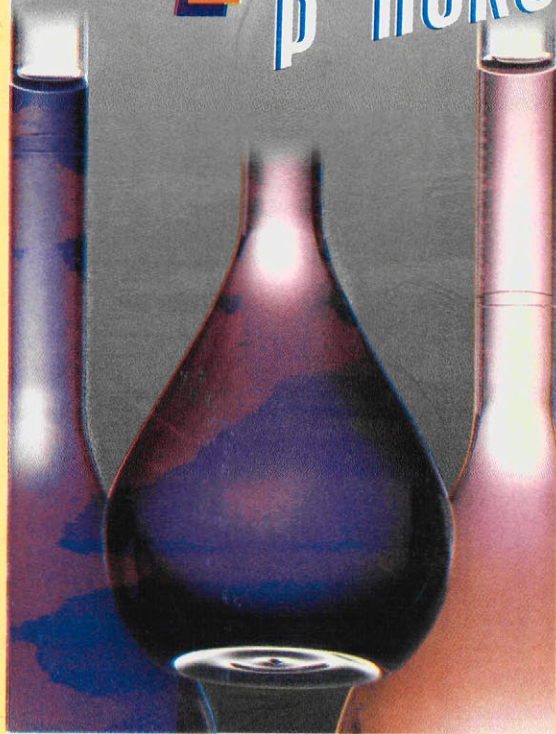


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Χημεία β' λυκείου



ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ

Στέλιος Λιοδάκης

Δημήτρης Γάκης

εργαστηριακός οδηγός

χημείας

β' λυκείου

θετικής κατεύθυνσης και επιλογής

Επιστημονικός υπεύθυνος- Διεύθυνση Ομάδων Εργασίας:
ΣΤΕΛΙΟΣ. ΛΙΟΔΑΚΗΣ

Ομάδα συγγραφής

ΣΤΕΛΙΟΣ. ΛΙΟΔΑΚΗΣ, Δρ. Χημικός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ. ΓΑΚΗΣ, Δρ. Χημικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ

Ομάδα Τεχνικής Υποστήριξης:

ΣΤΑΘΗΣ ΣΙΑΝΟΣ Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π.

ANNA ΓΑΚΗ, φοιτήτρια στη σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ

ΗΡΑΚΛΗΣ ΑΓΙΟΒΛΑΣΙΤΗΣ, φοιτητής στη σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ

ΒΛΑΣΗΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, φοιτητής στη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

Υπεύθυνοι στο Πλαίσιο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου:

ΑΝΤΩΝΙΟΣ Σ.ΜΠΟΜΠΕΤΣΗΣ, Χημικός, Μ.Εδ., Ph.D., Σύμβουλος Π.Ι.

ΒΑΣΙΛΙΚΗ Ν.ΠΕΡΑΚΗ, Δρ. Βιολογίας, Μόνιμη Πάρεδρος του Π.Ι.

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Ο εργαστηριακός οδηγός περιλαμβάνει αναλυτικές οδηγίες για τη σωστή και ασφαλή εκτέλεση των πειραμάτων που αναφέρονται. Όμως κάθε πείραμα είναι αποτυχημένο, αν απλώς είναι μια πιστή ακολουθία κάποιων «συνταγών». Χρειάζεται ενεργός συμμετοχή του μαθητή και αυτή πετυχαίνεται μόνον αν αυτός *προηγουμένως* έχει *μελετήσει* και *κατανοήσει* σαφώς τα πάντα γύρω από αυτό. Για να τονισθεί αυτή η ανάγκη στο τετράδιο εργαστηριακών ασκήσεων υπάρχει μια μικρή καινοτομία με παράθεση *προκαταρκτικών* ερωτήσεων. Πριν λοιπόν μπει κανείς στην εκτέλεση του πειράματος είναι απαραίτητο να μπορεί να εξετάζεται και να απαντά στις ερωτήσεις αυτές.

Κατά τα άλλα η δομή του οδηγού είναι λίγο πολύ κλασική. Περιλαμβάνει:

1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Εδώ αναφέρονται οι επιδιωκόμενοι στόχοι, δηλαδή τι αναμένεται να κατέχει ο μαθητής μετά την επιτυχή εκτέλεση του πειράματος. Αυτό δε τόσο σε επίπεδο θεωρίας, όσο και απόκτηση δεξιοτήτων.

2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Εδώ αναφέρονται συνοπτικά ορισμένα θέματα θεωρίας τα οποία κατά κανόνα υπάρχουν και στο βιβλίο θεωρίας. Πολλές φορές όμως αναφέρονται επιπλέον θέματα, αν οι ανάγκες και οι σκοποί του πειράματος το απαιτούν.

3 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΣΚΕΥΕΣ, ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Εδώ έχουν ταξινομηθεί τα όργανα, οι συσκευές, τα αντιδραστήρια και τα γενικότερα υλικά τα οποία χρειάζονται για τη

διεξαγωγή του πειράματος. Πριν την έναρξη πρέπει να γίνεται έλεγχος για το αν αυτά υπάρχουν και αν είναι σωστά τοποθετημένα ή συναρμολογημένα. Η καθαριότητα, η τάξη και η πειθαρχία είναι βασικά χαρακτηριστικά κάθε εργαστηριακής δουλειάς.

4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Εδώ περιγράφονται, το δυνατόν λεπτομερειακά, τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκτέλεση του πειράματος. Τα βήματα να ακολουθούνται όχι «ρομποτικά», αλλά συνειδητά. Και με πολλά «γιατί». Είναι φανερό ότι πριν κανείς ξεκινήσει το πείραμα οφείλει με προσοχή να μελετήσει τη διαδικασία και να την κατανοήσει πλήρως.

Κλείνοντας την μικρή αυτή εισαγωγή πρέπει να τονίσουμε και κάτι εξίσου σημαντικό. Το εργαστήριο διδάσκει πολλά πράγματα τα οποία πιθανόν κανείς να τα λησμονήσει. Όμως του δίνει την δυνατότητα να «μάθει τον τρόπο δουλειάς» γενικότερα. Οργάνωση, τάξη και πειθαρχία είναι οι μεγαλύτεροι στόχοι που κρύβονται πίσω από τους επιμέρους.

**«μου το είπαν ... το άκουσα
το διάβασα ... το έμαθα
το έκανα... το κατάλαβα»**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΟΔΗΓΟΥ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

1.1 Οδηγίες - Κανόνες Ασφάλειας Εργαστηρίου	3
1.2 Βασικά Όργανα Εργαστηρίου	6
1.3 Βασικές Εργαστηριακές τεχνικές	11
1.4 Σφάλματα κατά τις μετρήσεις	23
1.5 Σημαντικά ψηφία	24
1.6 Γραφικές παραστάσεις	26
Ασκήσεις	28

2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

1. Υπολογισμός θερμότητας αντίδρασης	33
2. Ταχύτητα αντίδρασης και παράγοντες που την επηρεάζουν	38
3. Δράση καταλυτών	44
4. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση της χημικής ισορροπίας	52
5. Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής	57
6. Ηλεκτρόλυση διαλύματος ηλεκτρολύτη	61
7. Επιμετάλλωση	67

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1

Εισαγωγικές γνώσεις



ΕΠΑΜΕ ΝΑ ΠΡΟΣΕΞΟΥΜΕ, ΑΛΛΑ ΟΧΙ ΚΑΙ ΕΤΣΙ !!!!!

1.1 Οδηγίες-κανόνες ασφάλειας εργαστηρίου

1. Μη ξεχνάτε ότι το εργαστήριο είναι χώρος για σοβαρή εργασία.
2. Να έρχεστε πάντα προετοιμασμένοι για το πείραμα που θα εκτελέσετε.
3. Ποτέ μη αυτοσχεδιάζετε, να κάνετε μόνο όσα δίνονται στις οδηγίες.
4. Αν πεταχτεί πάνω σας οξύ ή κάποιο καυστικό αντιδραστήριο, ξεπλυνθείτε αμέσως με άφθονο νερό.
5. Μη πιάνετε τα αντιδραστήρια με τα χέρια σας.
6. Πριν γίνει χρήση ενός αντιδραστηρίου, διαβάσετε προσεκτικά την ετικέτα. Ποτέ μη κάνετε χρήση ενός αντιδραστηρίου, από φιάλη που δεν έχει ετικέτα.
7. Η μετάγγιση καυστικών και τοξικών υγρών με σιφόνιο δεν γίνεται με αναρρόφηση με το στόμα αλλά με πουάρ.
8. Κατά τις αραιώσεις των πυκνών οξέων, ιδιαίτερα του H_2SO_4 , ποτέ δεν προστίθεται το νερό στο οξύ αλλά το οξύ προστίθεται σιγά-σιγά στο νερό.
9. Να ενημερωθείτε για τη θέση / λειτουργία των πυροσβεστήρων.
10. Να ενημερωθείτε για το κουτί πρώτων βοηθειών και τη χρησιμότητα του.
11. Πριν την αποχώρησή σας από το εργαστηριακό χώρο πρέπει να γίνεται σχολαστικός έλεγχος στους διακόπτες παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, υγραερίου και νερού.

**ΤΟ ΤΡΙΠΤΥΧΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΣΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**
(με βάση τα συνηθέστερα ατυχήματα)

ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΑ ΜΑΤΙΑ

Φοράτε προστατευτικά γυαλιά. Μη θερμαίνετε το δοκιμαστικό σωλήνα στο πυθμένα του, αλλά λίγο παρακάτω από την επιφάνεια του υγρού, ανακινώντας συγχρόνως τον σωλήνα. Έτσι αποφεύγουμε τον απότομο βρασμό με εκτίναξη του περιεχομένου του. Όχι στους φακούς επαφής, αυτοί μπορούν να παγιδεύσουν στα μάτια σας επικίνδυνα αντιδραστήρια.

ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΟ ΚΑΨΙΜΟ

Μη ξεχνάτε ότι το θερμό γυαλί δεν ξεχωρίζει από το κρύο.

ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΟ ΚΟΨΙΜΟ

Αυτό συμβαίνει συνήθως από σπασμένα γυαλιά. Γι' αυτό να χρησιμοποιείται πανί όταν πιέζετε γυάλινους σωλήνες π.χ. όταν περνάτε θερμόμετρο από την τρύπα φελλού. Επίσης η μεταφορά σπασμένων γυαλιών να γίνεται με πανί.

Σύμβολα επικινδυνότητας χημικών ουσιών



Τοξικό



Επιβλαβές /
ερεθιστικό



Διαβρωτικό



Εύφλεκτο



Εκρηκτικό



Ραδιενεργό

Τα σύμβολα επικινδυνων ουσιών αποτελούν ένα τρόπο επισήμανσής τους, ώστε να πάρουμε τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης, όταν χρειαστεί να κάνουμε χρήση τους. Έτσι αποφεύγουμε τυχόν ατυχήματα. Για κάθε ενδεχόμενο καλό είναι να θυμάστε:

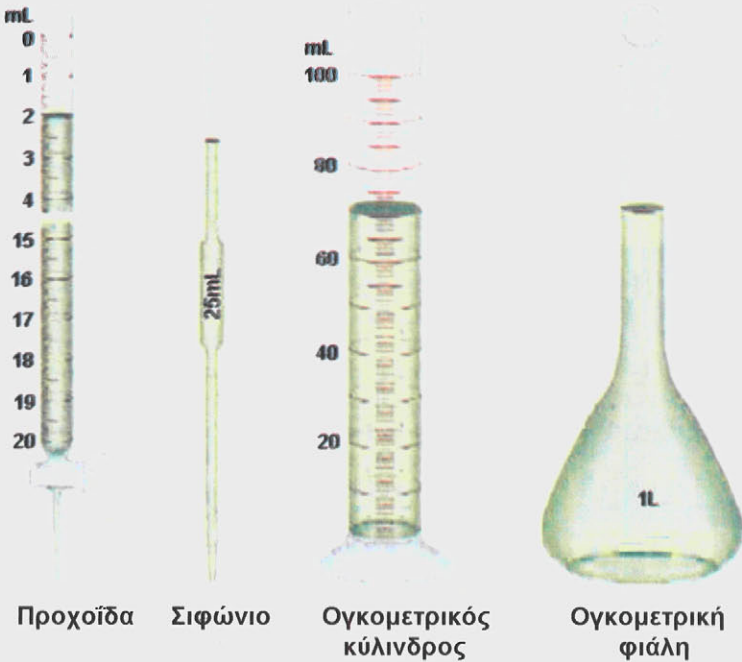
Πρώτες βοήθειες: 166

Πυροσβεστική υπηρεσία: 199

Τηλεφωνικό κέντρο δηλητηριάσεων: 01- 7793777

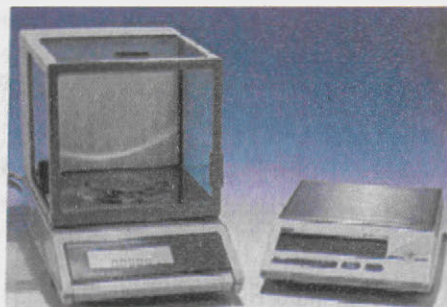
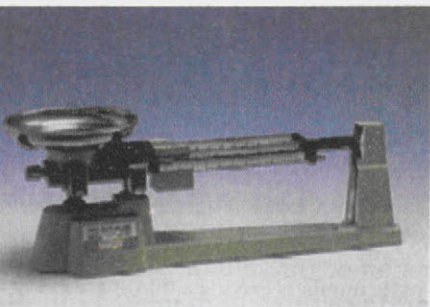
1.2 Βασικά όργανα εργαστηρίου

Όργανα Μέτρησης Όγκου Υγρών



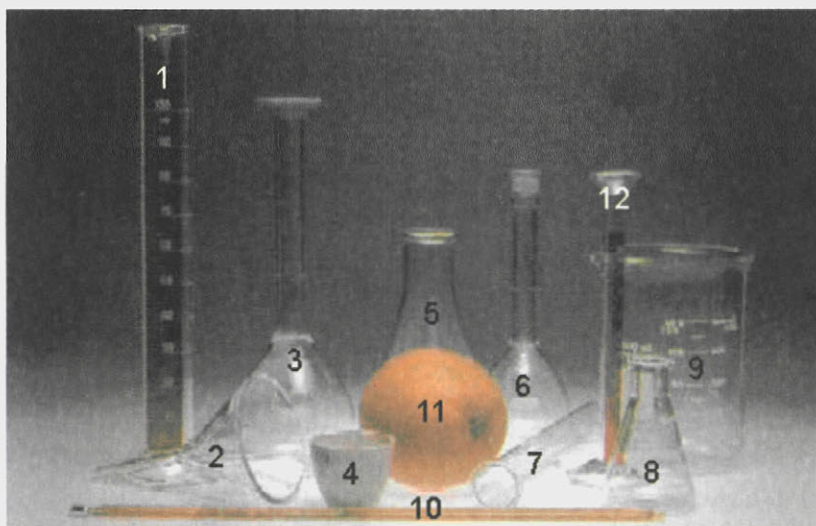
1. **Πρόχοϊδα:** όργανο για την ακριβή μέτρηση όγκων υγρών, χρησιμοποιείται κυρίως για την ποσοτική ανάλυση (ογκομετρήσεις).
2. **Σιφώνιο εκροής:** για την ακριβή μέτρηση και μεταφορά ενός σταθερού όγκου υγρού.
3. **Ογκομετρικός κύλινδρος:** μετράται ο όγκος ενός υγρού με σχετικά μικρή ακρίβεια.
4. **Ογκομετρική φιάλη:** για τη μέτρηση ορισμένου όγκου υγρού και ιδιαίτερα για την παρασκευή διαλυμάτων ορισμένης συγκέντρωσης.

