

ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΙΙ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

Βιολάκης Βασίλης

Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Χημείας και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Αθηνών, Απόφοιτος Εθνικής Σχολής Δημόσιας Διοίκησης, Χημικός Μηχανικός Εθνικού Οργανισμού Φαρμάκων.

Θωμαΐδης Νίκος

Δρ Χημείας Πανεπιστημίου Αθηνών, Επιστημονικός Συνεργάτης του Γεωπονικού Πανεπιστημίου και του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΡΙΑ

Καπετάνου Ευαγγελία

Χημικός, Διευθύντρια Ε. Λ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Κορρές Χρήστος

Δρ Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ

Κοτονιάς Γεώργιος

Εκπαιδευτικός ΠΕ 18, Διευθυντής ΙΕΚ Σιβιτανιδείου

Μπαρδάκας Ευστράτιος

Χημικός Μηχανικός

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μπουσούνη Γκέσουρα - Ευαγγελία

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Υπεύθυνος του Τομέα “Χημικών εργαστηριακών εφαρμογών”

Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης

Χημικός Μ. Ed., Ph. D.

Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Με απόφαση της ελληνικής κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΤΕΕ
1ος ΚΥΚΛΟΣ – Β΄ ΤΑΞΗ

ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΧΗΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΙΙ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Βασίλης Βιολάκης
Νίκος Θωμαΐδης

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	7
Εισαγωγή:	
ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	9
1η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ:	
ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΚΕΤΥΛΟΣΑΛΙΚΥΛΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ	29
2η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ	
ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ ΣΕ ΣΙΔΗΡΟ.....	35
3η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	
ΤΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΤΟΥ ΟΞΑΛΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ - ΑΥΤΟΚΑΤΑΛΥΣΗ.....	41
4η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	47
5η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	55
6η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΘΕΠΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΑΦΗΣ	61
7η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΕΠΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ.....	67
8η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΜΜΩΝΙΑΣ.....	73
9η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ.....	83
10η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ NaCl: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΤΟ	
ΝΕΡΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΕ ΟΡΥΚΤΟ ΑΛΑΤΙ.....	89
11η Εργαστηριακή άσκηση:	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ NaCl:	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ SiO ₂ ΣΕ ΟΡΥΚΤΟ ΑΛΑΤΙ.....	93

12η Εργαστηριακή άσκηση:

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΟΡΥΚΤΟ ΑΛΑΤΙ..... 97

13η Εργαστηριακή άσκηση:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ:

ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ.....101

14η Εργαστηριακή άσκηση:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ:

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ111

15η Εργαστηριακή άσκηση:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΛΙΟΥΧΩΝ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ:

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟΥ ΚΑΛΙΟΥ119

16η Εργαστηριακή άσκηση:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

ΤΗΣ ΜΕΘΑΝΟΛΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΙΘΑΝΟΛΗΣ127

17η Εργαστηριακή άσκηση:

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΣΑΠΩΝΟΣ137

18η Εργαστηριακή άσκηση:

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΑΠΩΝΟΠΟΙΗΣΗΣ.....141

19η Εργαστηριακή άσκηση:

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΛΕΥΚΑΝΤΙΚΟΥ (ΥΠΕΡΒΟΡΙΚΟΥ ΝΑΤΡΙΟΥ)

ΣΕ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΤΙΚΑ145

20η Εργαστηριακή άσκηση:

ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΙΔΗΡΟΥ ΣΕ ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ.....149

21η Εργαστηριακή άσκηση:

ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ161

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι:

ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....175

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ:ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΜΑΖΩΝ (A_r)

ΤΩΝ ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ178

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ181

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι σε όλους γνωστή η αδυναμία του σπουδαστή ξένων γλωσσών να εμπεδώσει τη δομή και τη λειτουργία της ξένης γλώσσας και να μετατραπεί από παθητικός δέκτης σε ενεργητικό χρήστη της, όταν περιορίζεται στη θεωρητική μόνο εκμάθησή της μέσω της διδασκαλίας και της μελέτης των σχετικών διδακτικών εγχειριδίων. Η ουσιαστική και πλήρης αφομοίωση της λειτουργίας της γλώσσας επιτυγχάνεται, όταν, μετά από τη διδασκαλία, ο σπουδαστής ενταχθεί στο φυσικό περιβάλλον της γλώσσας και εκτεθεί στις πρακτικές δυσκολίες της. Αλλά και η μέθοδος διδασκαλίας, όσο περισσότερο είναι προσαρμοσμένη στις πραγματικές συνθήκες χρησιμοποίησης της γλώσσας, τόσο καλύτερα προετοιμάζει το σπουδαστή. Η βασική αυτή αρχή -της αναγκαιότητας εφαρμογής στην πράξη των αρχών κάθε γνωστικού πεδίου το οποίο επιχειρεί να προσεγγίσει ένας μαθητής- ισχύει, ιδίως όταν πρόκειται για γνωστικό πεδίο με καθαρά εφαρμοσμένο χαρακτήρα, όπως είναι το πεδίο της **Χημικής Τεχνολογίας**.

Ειδικότερα, κρίνεται ως απολύτως αναγκαία η ένταξη και η έκθεση των σημερινών μαθητών του Τομέα των Χημικών Εργαστηριακών Εφαρμογών των ΤΕΕ -μελλοντικών τεχνικών των χημικών εργαστηρίων- στις ιδιαιτερότητες του εργαστηριακού περιβάλλοντος πριν από την επαγγελματική τους δραστηριοποίηση. Προς την κατεύθυνση αυτή μπορεί να συμβάλει σημαντικά, εκτός από τον ανά χείρας Εργαστηριακό Οδηγό, και η οργανωμένη επίσκεψη των μαθητών σε χημικά εργαστήρια βιομηχανικών μονάδων, μονάδων ελέγχου ποιότητας κ.ο.κ.

Με τον **Εργαστηριακό Οδηγό** της Χημικής Τεχνολογίας επιχειρείται:

- (α) η διδακτική προσομοίωση μεθόδων παραγωγής βασικών χημικών προϊόντων που περιγράφονται στη θεωρία της Χημικής Τεχνολογίας (π.χ. παραγωγή θειικού οξέος με τη μέθοδο επαφής, παρασκευή σαπουνιού, αποσκλήρυνση νερού),
- (β) η εφαρμογή χαρακτηριστικών φυσικοχημικών ελέγχων που εφαρμόζονται στη βιομηχανική και εργαστηριακή πρακτική κατά τον έλεγχο ποιότητας των πρώτων υλών ή των βιομηχανικών προϊόντων (π.χ. ποσοτικός προσδιορισμός ακετυλοσαλικυλικού οξέος σε δισκία ασπιρίνης, έλεγχος χαρακτηριστικών ιδιοτήτων μεταλλεύματος αλουμινίου) και
- (γ) η εργαστηριακή υλοποίηση χαρακτηριστικών χημικών φαινομένων (π.χ. έλεγχος παραγόντων που επηρεάζουν την ταχύτητα χημικής αντίδρασης, αντιπροσωπευτικές χημικές αντιδράσεις μεθανόλης και αιθανόλης) που αξιοποιούνται συνήθως στη Χημική Βιομηχανία.

Η επιλογή των θεμάτων των εργαστηριακών ασκήσεων βασίστηκε αφενός στη διδακτική σπουδαιότητα των θεμάτων και στη σύνδεσή τους με τα αντίστοιχα κεφάλαια του θεωρητικού βιβλίου της **Χημικής Τεχνολογίας II** (ΤΕΕ, Β΄ τάξη 1ου κύκλου, Τομέας Χημικών Εργαστηριακών Εφαρμογών) και αφετέρου στη δυνατότητα διεξαγωγής των αντίστοιχων πειραμάτων από την άποψη του αναγκαίου εξοπλισμού και των απαιτούμενων θεωρητικών γνώσεων και τεχνικών δεξιοτήτων.

