε ειδικά κιβώτια φύλαξης, ώστε να παραμείνουν καθαρά μέχρι την επόμενη χρήση τους.

## 2.6 Κανόνες ασφάλειας εργαστηρίου

Η εξασφάλιση ιδανικών συνθηκών εργασίας κατά τη διάρ-

κεια μιας χημικής ανάλυσης, τόσο από άποψη υγιεινής όσο και ασφάλειας, καθορίζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Ύπαρξη σύγχρονων συστημάτων ασφαλείας στο εργαστήριο.
2. Άρτια εκπαίδευση του προσωπικού.
3. Σωστός χειρισμός των σκευών και των οργάνων από τους αναλυτές.
4. Σωστή διαχείριση των αποβλήτων για τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος.
5. Ύπαρξη σχεδίου έκτακτης ανάγκης (να αναλυθεί).

### **2.6.α. Σύγχρονα συστήματα ασφαλείας στο εργαστήριο**

Επειδή το ανθρώπινο λάθος θεωρείται αναπόφευκτο, ο σχεδιασμός ασφάλειας ενός εργαστηρίου θα πρέπει να προβλέπει:

- τοποθέτηση συστήματος προειδοποίησης και αυτόματης καταστολής πυρκαγιάς,
- τοποθέτηση καταιονιστήρων νερού (κατά τη χρήση του νερού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η καταστροφή των σύγχρονων οργάνων),
- πλυντρίδες για οφθαλμικές πλύσεις ή πλύσεις προσώπου-σώματος,
- σύστημα αυτόματης διακοπής ηλεκτροδότησης και ταυτόχρονης λειτουργίας φωτισήμανσης έκτακτης ανάγκης,
- αυτόματο σύστημα διακοπής της παροχής υγραερίου,
- κεντρικό σύστημα διακοπής υδροδότησης,
- ύπαρξη φαρμακείου πλήρως εξοπλισμένου με φάρμακα και υλικά για την παροχή πρώτων βοηθειών, π.χ. διάλυμα αραιό βορικού οξέος για οφθαλμικές πλύσεις, φιάλη οξυγόνου για αναπνευστικά προβλήματα, αλοιφές εγκαυμάτων, αντισηπτικές ουσίες, επιδέσμους κλπ.
- τοποθέτηση πυροσβεστήρων με κατάλληλο περιεχόμενο σε σημεία εύκολης πρόσβασης.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι:

- ◆ για πυρκαγιές από στερεά καύσιμα απαιτούνται πυροσβεστήρες τύπου Α,
- ◆ για πυρκαγιές από εύφλεκτα υγρά απαιτούνται πυροσβεστήρες τύπου Β,
- ◆ για πυρκαγιές από βραχυκύκλωμα απαιτούνται πυροσβεστήρες τύπου C,
- ◆ για πυρκαγιές από δραστικά μέταλλα απαιτούνται πυροσβεστήρες τύπου D,

- ◆ οι πυροσβεστήρες αλογόνων ενδείκνυνται τόσο για πυρκαγιές από στερεά όσο και για εύφλεκτα υγρά.

## **2.6.β. Εκπαίδευση προσωπικού - χειρισμός σκευών και οργάνων**

Η σωστή εκπαίδευση του προσωπικού θα πρέπει να αφορά:

### **1. τον ασφαλή χειρισμό των σκευών και των οργάνων**

Η σωστή εκπαίδευση θα πρέπει να αφορά τόσο το σωστό χειρισμό, ώστε τα αποτελέσματα να είναι ακριβή και αξιόπιστα, όσο και τον ασφαλή χειρισμό ώστε να εξασφαλίζεται η αρτιότητα των οργάνων και η ακεραιότητα του χειριστή.

### **2. την τήρηση των κανόνων ασφάλειας**

Παρακάτω περιγράφεται ο σωστός χειρισμός των σκευών και των οργάνων, καθώς και οι κανόνες ασφάλειας που πρέπει να έχει υπόψη του ο αναλυτής.