Όργανα Μέτρησης Μάζας (Ζυγοί)



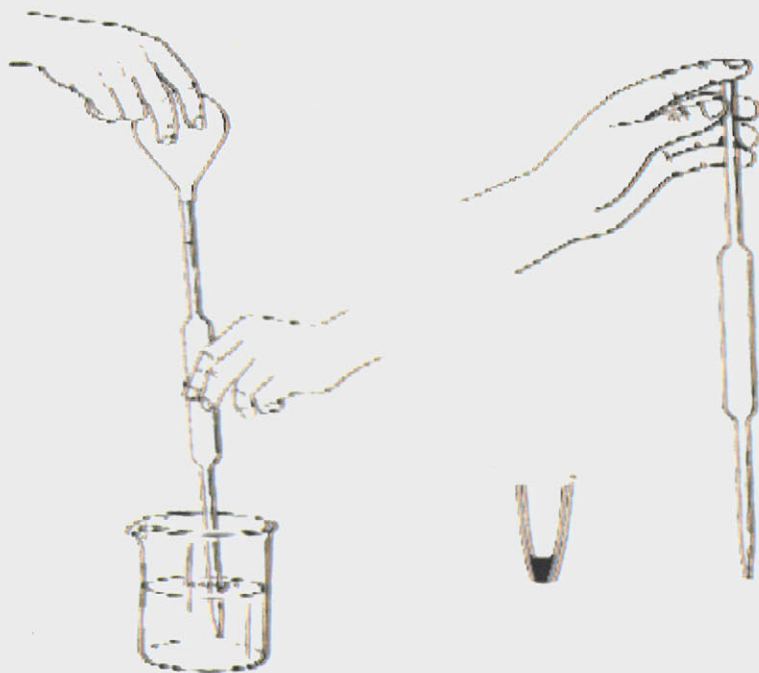
1. Εργαστηριακός ζυγός δύο δίσκων. Στον ένα δίσκο βάζουμε την ουσία που θέλουμε να ζυγίσουμε και στον άλλο τα σταθμά.
2. Εργαστηριακός ζυγός ενός δίσκου με βερνιέρο.
3. Σύγχρονοι ηλεκτρονικοί ζυγοί ακριβείας.

Μερικά Από Τα Πιο Συνηθισμένα Όργανα Χημείας



1. Ογκομετρικός κύλινδρος των 100 mL
2. Χωνί διηθήσεως.
3. Ογκομετρική φιάλη των 250 mL.
4. χωνευτήριο πορσελάνης.
5. Κωνική φιάλη (Erlenmeyer) των 250 mL.
6. Ογκομετρική φιάλη των 100 mL.
7. Δοκιμαστικός σωλήνας.
8. Κωνική φιάλη (Erlenmeyer) των 100 mL.
9. Ποτήρι ζέσεως των 500 mL.
10. Θερμόμετρο.
11. Πορτοκάλι για να γίνει η σύγκριση μεγέθους των χημικών οργάνων.
12. Ογκομετρικός κύλινδρος των 10 mL.

Χρήση Σιφωνίου Εκροής

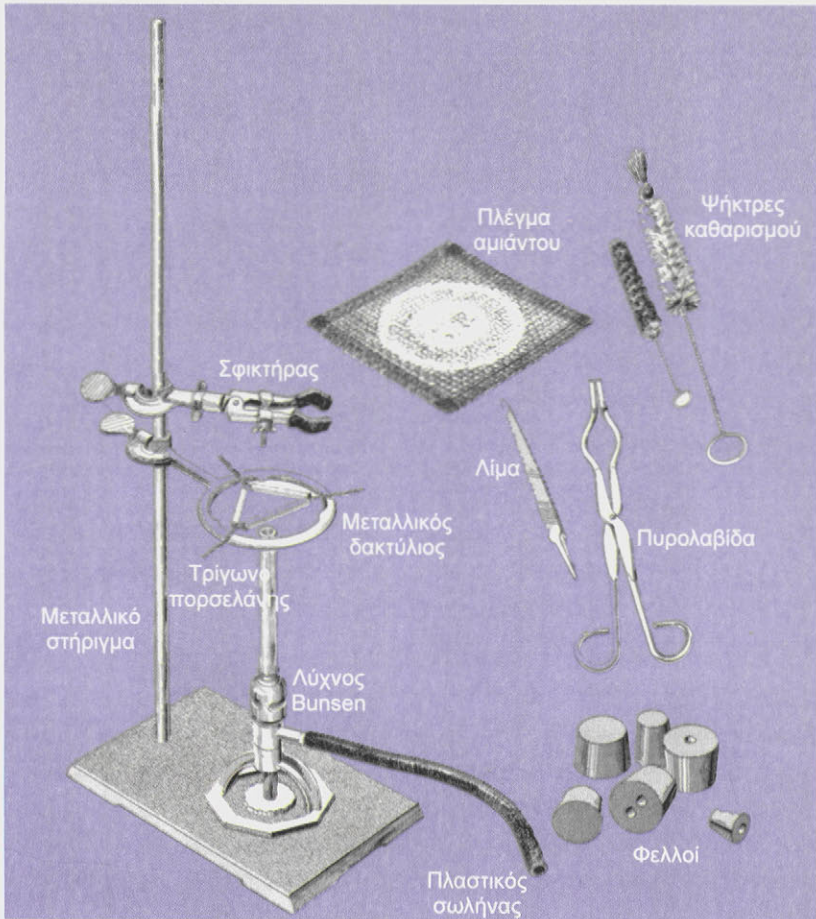


Παρατηρήσεις

α) Με το σιφώνιο μεταφέρεται με μεγάλη ακρίβεια ένας ορισμένος όγκος υγρού από ένα δοχείο σε κάποιο άλλο. Η αναρρόφηση από το δοχείο στο σιφώνιο γίνεται με το στόμα, αν το υγρό δεν είναι τοξικό ή καυστικό. Σ' αντίθετη περίπτωση, η αναρρόφηση του υγρού γίνεται με τη βοήθεια ελαστικής σφαίρας (πουάρ), όπως φαίνεται στο σχήμα.

β) Η τελευταία σταγόνα που μένει στην άκρη του σιφωνίου έχει υπολογιστεί κατά τη βαθμονόμηση του σιφωνίου και γι' αυτό δεν πρέπει να αποφυσάται.

Συνήθη Σιδερένια Σκεύη

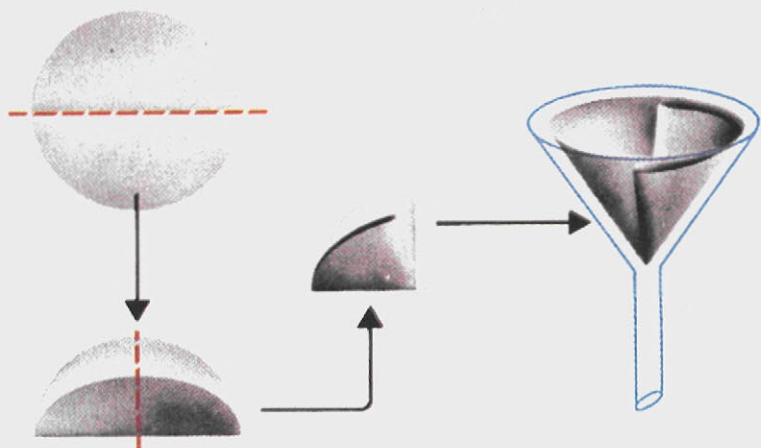


1.3 Βασικές Εργαστηριακές Τεχνικές

Διήθηση

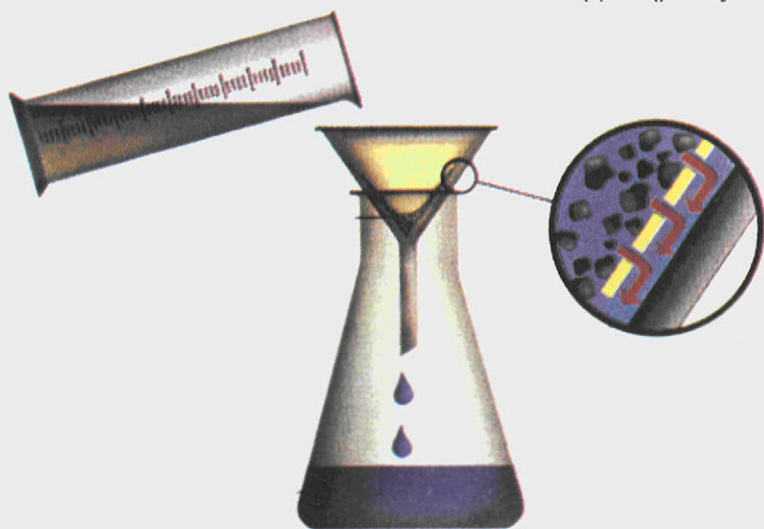
Η διήθηση είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος διαχωρισμού στερεού από υγρό. Βασίζεται στην αδυναμία του στερεού να περάσει λόγω μεγέθους μέσα από τους πόρους του ηθμού (φίλτρο). Έτσι το στερεό συγκρατείται στο ηθμό (ιζήμα), ενώ το υγρό διαπερνά τον ηθμό (διήθημα).

Υπάρχουν διάφορα είδη ηθμών τα οποία έχουν διαφορετική διάμετρο πόρων, ώστε να χρησιμοποιούνται για ανάλογα ιζήματα. Ο ηθμός πριν την τοποθέτηση του στο χωνί διπλώνεται, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 1.1 Πως διπλώνεται ο ηθμός.

Αμέσως μετά την τοποθέτηση του ηθμού στο χωνί αυτός διαβρέχεται με λίγο απιονισμένο νερό ή λίγο από το υπερκείμενο υγρό του μείγματος που πρόκειται να διηθήσουμε. Ακολουθεί η διήθηση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 1.2 Διάταξη διήθησης και στη λεπτομέρεια η αρχή λειτουργία διήθησης.

Να σημειωθεί ότι αν το χωνί έχει μακρύ στέλεχος εκροής και μικρή διάμετρο, τότε λόγω των τριχοειδών φαινομένων η διήθηση γίνεται γρηγορότερα (*χωνί ταχείας διήθησης*).

Το ίζημα που λαμβάνεται εκπλένεται για να απαλλαγεί από το τυχόν προσμίξεις που περιέχει με κατάλληλο υγρό έκπλυσης. Έτσι παίρνουμε καθαρό ίζημα. Το ίζημα στη συνέχεια τοποθετείται σε ύαλο ωρολογίου και τοποθετείται στο *πυριατήριο* προς ξήρανση. Το πυριατήριο είναι ηλεκτρική συσκευή θέρμανσης με μεταλλικά ράφια στα οποία τοποθετούνται τα προς ξήρανση υλικά.

Στην περίπτωση που αποτυγχάνει η μέθοδος της διήθησης να διαχωρίσει το στερεό, π.χ. το ίζημα διαπερνά τους πόρους του ηθμού, η εναλλακτική λύση είναι η φυγοκέντρωση. Το διάλυμα τοποθετείται στους σωλήνες φυγοκέντρωσης και περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα σε κατάλληλη συσκευή. Στην περίπτωση αυτή το ίζημα κολλάει στον πυθμένα του σωλήνα και διαχωρίζεται από το υπερκείμενο υγρό με απόχυση.



Απόσταξη

Η απόσταξη είναι μέθοδος διαχωρισμού ή καθαρισμού ενός ομογενούς μίγματος (διαλύματος), λόγω της διαφοράς στα σημεία βρασμού μεταξύ των διαχωριζομένων συστατικών.

Η διάταξη μιας απλής απόσταξης δίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η διαδικασία της απόσταξης με λίγα λόγια είναι η εξής:

Βάζουμε το υγρό που θέλουμε να αποστάξουμε στον *κλασματήρα*, που είναι μια σφαιρική φιάλη μ' ένα πλάγιο σωλήνα (περίπου μέχρι τη μέση). Τοποθετούμε το θερμόμετρο στο στόμιο του κλασματήρα σε τέτοιο ύψος, ώστε το άκρο του θερμομέτρου να βρίσκεται στο ύψος του πλάγιου σωλήνα του. Στη συνέχεια θερμαίνουμε το υγρό, οπότε αρχίζει ο βρασμός του.

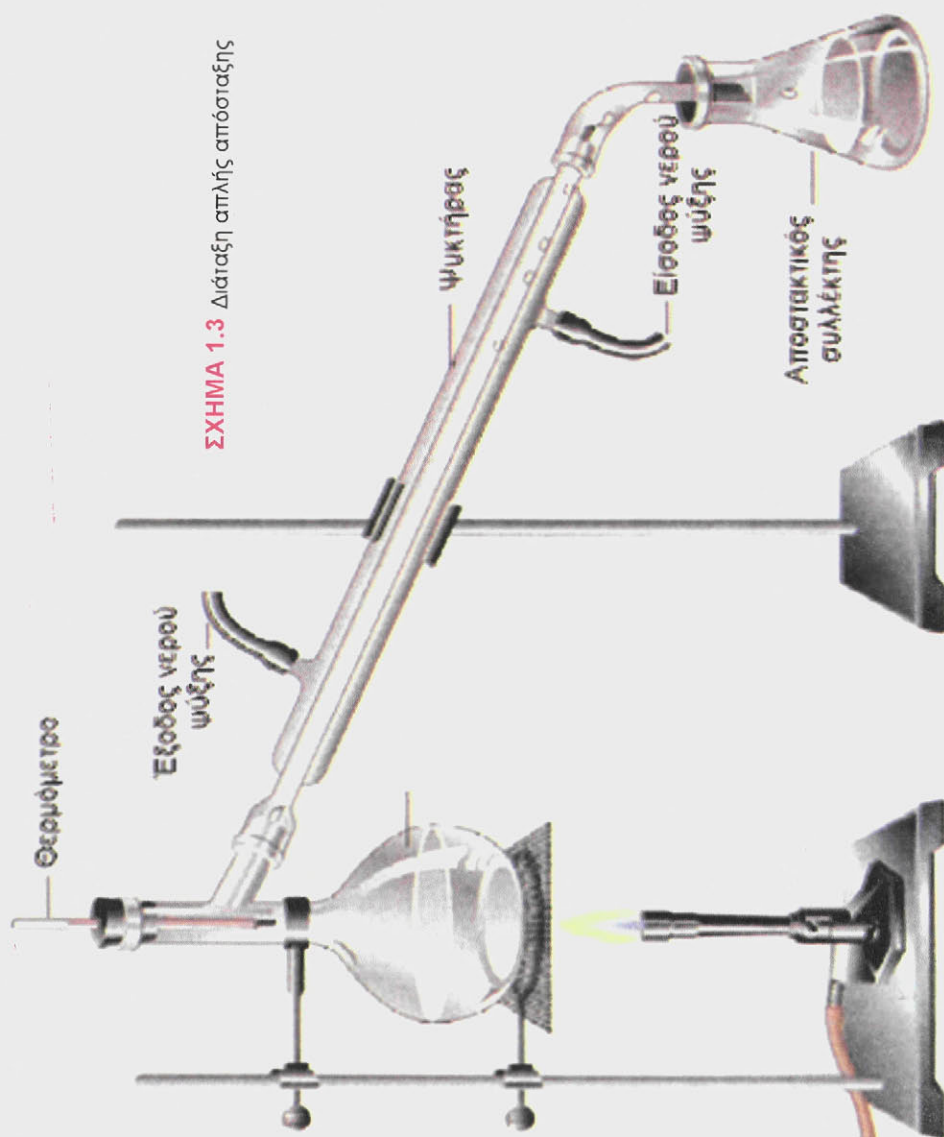
Οι παραγόμενοι ατμοί περνούν στον *ψυκτήρα*, που είναι ένας σωλήνας με διπλά τοιχώματα από όπου περνά το υγρό ψύξεως (συνήθως νερό). Εκεί οι ατμοί του αποσταζόμενου υγρού συμπυκνώνονται και στη συνέχεια συλλέγονται στο *υποδοχέα* σταγόνα - σταγόνα. Αυτό είναι το *απόσταγμα*, ενώ το υγρό που παρέμεινε στο κλασματήρα αποτελεί το *υπόλειμμα της απόσταξης*.