Κρίνεται απαραίτητο να τονιστεί ότι πριν από την εκτέλεση κάθε εργαστηριακής άσκησης πρέπει

να προηγηθούν:

- μελέτη του κεφαλαίου του βασικού βιβλίου της Χημικής Τεχνολογίας II που αντιστοιχεί στην εργαστηριακή άσκηση,
- εξαντλητική μελέτη των οδηγιών που περιλαμβάνει ο εργαστηριακός οδηγός,
- συζήτηση και αντιμετώπιση του ενδεχόμενου σχετικού προβληματισμού των μαθητών σε συνεργασία με τον υπεύθυνο καθηγητή (αν απαιτείται επιχειρείται από τον υπεύθυνο καθηγητή επιλογή ή και μερική τροποποίηση των εργαστηριακών ασκήσεων, ανάλογα με το διαθέσιμο εργαστηριακό εξοπλισμό, το γνωστικό υπόβαθρο και τις ανάγκες των μαθητών),
- μελέτη του αντίστοιχου φύλλου εργασίας και εκ των προτέρων (πριν από την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης) προσανατολισμός του μαθητή στην απάντηση των ζητούμενων.

Τέλος, για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση του βιβλίου, εκφράζονται ιδιαίτερες ευχαριστίες προς τα στελέχη και τους συνεργάτες του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, τα μέλη της ομάδας κρίσης και τους υπεύθυνους της ηλεκτρονικής επεξεργασίας και αναπαραγωγής.

Οι συγγραφείς

Βασίλης Βιολάκης

Νίκος Θωμαΐδης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

A. Κανόνες ασφάλειας

Η εκτέλεση χημικών πειραμάτων και η παρατήρηση των χημικών φαινομένων, όχι θεωρητικά, αλλά στην πραγματικότητα, παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερο ενδιαφέρον, σε σύγκριση με τη θεωρητική μόνο διδασκαλία της Χημείας. Εξάλλου, η Χημεία αποτελεί την κατ' εξοχήν πειραματική επιστήμη. Ωστόσο, η εργασία σε χημικό εργαστήριο εμφανίζει σημαντικές ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις σε σχέση με τη θεωρητική διδασκαλία. Όσο εντυπωσιακό είναι ένα πείραμα Χημείας, τόσο επικίνδυνη μπορεί να αποδειχτεί η εκτέλεσή του. Για το λόγο αυτό, κατά την ενασχόλησή σας με το χημικό εργαστήριο, πρέπει να τηρείτε με συνέπεια τουλάχιστον τους ακόλουθους κανόνες ασφάλειας:

1. Μην εκτελείτε πειράματα χωρίς να έχετε λάβει σχετική άδεια. Μην εργάζεστε στο εργαστήριο χωρίς την παρουσία του επιβλέποντος καθηγητή.
2. Όλα τα χημικά αντιδραστήρια θεωρούνται καταρχήν επικίνδυνα. Μην τα αγγίζετε και μη δοκιμάζετε τη γεύση και την οσμή τους.
3. Μην καταναλώνετε τρόφιμα ή ποτά στο χώρο του εργαστηρίου (υπάρχει κίνδυνος να μολυνθούν από τις χρησιμοποιούμενες χημικές ουσίες).
4. Μην επιχειρείτε αναρρόφηση ενός υγρού με το στόμα σας όταν χρησιμοποιείτε σιφώνιο. Χρησιμοποιείτε πάντοτε ελαστική φούσκα (πουάρ).
5. Μη χρησιμοποιείτε φλόγα όταν γίνεται χρήση ακετόνης ή άλλων εύφλεκτων διαλυτών.
6. Κατά τη θέρμανση υγρών χρησιμοποιήστε κατάλληλα στηρίγματα για τα ποτήρια ζέσεως ή για τις φιάλες. Χρησιμοποιήστε πυρήνες βρασμού για να αποφύγετε την εκτίναξη του υγρού. Όταν η θέρμανση γίνεται μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα, μην κατευθύνετε το άνοιγμά του προς τον εαυτό σας ή προς άλλα πρόσωπα.
7. Μη χρησιμοποιείτε σπασμένα ή ραγισμένα γυάλινα σκεύη. Για να εισαγάγετε γυάλινο σκεύος ή όργανο (π.χ. θερμόμετρο) σε ελαστικό πώμα, κρατήστε το γυάλινο σκεύος με ένα κομμάτι ύφασμα.
8. Ποτέ μην προσθέτετε νερό σε πυκνά διαλύματα οξέων (η θερμότητα αραίωσης μπορεί να προκαλέσει εκτίναξη του οξέος). Αραιώστε πυκνά διαλύματα οξέων ή βάσεων, προσθέτοντας αργά μικρές ποσότητες των αντιδραστηρίων αυτών σε μεγάλες ποσότητες νερού, με ταυτόχρονη συνεχή ανάδευση.
9. Αν το δέρμα ή τα μάτια σας έρθουν σε επαφή με οξύ, με βάση ή με άλλο αντιδραστήριο, πλύνετε αμέσως την προσβληθείσα περιοχή του σώματός σας με άφθονο νερό (για το σκοπό αυτό χρησι-

μπορούνται κυρίως ειδικοί καταιονητήρες νερού). Αν πρόκειται για τα μάτια, κατά την πλύση κρατήστε τα βλέφαρα ανοιχτά με τη βοήθεια άλλου ατόμου. Ζητήστε στη συνέχεια ιατρική βοήθεια.

10. Σε περίπτωση ανάφλεξης των ρούχων σας προσπαθήστε να μην πανικοβληθείτε. Περπατήστε (μην τρέξετε) μέχρι τον καταιονητήρα νερού και κατευθύνετε επάνω σας την παροχή νερού. Για να σβήσει η φλόγα, μπορείτε να κυλιστείτε στο δάπεδο. Μην τυλίγεστε με σκεπάσματα, διότι έτσι διατηρείτε τη θερμότητα της φλόγας πολύ κοντά στο σώμα σας και ενδεχομένως οδηγείτε τη φλόγα στο πρόσωπό σας (φαινόμενο καμινάδας).
11. Τηρήστε τους κανόνες που αφορούν τη διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων. Τα διαλύματα τα οποία επιτρέπεται να διατεθούν στο αποχετευτικό δίκτυο χύνονται αργά, αφού προηγουμένως αραιωθούν 100 φορές με νερό (επίσης είναι δυνατή η ταυτόχρονη παροχή μεγάλης ποσότητας νερού κατά τη διοχέτευση των διαλυμάτων στο δίκτυο). Πριν από τη χρησιμοποίηση οποιουδήποτε αντιδραστήριου διαβάστε προσεκτικά στην ετικέτα του δοχείου του τα ενημερωτικά σήματα που αναφέρονται στην επικινδυνότητα των ουσιών αυτών για τον άνθρωπο και για το περιβάλλον.
12. Κατά την παραμονή σας στο εργαστήριο προσπαθήστε να είστε πάντοτε σε ετοιμότητα. Προετοιμαστείτε για τους πιθανούς κινδύνους και μελετήστε προσεκτικά εκ των προτέρων τις απαιτήσεις ασφάλειας κάθε πειράματος. Ζητήστε τη βοήθεια του επιβλέποντος καθηγητή και, πάντως, μην αρχίζετε ένα πείραμα, αν δεν έχετε κατανοήσει πλήρως τι πρέπει να κάνετε.

B. Βασικός εργαστηριακός εξοπλισμός

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός αποτελείται από τα γυάλινα σκεύη και τα μεταλλικά εξαρτήματα καθημερινής χρήσης, τις ηλεκτρομηχανολογικές συσκευές, τα ηλεκτρονικά όργανα και τα χημικά αντιδραστήρια και διαλύματα¹ (τα πιο συνηθισμένα εργαστηριακά σκεύη παρουσιάζονται στα σχετικά σχήματα).

Ο **υδροβολέας** είναι δοχείο κατασκευασμένο συνήθως από πολυαιθυλένιο στο οποίο τοποθετείται απιονισμένο νερό (δηλαδή νερό που έχει απαλλαγεί από ιόντα, ύστερα από διέλευσή του από ειδική στήλη ανταλλαγής ιόντων) ή απεσταγμένο νερό (δηλαδή νερό που έχει απαλλαγεί από ιόντα με τη διαδικασία της απόσταξης) για εργαστηριακή χρήση. Χρησιμοποιείται, π.χ., όταν επιχειρούμε να αραιώσουμε ένα διάλυμα ή όταν επιθυμούμε να εκπλύνουμε τα τοιχώματα μιας γυάλινης φιάλης.