Κανόνες ασφάλειας

- ◆ Η καθαρότητα των σκευών και των χώρων του εργαστηρίου καθώς και η τάξη που πρέπει να επικρατεί εξασφαλίζουν την ελαχιστοποίηση λαθών ή ατυχημάτων.
- ◆ Η ύπαρξη έντυπου υλικού με οδηγίες για τον τρόπο διάθεσης και χρήσης των αντιδραστηρίων θεωρείται επιβεβλημένη.
- ◆ Το κάπνισμα ή το φαγητό στο χώρο του εργαστηρίου πρέπει να αποφεύγεται, τουλάχιστον κατά τη διάρκεια της ανάλυσης.
- ◆ Η χρήση θερμών οργάνων ή σκευών γίνεται με ειδικές λαβίδες για την αποφυγή εγκαυμάτων.
- ◆ Τα γυάλινα σκεύη που διαθέτουν στρόφιγγα (όπως προχοΐδα, διαχωριστικό χωνί) απαιτούν συγκεκριμένο τρόπο χειρισμού. Η αριστερή παλάμη «αγκαλιάζει» και λειτουργεί τη στρόφιγγα με τη βοήθεια των τριών δαχτύλων (αντίχειρα, δείκτη, μέσου). Η δεξιά παλάμη χρησιμεύει στο χειρισμό ογκομετρικής φιάλης ή ποτηριού ή άλλου δοχείου.
- ◆ Η αναρρόφηση υγρών με το σιφώνι γίνεται με τη βοήθεια (πουάρ) λαστιχένιας φούσκας, ποτέ με το στόμα.
- ◆ Το σιφώνι αδειάζει ακουμπώντας στα τοιχώματα του δοχείου και όχι απ' ευθείας στο διάλυμα, έτσι ώστε να αποφεύγεται η εκτίναξη σταγονιδίων.
- ◆ Η χρήση πτητικών οργανικών διαλυτών γίνεται στον απα-



γωγό. Επίσης, στον απαγωγό γίνονται όλες οι ασκήσεις που ελευθερώνουν επιβλαβή αέρια.

- ◆ Στο άναμμα του λύχνου πρέπει πρώτα να ανάψουμε τον αναπτήρα ή το σπέρτο και μετά να ανοίξουμε τη στρόφιγγα.
- ◆ Διαλύματα πτητικών υγρών θερμαίνονται σε υδατόλουτρα.
- ◆ Απαγορεύεται η θέρμανση γυάλινων σκευών μέτρησης.
- ◆ Μετά το τέλος κάθε ανάλυσης ή πειράματος θα πρέπει όλα τα χρησιμοποιηθέντα σκεύη να καθαρίζονται και να ξηραίνονται με τους κατάλληλους τρόπους, ώστε να είναι έτοιμα για την επόμενη χρήση.
- ◆ Ο καθαρισμός χημικών σκευών και οργάνων εξετάζεται αναλυτικά στην επόμενη παράγραφο.

### **ΠΡΟΣΟΧΗ !**

Τα διαλύματα των οξέων απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά την παρασκευή τους. Πάντα ρίχνουμε το οξύ στο νερό του οποίου το δοχείο βρίσκεται σε παγόλουτρο και ΠΟΤΕ το αντίστροφο.

### **3. τον υπολογισμό και τη χρησιμοποίηση των απαραίτητων ποσοτήτων ουσιών**

Πριν από την εκτέλεση μιας ανάλυσης, υπολογίζεται με ακρίβεια και όχι κατά προσέγγιση η ποσότητα των ουσιών που θα χρειαστεί. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση ουσιών σε περίσσεια.

### **4. τη σωστή διαχείριση αποβλήτων**

Σήμερα η ευαισθησία των πολιτών απέναντι στο περιβάλλον συνεχώς αυξάνεται. Είναι, λοιπόν, σαφές ότι ο αναλυτικός χημικός, ο οποίος διαχειρίζεται μεγάλο όγκο αποβλήτων, έχει ένα λόγο περισσότερο να προσέχει την προστασία του περιβάλλοντος και την αποφυγή της ρύπανσης τη στιγμή που μεγάλο μέρος των αναλύσεων αφορά τη μόλυνση του περιβάλλοντος.

Η διαχείριση των αποβλήτων σ' ένα εργαστήριο εξαρτάται από:

- i. την επικινδυνότητα
- ii. από τη φυσική κατάστασή τους.

Ορισμένα από τα αέρια απόβλητα (ατμοί οξέων, βάσεων ή οργανικών διαλυτών) μπορούν να αδρανοποιηθούν σε ειδικά φίλτρα ή πλυντρίδες των απαγωγών ή να μετατραπούν σε υγρά διαλύματα.

Τα υγρά διαλύματα συμπυκνώνονται και είτε

ανακυκλώνονται (αν είναι δυνατόν), είτε μετατρέπονται σε στερεά, οπότε αδρανοποιούνται ή θάβονται ή καίγονται σε ειδικούς κλιβάνους.

Όσον αφορά τα παλαιά αχρησιμοποίητα αντιδραστήρια, αυτά μπορούν να περιοριστούν, αν οι παραγγελίες γίνονται με βάση την απαιτούμενη για την ανάλυση ποσότητα και όχι με περίσσεια ή κατά προσέγγιση.

Σήμερα το έργο της διαχείρισης των αποβλήτων αναλαμβάνουν εταιρείες με εξειδικευμένο προσωπικό, όργανα και εγκαταστάσεις, οπότε το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με πιο ικανοποιητικό τρόπο σε σχέση προς το παρελθόν.