Να σημειωθεί ότι για να αποφύγουμε απότομο βρασμό και εκτινάξεις σταγονιδίων από τον κλασματήρα, προσθέτουμε γυάλινα σφαιρίδια ή κομμάτια πορσελάνης στο υγρό που αποστάζουμε κατά την έναρξη της απόσταξης (πυρήνες βρασμού).

Η απόσταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή αποσταγμένου νερού ή την απόσταξη κρασιού για την παρασκευή κοινά κλπ.

Η απόσταξη που περιγράψαμε είναι η απλή απόσταξη. Πέραν αυτής υπάρχουν πολλά είδη απόσταξης, πχ απόσταξη υπό κενό, με υδρατμούς, κλασματική κλπ.

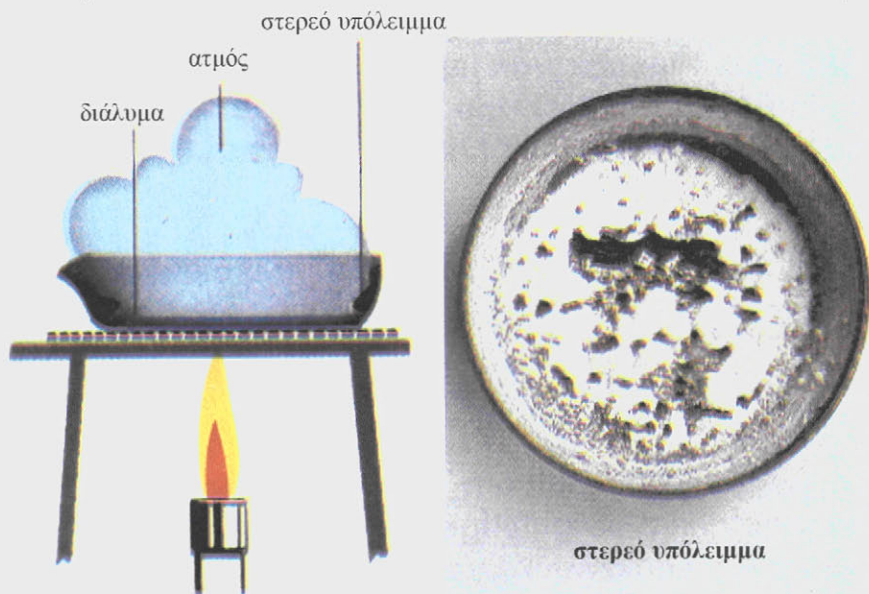
Το τελευταίο είδος περιλαμβάνει πολλές διαδοχικές απλές αποστάξεις δηλαδή, το απόσταγμα αποστάζεται ξανά και το νέο απόσταγμα ξανά κ.ο.κ. Η κλασματική απόσταξη βρίσκει εφαρμογή στη διύλιση του πετρελαίου.



Εξάτμιση

Η εξάτμιση αποσκοπεί στην μερική ή ολική απομάκρυνση του διαλύτη (νερό) από το διάλυμα. Κατά την εξάτμιση ελαττώνεται ο όγκος του διαλύματος, οπότε συμπυκνώνεται το διάλυμα. Αν συνεχιστεί η εξάτμιση, τότε απομακρύνεται εντελώς το διαλυτικό μέσο και το διαλυμένο σώμα παραμένει σε στερεή κατάσταση. Το στερεό αυτό σώμα λέγεται **στερεό υπόλειμμα** και η διαδικασία καλείται **εξάτμιση μέχρι ξηρού**.

Η εξάτμιση γίνεται συνήθως σε κάψες πορσελάνης σε ειδικές συσκευές, όπως είναι τα ατμόλουτρα ή αμμόλουτρα. Τα ατμόλουτρα είναι μεταλλικά δοχεία που περιέχουν νερό, το οποίο θερμαίνεται συνήθως ηλεκτρικά. Οι παραγόμενοι υδρατμοί θερμαίνουν το διάλυμα που πρόκειται να εξατμίσουμε. Ανάλογα τα αμμόλουτρα είναι δοχεία που περιέχουν άμμο που θερμαίνεται ομοιόμορφα. Στην επιφάνεια της άμμου τοποθετείται η κάψα με το προς εξάτμιση διάλυμα.

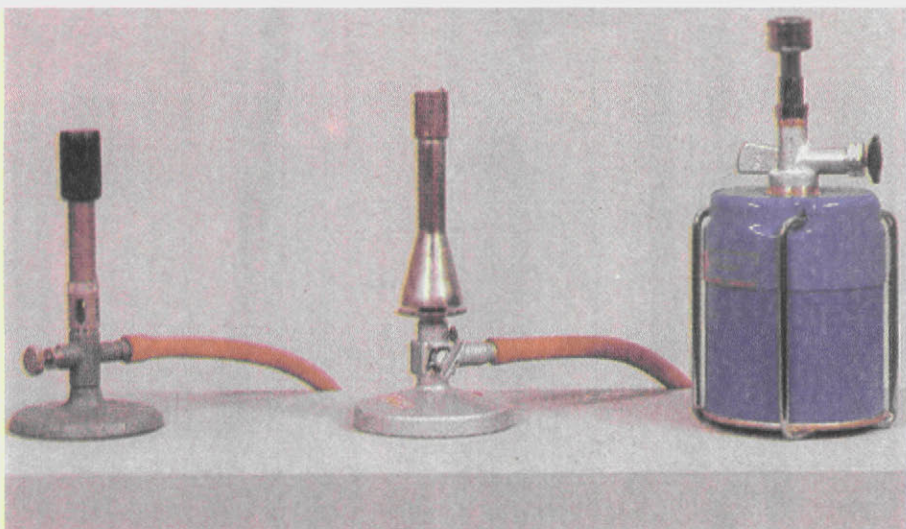


ΣΧΗΜΑ 1.4 Διάταξη εξάτμισης.



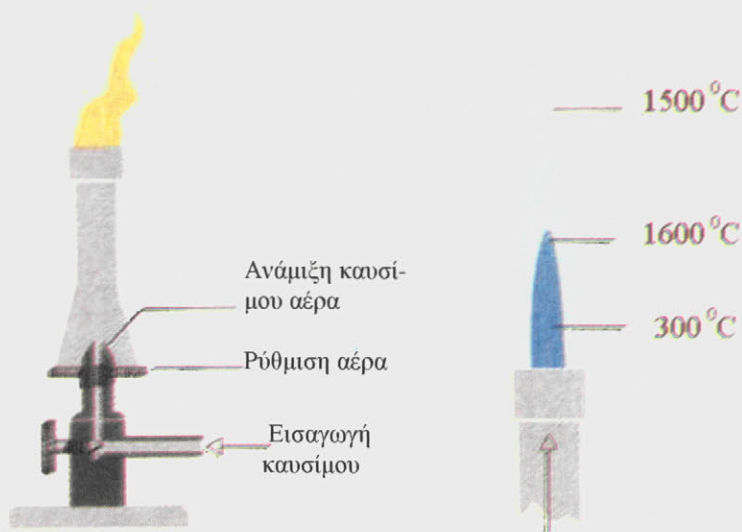
Θέρμανση - Πύρωση

Η θέρμανση αποτελεί μια από τις βασικές διεργασίες στο χημικό εργαστήριο. Αυτό συμβαίνει επειδή πολλές χημικές αντιδράσεις γίνονται σε υψηλές μόνο θερμοκρασίες. Επίσης, πολλές φυσικές διεργασίες, όπως η απόσταξη, η εξάτμιση κλπ, απαιτούν θέρμανση. Συνηθίζουμε να λέμε θέρμανση, όταν η αύξηση της θερμοκρασίας φτάνει τους $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ και πύρωση, όταν ξεπερνά τους $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι καυστήρων που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο είναι ο λύχνος Bunsen και Teclu που εικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.



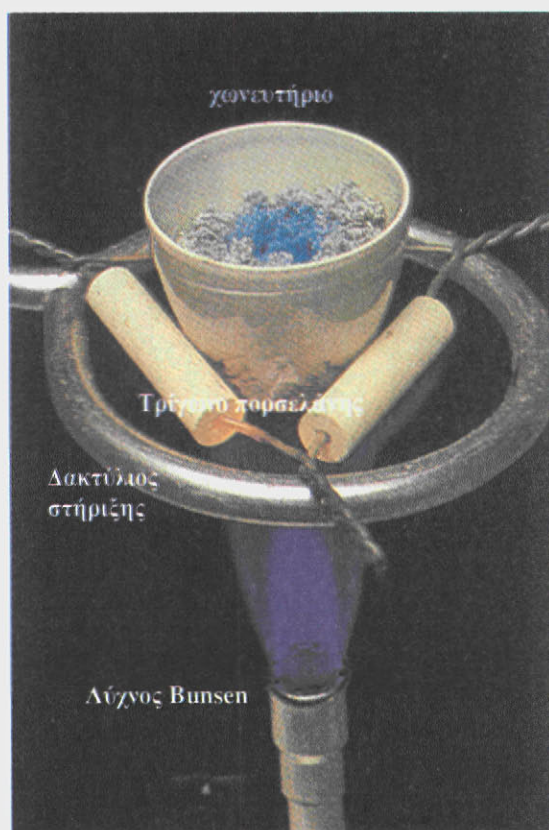
ΣΧΗΜΑ 1.5 Από αριστερά προς τα δεξιά λύχνος Bunsen, λύχνος Teclu, καυστήρας τύπου Bunsen με ενσωματωμένη φιάλη υγραερίου.

Με τους λύχνους μπορούμε να επιτύχουμε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία της φλόγας εξαρτάται από το ύψος αυτής, το είδος του καυσίμου, την αναλογία καυσίμου - αέρα και τον τύπο του λύχνου.



ΣΧΗΜΑ 1.6 Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται συσχετίζεται με το ύψος της φλόγας.

Άλλα βοηθητικά όργανα πύρωσης είναι τα τρίγωνα πορσελάνης, τα χωνευτήρια, τα πλέγματα αμιάντου, οι τρίποδες πυρώσεως κλπ. Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται διάταξη πύρωσης σε χωνευτήριο με τη βοήθεια λύχνου. Μ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να πετύχουμε τη σύντηξη (λιώσιμο) στερεών σωμάτων υψηλού σημείου τήξης. Να σημειωθεί ότι το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί και με ηλεκτρική θέρμανση (ηλεκτρικοί κάμινι).



ΣΧΗΜΑ 1.7 Σύντηξη με πύρωση με λύχνο Bunsen.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει διάταξη θέρμανσης ουσίας σε δοκιμαστικό σωλήνα. Το συνηθισμένο όμως γυαλί αντέχει μέχρι $94 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, γι' αυτό συνήθως μεταξύ φλόγας και γυαλιού παρεμβάλλεται ειδικό πλέγμα. Γυαλί από Pyrex αντέχει μέχρι τους $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ τα πυρίμαχα πχ. το χωνευτήριο πορσελάνης έχει θερμική αντοχή που ξεπερνά τους $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$.



ΣΧΗΜΑ 1.8 Διάταξη θέρμανσης.

Κατά τη θέρμανση αντιδραστηρίων με δοκιμαστικούς σωλήνες πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί για να αποφύγουμε ατυχήματα από την εκτίναξη σταγονιδίων από το σωλήνα. Ποτέ δε στρέφουμε το στόμιο του σωλήνα στο πρόσωπό μας ή στο πρόσωπο άλλου. Το καλύτερο που μπορούμε να κάνουμε κατά τη διάρκεια μιας θερμικής διεργασίας είναι να προστατεύσουμε τα μάτια μας, φορώντας προστατευτικά γυαλιά.



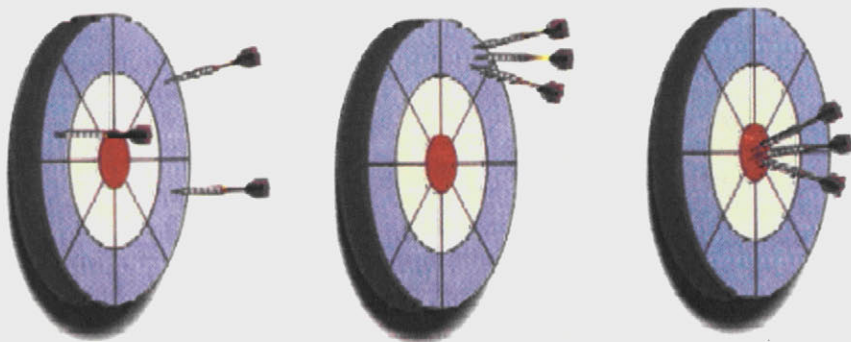
1.4 Σφάλματα κατά τις μετρήσεις

Το σφάλμα (E) σε μια μέτρηση αναφέρεται στην αριθμητική διαφορά ανάμεσα στην πειραματική τιμή (χ) και την πραγματική τιμή (μ), δηλαδή $E = \chi - \mu$.

Τα σφάλματα διακρίνονται σε συστηματικά, π.χ. σφάλματα λόγω του τύπου του ζυγού που χρησιμοποιούμε και σε τυχαία, π.χ. αν ξεχάσουμε να καθαρίσουμε το ζυγό πριν τη μέτρηση.

Ακρίβεια είναι ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στην πειραματική και πραγματική τιμή. Προφανώς όσο μικρότερο είναι το σφάλμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια. Μπορούμε να κάνουμε έλεγχο της ακρίβειας μιας μέτρησης χρησιμοποιώντας πρότυπο δείγμα, δηλαδή ουσία της οποίας το προσδιοριζόμενο μέγεθος είναι εκ των προτέρων γνωστό.