Το **ποτήρι ζέσεως** χρησιμοποιείται συνήθως για την παρασκευή μειγμάτων ή, βοηθητικά, για τη μεταφορά υγρών. Για να αναδεύσουμε ένα διάλυμα μέσα σε ποτήρι ζέσεως ή για να μεταγγίσουμε ένα υγρό από έναν περιέκτη σε έναν άλλο, χρησιμοποιούμε τη **γυάλινη ράβδο**.

1. Στο Παράρτημα I, στο τέλος του βιβλίου, περιγράφονται ορισμένα βασικά εργαστηριακά όργανα και σκεύη, στερεά αντιδραστήρια, πυκνά διαλύματα οξέων και βάσεων και οργανικά αντιδραστήρια τα οποία υπάρχουν συνήθως σε ένα χημικό εργαστήριο.

Τα **χωνιά** χρησιμοποιούνται είτε για τη μετάγγιση ενός διαλύματος ή ενός στερεού αντιδραστηρίου από έναν περιέκτη σε έναν άλλο είτε, σε συνδυασμό με χάρτινο ηθμό, για τη διήθηση μειγμάτων και το διαχωρισμό του ιζήματος. Η διήθηση είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί και με τη βοήθεια ειδικών **ηθμών** από γυαλί ή από πορσελάνη.

Τα **σιφώνια** διακρίνονται σε **σιφώνια πλήρωσης** και σε **σιφώνια μέτρησης**. Με τα πρώτα μεταφέρουμε έναν όγκο υγρού, που είναι γνωστός με ακρίβεια, από έναν περιέκτη σε έναν άλλο. Τα σιφώνια μέτρησης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση όγκου υγρών με μεγαλύτερη ακρίβεια από την ακρίβεια των ογκομετρικών κυλίνδρων, αλλά μικρότερη από την ακρίβεια των σιφωνίων πλήρωσης. Το γέμισμα και το άδειασμα των σιφωνίων γίνονται με τα σιφώνια σε κατακόρυφη θέση. Κατά το γέμισμα π.χ. ενός σιφωνίου πλήρωσης, βυθίζεται καλά το ρύγχος του σιφωνίου μέσα στο αναρροφούμενο υγρό και, με τη βοήθεια πουάρ, γεμίζεται το σιφώνιο πλήρωσης, μέχρι να φτάσει η στάθμη του υγρού λίγο πάνω από τη χαραγή. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του δείκτη του χεριού ρυθμίζεται ο όγκος του υγρού μέχρι τη χαραγή ακριβώς. Μετά το πλήρες άδειασμα παραμένει μικρός όγκος υγρού μέσα στο σιφώνιο, χωρίς να απαιτείται να απομακρυνθεί, αφού ο όγκος αυτός έχει συνυπολογιστεί κατά τη βαθμονόμηση του σιφωνίου. Η βαθμονόμηση των σιφωνίων, όπως και των υπόλοιπων σκευών μέτρησης όγκου, έχει γίνει σε θερμοκρασία ίση με 20 °C. Επομένως, προκειμένου να αποφευχθούν μικρά σφάλματα, πρέπει να χρησιμοποιούνται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος που δεν αποκλίνει σημαντικά από τη θερμοκρασία αυτή.

Οι **ογκομετρικές φιάλες** είναι γυάλινες σφαιρικές φιάλες με λεπτά τοιχώματα και στενό λαιμό, επάνω στον οποίο υπάρχει μια χαραγή. Όταν η βάση του μηνίσκου που σχηματίζει το υγρό στο λαιμό της ογκομετρικής φιάλης συμπίπτει με τη χαραγή (η ανάγνωση γίνεται με τα μάτια στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τη χαραγή), τότε περιέχεται στη φιάλη όγκος υγρού ίσος με την ονομαστική χωρητικότητα της ογκομετρικής φιάλης. Οι ογκομετρικές φιάλες χρησιμοποιούνται για την παρασκευή διαλυμάτων με συγκεκριμένο τελικό όγκο και όχι για τη μέτρηση του όγκου διαλυμάτων και τη μεταφορά τους σε άλλο περιέκτη (κατά τη μεταφορά από την ογκομετρική φιάλη λαμβάνεται όγκος λίγο μικρότερος από τον όγκο του υγρού μέσα στη φιάλη). Συνήθως, πριν από την πλήρωση της φιάλης ως τη χαραγή ανακινούμε το μείγμα, ώσπου να σχηματιστεί διάλυμα και στη συνέχεια συμπληρώνουμε μέχρι τον συγκεκριμένο τελικό όγκο.

Η **προχοΐδα** χρησιμοποιείται για την παραλαβή, κυρίως κατά τις ογκομετρήσεις², γνωστού με ακρίβεια όγκου ενός υγρού. Η ρύθμιση της εκροής του υγρού γίνεται με τη βοήθεια στρόφιγγας κατασκευασμένης από γυαλί ή από Teflon (στην περίπτωση της γυάλινης στρόφιγγας γίνεται λίπανση με ειδικό λιπαντικό). Ο όγκος του υγρού που παραλαμβάνεται υπολογίζεται από τη διαφορά της στάθμης του υγρού μέσα στην προχοΐδα. Οι ενδείξεις της λαμβάνονται με βάση το κατώτερο σημείο του μηνίσκου που σχηματίζει το υγρό μέσα στην προχοΐδα, εκτός αν το υγρό είναι τόσο έντονα χρωματισμένο ώστε δεν είναι ορατή η βάση του μηνίσκου (στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται η κορυφή

2. Για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την ογκομέτρηση διαλυμάτων βλ. Εισαγωγή στην 8η εργαστηριακή άσκηση (Προσδιορισμός περιεκτικότητας διαλύματος αμμωνίας).

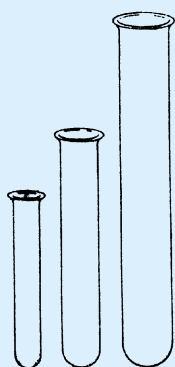
του μηνίσκου). Στο ρύγχος της προχοΐδας πρέπει να μην υπάρχουν φυσαλίδες αέρα (οι φυσαλίδες αυτές είναι δυνατόν κατά την ογκομέτρηση να εισβάλουν στο κυρίως μέρος της προχοΐδας και να προκαλέσουν σφάλματα). Γενικά, για την αποφυγή σφαλμάτων, απαιτείται αρκετή εξάσκηση στο χειρισμό και την ανάγνωση των ενδείξεων της προχοΐδας. Η προχοΐδα γεμίζεται αμέσως πριν από τη χρησιμοποίησή της και δε χρησιμοποιείται για τη φύλαξη διαλυμάτων.

Ο **ξηραντήρας** είναι ένα γυάλινο δοχείο το οποίο περιέχει ξηραντικό υλικό (π.χ. άνυδρο χλωριούχο ασβέστιο, θειικό ασβέστιο ή υπερχλωρικό μαγνήσιο) και χρησιμοποιείται για να ψύξουμε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος θερμά σώματα ή απλώς για να φυλάξουμε κάποια σώματα σε περιβάλλον χαμηλής υγρασίας. Έτσι, π.χ., είναι δυνατόν να ζυγίσουμε τα σώματα αυτά χωρίς να περιλάβουμε στη ζύγιση και την υγρασία που έχουν απορροφήσει από την ατμόσφαιρα.

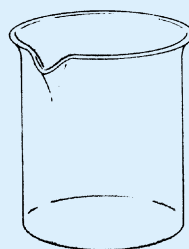
Τα γυάλινα σκεύη διατηρούνται καθαρά. Αμέσως μετά από τη χρησιμοποίησή τους καθαρίζονται με αραιό διάλυμα απορρυπαντικού (κατά προτίμηση θερμού), εκπλένονται αρχικά με νερό βρύσης και στη συνέχεια με απεσταγμένο νερό και αφήνονται να στεγνώσουν καλά πριν ξαναχρησιμοποιηθούν. Αν χρειάζεται χρησιμοποιείται ειδικό διάλυμα καθαρισμού, σύμφωνα με τις οδηγίες του επιβλέποντος καθηγητή.