### Μερικοί κανόνες χειρισμού των λιγότερο επικίνδυνων αποβλήτων:

- Ένα οξύ ή μία βάση ποτέ δε χύνονται στην αποχέτευση. Πρώτα εξουδετερώνονται και μετά αποχύνονται.
- Η απόχυση στην αποχέτευση ενός υγρού συνοδεύεται πάντα από άφθονο νερό βρύσης για την αραίωσή του.
- Οι οργανικοί διαλύτες μπορούν να ανακυκλωθούν (με κλασματική απόσταξη αν πρόκειται για μίγμα και με απλή απόσταξη αν πρόκειται για διάλυμα ενός).
- Διαλύματα Ag ή Au υφίστανται κατάλληλη κατεργασία για την ανάκτηση των μετάλλων.
- Διαλύματα μολύβδου  $Pb^{++}$  μετατρέπονται με τη βοήθεια  $Na_2SiO_3$  σε αδιάλυτο άλας  $PbSiO_3$  και οδηγούνται στην ταφή.
- Τα ιόντα  $Cr_2O_7^{2-}$  μετατρέπονται στο  $Cr(OH)_3$  που είναι δυσδιάλυτο και οδηγείται στην ταφή.
- Τα δοχεία αποβλήτων φέρουν ετικέτες με το είδος και την ποσότητα του περιεχομένου καθώς και το χαρακτηρισμό του (π.χ. εύφλεκτο, τοξικό, διαβρωτικό κλπ.).
- Τέλος, η ελαχιστοποίηση παραγωγής αποβλήτων, η επεξεργασία και η υπεύθυνη διάθεσή τους πρέπει να αποτελεί κύριο στόχο κάθε αναλυτή.

**Με δύο λόγια.....**

- ◊ Ένα αναλυτικό εργαστήριο αποτελείται από τους παρακάτω χώρους:
  - Κύρια αίθουσα εργαστηρίου
    - Περιλαμβάνει:
      - ▮ Πάγκους εργασίας
      - ▮ Απαγωγό
      - ▮ Χώρο αναλυτικών ζυγών
      - ▮ Ερμάρια και ντουλάπες
      - ▮ Ψυγείο - Καταψύκτη
      - ▮ Πυροσβεστική φωλιά
      - ▮ Εξαεριστήρες
      - ▮ Θερμαντικά-κλιματιστικά σώματα
  - Παρασκευαστήριο
  - Αποθήκη
- ◊ Τα υλικά με τα οποία κατασκευάζεται ένα εργαστήριο διακρίνονται σε:
  - **υλικά κατασκευής εργαστηρίου**  
Πρέπει να διακρίνονται από:
    - ▮ ανθεκτικότητα σε οξέα και βάσεις
    - ▮ ανθεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες
    - ▮ αντιολισθηρότητα
    - ▮ αντοχή στη φωτιά
    - ▮ ανθεκτικότητα στην υγρασία
    - ▮ αντοχή στις τριβές
    - ▮ θερμομονωτική συμπεριφορά
    - ▮ ηλεκτρομονωτική συμπεριφορά
  - **υλικά κατασκευής οργάνων**  
Συνήθως χρησιμοποιούνται:
    - ▮ Γυαλί
    - ▮ Πορσελάνη
    - ▮ Πολυμερή (Πλαστικά)
    - ▮ Οξείδια μετάλλων
    - ▮ Γραφίτης
    - ▮ Μέταλλα ή κράματα
- ◊ **Χημικά αντιδραστήρια** είναι οι ουσίες που χρησιμοποιούνται στις διάφορες χημικές αντιδράσεις. Διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:
  - ▮ Εμπορικός ή τεχνικός καθαρά
  - ▮ Καθαρισμένα ή πρακτικός καθαρά
  - ▮ Φαρμακευτικός καθαρά
  - ▮ Χημικός καθαρά
  - ▮ Αναλυτικός καθαρά
  - ▮ Υπερκαθαρά

**Με δύο λόγια.....****❖ Χειρισμός - Ασφάλεια αντιδραστηρίων**

Οδηγό χρήσης και ασφάλειας των αντιδραστηρίων αποτελεί η ετικέτα συσκευασίας του δοχείου.

Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη φύλαξη των αντιδραστηρίων είναι:

- ❖ Η φυσική κατάσταση του αντιδραστηρίου
- ❖ Το βάρος της συσκευασίας
- ❖ Η ευαισθησία στο φως
- ❖ Η ευφλεκτότητα
- ❖ Η πτητικότητα
- ❖ Η θερμική αντοχή
- ❖ Η επικινδυνότητα κ.ά.