Αναπαραγωγιμότητα ή επαναληπτικότητα εκφράζει τη συμφωνία που δείχνουν οι πειραματικές τιμές μεταξύ τους. Η ακρίβεια και η αναπαραγωγιμότητα δεν πρέπει να συγχέονται. Καλή ακρίβεια δε σημαίνει κατ' ανάγκη και καλή αναπαραγωγιμότητα και το αντίστροφο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 1.9 α) μικρή ακρίβεια και αναπαραγωγιμότητα β) μικρή ακρίβεια με μεγάλη αναπαραγωγιμότητα γ) μεγάλη ακρίβεια και αναπαραγωγιμότητα.

1.5 Σημαντικά ψηφία

Όλα τα ψηφία ενός αριθμού θεωρούνται βέβαια εκτός από το τελευταίο που θεωρείται αβέβαιο. Τα βέβαια ψηφία μαζί με το αβέβαιο δίνουν τον αριθμό των σημαντικών ψηφίων. Για παράδειγμα σε 9,12 g έχουμε 3 σημαντικά ψηφία, ενώ σε 11,245 g έχουμε 5 σημαντικά ψηφία. Γενικά, θα πρέπει να γνωρίζουμε:

- 1) τα μηδενικά που βρίσκονται ανάμεσα σε άλλα ψηφία θεωρούνται σημαντικά π.χ. ο αριθμός 55,002 έχει 5 σημαντικά ψηφία.
- 2) τα μηδενικά που βρίσκονται στην αρχή ενός αριθμού δεν είναι σημαντικά π.χ. ο αριθμός 0,0021 έχει 2 σημαντικά ψηφία.
- 3) τα μηδενικά που βρίσκονται δεξιά της υποδιαστολής είναι σημαντικά π.χ. ο αριθμός 0,6021 έχει 4 σημαντικά ψηφία.
- 4) τα μηδενικά στο τέλος ενός αριθμού που δεν έχει υποδιαστολή μπορεί να είναι σημαντικά ή όχι, π.χ. ο αριθμός 150 έχει δύο ή τρία σημαντικά ψηφία, ενώ ο αριθμός 1400 έχει δύο ή τρία ή τέσσερα σημαντικά ψηφία.

Η εκθετική μορφή ενός αριθμού είναι : $A \times 10^u$

Όπου, A είναι ένας δεκαδικός αριθμός με ένα μη μηδενικό ψηφίο πριν την υποδιαστολή και μ ακέραιος αριθμός. Για παράδειγμα ο αριθμός 500 με ακρίβεια δύο σημαντικών ψηφίων γράφεται $5,0 \times 10^2$. Επίσης, η ταχύτητα του φωτός με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων γράφεται $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Αριθμητικές πράξεις και σημαντικά ψηφία

1) Στον πολλαπλασιασμό και τη διαίρεση το τελικό αποτέλεσμα έχει τα σημαντικά ψηφία του μικρότερου σε ακρίβεια (σημαντικά ψηφία) αριθμού.

π.χ. $26,19 (4\sigma\psi) \times 11,12(4\sigma\psi) \times 1,00(3\sigma\psi) = 291,2328 = 291(3\sigma\psi)$.

2) Στην πρόσθεση και αφαίρεση το τελικό αποτέλεσμα έχει τόσα δεκαδικά ψηφία, όσα ο αριθμός με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία.

π.χ. $26,2 (1\delta\psi) + 11,21(2\delta\psi) + 0,005(3\delta\psi) = 37,415 = 37,4(1\delta\psi)$.

Στρογγυλοποίηση αριθμητικών αποτελεσμάτων

Αν για τη στρογγυλοποίηση ενός αριθμητικού αποτελέσματος πρέπει να απορριφθεί ένα ψηφίο, έστω το χ , τότε ακολουθείται ο εξής κανόνας:

1) αν χ είναι μικρότερο του 5, τότε το ψηφίο που προηγείται του χ παραμένει αμετάβλητο. Π.χ. η στρογγυλοποίηση του αριθμού 7,248 σε δύο σημαντικά ψηφία είναι 7,2.

2) αν χ είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 5, τότε το ψηφίο που προηγείται του χ μεγαλώνει κατά μία μονάδα. Π.χ. η στρογγυλοποίηση του αριθμού 4,945 σε τρία σημαντικά ψηφία είναι 4,95.

Ασκήσεις

1. Να γραφούν σε εκθετική μορφή οι παρακάτω αριθμοί: α) 23678
β) 425,6 γ) 0,00256 δ) 671756 ε) 0,01156.

2. Πόσα είναι τα σημαντικά ψηφία στους παρακάτω αριθμούς;
α) 0,00123 β) 7,310 γ) 322 δ) $2,574 \times 10^{-3}$ ε) $2,00 \times 10^{-5}$.

3. Να γίνουν οι παρακάτω υπολογισμοί και να εκφραστούν τα αποτελέσματα σε εκθετική μορφή με βάση τον κατάλληλο αριθμό σημαντικών ψηφίων:

α) $48,2552 + 1,002 + 0,0223$ β) $217,843 / 0,025$ γ) $18,55 - 0,02 - 1,001$
δ) $(2,7 \times 10^3) \times (3,005 \times 10^{-2})$.

1.6 Γραφικές παραστάσεις

Πολλά από τα φυσικά μεγέθη τα οποία μετράμε στο εργαστήριο είναι αλληλοεξαρτώμενα. Έτσι για παράδειγμα όταν η θερμοκρασία ενός αερίου αυξάνει ο όγκος του αυξάνει, υπό την προϋπόθεση ότι οι άλλες συνθήκες παραμένουν σταθερές. Μια τέτοια σχέση κατά την οποία οι τιμές των δύο μεγεθών μεταβάλλονται προς την ίδια κατεύθυνση με βάση μια σταθερή αναλογία λέγεται **άμεση σχέση**. Μία άμεση σχέση μπορεί να αποδίδεται μαθηματικά σαν $x = k \cdot y$ ή $x/y = k$ όπου το k είναι μία **σταθερά**.

Η μαθηματική αυτή διατύπωση έχει την «αυστηρότητά της» δεν έχει όμως το άμεσο οπτικό αποτέλεσμα που έχει η **γραφική παράσταση** της σχέσης αυτής σε ένα σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων.

Ας δούμε σαν παράδειγμα την άμεση σχέση μεταξύ του όγκου ενός αερίου, V και της απόλυτης θερμοκρασίας T σε βαθμούς Kelvin, K . Ένα πείραμα θα έδινε τα εξής αποτελέσματα :

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ / K

ΟΓΚΟΣ / L

240

1

360

2

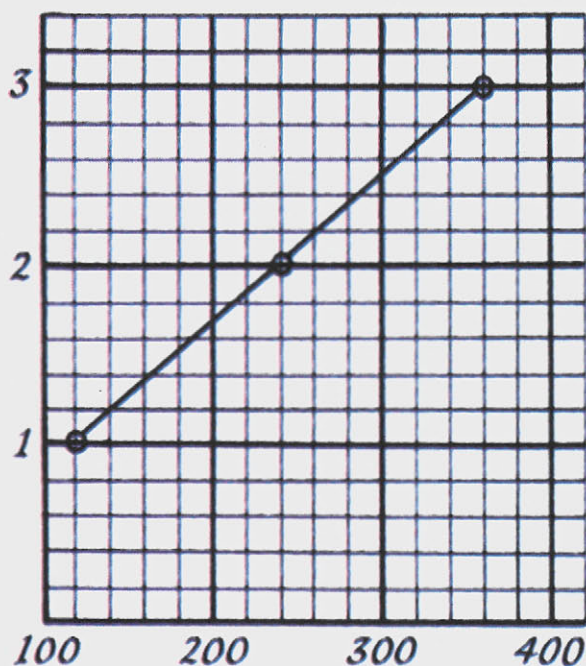
480

3

Αν οι παραπάνω τιμές παρασταθούν γραφικά σε σύστημα συντεταγμένων, όπου στον άξονα των x μπαίνουν οι θερμοκρασίες και στον άξονα των y οι όγκοι, προκύπτει η παρακάτω γραφική παράσταση:

Σημειώστε ότι η τιμή του k για την παραπάνω σχέση είναι:

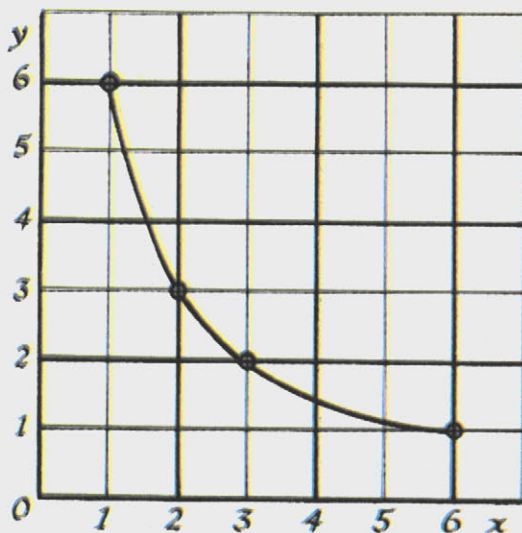
$$k = y/x$$



ΣΧΗΜΑ 1.10 Γράφημα της $V = k \cdot T$

Από την παραπάνω γραφική παράσταση προκύπτει για το k τιμή ίση με $k = y/x = 1/120$.

Όταν η σχέση γίνεται **αντίστροφη**, δηλαδή όταν αυξανόμενου του x το y μειώνεται, η σχέση είναι $x \cdot y = k$. Μία γραφική παράσταση της αντίστροφης σχέσης $x \cdot y = 6$ δίνεται παρακάτω:



ΣΧΗΜΑ 1.11 Γράφημα της $x \cdot y = 6$

Ασκήσεις

1. Ποια είναι η τιμή του k για την σχέση που εκφράζει τις παρακάτω τιμές των x και y .

x	y
0,2	0,4
0,6	1,2
1,8	3,6

2. Ο όγκος ενός ελαστικού μπαλονιού είναι αντιστρόφως ανάλογος της εξωτερικής πίεσης.

α. γράψτε μία εξίσωση η οποία να περιγράφει αυτή την σχέση χρησιμοποιώντας τα σύμβολα P για την πίεση και V για τον όγκο.

- β. βρέθηκε πειραματικά ότι όταν η πίεση είναι 1 atm το μπαλόνι έχει όγκο 22,4 L. Όταν η πίεση γίνει 2 atm ο όγκος γίνεται 11,2 L. Ποια είναι η τιμή του k στην σχέση;
- γ. Ποιος θα είναι ο όγκος αν η πίεση γίνει 12 atm;

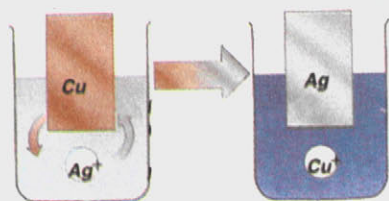
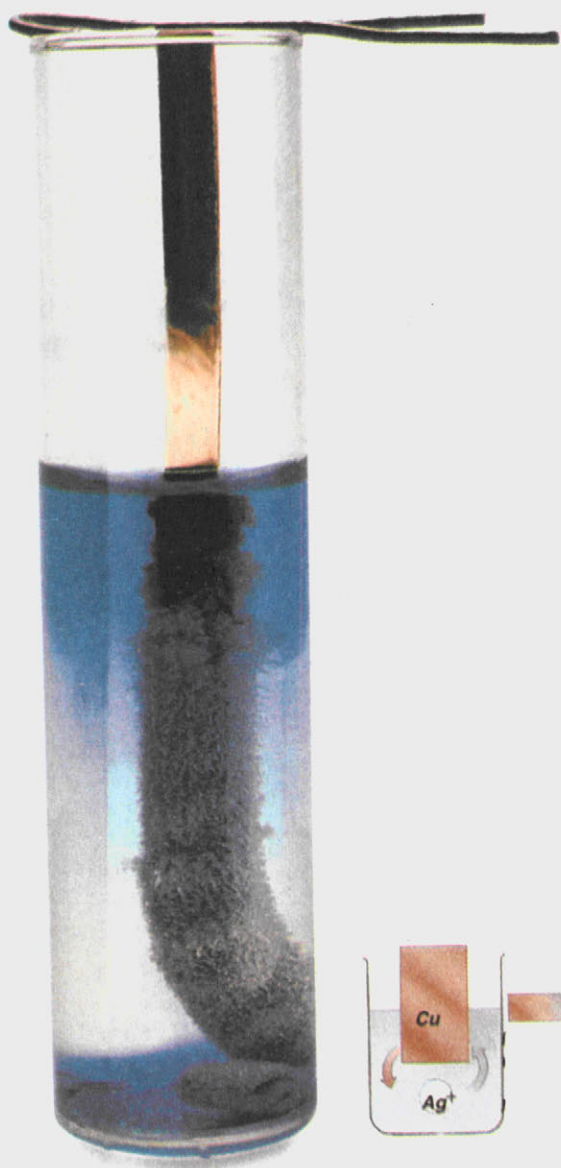
3. Για την μέτρηση της πυκνότητας ενός υγρού έγιναν μετρήσεις του όγκου και της αντίστοιχης μάζας του. Δηλαδή, σε κενό ογκομετρικό κύλινδρο προστέθηκε ορισμένος όγκος του υγρού κάθε φορά και ακολουθούσε ζύγιση του δοχείου. Λαμβάνονται οι παρακάτω μετρήσεις:

Όγκος /mL	Μάζα /g
0	32,08
2,05	35,54
4,40	39,21
7,00	42,85
9,02	46,75

Ο όγκος που αναγράφεται στον πίνακα είναι ο συνολικός κάθε φορά. Υπολογίστε την πυκνότητα του υγρού, ρ , κάνοντας μια γραφική παράσταση της σχέσης $\rho = m/V$.

2

Εργαστηριακές ασκήσεις



Πείραμα 1**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ****ΣΤΟΧΟΙ**

Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

1. Να μετράς τη θερμότητα μιας αντίδρασης.
2. Να αναγνωρίζεις την έννοια της περίσσειας των αντιδρώντων.
3. Να αναγνωρίζεις ότι απαιτείται ενέργεια για το σπάσιμο δεσμών, ενώ ελευθερώνεται κατά το σχηματισμό τους.
4. Να διατυπώνεις και να εφαρμόζεις το νόμο του Hess.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Οι χημικές αντιδράσεις συνήθως συνοδεύονται από ενεργειακές μεταβολές. Όταν τα προϊόντα έχουν μικρότερο ενεργειακό περιεχόμενο (ενθαλπία) από τα αντιδρώντα, τότε ενέργεια ελευθερώνεται και η θερμοκρασία του μέσου που γίνεται η αντίδραση (συνήθως το νερό ή γενικότερα το περιβάλλον) αυξάνεται. Τότε $\Delta H < 0$ και η αντίδραση είναι εξώθερμη. Το αντίστροφο συμβαίνει όταν $\Delta H > 0$, δηλαδή τότε έχουμε ψύξη του μέσου και η αντίδραση είναι ενδόθερμη.