Τέλος, αποφεύγεται η φύλαξη αλκαλικών διαλυμάτων σε γυάλινα σκεύη με εσφυρισμένο γυάλινο πώμα διότι τα διαλύματα αυτά προκαλούν συγκόλληση του πώματος στο στόμιο των σκευών (τα αλκαλικά διαλύματα προσβάλλουν το γυαλί). Στις περιπτώσεις αλκαλικών διαλυμάτων χρησιμοποιούνται πλαστικά πώματα και, κατά προτίμηση, πλαστικές φιάλες από πολυαιθυλένιο. Επίσης, μπορούμε να προστατεύσουμε τα διαλύματα αυτά από το διοξείδιο του άνθρακα του ατμοσφαιρικού αέρα, είτε περιορίζοντας τον όγκο του αέρα που έρχεται σε επαφή με αυτά, είτε αποφεύγοντας να τα παρασκευάσουμε αρκετό χρόνο πριν από τη χρησιμοποίησή τους.

Ένα από τα όργανα που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στο χημικό εργαστήριο είναι ο **ζυγός**. Ο **ζυγός** χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της μάζας ενός σώματος. Η δε αξιοπιστία των ποσοτικών αποτελεσμάτων των εργαστηριακών μετρήσεων, σε μεγάλο βαθμό, εξαρτάται από την ακρίβεια των ζυγίσεων. Σήμερα στα αναλυτικά εργαστήρια χρησιμοποιούνται ευρέως ηλεκτρονικοί ζυγοί ακριβείας, οι οποίοι εκτόπισαν πλήρως τους μηχανικούς ζυγούς δύο δίσκων ή ενός δίσκου, που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα. Ένας ηλεκτρονικός ζυγός χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα για την παραγωγή μαγνητικής δύναμης, η οποία αντισταθμίζει το βάρος του αντικειμένου που έχει τοποθετηθεί στο δίσκο ζύγισης. Το ηλεκτρικό ρεύμα που απαιτείται για να παραχθεί η συγκεκριμένη δύναμη είναι ευθέως ανάλογο με τη μάζα του αντικειμένου. Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός τέτοιου ζυγού είναι το μέγιστο φορτίο ζύγισης (π.χ. 120 g ή 1 kg), η ακρίβεια ανάγνωσης της ζύγισης (π.χ. ακρίβεια 0,1 g ή 0,001 g), ο χρόνος σταθεροποίησης (π.χ. 2 s), η επαναληψιμότητα των ζυγίσεων κ.ο.κ.



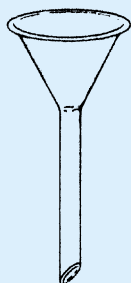
Δοκιμαστικοί σωλήνες



Ποτήρια ζέσεως



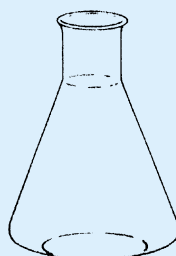
Φιαλίδιο με σταγονόμετρο.



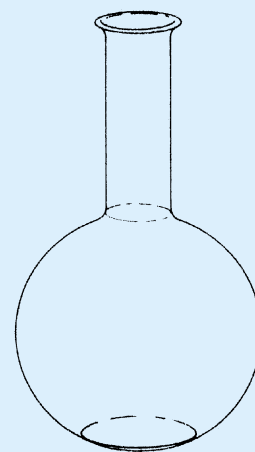
Χωνί



Ύαλος ωρολογίου



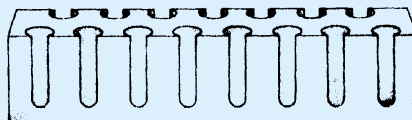
Κωνικές φιάλες



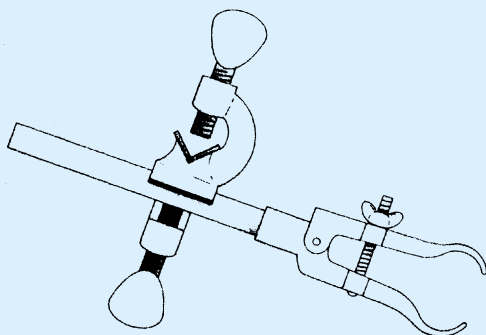
Σφαιρική φιάλη



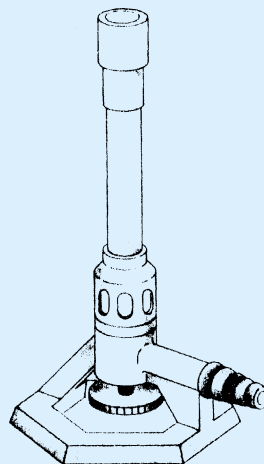
Πουάρ



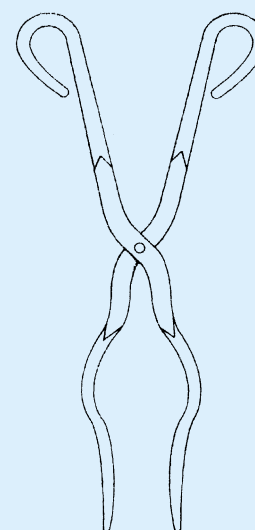
Στήριγμα δοκιμαστικών σωλήνων



Στήριγμα

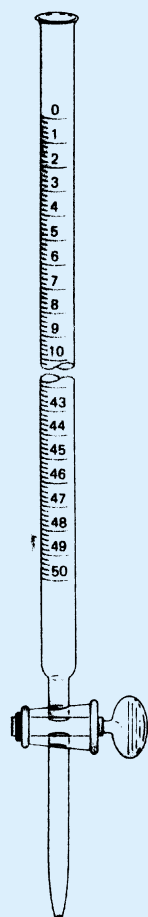


Λύχνος Bunsen.

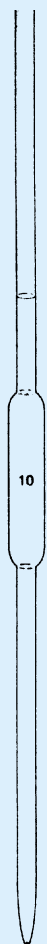
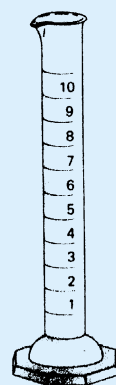
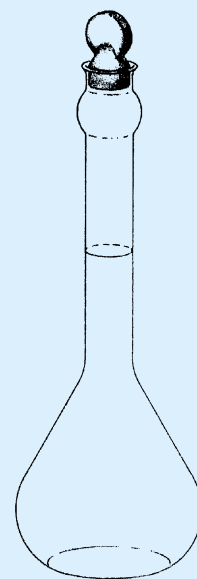


Λαβίδα

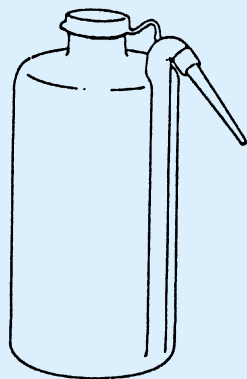
Βασικά εργαστηριακά σκεύη.