**❖ Βασικά όργανα και σκεύη**

Ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

➤ Όργανα μέτρησης όγκου, όπως:

- ❖ Ογκομετρικές φιάλες
- ❖ Ογκομετρικοί κύλινδροι
- ❖ Σταγονόμετρα
- ❖ Ποτήρια
- ❖ Κωνικές φιάλες
- ❖ Προχοίδες
- ❖ Σιφώνια

➤ Όργανα μέτρησης μάζας

Κύρια όργανα μέτρησης της μάζας είναι:

- ❖ οι ζυγοί

Βοηθητικά:

- ❖ τα γυαλιά ρολογιού,
- ❖ φιαλίδια ζύγισης,
- ❖ σκαφίδια ζύγισης και
- ❖ σπάτουλες.

➤ Όργανα και σκεύη γενικής χρήσης

- ❖ Δοκιμαστικοί σωλήνες
- ❖ Φιάλες αντιδραστηρίων
- ❖ Ράβδοι ανάδευσης
- ❖ Υγροβολείς
- ❖ Κάψες
- ❖ Χωνευτήρια
- ❖ Χωνιά
- ❖ Ιγδία
- ❖ Λύχνοι
- ❖ Λαβίδες κ.ά.


**Με δύο λόγια.....**


- Όργανα μέτρησης θερμοκρασίας  
Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με τα θερμόμετρα τα οποία μπορεί να είναι:
  - ▶ Γυάλινα θερμόμετρα
  - ▶ Ηλεκτρονικά θερμόμετρα
  - ▶ Μεταλλικά θερμόμετρα
- Όργανα-συσσκευές εργαστηρίου  
Οι σπουδαιότερες συσκευές είναι:
  - ▶ Υδρόλουτρα, Ατμόλουτρα, Ελαιόλουτρα.
  - ▶ Μαγνητικοί αναδευτήρες.
  - ▶ Πυριατήρια, Φούρνοι, λυχνίες υπερύθρου.
  - ▶ Φυγοκεντρικές συσκευές.
  - ▶ Εκχυλιστικές συσκευές.
  - ▶ Φασματόμετρα.
  - ▶ Φασματογράφοι.
  - ▶ Ιοντοανταλλακτικές στήλες.
  - ▶ Δισαποστακτήρες.
- ◉ Κανόνες ασφάλειας εργαστηρίου  
Η ασφάλεια και η υγιεινή ενός εργαστηρίου καθορίζονται από τους παρακάτω παράγοντες:
  - ▶ Ύπαρξη σύγχρονων συστημάτων ασφάλειας στο εργαστήριο,
  - ▶ Άρτια εκπαίδευση του προσωπικού,
  - ▶ Σωστός χειρισμός των σκευών και των οργάνων από τους αναλυτές,
  - ▶ Σωστή διαχείριση των αποβλήτων για τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος,
  - ▶ Ύπαρξη σχεδίου έκτακτης ανάγκης.
- ◉ Καθαρισμός και φύλαξη σκευών και οργάνων  
Η καθαριότητα των σκευών και των οργάνων συνδέεται άμεσα τόσο με την ακρίβεια όσο και με την αξιοπιστία της ανάλυσης. Γι' αυτό, στόχος κάθε σωστού αναλυτή θα πρέπει να είναι η επιμελής τήρηση των κανόνων και σταδίων καθαρισμού των σκευών και οργάνων.

**ΕΛΕΓΕΤΕ τις γνώσεις σας .....**

1. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:
  - α. Τι πρέπει να υπάρχει στην κύρια αίθουσα ενός αναλυτικού εργαστηρίου;
  - β. Ποιες βασικές ιδιότητες πρέπει να διακρίνουν τα υλικά κατασκευής ενός εργαστηρίου;
  - γ. Ποιες κατηγορίες χημικών αντιδραστηρίων γνωρίζετε;
  - δ. Ποιες είναι οι πιθανές επιπτώσεις από τη λανθασμένη χρησιμοποίηση μιας ουσίας;
  - ε. Ποιοι παράγοντες καθορίζουν τη σωστή φύλαξη και διατήρηση των αντιδραστηρίων;
  - στ. Τι θα πρέπει να προβλέπει ο σχεδιασμός ασφάλειας ενός εργαστηρίου;
2. Συμπληρώστε τα κενά ώστε να προκύπτουν σωστές προτάσεις:
  - α. Την ελάχιστη ευθραυστότητα παρουσιάζουν τα σκεύη από .....  
..... και η ..... είναι ..... και .....
  - β. Πρότυπα αντιδραστήρια είναι τα αντιδραστήρια των οποίων η .....  
..... και .....
  - γ. Τα ..... και ..... αντιδραστήρια φυλάσσονται μακριά από εστίες φωτιάς.
3. Να αντιστοιχίσετε τα δείγματα της 1ης στήλης με τα κατάλληλα όργανα μέτρησης της 2ης στήλης.