Ενέργεια απαιτείται για τη διάσπαση δεσμών, ενώ ενέργεια ελευθερώνεται κατά το σχηματισμό δεσμών από ελεύθερα άτομα. Η ενεργειακή αυτή διαφορά καθορίζει το ενδόθερμο ή το εξώθερμο της αντίδρασης. Όταν μια ένωση διαλύεται στο νερό απαιτείται ενέργεια για να σπάσει ο κρύσταλλος (ενωτική ενέργεια κρυστάλλου), ενώ ελευθερώνεται ενέργεια κατά το σχηματισμό δεσμών μεταξύ ιόντων και μορίων νερού (ενέργεια εφυδάτωσης). Η ενεργειακή αυτή διαφορά καθορίζει και πάλι το ενδόθερμο ή εξώθερμο της αντίδρασης. Η μέτρηση της θερμότητας μιας αντίδρασης επιτυγχάνεται με μια συσκευή που λέγεται θερμιδόμετρο.

Τα θερμιδόμετρα είναι όργανα υψηλής ακρίβειας. Για χαμηλότερες απαιτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμιδόμετρα τύπου πλαστικού κυπέλλου (coffee-cup).

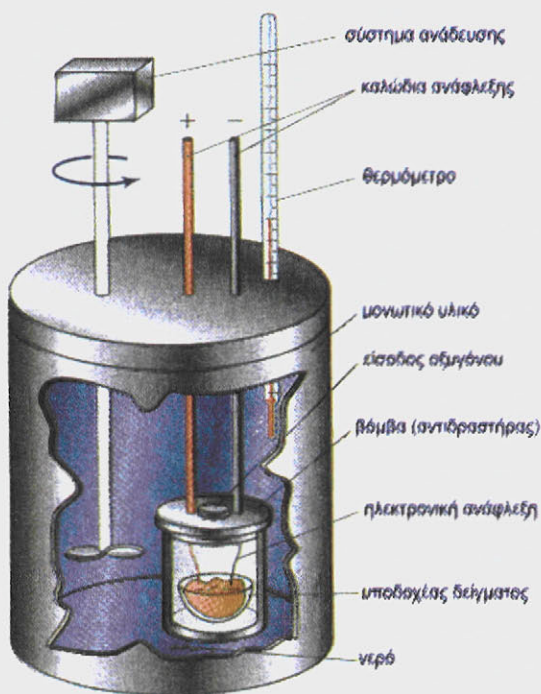
Ο υπολογισμός της θερμότητας αντίδρασης γίνεται με βάση τη σχέση:

$$q = m c \Delta T$$

Όπου, m : η θερμοχωρητικότητα της ουσίας (π.χ. νερό), εκφρασμένη συνήθως σε J grad^{-1} ή cal grad^{-1}

c : η ειδική θερμοχωρητικότητα της ουσίας (π.χ. νερό) εκφρασμένη συνήθως σε $\text{J g}^{-1} \text{ grad}^{-1}$ ή $\text{cal g}^{-1} \text{ grad}^{-1}$.

ΔT : η μεταβολή της θερμοκρασίας σε $^{\circ}\text{C}$ ή K .



ΣΧΗΜΑ 1.1 Θερμιδόμετρο βόμβας.

Να σημειωθεί ότι σε πολλές αντιδράσεις, όπως αυτές που γίνονται υπό μορφή διαλυμάτων, η πίεση παραμένει σχεδόν σταθερή και $\Delta H = q_p$



ΣΧΗΜΑ 1.2 Θερμιδόμετρο τύπου πλαστικού κυπέλλου (coffee-cup). Η αντίδραση γίνεται σε υδατικά διαλύματα υπό σταθερή πίεση.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Για το πείραμα αυτό θα χρειαστείτε :

1. Κωνική φιάλη των 250 mL (Erlenmeyer). Αυτή θα παίζει το ρόλο τόσο του θερμιδόμετρου, όσο και του αντιδραστήρα. Να έχετε υπ' όψη σας ότι χρειάζονται 1,0 cal για να αλλάξει η θερμοκρασία 1 g νερού κατά 1 °C και 0,2 cal για να αλλάξει η θερμοκρασία 1 g γυαλιού κατά 1 °C. Για μεγαλύτερη ακρίβεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλαστικό κύπελλο (θερμιδόμετρο τύπου coffee-cup, όπως φαίνεται στο προηγούμενο σχήμα).
2. Θερμόμετρο με υποδιαίρέσεις 0,1 °C.
3. Ογκομετρικό κύλινδρο (200-500mL).
4. Γυάλινο ραβδί ανάδευσης.
5. Ζυγό με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων.
6. Περίπου 2 g στερεού NaOH.
7. 100 mL διαλύματος NaOH 0,50 M.
8. 300 mL διαλύματος HCl 0,50 M.

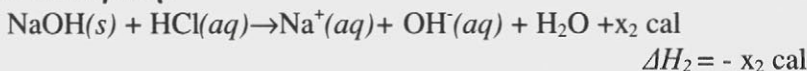
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στο πείραμα που ακολουθεί θα μετρηθούν και θα συγκριθούν μεταξύ τους οι θερμότητες τριών αντιδράσεων:

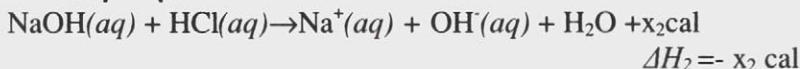
1^η αντίδραση:



2^η αντίδραση:



3^η αντίδραση:



Υπολογισμός της 1ης θερμότητας αντίδρασης (ΔH_1):

1. Ζυγίζουμε την κωνική φιάλη των 250 mL, αφού προηγουμένως την έχουμε καθαρίσει και στεγνώσει καλά.

2. Προσθέτουμε 200 mL νερού δικτύου ύδρευσης και ανακατεύουμε καλά με το θερμόμετρο, μέχρι περίπου να φθάσει τη θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια καταγράφουμε τη θερμοκρασία αυτή.

3. Ζυγίζουμε περίπου 2 g NaOH με ακρίβεια 0,01 g. Η ζύγιση θα πρέπει να γίνει όσο το δυνατό γρηγορότερα, γιατί το NaOH(s) έχει τη ιδιότητα να απορροφά CO_2 από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

4. Προσθέτουμε την ποσότητα αυτή του NaOH στην κωνική φιάλη των 250 mL με το νερό και διαλύουμε το στερεό με τη βοήθεια της γυάλινης ράβδου ανάδευσης.

Με τη βοήθεια του θερμόμετρου, διαβάζουμε τη θερμοκρασία του διαλύματος και καταγράφουμε τη μέγιστη τιμή.

Πλένουμε καλά την κωνική φιάλη, χωρίς να είναι απαραίτητο να τη ξηράνουμε και συνεχίζουμε με το επόμενο πείραμα.

Υπολογισμός της 2ης θερμότητας αντίδρασης (ΔH_2):

Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2, 3 και 4, πλην όμως στη θέση του νερού χρησιμοποιούμε διάλυμα όγκου 200 mL HCl 0,50 M. Αφού τελειώσει το πείραμα πλένουμε καλά την κωνική φιάλη, χωρίς να είναι απαραίτητη η ξήρανσή της και συνεχίζουμε με το επόμενο πείραμα.

Υπολογισμός της 3ης θερμότητας αντίδρασης (ΔH_3):

Προσθέτουμε στην κωνική φιάλη 100 mL HCl 0,50M, αφήνουμε αυτό να αποκτήσει περίπου τη θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια καταγράφουμε τη θερμοκρασία του. Κατόπιν προσθέτουμε 100 mL NaOH 0,50M (αφού προηγουμένως αφήσουμε να αποκτήσει τη θερμοκρασία δωματίου και καταγράψουμε τη θερμοκρασία του). Το τελικό διάλυμα αναδεύεται καλά και καταγράφεται η μέγιστη θερμοκρασία του.

Πείραμα 2**ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΗΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ****ΣΤΟΧΟΙ**

Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

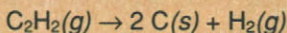
1. Να αναγνωρίζεις την επίδραση της συγκέντρωσης και της θερμοκρασίας στην ταχύτητα μιας αντίδρασης.
2. Να εφαρμόζεις το νόμο της ταχύτητας για μια δεδομένη αντίδραση.
3. Να εξάγεις, με βάση τα πειραματικά δεδομένα, κάποιο μηχανισμό για την αντίδραση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Η ταχύτητα μιας αντίδρασης εκφράζεται συνήθως ως η μεταβολή της συγκέντρωσης ενός αντιδρώντος (mol/L) στη μονάδα του χρόνου. Από πρακτικής πλευράς, η ταχύτητα της αντίδρασης δεν πρέπει να είναι πολύ μικρή, ώστε να μη περιμένουμε χρόνια μέχρι να ολοκληρωθεί, ούτε πολύ μεγάλη, ώστε να μπορεί να ελεγχθεί. Από θεωρητικής πλευράς, η μελέτη της χημικής κινητικής ανοίγει το δρόμο για τη διερεύνηση του μηχανισμού μιας αντίδρασης.

Θερμοκρασία

Γενικά η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την ταχύτητα της αντίδρασης και μάλιστα, τις περισσότερες φορές, αύξηση κατά 10 °C, διπλασιάζει έως τριπλασιάζει την ταχύτητα της αντίδρασης. Ας πάρουμε το παράδειγμα της διάσπασης του ακετυλενίου



Παρ' όλο που η αντίδραση είναι εξώθερμη, απαιτείται ενέργεια για τη διάσπαση των δεσμών των αντιδρώντων σωμάτων. Όσο η θερμοκρασία αυξάνει, τόσο ο αριθμός μορίων με την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια αντίδρασης (ενέργεια ενεργοποίησης) αυξάνει. Αναλογικά, μπορούμε να δούμε την περίπτωση ενός μπουλ, γεμάτο μπίλιες και υψωμένο πάνω από το έδαφος. Οι μπίλιες παρ' όλο που έχουν δυναμική ενέργεια λόγω θέσης δεν πέφτουν, αφού συγκρατούνται από τα «χειίλη» του δοχείου. Αν δώσουμε κάποια ενέργεια στο σύστημα, κουνώντας το μπουλ, μερικές μπίλιες θα αρχίσουν να πέφτουν. Όσο δε περισσότερη ενέργεια δίνουμε, τόσο περισσότερες μπίλιες πέφτουν. Στην περίπτωση βέβαια των μορίων και εφ' όσον η αντίδραση είναι εξώθερμη, η ενέργεια που ελευθερώνεται μεταφέρεται στο αντιδρών σύστημα. Αντίθετα, οι ενδόθερμες αντιδράσεις απαιτούν συνεχή παροχή ενέργειας.

Συγκέντρωση

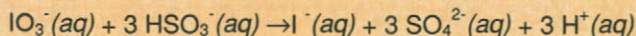
Η ταχύτητα μιας αντίδρασης μπορεί να συσχετιστεί πειραματικά με τη συγκέντρωση των αντιδρώντων. Η μαθηματική σχέση που προκύπτει αποτελεί το νόμο ταχύτητας.

Καταλύτες

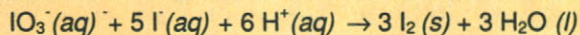
Μερικές ενώσεις αυξάνουν σημαντικά την ταχύτητα της αντίδρασης προσφέροντας ένα ευκολότερο ενεργειακά δρόμο, με μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης για την αντίδραση.

Στο πείραμα που ακολουθεί, θα μελετήσουμε το «ρολόι ιωδίου», μια αντίδραση που γίνεται σε δύο βήματα:

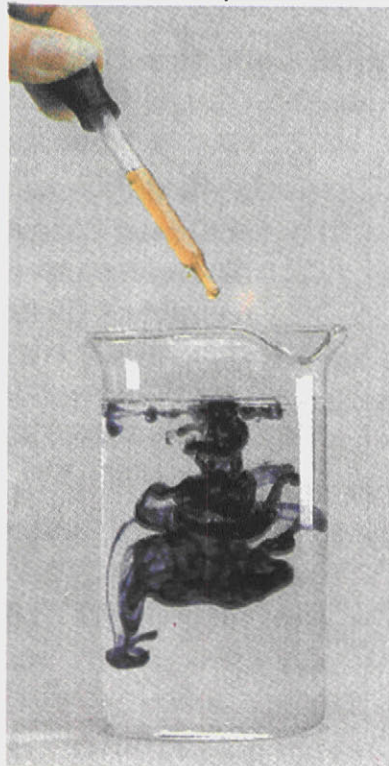
Το πρώτο είναι :



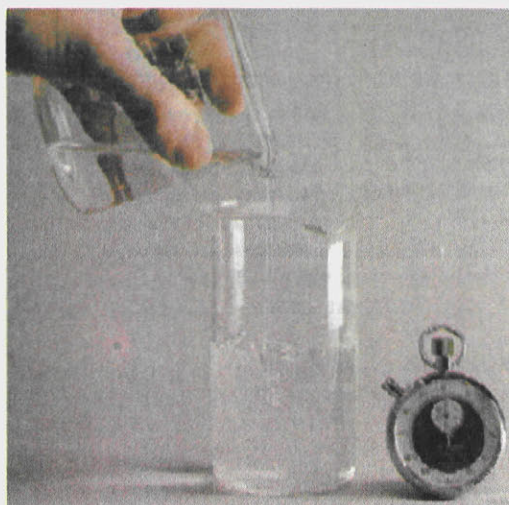
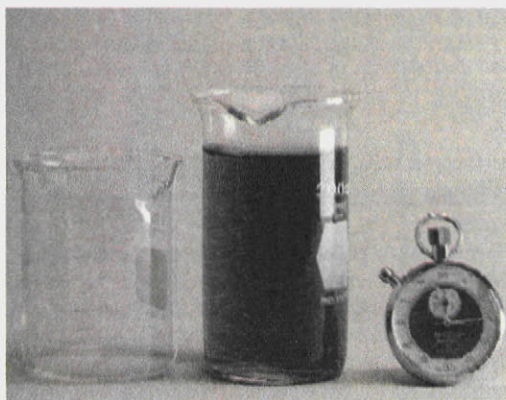
Το δεύτερο στάδιο αρχίζει μόλις τελειώσει το πρώτο, δηλαδή μόλις εξαντληθεί το HSO_3^- , οπότε τα I^- αντιδρούν με την περίσσεια IO_3^- προς σχηματισμό I_2 . Η τελευταία αντίδραση είναι ταχύτατη.



Το ιώδιο που ελευθερώνεται, αντιδρά με το άμυλο που υπάρχει μέσα στο διάλυμα, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ένα έντονο μπλε χρώμα, ένδειξη ότι η αντίδραση έχει πραγματοποιηθεί. Οι αντιδράσεις δίνονται εικονικά παρακάτω:



ΣΧΗΜΑ 2.1 Όταν διάλυμα ιωδίου προστίθεται σε διάλυμα αμύλου, τότε το διάλυμα χρωματίζεται μπλε.



ΣΧΗΜΑ 2.2 Η αντίδραση «ρολόι του ιωδίου». Διάλυμα ιωδικού καλίου KIO_3 προστίθεται σε όξινο διάλυμα θειώδους καλίου K_2SO_3 που περιέχει άμυλο. Μετά από περίπου 15 s, το αντιδρών μίγμα παίρνει μπλε χρώμα, λόγω σχηματισμού ιωδίου, I_2 .