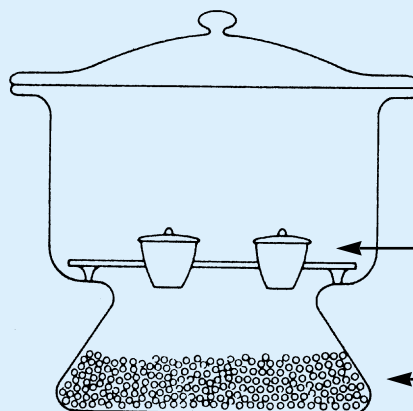
Προχοΐδα

Σιφώνιο
μέτρησηςΣιφώνιο
πλήρωσηςΟγκομετρικός
κύλινδρος

Ογκομετρική φιάλη



Υδροβολέας

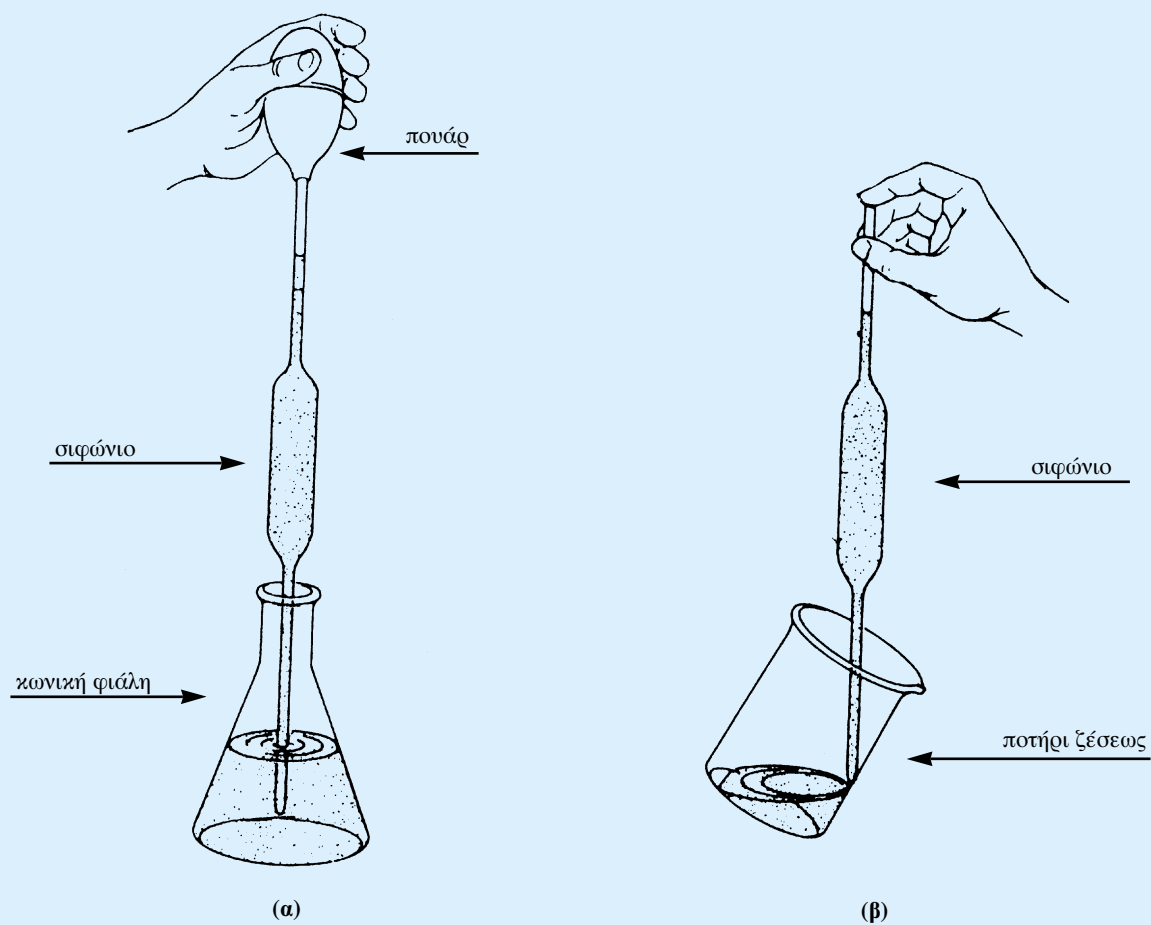


Ξηραντήρας

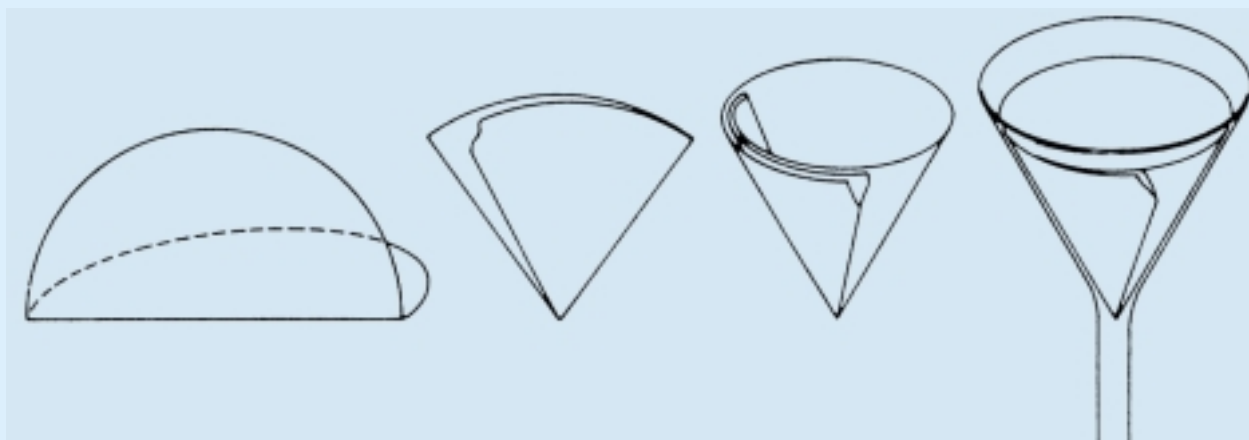
Χωνευτήριο από πορσελάνη.

Ξηραντικό υλικό

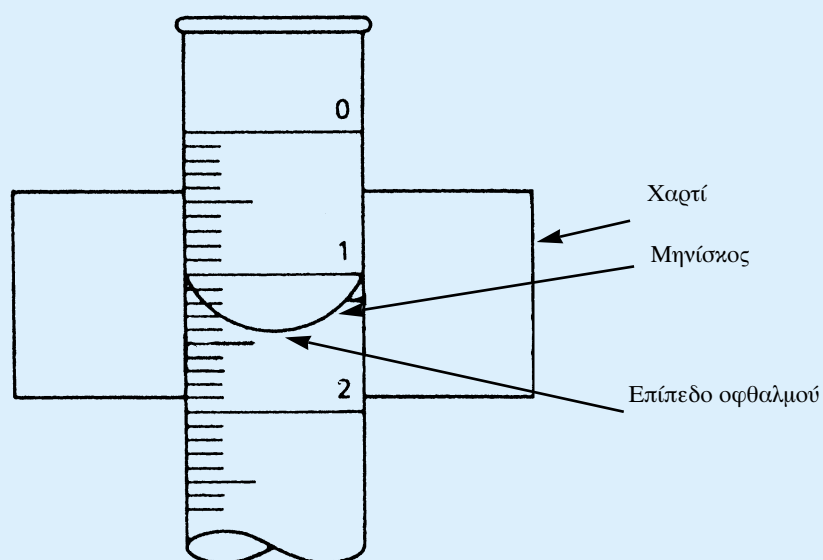
Βασικά εργαστηριακά σκεύη.