<ol style="list-style-type: none"><li>α. 11,0 g στερεού χλωριούχου νατρίου</li><li>β. 0,8 mL διαλύματος NaOH 10 % w/w</li><li>γ. 450 mL νερού</li><li>δ. 30 mL αραιού διαλύματος HCl</li><li>ε. 135 g σιδηρομετάλλευμα</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Μακροζυγός</li><li>2. Μικροζυγός</li><li>3. Σιφώνι 1 mL</li><li>4. Προχοΐδα 50 mL</li><li>5. Ογκομετρικός κύλινδρος 500 mL</li></ol>
--	---
4. Να χαρακτηρίσετε σωστές ή λανθασμένες τις παρακάτω προτάσεις σημειώνοντας Σ ή Λ δίπλα σε καθεμιά.
  - α. Τα γυαλιά ρολογιού και οι σπάτουλες ανήκουν στα βοηθητικά όργανα μέτρησης της μάζας.
  - β. Οι πλευρικές πόρτες του αναλυτικού ζυγού πρέπει να παραμένουν ανοιχτές κατά τη διάρκεια της ζύγισης, ώστε να είναι δυνατή η προσθήκη ή η αφαίρεση ποσότητας του ζυγιζόμενου σώματος.
4. Δώστε την ερμηνεία των παρακάτω σημάτων που βρέθηκαν στην ετικέτα ενός φιαλιδίου.

  
.....

  
.....
5. Επιλέξτε το κατάλληλο ή τα κατάλληλα σκεύη για τη διαλυτοποίηση ενός μεταλλικού νομίσματος με νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>).
6. Ποιος τύπος πυροσβεστήρα απαιτείται για πυρκαγιά
  - i. από βραχυκύκλωμα,
  - ii. από βενζίνη,
  - iii. από ανάφλεξη μεταλλικού νατρίου.

## Σύμβολα χαρακτηρισμού Επικινδυνότητας (Risk) και Ασφάλειας (Safety) των χημικών ουσιών.

- R<sub>1</sub>: Εκρηκτικό όταν είναι ξηρό.
- R<sub>2</sub>: Κίνδυνος έκρηξης από απότομο κτύπημα, τριβή, φωτιά ή άλλες πηγές ανάφλεξης.
- R<sub>3</sub>: Υπερβολικά εκρηκτικό σε απότομα κτυπήματα, τριβή, φλόγα ή άλλες αιτίες ανάφλεξης.
- R<sub>4</sub>: Μορφές (τύποι) πολύ ευαίσθητων εκρηκτικών μεταλλικών ενώσεων.
- R<sub>5</sub>: Θερμαινόμενο μπορεί να εκραγεί.
- R<sub>6</sub>: Εκρηκτικό με ή χωρίς επαφή με τον αέρα.
- R<sub>7</sub>: Μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά.
- R<sub>8</sub>: Η επαφή με καύσιμες ύλες μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά.
- R<sub>9</sub>: Εκρηκτικό όταν αναμιχθεί με καύσιμη ύλη.
- R<sub>10</sub>: Εύφλεκτο.
- R<sub>11</sub>: Πολύ εύφλεκτο.
- R<sub>12</sub>: Υπερβολικά εύφλεκτο.
- R<sub>13</sub>: Υπερβολικά εύφλεκτο, όταν πρόκειται για υγροποιημένα αέρια.
- R<sub>14</sub>: Αντιδρά βίαια με το νερό.
- R<sub>15</sub>: Η επαφή με το νερό απελευθερώνει πολύ εύφλεκτα αέρια.
- R<sub>15.1</sub>: Η επαφή με οξέα απελευθερώνει πολύ εύφλεκτα αέρια.
- R<sub>16</sub>: Εύφλεκτο όταν αναμιγνύεται με οξειδωτικές ουσίες.
- R<sub>17</sub>: Αυθόρμητα εύφλεκτο στον αέρα.
- R<sub>18</sub>: Κατά τη χρήση του, μπορεί να σχηματίσει εύφλεκτο/εκρηκτικό μίγμα ατμού-αέρος.
- R<sub>19</sub>: Μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά υπεροξείδια.
- R<sub>20</sub>: Επιβλαβές κατά την εισπνοή.
- R<sub>21</sub>: Επιβλαβές σε επαφή με το δέρμα.
- R<sub>22</sub>: Επιβλαβές κατά την κατάποση.
- R<sub>23</sub>: Τοξικό κατά την εισπνοή.
- R<sub>24</sub>: Τοξικό σε επαφή με το δέρμα.
- R<sub>25</sub>: Τοξικό κατά την κατάποση.
- R<sub>26</sub>: Πολύ τοξικό κατά την εισπνοή.
- R<sub>27</sub>: Πολύ τοξικό σε επαφή με το δέρμα.
- R<sub>28</sub>: Πολύ τοξικό στην κατάποση.
- R<sub>29</sub>: Η επαφή με το νερό απελευθερώνει τοξικό αέριο.
- R<sub>30</sub>: Μπορεί να μετατραπεί σε πολύ εύφλεκτο κατά τη χρήση του.
- R<sub>31</sub>: Η επαφή με οξέα απελευθερώνει τοξικό αέριο.
- R<sub>31.1</sub>: Η επαφή με αλκάλια απελευθερώνει τοξικό αέριο.
- R<sub>32</sub>: Η επαφή με οξέα απελευθερώνει πολύ τοξικό αέριο.
- R<sub>33</sub>: Κίνδυνος συσσωρευτικών αποτελεσμάτων (επιδράσεων).
- R<sub>34</sub>: Προκαλεί εγκαύματα.
- R<sub>35</sub>: Προκαλεί σοβαρά εγκαύματα.
- R<sub>36</sub>: Ερεθίζει τα μάτια.
- R<sub>37</sub>: Ερεθίζει το αναπνευστικό σύστημα.