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Για το πείραμα αυτό θα χρειαστείτε :

1. Ογκομετρικό κύλινδρο των 10 mL.
2. Κωνική φιάλη των 250mL (Erlenmeyer).
3. Χρονόμετρο.
4. Διάλυμα KIO_3 0,02M ή αραιωμένο διάλυμα αυτού (διάλυμα Α).
5. Όξινο διάλυμα Na_2SO_3 0,04M που περιέχει 0,4% w/w άμυλο (διάλυμα Β).
6. Δοκιμαστικούς σωλήνες μεγάλους π.χ. των 30mL.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΜΕΡΟΣ 1: Επίδραση της Συγκέντρωσης.

Στο πείραμα που ακολουθεί, θα μελετηθεί η επίδραση της συγκέντρωσης του διαλύματος KIO_3 (διάλυμα Α) στην ταχύτητα της αντίδρασης, δηλαδή στο χρόνο που απαιτείται μέχρι να εμφανιστεί το μπλε χρώμα στο διάλυμα. Για το σκοπό αυτό αραιώνουμε το διάλυμα Α σύμφωνα με το σχήμα:

Διάλυμα Α	KIO_3 0,02 M	Απιονισμένο νερό
1	9,0 mL	1,0 mL
2	7,0 mL	3,0 mL
3	5,0 mL	5,0 mL
4	3,0 mL	7,0 mL

Τα βήματα που ακολουθούμε είναι τα εξής:

1. Σε δοκιμαστικό σωλήνα προσθέτουμε 10,0 mL του Α. Σε άλλο δοκιμαστικό σωλήνα προσθέτουμε 10,0 mL του Β. Αφήνουμε τα διαλύματα λίγα λεπτά να αποκτήσουν τη θερμοκρασία δωματίου.

2. Χύνουμε το περιεχόμενο του σωλήνα Α στο δοκιμαστικό σωλήνα του Β και αμέσως αρχίζουμε τη μέτρηση χρόνου. Συγχρότως ανακατεύουμε το αντιδρών μίγμα με το γυάλινο ραβδί.
3. Καταγράφουμε το χρόνο που απαιτείται μέχρι το διάλυμα να αποκτήσει μπλε χρώμα.
4. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία χρησιμοποιώντας διαφορετικής συγκέντρωσης διάλυμα Α. Να χρησιμοποιηθούν τα τέσσερα διαλύματα που δίνονται παραπάνω, αφού προηγουμένως υπολογισθούν οι συγκεντρώσεις τους (Η σχέση $M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$, μπορεί να διευκολύνει τους υπολογισμούς αυτούς).

ΜΕΡΟΣ 2: Επίδραση της Θερμοκρασίας.

Στο πείραμα που ακολουθεί, θα μελετηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα της αντίδρασης, δηλαδή στο χρόνο που περνά μέχρι να εμφανιστεί το μπλε χρώμα στο διάλυμα. Τα βήματα που ακολουθούμε για το σκοπό αυτό είναι τα εξής:

1. Σε δοκιμαστικό σωλήνα προσθέτουμε 10,0 mL διάλυμα KIO_3 0,02 M (διάλυμα Α). Σε άλλο δοκιμαστικό σωλήνα προσθέτουμε 10,0 mL διάλυμα Na_2SO_3 0,04 M που περιέχει 0,4% w/w άμυλο (διάλυμα Β). Αφήνουμε τους δοκιμαστικούς σωλήνες περίπου δέκα λεπτά σε κωνική φιάλη των 250 mL, που περιέχει νερό με προκαθορισμένη θερμοκρασία, ώστε να αποκτήσουν τα διαλύματα τη θερμοκρασία αυτή.
2. Χύνουμε το περιεχόμενο του σωλήνα Α στο δοκιμαστικό σωλήνα του Β και αμέσως αρχίζουμε τη μέτρηση χρόνου, ενώ συγχρόνως ανακατεύουμε το αντιδρών μίγμα με το γυάλινο ραβδί.
3. Καταγράφουμε το χρόνο (μετρούμενο μέγεθος) που απαιτείται μέχρι το διάλυμα να αποκτήσει μπλε χρώμα.
4. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία χρησιμοποιώντας διαφορετική θερμοκρασία. Για οικονομία χρόνου, ο καθηγητής σας μπορεί να σας χωρίσει σε ομάδες. Κάθε ομάδα να μελετήσει την ταχύτητα σε ορισμένη θερμοκρασία και στη συνέχεια οι ομάδες να ανταλλάξουν αποτελέσματα.

Πείραμα 3

ΔΡΑΣΗ ΚΑΤΑΛΥΤΩΝ

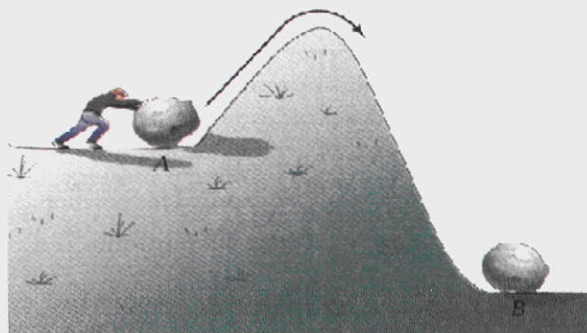
ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

1. Να αναλύεις τη σημασία της κατάλυσης στην κινητική μιας αντίδρασης. (MnO_2)
2. Να περιγράφεις τη δράση ενός ομογενούς και ετερογενούς καταλύτη στη διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Η ταχύτητα μιας αντίδρασης μπορεί να αυξηθεί με τη βοήθεια των καταλυτών. Ο καταλύτης δημιουργεί ένα πιο εύκολο και επομένως και πιο γρήγορο δρόμο για την αντίδραση. Με άλλα λόγια, ελαττώνει την ενέργεια ενεργοποίησης της αντίδρασης. Την ενέργεια δηλαδή που χρειάζονται τα μόρια για να αντιδράσουν. Υπάρχουν πολλές θεωρίες που ερμηνεύουν τη δράση των καταλυτών, όπως είναι π.χ. η θεωρία της προσροφήσεως.



ΣΧΗΜΑ 3.1 Ο καταλύτης προσφέρει ένα ευκολότερο δρόμο για την αντίδραση.

Γεγονός πάντως είναι ότι η σημασία των καταλυτών είναι θεμελιώδης:

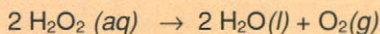
1) στη βιομηχανία, γιατί κατεβάζει σημαντικά το κόστος παραγόμενων προϊόντων.

2) στη βιολογία, καθ' όσον το σύνολο των αντιδράσεων που γίνονται στους ζώντες οργανισμούς είναι καταλυτικής φύσεως.

3) στη θεωρητική χημεία για τη μελέτη του μηχανισμού μιας αντίδρασης.

Όταν ο καταλύτης και το καταλυόμενο σύστημα, δηλαδή τα αντιδρώντα, βρίσκονται στην ίδια φάση, η κατάλυση χαρακτηρίζεται **ομογενής**, ενώ αν ο καταλύτης και το καταλυόμενο σύστημα βρίσκονται σε διαφορετικές φάσεις **ετερογενής**.

Στο πείραμα που ακολουθεί, θα μελετήσουμε την αντίδραση διάσπασης του υπεροξειδίου του υδρογόνου. Η αντίδραση αυτή, από μόνη της γίνεται με πολύ μικρή ταχύτητα:



Την αντίδραση αυτή θα μελετήσουμε παρουσία στερεών π.χ. MnO_2 (ετερογενής κατάλυση), καθώς και υγρών π.χ. υδατικού διαλύματος NaBr (ομογενής κατάλυση).

Να σημειώσουμε ότι το γνωστό μας οξυζενέ είναι διάλυμα H_2O_2 3% σε νερό. Ο δε αφρισμός που παρατηρείται, όταν προστίθεται στις πληγές, οφείλεται στην έκλυση O_2 , λόγω της διάσπασης του H_2O_2 . Το αίμα στην προκειμένη περίπτωση παίζει το ρόλο του καταλύτη. Το παραγόμενο οξυγόνο βρίσκεται σε ατομική μορφή και έχει δράση μικροβιοκτόνου, γι' αυτό το οξυζενέ χρησιμοποιείται ως αποστειρωτικό.



ΣΧΗΜΑ 3.2 Τα σκαθάκια έχουν αμυντικό μηχανισμό βασισμένο στην καταλυτική διάσπαση του H_2O_2 . Το O_2 που παράγεται εκτοξεύει με πολύ μεγάλη, εκρηκτική δύναμη, H_2O και άλλα χημικά. Επειδή η αντίδραση είναι εξώθερμη το νερό που εκτοξεύεται είναι υπό μορφή υδρατμών.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

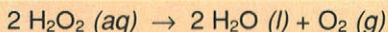
Για το πείραμα αυτό θα χρειαστείτε :

1. Ογκομετρικό κύλινδρο των 10 mL.
2. Κωνική φιάλη των 250mL (Erlenmeyer).
3. Χρονόμετρο.
4. Διάλυμα H_2O_2 30%.
5. Διοξειδίο του μαγγανίου MnO_2 .
6. NaBr .
7. Δοκιμαστικούς σωλήνες μεγάλους π.χ. των 30mL.
8. Μεταλλική σπαθίδα.
9. Ύαλο ωρολογίου.
10. Διάταξη μέτρησης όγκου αερίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4 και 3.6 (προαιρετικό πείραμα).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΜΕΡΟΣ 1: Επίδραση MnO_2 (ετερογενής κατάλυση).

Στα πειράματα που ακολουθούν, θα μελετηθεί η επίδραση του MnO_2 στη διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου. Στο πρώτο μέρος ποιοτικά, εκτιμώντας το χρόνο για την έναρξη έκλυσης του αερίου και στο δεύτερο μέρος ποσοτικά, μετρώντας τον όγκο του αερίου ανά μονάδα χρόνου π.χ 2 min.



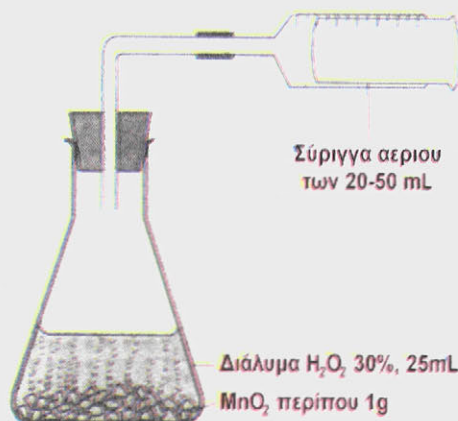
α) Τοποθετούμε με τη σπαθίδα μικρή ποσότητα MnO_2 , περίπου 1 g, σε ύαλο ωρολογίου. Στη συνέχεια μ'ένα σταγονόμετρο ρίχνουμε διάλυμα H_2O_2 30%, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

**ΣΧΗΜΑ 3.3**

Η διάσπαση του H_2O_2 επιταχύνεται λόγω της παρουσίας του MnO_2 . Το παραγόμενο H_2O , λόγω της εκλυόμενης θερμότητας, είναι υπό μορφή υδρατμών.

β) προσθέτουμε 5-10 mL διαλύματος H_2O_2 σε δοκιμαστικό σωλήνα και στη συνέχεια προσθέτουμε με τη βοήθεια της σπαθίδας ελάχιστη ποσότητα π.χ. 0,01 g MnO_2 . Παρατηρήσετε την έκλυση του παραγόμενου αερίου O_2 (αφρισμός του διαλύματος)

Προαιρετικό. Μετρούμε την ταχύτητα διάσπασης H_2O_2 (ι) παρουσία (ιι) απουσία του καταλύτη MnO_2 , με την παρακάτω διάτα-

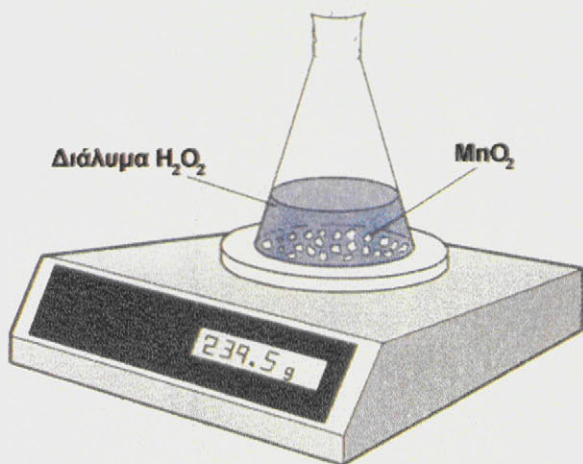
**ΣΧΗΜΑ 3.4**

Υπολογισμός της ταχύτητας αντίδρασης με μέτρηση του όγκου του παραγόμενου αερίου σε συνάρτηση με το χρόνο.

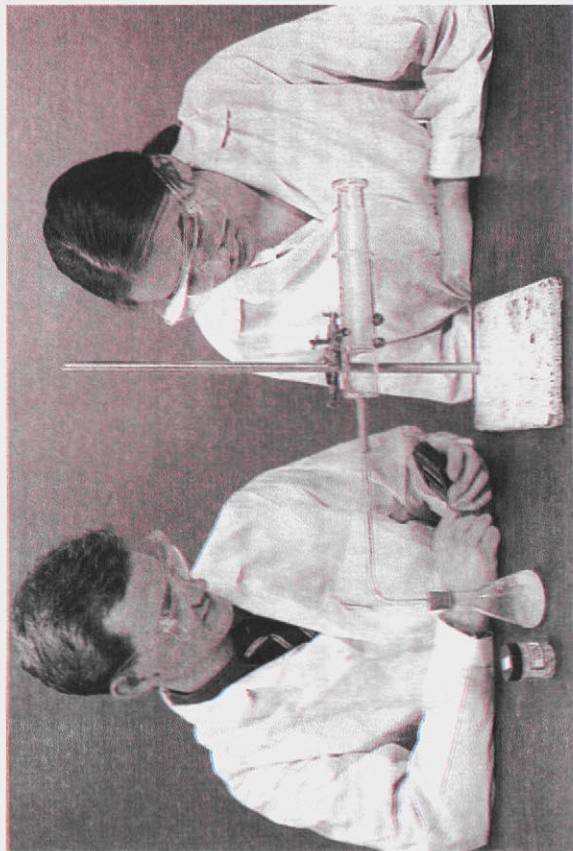
ξη*. Για το λόγο αυτό μετρούμε τον εκλυόμενο όγκο του O_2 , σε συνάρτηση με το χρόνο. Η ταχύτητα εκφράζεται ως η μεταβολή όγκου του παραγόμενου αερίου στη μονάδα του χρόνου.

* Η διάταξη αποτελείται από κωνική φιάλη των 500 mL πωματισμένη με ελαστικό φελλό, από όπου περνά κεκαμμένος γυάλινος σωλήνας στον οποίο προσαρμόζεται με έναν μικρό ελαστικό σωλήνα η σύριγγα μέτρησης του όγκου του αερίου.

Εναλλακτικά, η ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί, παρουσία / απουσία του καταλύτη, από την απώλεια βάρους του αντιδρώντος συστήματος σε συνάρτηση με το χρόνο και να εκφραστεί ως $\Delta m / \Delta t$.