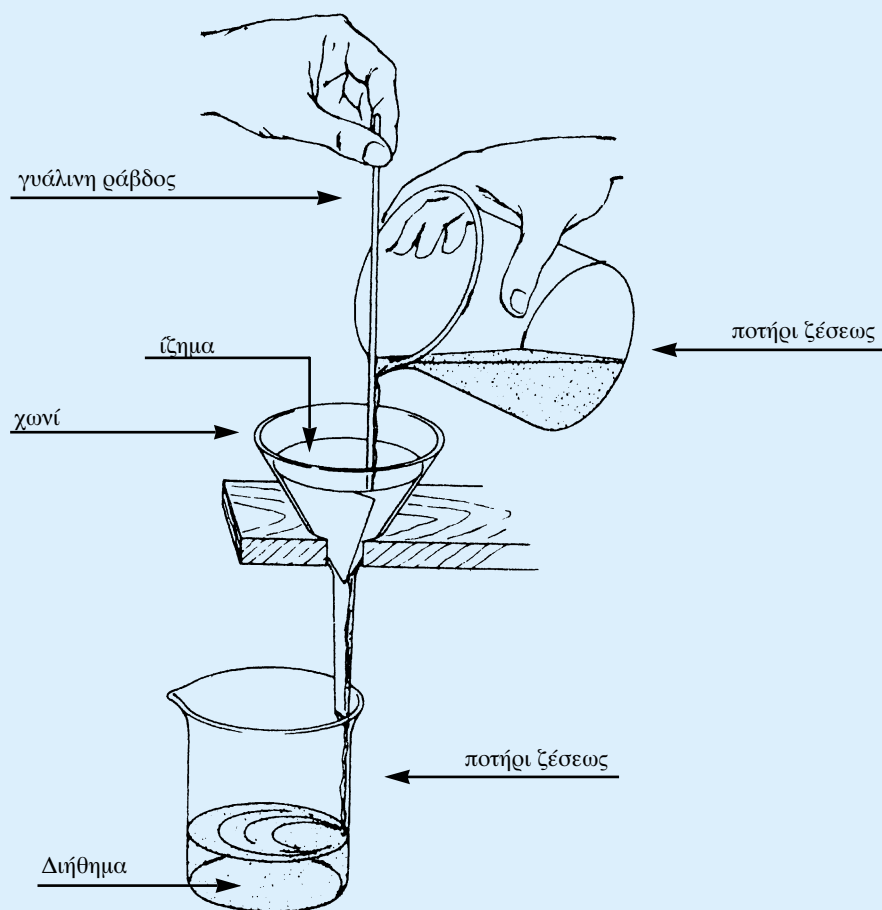
- (α) Πλήρωση σιφωνίου πάνω από τη χαραγή.
(β) Ρύθμιση όγκου μέχρι τη χαραγή.



Αναδίπλωση χάρτινου ηθμού.



Ανάγνωση ένδειξης προχοΐδας. Ο οφθαλμός πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο με τη βάση του μηνίσκου. Η ένδειξη είναι 1,4 ml.



Τεχνική διήθησης με χαρτίνο ηθμό.

Γ. Εκφράσεις συγκέντρωσης διαλύματος

Ένα **διάλυμα** είναι ένα ομογενές μείγμα που αποτελείται από το **διαλύτη** (συνήθως το νερό ή μια οργανική ουσία, όπως είναι το εξάνιο) και τη **διαλυμένη ουσία**. Η **συγκέντρωση** ενός διαλύματος είναι η σχετική αναλογία της διαλυμένης ουσίας και του διαλύτη στο διάλυμα. Τα διαλύματα που θα μας απασχολήσουν στις επόμενες εργαστηριακές ασκήσεις είναι διαλύματα στερεών ή υγρών ουσιών σε υγρούς διαλύτες.

(α) Η **% μ/μ περιεκτικότητα** ενός διαλύματος χρησιμοποιείται για να εκφράσει την κατά προσέγγιση συγκέντρωση του διαλύματος και υπολογίζεται από το μαθηματικό τύπο:

$$\% \mu/\mu \text{ περιεκτικότητα} = \frac{m}{(m + m_0)} \times 100$$

όπου m = μάζα διαλυμένης ουσίας σε g,
 m_0 = μάζα διαλύτη σε g.

(β) Η **μοριακότητα (Molarity)** ή **μοριακή κατ' όγκο συγκέντρωση** ενός διαλύματος βασίζεται στον όγκο του διαλύματος και χρησιμοποιείται ευρέως στο εργαστήριο αφού εκεί μετρικούνται συνήθως όγκοι διαλυμάτων. Η μοριακότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$M = \frac{n}{V}$$

όπου M = η μοριακότητα σε mol/l ($1 \text{ mol/l} = 1 \text{ M}$),
 n = αριθμός γραμμομορίων διαλυμένης ουσίας ($n = m/M_r$),
 V = όγκος διαλύματος σε λίτρα.

(γ) Η **κανονικότητα (Normality)** ενός διαλύματος, όπως και η μοριακότητα, βασίζεται στον όγκο του διαλύματος. Η κανονικότητα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$N = \frac{eq}{V}$$

όπου N = η κανονικότητα σε eq/l ($1 \text{ eq/l} = 1 \text{ N}$),
 eq = αριθμός γραμμοϊσοδυνάμων διαλυμένης ουσίας,
 V = όγκος διαλύματος σε λίτρα.

Η έννοια του γραμμοϊσοδυνάμου ουσίας, σε αντίθεση με την έννοια του γραμμομορίου, αναφέρεται σε συγκεκριμένη αντίδραση της ουσίας. Έτσι, διακρίνουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

(α) 1 **γραμμοϊσοδύναμο οξέος** (συμμετέχει σε μεταθετική αντίδραση) ισούται με 1 γραμμομόριο της ουσίας προς τον αριθμό ιόντων H^+ που παρέχει ένα μόριο του οξέος, π.χ. $1 \text{ eq } H_2SO_4 = 1 \text{ mol } H_2SO_4 / 2$,

- (β) 1 **γραμμοϊσοδύναμο βάσης** (συμμετέχει σε μεταθετική αντίδραση) ισούται με 1 γραμμομόριο της ουσίας προς τον αριθμό ιόντων H^+ που προσλαμβάνει ένα μόριο της βάσης, π.χ. $1 \text{ eq } NH_3 = 1 \text{ mol } NH_3 / 1$,
- (γ) 1 **γραμμοϊσοδύναμο άλατος** (συμμετέχει σε μεταθετική αντίδραση) ισούται με 1 γραμμομόριο της ουσίας προς τον αριθμό οξείδωσης των αντιδρώντων θετικών ή αρνητικών ιόντων, π.χ. $1 \text{ eq } Fe^{2+}SO_4 = 1 \text{ mol } FeSO_4 / 2$,
- (δ) 1 **γραμμοϊσοδύναμο οξειδωτικού σώματος** (συμμετέχει σε οξειδοαναγωγική αντίδραση) ισούται με 1 γραμμομόριο της ουσίας προς τον αριθμό των ηλεκτρονίων που προσλαμβάνει ένα μόριο ουσίας, π.χ. $1 \text{ eq } KMnO_4 = 1 \text{ mol } KMnO_4 / 5$ (για την αντίδραση: $Mn^{7+}O_4^- \rightarrow Mn^{2+}$),
- (ε) 1 **γραμμοϊσοδύναμο αναγωγικού σώματος** (συμμετέχει σε οξειδοαναγωγική αντίδραση) ισούται με 1 γραμμομόριο της ουσίας προς τον αριθμό των ηλεκτρονίων που αποβάλλει ένα μόριο ουσίας, π.χ. $1 \text{ eq } FeSO_4 = 1 \text{ mol } FeSO_4 / 1$ (για την αντίδραση: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$).

Η σχέση που συνδέει τη μοριακότητα με την κανονικότητα είναι η εξής:

$$N = n' \times M$$

όπου N = η κανονικότητα,

M = η μοριακότητα,

n' = ο αριθμός με τον οποίο διαιρείται το γραμμομόριο για να υπολογιστεί το γραμμοϊσοδύναμο (βλ. παραπάνω περιπτώσεις (α) έως (ε)).

Δ. Παρασκευή και αραίωση διαλύματος

Οι διαλυμένες ουσίες απαντούν στα διαλύματα είτε ως μόρια είτε ως ιόντα. Ένα διάλυμα χαρακτηρίζεται ως **ακόρεστο**, όταν μπορεί να διαλυθεί σε αυτό επιπλέον ποσότητα διαλυμένης ουσίας. Ένα διάλυμα το οποίο περιέχει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα διαλυμένης ουσίας και βρίσκεται σε ισορροπία με ποσότητα αδιάλυτης ουσίας χαρακτηρίζεται ως **κορεσμένο**. Η συγκέντρωση ακριβώς της ουσίας σε ένα κορεσμένο διάλυμά της, σε ορισμένη θερμοκρασία, ονομάζεται **διαλυτότητα** της ουσίας (εκφράζεται στις ίδιες μονάδες στις οποίες εκφράζεται και η συγκέντρωση). **Υπέρκορο** είναι το διάλυμα που περιέχει ποσότητα προς διάλυση ουσίας μεγαλύτερη από την απαιτούμενη για να προκύψει κορεσμένο διάλυμα. Η διαλυτότητα μιας ουσίας εξαρτάται από τη φύση της διαλυμένης ουσίας και του διαλύτη, από τη θερμοκρασία (η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει συνήθως τη διαλυτότητα στερεών σε υγρά) και από την πίεση (στην περίπτωση μόνο διαλυμάτων αερίων σε υγρά).