- R<sub>38</sub>: Ερεθίζει το δέρμα.  
 R<sub>39</sub>: Κίνδυνος για σοβαρά ανεπανόρθωτα αποτελέσματα.  
 R<sub>40</sub>: Πιθανώς επικίνδυνο για ανεπανόρθωτα αποτελέσματα.  
 R<sub>41</sub>: Κίνδυνος για σοβαρή βλάβη στα μάτια.  
 R<sub>42</sub>: Προκαλεί ευαισθησία κατά την εισπνοή.  
 R<sub>43</sub>: Προκαλεί ευαισθησία κατά την επαφή με το δέρμα.  
 R<sub>44</sub>: Κίνδυνος έκρηξης κατά τη θέρμανση σε κλειστό χώρο.  
 R<sub>45</sub>: Μπορεί να προκαλέσει καρκίνο.  
 R<sub>46</sub>: Μπορεί να προκαλέσει κληρονομικές γενετικές βλάβες.  
 R<sub>47</sub>: Μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στη γέννα.  
 R<sub>48</sub>: Κίνδυνος για σοβαρές βλάβες στην υγεία, κατά την παρατεταμένη έκθεση.  
 R<sub>49</sub>: Μπορεί να προκαλέσει καρκίνο κατά την εισπνοή.  
 R<sub>14/15</sub>: Αντιδρά βίαια με το νερό, απελευθερώνοντας εξαιρετικά εύφλεκτα αέρια.  
 R<sub>15/29</sub>: Κατά την επαφή με το νερό, ελευθερώνει τοξικά και εξαιρετικά εύφλεκτο αέριο.  
 R<sub>20/21</sub>: Επιβλαβές κατά την εισπνοή και την επαφή με το δέρμα.  
 R<sub>20/22</sub>: Επιβλαβές κατά την εισπνοή και την κατάποση.  
 R<sub>20/21/22</sub>: Επιβλαβές κατά την εισπνοή, την κατάποση και την επαφή με το δέρμα.  
 R<sub>21/22</sub>: Επιβλαβές κατά την επαφή με το δέρμα και την κατάποση.  
 R<sub>23/24</sub>: Τοξικό κατά την εισπνοή και την επαφή με το δέρμα.  
 R<sub>23/25</sub>: Τοξικό κατά την εισπνοή και την κατάποση.  
 R<sub>23/24/25</sub>: Τοξικό κατά την εισπνοή, την επαφή με το δέρμα και την κατάποση.  
 R<sub>24/25</sub>: Τοξικό κατά την επαφή με το δέρμα και την κατάποση.  
 R<sub>26/27</sub>: Πολύ τοξικό κατά την εισπνοή και την επαφή με το δέρμα.  
 R<sub>26/28</sub>: Πολύ τοξικό κατά την εισπνοή και την κατάποση.  
 R<sub>26/27/28</sub>: Πολύ τοξικό κατά την επαφή με το δέρμα, την εισπνοή και την κατάποση.  
 S<sub>1</sub>: Διατηρήστε το σφραγισμένο.  
 S<sub>2</sub>: Διατηρήστε το μακριά από παιδιά.  
 S<sub>3</sub>: Διατηρήστε το σε δροσερό μέρος.  
 S<sub>4</sub>: Διατηρείται μακριά το ένα από το άλλο(living quarters).  
 S<sub>5</sub>: Διατηρήστε το περιεχόμενο μέσα σε :  
 S<sub>5.1</sub>: ...νερό.  
 S<sub>5.2</sub>: ... πετρέλαιο.  
 S<sub>6</sub>: Διατηρήστε το μέσα σε :  
 S<sub>6.1</sub>: ...άζωτο.  
 S<sub>6.2</sub>: ...αργό.  
 S<sub>6.3</sub>: ...CO<sub>2</sub>.  
 S<sub>7</sub>: Διατηρήστε το δοχείο ερμητικά κλειστό.  
 S<sub>8</sub>: Διατηρήστε το δοχείο ξερό.  
 S<sub>9</sub>: Διατηρήστε το δοχείο σε καλά αεριζόμενο χώρο.  
 S<sub>12</sub>: Μην κρατάτε (διατηρείτε) το δοχείο σφραγισμένο.  
 S<sub>13</sub>: Διατηρήστε το μακριά από τρόφιμα, ποτά και τροφές ζώων.  
 S<sub>14</sub>: Διατηρήστε το μακριά από :  
 S<sub>14.1</sub>: ...αναγωγικές ουσίες, ενώσεις βαρέων μετάλλων, οξέα, βάσεις.