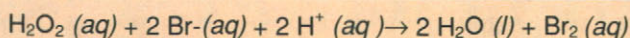
ΣΧΗΜΑ 3.5 Υπολογισμός της ταχύτητας με μέτρηση της απώλειας μάζας στη μονάδα του χρόνου.



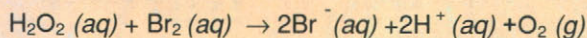
ΣΧΗΜΑ 3.6 Διάταξη για τη μέτρηση της ταχύτητας με βάση τον εκλυόμενο όγκο του εκλυόμενου αερίου στη μονάδα του χρόνου.

ΜΕΡΟΣ 2: Επίδραση $\text{Br}^- (\text{aq})$ (ομογενής κατάλυση).

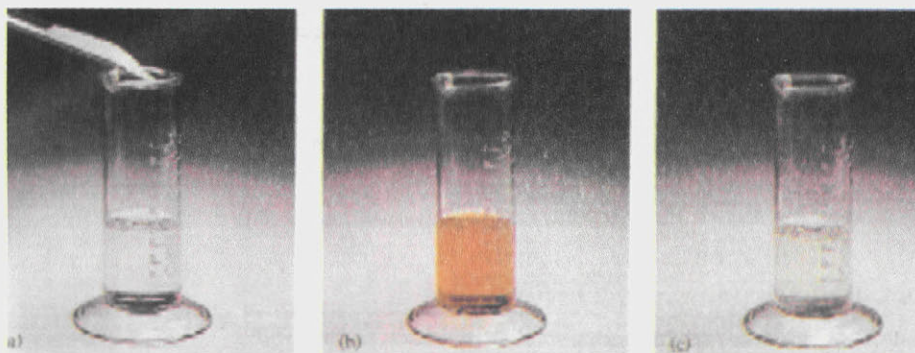
Παίρνουμε διάλυμα H_2O_2 περίπου 20 mL. Στο διάλυμα προσθέτουμε 1 g περίπου NaBr (Σχήμα 3.7 α). Τα ιόντα βρωμίου που σχηματίζονται στο διάλυμα δρουν καταλυτικά. Κατ' αρχάς παρατηρήστε το καστανό χρώμα που παίρνει το διάλυμα, εξ' αιτίας του σχηματισμού του Br_2 (Σχήμα 3.7β), σύμφωνα με την χημική εξίσωση:



Το παραγόμενο Br_2 στη συνέχεια αντιδρά με το H_2O_2 , γι' αυτό σε λίγη ώρα, θα παρατηρήσετε τον αποχρωματισμό του διαλύματος (Σχήμα 3.7γ). Επίσης, ο έντονος αφρισμός του διαλύματος υποδηλώνει την έκλυση του O_2 , σύμφωνα με την αντίδραση:



Τέλος, ο σχηματισμός του ενδιάμεσου προϊόντος, Br_2 καθώς και η ανάκτηση του καταλύτη (Br^-) επιβεβαιώνει τη θεωρία ενδιάμεσου προϊόντος για την καταλυτική δράση.



ΣΧΗΜΑ 3.7 Ομογενής καταλυτική διάσπαση του H_2O_2 με $\text{Br}^- (\text{aq})$.

Πείραμα 4

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

1. Να αναγνωρίζεις ότι με τον όρο θέση της χημικής ισορροπίας, στην οποία καταλήγει σε συγκεκριμένες συνθήκες μια *αμφίδρομη αντίδραση*, εννοούμε την *απόδοση* ή την *έκταση* της αντίδρασης (μέχρι πού «φτάνει»).
2. Να αναγνωρίζεις τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση μιας αντίδρασης π.χ συγκέντρωση, θερμοκρασία.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Κάθε *αμφίδρομη αντίδραση* κάτω από ένα σύνολο συνθηκών, φτάνει αργά ή γρήγορα - πράγμα το οποίο είναι θέμα ταχύτητας- σε μια κατάσταση ισορροπίας (X.I.). Στην πορεία της αντίδρασης ένα μέρος από τα αντιδρώντα μετατρέπεται σε προϊόντα, οπότε στη θέση της X.I. θα συνυπάρχουν σε μίγμα όλα μαζί, αντιδρώντα και προϊόντα. Η σύσταση αυτού του μίγματος ισορροπίας θα παραμένει χρονικά σταθερή αν δεν αλλάξουν οι συνθήκες.

Ακόμα, θα χαρακτηρίζεται ποσοτικά από τη *σταθερά ισορροπίας* K (K_c ή K_p), η οποία εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία. Για την αντίδραση π.χ.



στην κατάσταση της X.I. θα είναι : $K_c = [\Gamma] \cdot [\Delta] / [A] \cdot [B]$.

Αν αλλάξουν οι άλλες συνθήκες, πλην της θερμοκρασίας, η τιμή του K_c μένει σταθερή, έστω και αν αλλάζουν οι επιμέρους τιμές των συγκεντρώσεων των A, B, Γ και Δ. Αλλάζοντας όμως τις τιμές αυτές, αλλάζει και η *απόδοση α της αντίδρασης* που μπο-

ρεί να οριστεί π.χ. ως ο λόγος των mol του A που αντέδρασαν προς τα mol που θα αντιδρούσαν αν η αντίδραση ήταν ποσοτική. Μπορεί κανείς να προβλέψει τη μεταβολή αυτή του α ή (διαφορετικά) τη φορά προς την οποία θα κινηθεί η αντίδραση – δεξιά ή αριστερά – ποιοτικά και ποσοτικά, με βάση την *αρχή του Le Chatelier*. Σε πολύ γενική διατύπωση η αρχή αυτή λείει, ότι «μεταβολή κάποιου από τους παράγοντες της ισορροπίας μετατοπίζει την θέση της προς την μεριά εκείνη, η οποία θα αντισταθμίσει τη μεταβολή».

Έτσι, αν στην παραπάνω ισορροπία αυξηθεί έστω η $[Γ]$, τότε η ισορροπία θα μετατοπιστεί προς τα αριστερά μικραίνοντας έτσι την απόδοση της αντίδρασης, χωρίς να μεταβληθεί η τιμή της K . Η περίπτωση της μεταβολής της θερμοκρασίας έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, μια και η μετατόπιση της θέσης ισορροπίας εξαρτάται από το αν η αντίδραση είναι εξώθερμη ή ενδόθερμη. Σύμφωνα με την παραπάνω αρχή, αύξηση π.χ. της θερμοκρασίας μετατοπίζει την ισορροπία προς την πλευρά της απορρόφησης θερμότητας, δηλαδή προς την ενδόθερμη φορά.

Στο πείραμα που ακολουθεί θα μελετηθεί σε πρώτη φάση η επίδραση της μεταβολής της συγκέντρωσης, στη θέση ισορροπίας. Σαν παράδειγμα επελέγη η ισορροπία :



Στη θέση ισορροπίας το χρώμα που υπερισχύει εξαρτάται από την $[\text{H}^+]$. Έτσι, αύξηση της $[\text{H}^+]$ μετατοπίζει την ισορροπία προς τα δεξιά και το διάλυμα αποκτά ολοένα και πιο έντονο πορτοκαλλοκόκινο χρώμα. Αντίθετα, μείωση της $[\text{H}^+]$ ή το ίδιο αύξηση της $[\text{OH}^-]$, οδηγεί τελικά στην επικράτηση του κίτρινου χρώματος, που είναι το χρώμα των χρωμικών ιόντων.

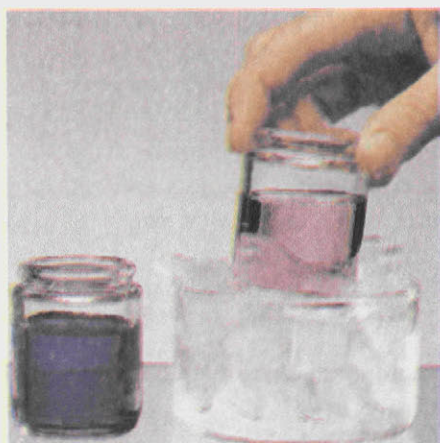


ΣΧΗΜΑ 4.1 Προσθήκη οξέος σε διάλυμα CrO_4^{2-} οδηγεί τελικά στην επικράτηση του πορτοκαλοκόκκινου χρώματος, που είναι το χρώμα των $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

Για την μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας ένα προσιτό πείραμα είναι η ισορροπία :



Στην περίπτωση αυτή αύξηση της θερμοκρασίας μετατοπίζει την ισορροπία δεξιά με επικράτηση του κυανού χρώματος του συμπλόκου, ενώ με ψύξη θα επικρατεί το κόκκινο χρώμα των ενυδατωμένων ιόντων Co^{2+} , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 4.2

Επίδραση της θερμοκρασίας στη θέση της χημικής ισορροπίας.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Για την εκτέλεση του πειράματος απαιτούνται:

1. 10 δοκιμαστικοί σωλήνες 13x100 mm.
2. Λύχνος Bunsen και ξυλολαβίδα δοκιμαστικών σωλήνων.
3. Σταγονόμετρο.
4. Διαλύματα K_2CrO_4 και $K_2Cr_2O_7$ 0,1 M.
5. Διαλύματα HCl και NaOH 1 M.
6. $CoCl_2$.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

α. μελέτη της επίδρασης της συγκέντρωσης.

1. Βάλτε από 5 mL των διαλυμάτων K_2CrO_4 και $K_2Cr_2O_7$ σε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες. Σημειώστε το χρώμα τους. Αυτοί θα χρησιμεύουν σαν πηγές των αντιστοίχων ιόντων.

2. Μεταφέρατε από 20 σταγόνες (1 mL) από το κάθε διάλυμα σε δύο άλλους σωλήνες και προσθέστε στον καθένα σταγόνα-σταγόνα διάλυμα NaOH 1M. Σημειώστε τυχόν αλλαγή στο χρώμα. Στους σωλήνες τώρα αυτούς προσθέστε πάλι σταγόνα-σταγόνα από το διάλυμα του HCl 1M. Σημειώστε τυχόν αλλαγές.

3. Σε δύο νέους σωλήνες προσθέστε πάλι 20 σταγόνες από τα αρχικά διαλύματα και προσθέστε σταγόνα-σταγόνα από το διάλυμα του HCl 1M. Σημειώστε τις μεταβολές στο χρώμα. Μετά προσθέστε και εδώ σταγόνες από το διάλυμα του NaOH. Σημειώστε τις αλλαγές.

β. μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας.

1. Σε δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρατε 5 mL απιονισμένο νερό και διαλύστε σε αυτό λίγο $CoCl_2$ (στην άκρη της σπαθίδος). Σημειώστε το χρώμα.

2. Προσθέστε τώρα με το σταγονόμετρο διάλυμα HCl 1M και σημειώστε την αλλαγή στο χρώμα. Αραιώστε τώρα το διάλυμα με σταγόνες νερού και σημειώστε την αλλαγή.

3. Θερμάνετε τώρα τον σωλήνα στην φλόγα του λύχνου με πολύ προσοχή και παρατηρήστε την αλλαγή.

Πείραμα 5

ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ

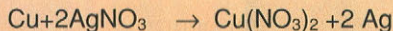
Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

1. Να αναγνωρίζεις την οξειδοαναγωγική δράση που «κρύβει» μια αντίδραση απλής αντικατάστασης.
2. Να αποδεικνύεις μέσα από πειραματικά δεδομένα τη σειρά δραστικότητας των μετάλλων (σειρά ηλεκτροθετικότητας) ή αμετάλλων (σειρά ηλεκτραρνητικότητας).

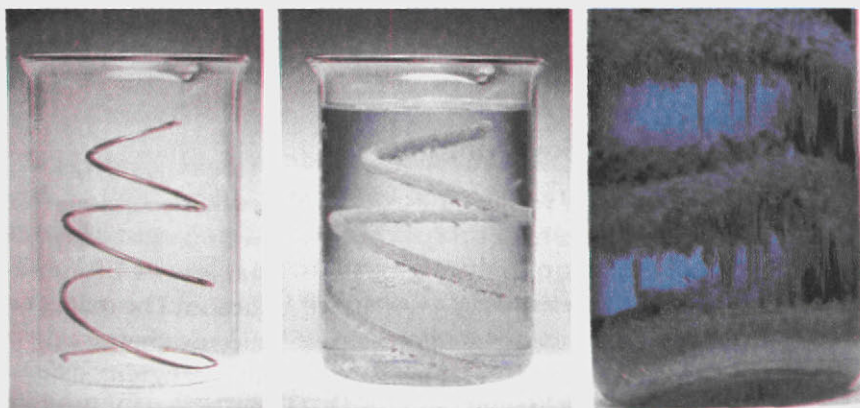
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Η απλή αντικατάσταση αποτελεί την απλούστερη ίσως μορφή μιας οξειδοαναγωγικής αντίδρασης. Στις αντιδράσεις αυτές, ένα στοιχείο μιας ένωσης (μέταλλο ή αμέταλλο) αντικαθίσταται από ένα δραστικότερό του. Αν το στοιχείο που αντικαθίσταται κερδίζει ηλεκτρόνια, δηλαδή ανάγεται, το δραστικό στοιχείο τροφοδοτεί τα ηλεκτρόνια, δηλαδή οξειδώνεται.

π.χ.

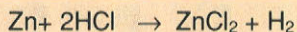


Στην παραπάνω περίπτωση ο Ag ανάγεται και ο Cu οξειδώνεται, δηλαδή ο Cu αντικαθιστά ως δραστικότερος τον Ag. Πειραματικά αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το διάλυμα κατά τη διάρκεια της αντίδρασης αποκτά μπλε χρώμα, που είναι ένδειξη ότι ο χαλκός διαλύεται (εισέρχεται στο διάλυμα), ενώ η επιφάνεια του μεταλλικού χαλκού καλύπτεται από κρυστάλλους μεταλλικού αργύρου (ο Ag εξέρχεται από το διάλυμα).



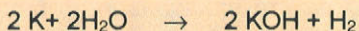
ΣΧΗΜΑ 5.1 Σύρμα Cu σε διάλυμα AgNO_3 . Ο Cu διαλύεται (οξειδωση) και Ag εναποτίθεται στο σύρμα (αναγωγή).

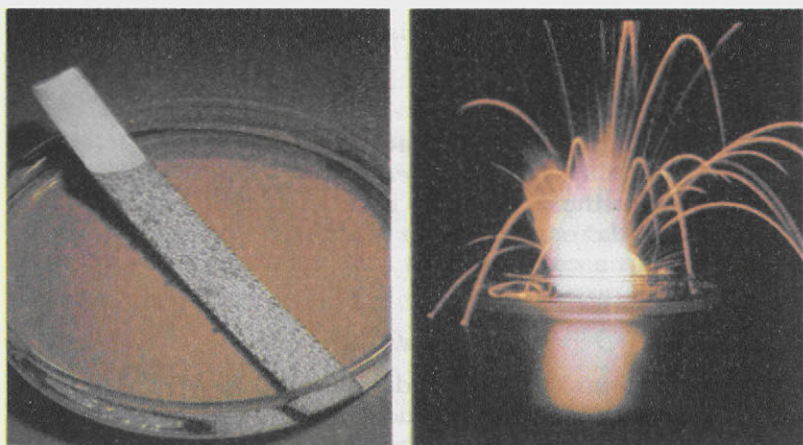
Ανάλογα συμβαίνουν στην αντίδραση:



Εδώ η παρουσία φυσαλίδων υδρογόνου στην επιφάνεια του μεταλλικού Zn, προδίδει την αντικατάσταση που έχει λάβει χώρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2:

Επίσης, στην παρακάτω αντίδραση απλής αντικατάστασης, το K σαν πιο δραστικό αντικαθιστά το H στο μόριο του νερού και λόγω δε της θερμότητας που εκλύεται κατά την αντίδραση, το εκλυόμενο υδρογόνο αυταναφλέγεται (βλέπε σχήμα 5.2).