Για την **παρασκευή διαλύματος** στερεού σε υγρό (συνήθως σε νερό) αρχικά τοποθετείται η κατάλληλη ποσότητα στερεού εντός της κατάλληλης ογκομετρικής φιάλης, ώστε να προκύψει τελικά διάλυμα της επιθυμητής συγκέντρωσης. Στη συνέχεια, προστίθεται η μισή συνήθως από την απαιτούμενη ποσότητα διαλύτη, και το μείγμα ανακινείται μέχρι να διαλυθεί. Τέλος, γίνεται συμπλήρωση με νερό

μέχρι τη χαραγή στο λαιμό της ογκομετρικής φιάλης.

Για την **αραίωση διαλύματος** εφαρμόζουμε κατ' αρχάς την εξίσωση:

$$n_1 = n_2 \rightarrow M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

όπου n_1 = αριθμός γραμμομορίων διαλυμένης ουσίας πριν από την αραίωση,

n_2 = αριθμός γραμμομορίων διαλυμένης ουσίας μετά την αραίωση,

M_1 = μοριακότητα διαλύματος πριν από την αραίωση,

M_2 = μοριακότητα διαλύματος μετά την αραίωση,

V_1 = όγκος διαλύματος πριν από την αραίωση,

V_2 = όγκος διαλύματος μετά την αραίωση.

Έτσι, για συγκεκριμένες τιμές M_1 , M_2 και V_2 υπολογίζουμε από την παραπάνω εξίσωση τον όγκο του αρχικού διαλύματος (V_1) που απαιτείται να τοποθετήσουμε σε ογκομετρική φιάλη, όγκου V_2 και να συμπληρώσουμε στη συνέχεια με διαλύτη μέχρι τη χαραγή ώστε να ληφθεί το αραιωμένο διάλυμα της επιθυμητής συγκέντρωσης, M_2 .

Ε. Σφάλματα κατά τις εργαστηριακές μετρήσεις

Όταν πραγματοποιούμε στο εργαστήριο ποσοτικές δοκιμές (π.χ. όταν επιχειρούμε να προσδιορίσουμε την περιεκτικότητα ενός μείγματος σε μία ορισμένη ουσία), η πειραματική τιμή (δηλαδή η τιμή την οποία προσδιορίζουμε πειραματικά) σχεδόν ποτέ δεν ταυτίζεται με την πραγματική (δηλαδή την αληθινή περιεκτικότητα του δείγματος). Η αιτία αυτής της απόκλισης είναι τα διάφορα **σφάλματα** τα οποία υπεισέρχονται στην εργαστηριακή δοκιμή.

Σήμερα έχει αναπτυχθεί ολόκληρη θεωρία η οποία ασχολείται με τα είδη των διάφορων πηγών αβεβαιότητας των μετρήσεων (είναι ο όρος που τείνει να εκτοπίσει τον όρο σφάλμα) και την ποσοτικοποίησή τους. Η **αβεβαιότητα των μετρήσεων** οφείλεται στα **τυχαία σφάλματα** (δηλαδή στα σφάλματα που αποδίδονται σε αστάθμητους παράγοντες, όπως είναι η τεχνική ικανότητα του αναλυτή, μια τυχαία μεταβολή της θερμοκρασίας του εργαστηριακού χώρου η οποία μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη μέτρηση του όγκου με μία ογκομετρική φιάλη κ.ο.κ.) και στα **συστηματικά σφάλματα** (δηλαδή στα σφάλματα που αποδίδονται σε συγκεκριμένους σταθερούς παράγοντες, όπως είναι, π.χ., η χρησιμοποίηση ζυγού ο οποίος λόγω κακής βαθμονόμησής του προσθέτει σταθερά 10 mg σε κάθε αντικείμενο που ζυγίζουμε).

Προκειμένου να περιορίσουμε την επίδραση των διάφορων τύπων αβεβαιότητας και να οδηγηθούμε σε εργαστηριακά αποτελέσματα που θα βρίσκονται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην πραγματική τιμή, πρέπει:

- (α) να εκτελούμε τις διάφορες φάσεις της εργαστηριακής δοκιμής με ιδιαίτερη σχολαστικότητα και προσοχή,
- (β) να ελέγχουμε την καλή κατάσταση των οργάνων και των σκευών που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο (π.χ. να βαθμονομείται ο ζυγός με ειδικό πρότυπο βάρος ανά τακτά χρονικά διαστήματα),

- (γ) να διορθώνουμε υπολογιστικά τα αποτελέσματα ως προς τα συστηματικά σφάλματα (π.χ. να αφαιρούμε κάθε φορά 10 mg από την ένδειξη της μάζας που μας παρέχει ο χαλασμένος ζυγός) και
- (δ) να επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση όσο το δυνατόν περισσότερες φορές, έτσι ώστε αντί μίας να λαμβάνουμε πολλές τιμές-εκτιμήσεις της πραγματικής τιμής και να χρησιμοποιούμε ως αποτέλεσμα το μέσο όρο των αποτελεσμάτων αυτών (ο μέσος όρος ισούται με το άθροισμα των τιμών προς το πλήθος των τιμών).

Μέτρα της αξιοπιστίας των πειραματικών αποτελεσμάτων μας είναι η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων. Ως ακρίβεια χαρακτηρίζεται ο βαθμός συμφωνίας της πειραματικής τιμής με την πραγματική τιμή. Η ακρίβεια ποσοτικοποιείται μέσω του απόλυτου ή του σχετικού σφάλματος:

$$\begin{aligned} (\text{απόλυτο σφάλμα}) &= (\text{πειραματική τιμή}) - (\text{πραγματική τιμή}) \\ (\text{σχετικό σφάλμα}) &= [(\text{πειραματική τιμή}) - (\text{πραγματική τιμή})] / (\text{πραγματική τιμή}) \end{aligned}$$

Ως **επαναληψιμότητα** χαρακτηρίζεται ο βαθμός συμφωνίας των αποτελεσμάτων διαδοχικών πειραματικών μετρήσεων του ίδιου μεγέθους. Έτσι, αν, για να προσδιορίσουμε την περιεκτικότητα ενός σιδηρομεταλλεύματος σε σίδηρο, πραγματοποιήσουμε 10 αναλύσεις, καλή επαναληψιμότητα έχουμε, όταν τα αποτελέσματα των 10 αναλύσεων είναι σχεδόν ταυτόσημα. Το γεγονός όμως αυτό δε σημαίνει υποχρεωτικά ότι είναι κοντά στην πραγματική τιμή περιεκτικότητας του σιδηρομεταλλεύματος, ότι έχουμε δηλαδή και καλή ακρίβεια.

Μια άλλη πηγή σφαλμάτων είναι η λανθασμένη εφαρμογή υπολογιστικών κανόνων κατά την εκτέλεση αλγεβρικών πράξεων. Προκειμένου να αποφύγουμε τα **υπολογιστικά** αυτά **σφάλματα**, εφαρμόζουμε τα εξής:

- (α) Ορίζουμε ως **σημαντικά ψηφία** ενός αριθμού όλα τα ψηφία του τα οποία είναι βέβαια συν το πρώτο αβέβαιο ψηφίο. Για παράδειγμα αν χρησιμοποιείται προχοΐδα βαθμολογημένη ανά 0,1 ml, είναι δυνατόν να διαβάσουμε την ένδειξη 1,53 ml, όπου το 1,5 διαβάστηκε με βεβαιότητα και το 0,03 εκτιμήθηκε με κάποιο βαθμό αβεβαιότητας τότε ο αριθμός 1,53 έχει 3 σημαντικά ψηφία, ομοίως, ο αριθμός 1,500 έχει 4 σημαντικά ψηφία, ενώ ο αριθμός 0,0056 έχει μόνο 2 σημαντικά ψηφία (τα μηδενικά που προηγούνται δε θεωρούνται σημαντικά ψηφία).
- (β) Κατά την **πρόσθεση** και την **αφαίρεση** το αποτέλεσμα έχει τόσα δεκαδικά ψηφία όσα ο όρος με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία (π.χ. $2,534 + 1,3 = 2,8$ και όχι 2,834).
- (γ) Κατά τον **πολλαπλασιασμό** και τη **διαίρεση** το αποτέλεσμα έχει τόσα σημαντικά ψηφία όσα ο παράγοντας με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία (π.χ. $1,11 \times 2,0 = 2,2$ και όχι 2,22).