- S<sub>14.2</sub>: ...οξειδωτικές ή όξινες ουσίες, καθώς και ενώσεις βαρέων μετάλλων.  
 S<sub>14.3</sub>: ...σίδηρο.  
 S<sub>14.4</sub>: ...νερό και αλκάλια.  
 S<sub>14.5</sub>: ...οξέα.  
 S<sub>14.6</sub>: ...βάσεις.  
 S<sub>14.7</sub>: ...μέταλλα.  
 S<sub>14.8</sub>: ...οξειδωτικές και όξινες ουσίες.  
 S<sub>15</sub>: Διατηρήστε το μακριά από θέρμανση.  
 S<sub>16</sub>: Διατηρήστε το μακριά από πηγές ανάφλεξης. Μην καπνίζετε.  
 S<sub>17</sub>: Διατηρήστε το μακριά από καύσιμες ύλες (εύφλεκτα υλικά).  
 S<sub>18</sub>: Χειριζόμαστε και ανοίγουμε (handle and open) το δοχείο με προσοχή.  
 S<sub>20</sub>: Όταν χρησιμοποιείτε το περιεχόμενο μην τρώτε ή πίνετε.  
 S<sub>21</sub>: Όταν χρησιμοποιείτε το περιεχόμενο μην καπνίζετε.  
 S<sub>22</sub>: Μην αναπνέετε τη σκόνη.  
 S<sub>23</sub>: Μην αναπνέετε το αέριο, τη σκόνη, τον ατμό και τα σταγονίδια.  
 S<sub>23.1</sub>: Μην αναπνέετε το αέριο.  
 S<sub>23.2</sub>: Μην αναπνέετε τον ατμό.  
 S<sub>23.3</sub>: Μην αναπνέετε τα σταγονίδια.  
 S<sub>23.4</sub>: Μην αναπνέετε τον καπνό.  
 S<sub>23.5</sub>: Μην αναπνέετε τον ατμό και τα σταγονίδια.  
 S<sub>24</sub>: Αποφεύγετε την επαφή με το δέρμα.  
 S<sub>25</sub>: Αποφεύγετε την επαφή με τα μάτια.  
 S<sub>26</sub>: Στην περίπτωση επαφής με τα μάτια, ξεπλύνετε με άφθονο νερό και συμβουλευτείτε γιατρό.  
 S<sub>27</sub>: Βγάλτε αμέσως όλα τα μολυσμένα ρούχα.  
 S<sub>28</sub>: Κατά την επαφή με το δέρμα, πλύνετε με άφθονο...:  
 S<sub>28.1</sub>: ...νερό.  
 S<sub>28.2</sub>: ...σαπούνι και νερό.  
 S<sub>28.3</sub>: ...σαπούνι και νερό και αν είναι δυνατόν με πολυαιθυλενο-γλυκόλη.  
 S<sub>28.4</sub>: ...πολυαιθυλενο-γλυκόλη 300 και αιθανόλη (2:1) και μετά με άφθονο σαπούνι και νερό.  
 S<sub>28.5</sub>: ...πολυαιθυλενο-γλυκόλη 400.  
 S<sub>28.6</sub>: ...πολυαιθυλενο-γλυκόλη 400 και μετά με άφθονο νερό.  
 S<sub>28.7</sub>: ...νερό και όξινο σαπούνι.  
 S<sub>29</sub>: Μην αδειάζετε στην αποχέτευση.  
 S<sub>30</sub>: Ποτέ δεν προσθέτουμε νερό στο προϊόν αυτό.  
 S<sub>33</sub>: Πάρτε προληπτικά μέτρα για την αυθόρμητη εκροή (εκτόνωση).  
 S<sub>34</sub>: Αποφεύγετε τα απότομα χτυπήματα και τις τριβές.  
 S<sub>35</sub>: Αυτή η ουσία και το δοχείο πρέπει να διατίθενται με ασφαλή τρόπο.  
 S<sub>35.1</sub>: Αυτή η ουσία και το δοχείο πρέπει να διατίθενται μετά από προηγούμενη κατεργασία με διάλυμα NaOH 2%.  
 S<sub>36</sub>: Πρέπει να φοράτε τα κατάλληλα προστατευτικά ρούχα.  
 S<sub>37</sub>: Πρέπει να φοράτε τα κατάλληλα προστατευτικά γάντια.  
 S<sub>38</sub>: Στην περίπτωση ανεπαρκούς αερισμού, φορέστε την αναπνευστική συσκευή.