Τέλος, συχνά χρειάζεται να στρογγυλοποιήσουμε τα αποτελέσματα, απορρίπτοντας κάποιο ψηφίο. Αν το ψηφίο που απορρίπτουμε είναι ίσο ή μεγαλύτερο του 5, τότε αυξάνουμε κατά μία μονάδα το προηγούμενο ψηφίο (π.χ. $14,57 \cong 14,6$ με στρογγυλοποίηση στο δέκατο), διαφορετικά, απορρίπτουμε το ψηφίο και το προηγούμενο ψηφίο παραμένει το ίδιο (π.χ. $14,52 \cong 14,5$ με στρογγυλοποίηση στο δέκατο).

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Όνοματεπώνυμο:

Ημερομηνία:

- ① Περιγράψτε τις προφυλάξεις που πρέπει να τηρείτε κατά τη θέρμανση υγρών στο εργαστήριο.

.....

.....

.....

.....

.....

- ② Ποιο είναι το κρίσιμο σημείο κατά την αραίωση πυκνού διαλύματος θεικού οξέος;

.....

.....

.....

.....

.....

- ③ Περιγράψτε και αιτιολογήστε τις ενέργειες που πρέπει να κάνετε ή πρέπει να αποφύγετε σε περίπτωση που αναφλεχθούν τα ρούχα σας κατά την εργασία σας στο εργαστήριο.

.....

.....

.....

.....

.....

- ④ Προσπαθήστε να μετρήσετε 50,00 ml νερού με τη βοήθεια κωνικής φιάλης των 50 ml. Μεταγγίστε όλη την ποσότητα του νερού από την κωνική φιάλη σε ογκομετρικό κύλινδρο των 50 ml και σημειώστε την ένδειξη. Στη συνέχεια, μεταγγίστε όλη την ποσότητα του νερού από τον ογκομετρικό κύλινδρο σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml και συγκρίνετε το επίπεδο της βάσης του μηνίσκου με το επίπεδο της χαραγής στο λαιμό της ογκομετρικής φιάλης. Ποιο από τα τρία σκεύη είναι το καταλληλότερο για τη μέτρηση ακριβώς 50,00 ml νερού, και ποιο είναι το λιγότερο κατάλληλο;

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑤ Το σιφώνιο πλήρωσης και η ογκομετρική φιάλη είναι δύο εργαστηριακά σκεύη που χρησιμοποιούνται για τη λήψη συγκεκριμένου όγκου ενός διαλύματος. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται το πρώτο και σε ποιες η δεύτερη;

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑥ (α) Πώς γίνεται η ανάγνωση της ένδειξης μιας προχοΐδας; (β) Αν στο ρύγχος της προχοΐδας υπάρχουν πριν από την ογκομέτρηση φυσαλίδες αέρα, το απόλυτο σφάλμα της ογκομέτρησης θα είναι θετικό ή αρνητικό;

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑦ Μια προχοΐδα των 50 ml είναι γεμισμένη με διάλυμα NaOH 1 M και χρησιμοποιείται σε ογκομέτρηση. Μετά την ογκομέτρηση, τρεις μαθητές διαβάζουν την ένδειξη της προχοΐδας. Ο πρώτος μαθητής σημειώνει στο εργαστηριακό του τετράδιο την ένδειξη 13 ml, ο δεύτερος σημειώνει την ένδειξη 13,273 ml και ο τρίτος σημειώνει την ένδειξη 13,3 ml. Αν η προχοΐδα φέρει βαθμολόγηση ανά 0,1 ml, ποιος από τους τρεις μαθητές είναι πιο ακριβής αλλά συγχρόνως και πιο ειλικρινής;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑧ Θέλουμε να ζυγίσουμε 2,034 g από το σώμα A και 1,3 g από το σώμα B, για να παρασκευάσουμε μείγμα των δύο σωμάτων. Ποια θα είναι η μάζα του μείγματος και ποια πρέπει να είναι η ελάχιστη ακρίβεια του ζυγού που θα χρησιμοποιήσουμε;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑨ Υπολογίστε τη μοριακότητα (Molarity) ενός διαλύματος που περιέχει: (α) 50,0 g H_2SO_4 σε 800 ml διαλύματος, (β) 10,0 mg NaOH σε 25,0 ml διαλύματος, (γ) 40,0 mg KOH σε 60,0 ml διαλύματος. Διατυπώστε τα αποτελέσματα με τον κατάλληλο αριθμό σημαντικών ψηφίων.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑩ Πόσα γραμμάρια KOH απαιτούνται για να παρασκευαστούν 3 λίτρα διαλύματος με συγκέντρωση 0,2 M;

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑪ Υπολογίστε τη μοριακότητα (Molarity) διαλύματος αμμωνίας, του οποίου η περιεκτικότητα σε αμμωνία ισούται με 30% μ/μ. Δίνεται η πυκνότητα του διαλύματος $d = 0,90 \text{ g/ml}$.

.....

.....

.....

.....

.....

- ⑫ Υπολογίστε (α) τη μοριακότητα και (β) την % μ/μ περιεκτικότητα διαλύματος θειικού οξέος, του οποίου η συγκέντρωση ισούται με 32 N. Δίνεται η πυκνότητα του διαλύματος $d = 1,80 \text{ g/ml}$.

.....

.....

.....

.....

.....

[illegible]

13. Περιγράψτε ακριβώς τη διαδικασία που θα ακολουθήσετε για να παρασκευάσετε 500 ml διαλύματος θειικού οξέος συγκέντρωσης 7,2 M με αραιώση πυκνού διαλύματος θειικού οξέος συγκέντρωσης 18 M.

[illegible]

- 14 (α) 10,0 ml διαλύματος με συγκέντρωση 0,12 M αραιώνονται στα 300 ml με νερό. Ποια είναι η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος; (β) Ποιος είναι ο όγκος του νερού που πρέπει να προστεθεί σε 150 ml διαλύματος με συγκέντρωση 0,300 M, ώστε η συγκέντρωσή του να γίνει 0,100 M;

This image shows a single sheet of white paper with ten horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

- 15 Πού αποδίδεται η ασυμφωνία μεταξύ της πειραματικής τιμής και της πραγματικής τιμής σε μια εργαστηριακή μέτρηση;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 16 Δώστε τους ορισμούς των ακόλουθων όρων: (α) τυχαίο σφάλμα, (β) συστηματικό σφάλμα, (γ) μέσος όρος, (δ) ακρίβεια, (ε) απόλυτο σφάλμα, (στ) σχετικό σφάλμα και (ζ) επαναληψιμότητα.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 17 Υπολογίστε το απόλυτο και το σχετικό σφάλμα της μέτρησης της περιεκτικότητας ενός σιδηρομεταλλεύματος σε σίδηρο, αν ο αναλυτής βρίσκει τιμή ίση με 32,01% (πειραματική τιμή περιεκτικότητας σε σίδηρο), ενώ η πραγματική τιμή είναι 32,35%.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 18** Προσδιορίστε τον αριθμό των σημαντικών ψηφίων των ακόλουθων αριθμών: (α) 0,0120, (β) 3,44, (γ) 50,00, (δ) 0,001.

.....

.....

.....

.....

.....

- 19** Εφαρμόστε τους υπολογιστικούς κανόνες για να υπολογίσετε τα αποτελέσματα των ακόλουθων πράξεων: (α) $12,54 + 9,156 + 0,012 - 1,2$, (β) $12,81 \times 5,002 \times 2,5600 \times 0,0123$.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.