- S<sub>39</sub>: Φορέστε προστασία ματιών και προσώπου.
- S<sub>40</sub>: Για να καθαρίσετε το πάτωμα ή οποιοδήποτε άλλο μέρος μολύνθηκε από την ουσία αυτή, χρησιμοποιήστε .....:
- S<sub>40.1</sub>: ...άφθονο νερό.
- S<sub>41</sub>: Σε περίπτωση που καίγεται ή διαφεύγει από το δοχείο του, μην αναπνέετε τους ατμούς.
- S<sub>42</sub>: Κατά τη διάρκεια της εξάτμισης/ εξαέρωσης, φορέστε την κατάλληλη αναπνευστική μάσκα.
- S<sub>43</sub>: Στην περίπτωση φωτιάς χρησιμοποιήστε .....
- S<sub>43,1</sub>: ...νερό.
- S<sub>43,2</sub>: ...νερό ή πυροσβεστική σκόνη.
- S<sub>43,3</sub>: ...πυροσβεστική σκόνη. Απαγορεύεται η χρήση νερού.
- S<sub>43,4</sub>: ...CO<sub>2</sub>. Απαγορεύεται η χρήση νερού.
- S<sub>43,5</sub>: ...Halones. Απαγορεύεται η χρήση νερού.
- S<sub>43,6</sub>: ...άμμο. Απαγορεύεται η χρήση νερού.
- S<sub>43,7</sub>: ...πυροσβεστική σκόνη μετάλλου. Απαγορεύεται η χρήση νερού.
- S<sub>43,8</sub>: ...πυροσβεστήρα μετάλλου, άμμου ή CO<sub>2</sub>. Ποτέ νερό.
- S<sub>44</sub>: Αν δεν αισθάνεστε καλά, συμβουλευτείτε γιατρό.
- S<sub>45</sub>: Στην περίπτωση ατυχήματος ή αν δεν νοιώθετε καλά συμβουλευτείτε γιατρό.
- S<sub>46</sub>: Αν το καταπιείτε, συμβουλευτείτε αμέσως γιατρό και δείξτε του το δοχείο ή την ετικέτα.
- S<sub>47</sub>: Διατηρείται σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους ...°C.
- S<sub>48</sub>: Διατηρείται υγρό με...
- S<sub>48,1</sub>: ...νερό.
- S<sub>49</sub>: Διατηρείται μόνο στο γνήσιο δοχείο συσκευασίας.
- S<sub>50</sub>: Μην το αναμίξετε με...:
- S<sub>50,1</sub>: ...οξέα.
- S<sub>50,2</sub>: ...βάσεις.
- S<sub>50,3</sub>: ...ισχυρά οξέα, ισχυρές βάσεις, μη σιδηρούχα μέταλλα ή άλατα.
- S<sub>51</sub>: Χρησιμοποιείται σε καλά αεριζόμενους χώρους .
- S<sub>52</sub>: Δε συνιστάται η χρήση του σε μεγάλες επιφάνειες, εσωτερικούς χώρους.
- S<sub>53</sub>: Αποφύγετε την επαφή. Κατάλληλο για χρήση. Διαβάστε τις ειδικές οδηγίες.
- S<sub>1/2</sub>: Διατηρήστε το κλειστό και μακριά από παιδιά.
- S<sub>3/7/9</sub>: Διατηρήστε το δοχείο ερμητικά κλειστό, σε δροσερό και καλά αεριζόμενο χώρο.
- S<sub>3/9</sub>: Διατηρείται σε δροσερό και καλά αεριζόμενο χώρο.
- S<sub>3/9/14</sub>: Διατηρείται σε δροσερό, καλά αεριζόμενο χώρο, μακριά από...:
- S<sub>3/9/14,1</sub>: ...αναγωγικές ουσίες, ενώσεις βαρέων μετάλλων, οξέα και βάσεις.
- S<sub>3/9/14,2</sub>: ...οξειδωτικές ουσίες και όξινα υλικά, καθώς και ενώσεις βαρέων μετάλλων.
- S<sub>3/9/14,3</sub>: ...σίδηρο.
- S<sub>3/9/14,4</sub>: ...νερό και βάσεις.
- S<sub>3/9/14,5</sub>: ...οξέα.
- S<sub>3/9/14,6</sub>: ...βάσεις.
- S<sub>3/9/14,7</sub>: ...μέταλλα.