ΣΧΗΜΑ 5.2 α. έλασμα Zn σε διάλυμα HCl β. προσθήκη K σε νερό.

Σ' αυτό το πείραμα θα μελετήσουμε τον αναγωγικό χαρακτήρα διαφόρων μετάλλων, όπως του Cu, Fe, Mg και Zn και θα συγκρίνουμε τη σχετική ισχύ αυτών. Ένα μέταλλο θεωρείται δραστικότερο από κάποιο άλλο, αν μπορεί να αντικαταστήσει αυτό σ' ένα διάλυμά του.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Για το πείραμα αυτό θα χρειαστείτε :

1. Ογκομετρικό κύλινδρο των 10 mL.
2. Δοκιμαστικούς σωλήνες μεγάλους π.χ. των 30mL.
3. Διάλυμα CuSO_4 0,1 M.
4. Διάλυμα ZnSO_4 0,1 M.
5. Διάλυμα H_2SO_4 3 M.
6. Κομμάτι Cu σε μορφή ελάσματος εμβαδού περίπου 1 cm^2 .
7. Κομμάτι Zn σε μορφή ελάσματος εμβαδού περίπου 1 cm^2 .
8. Σύρμα Mg μήκους περίπου 2 cm.
9. Κομμάτι Fe σε μορφή ελάσματος εμβαδού περίπου 1 cm^2 .

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

1. Παίρνουμε τέσσερις δοκιμαστικούς σωλήνες και τους αριθμούμε. Στον πρώτο προσθέτουμε το έλασμα Cu, στο δεύτερο του Fe, στον τρίτο Mg και στον τέταρτο Zn. Στη συνέχεια προσθέτουμε σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 10 mL διαλύματος CuSO_4 0,1 M και παρατηρούμε το αποτέλεσμα της ανάμιξης μετά από 5 λεπτά. Αν αντίδραση έχει λάβει χώρα, καταγράφουμε τις παρατηρήσεις μας, π.χ. αλλαγή χρώματος διαλύματος, εναπόθεση στερεού στο έλασμα, έκλυση αερίου κλπ., καθώς επίσης γράφουμε και την αντίστοιχη χημική εξίσωση.
2. Στη συνέχεια το πείραμα επαναλαμβάνεται κάνοντας χρήση αυτή τη φορά διαλύματος ZnSO_4 0,1 M.
3. Τέλος, το πείραμα επαναλαμβάνεται με διάλυμα H_2SO_4 3 M.

Πείραμα 6

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ

ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

1. Να αναγνωρίζεις την οξειδοαναγωγική δράση που «κρύβει» μια ηλεκτρολυτική διεργασία.
2. Να παρασκευάζεις στοιχεία ή ενώσεις πειραματικά, χρησιμοποιώντας την ηλεκτρόλυση.

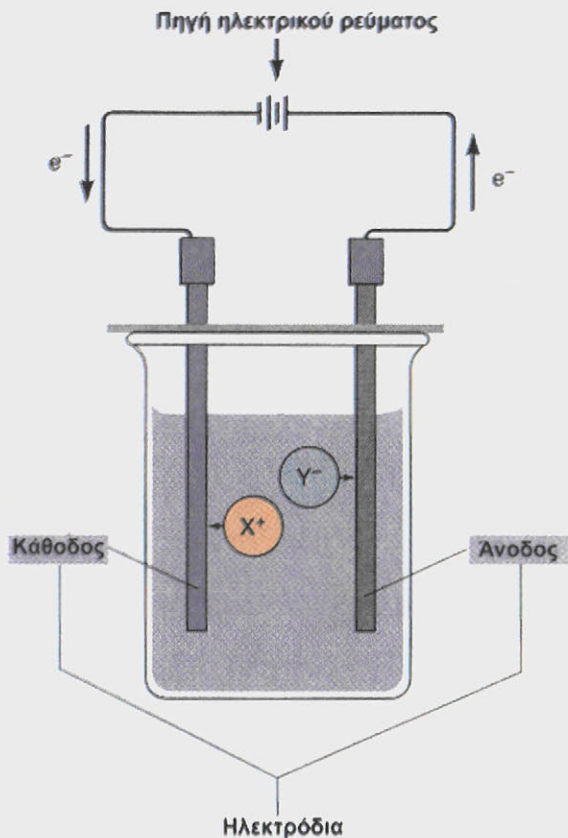
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Ηλεκτρόλυση ονομάζεται το σύνολο των αντιδράσεων οξείδωσης και αναγωγής που λαμβάνουν χώρα, όταν σε ένα τήγμα ή διάλυμα ηλεκτρολύτη (ηλεκτρολυτικό αγωγό) εφαρμόσουμε κατάλληλη διαφορά δυναμικού. Στην ηλεκτρόλυση δηλαδή, γίνεται μια οξειδοαναγωγική αντίδραση με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Τότε, έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική. Η αντίστοιχη διάταξη ονομάζεται **ηλεκτρολυτικό στοιχείο**, και εικονίζεται διαγραμματικά στο σχήμα 6.1.

Στην κάθοδο που είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο, υπάρχει περίσσεια ηλεκτρονίων. Εκεί πηγαίνουν λόγω έλξης τα κατιόντα, προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια, δηλαδή ανάγονται, και μεταπίπτουν σε ουδέτερα άτομα. Στην άνοδο, που είναι το θετικό ηλεκτρόδιο, υπάρχει έλλειψη ηλεκτρονίων. Εκεί τα ανιόντα, αποβάλλουν ηλεκτρόνια, δηλαδή οξειδώνονται, οπότε μεταπίπτουν σε ουδέτερα άτομα.

Στην περίπτωση που έχουμε περισσότερα από ένα κατιόντα ή ανιόντα, τότε τα προϊόντα ηλεκτρόλυσης καθορίζονται κατά κύριο

λόγο από τη σειρά εκφόρτισης των κατιόντων ή ανιόντων (βλέπε βιβλίο θεωρίας, ενότητα 5.3).

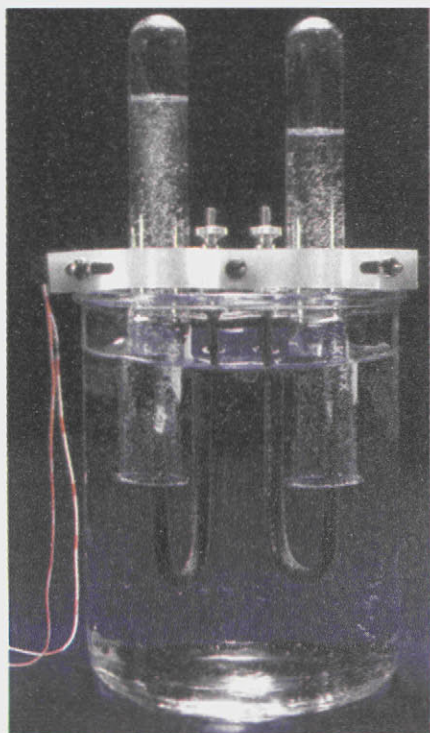


ΣΧΗΜΑ 6.1 Διαγραμματική απεικόνιση ηλεκτρολυτικού στοιχείου.

Τέλος, να σημειωθεί ότι μέσω του ηλεκτρολύτη δε ρέουν ηλεκτρόνια. Αυτά παράγονται από τη πηγή του συνεχούς ρεύματος, φτάνουν από τον εξωτερικό αγωγό στην κάθοδο και εκεί καταναλώνονται σε μια αναγωγική αντίδραση. Παράλληλα, άλλα ηλε-

κτρόνια γεννιούνται στην άνοδο από μια οξειδωτική δράση και απομακρύνονται μέσω αυτής προς την πηγή.

Οι εφαρμογές της ηλεκτρόλυσης είναι πάρα πολλές, ενδεικτικά αναφέρουμε τη βιομηχανική παραγωγή Na , Al , Cl_2 , NaOH και την επιμετάλλωση, δηλαδή την κάλυψη της επιφάνειας «αγενέστερων» μετάλλων από «ευγενέστερα» π.χ. Au , Pt , Ag . Παράδειγμα φέρνουμε την ηλεκτρόλυση νερού, που οδηγεί στο σχηματισμό υδρογόνου στην κάθοδο και οξυγόνου στην άνοδο, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 6.2 Ηλεκτρόλυση νερού, τα παραγόμενα αέρια H_2 και O_2 συλλέγονται στους ανεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλήνες που περιβάλλουν την κάθοδο και άνοδο, αντίστοιχα.

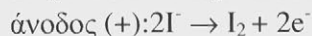
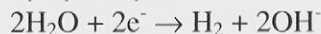
Να σημειωθεί ότι στο νερό θα πρέπει να έχει διαλυθεί ένας ηλεκτρολύτης π.χ. Na_2SO_4 , ώστε να μπορεί να περάσει το ρεύμα. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι:



Στο συγκεκριμένο πείραμα θα μελετηθεί η ηλεκτρόλυση υδατικού διαλύματος ιωδιούχου καλίου, η οποία οδηγεί στο σχηματισμό ιωδίου στην άνοδο και υδρογόνου στην κάθοδο, σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



ή ορθότερα



ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

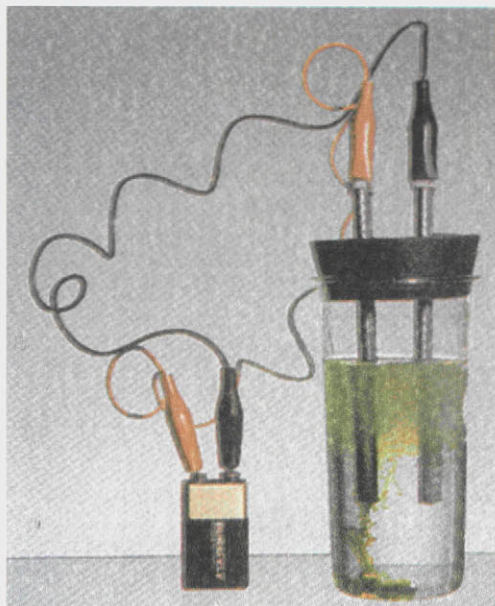
Για το πείραμα αυτό θα χρειαστείτε :

1. Ποτήρι ζέσεως των 100 mL.
2. Πώμα φελλού μεγάλης διαμέτρου, που να μπορεί να σκεπάσει το ποτήρι ζέσης και να έχει τρύπες για να στηρίξει τα ηλεκτρόδια (όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα).
3. Ογκομετρικό κύλινδρο των 100mL.
4. Διάλυμα KI 0,5 M.
5. Πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος 12 V.
6. Δύο καλώδια με ακροδέκτες.
7. Δύο ηλεκτρόδια (ράβδοι) από γραφίτη.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Προσθέτουμε στο ποτήρι ζέσεως περίπου 60 mL διαλύματος KI 0,5 M και συναρμολογούμε τη διάταξη, που φαίνεται στο σχήμα 6.3.



ΣΧΗΜΑ 6.3 Ηλεκτρόλυση διαλύματος KI. Στην άνοδο σχηματίζεται I_2 (κίτρινο στερεό), ενώ στην κάθοδο ελευθερώνονται φουσαλίδες H_2

Τα ηλεκτρόδια στερεώνονται στο πόμα από φελλό, το οποίο σκεπάζει το ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Χρειάζεται όμως προσοχή, ώστε ο χώρος ο υπερκείμενος του διαλύματος να μην είναι στεγανά κλεισμένος. Η διάρκεια της ηλεκτρολύσεως είναι περίπου 10 λεπτά και καθ' όλη τη διάρκεια της ηλεκτρολύσεως καταγράφουμε τις μεταβολές που γίνονται στο χώρο της καθόδου και ανόδου.

Να παρατηρήσεις τις αλλαγές χρώματος στο περιβάλλον της ανόδου (που οφείλονται αυτές;). Στο περιβάλλον της καθόδου παρατηρείται έκλυση αερίων (ίδιο ερώτημα). Να γράψετε τις αντιδράσεις που δικαιολογούν τις παρατηρήσεις αυτές .

Πείραμα 7

ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ

ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος του πειράματος αυτού θα πρέπει να μπορείς:

1. Να εκτελείς πειραματικά μια επιμετάλλωση και να αναγνωρίζεις ότι αποτελεί μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες εφαρμογές της ηλεκτροχημείας.
2. Να αναγνωρίζεις ότι επιμετάλλωση είναι η κάλυψη μιας επιφάνειας, μεταλλικής ή και όχι, από μία στρώση μετάλλου, με ηλεκτρόλυση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΘΕΜΑ

Από την γενική περιγραφή του φαινομένου της ηλεκτρόλυσης γνωρίζουμε ότι σε καθένα από τα δύο ηλεκτρόδια, γίνεται μία (ημι)αντίδραση οξειδοαναγωγής. Έτσι, στην *άνοδο* γίνεται *οξείδωση*, π.χ. $M^0 \rightarrow M^{v+} + ve$, πράγμα που σημαίνει ότι η μεταλλική αυτή άνοδος διαλύεται προοδευτικά. Στην *κάθοδο* γίνεται *αναγωγή* π.χ. $M'^{v+} + ve \rightarrow M'^0$. Αποτίθεται δηλαδή το μέταλλο M' στην κάθοδο και κάτω από κατάλληλη προετοιμασία μπορεί να την επικαλύψει.

Έστω λοιπόν ότι θέλει κανείς να επιχαλκώσει ένα μεταλλικό αντικείμενο π.χ. ένα αλουμινένιο κλειδί. Πρέπει να διαθέτει κατ' αρχάς μία απλή διάταξη ηλεκτρόλυσης. Ηλεκτρική πηγή μπορεί να είναι ένα ξηρό στοιχείο π.χ. μπαταρία 4,5 V. Κάθοδος θα είναι το αντικείμενο που θα καλυφθεί και ηλεκτρολύτης θα είναι ένα άλας του χαλκού. Το δε διάλυμα του ηλεκτρολύτη θα τροφοδοτείται με ιόντα χαλκού από την άνοδο η οποία θα είναι ένα έλασμα Cu. Οι αντιδράσεις που γίνονται στα δύο ηλεκτρόδια είναι:



Άνοδος (+): $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

Πρακτικά εκείνο το οποίο γίνεται, είναι μεταφορά χαλκού από την άνοδο στην κάθοδο ηλεκτρολυτικά.

Με την επιμετάλλωση γενικότερα επιδιώκεται η κάλυψη ενός αντικειμένου από μέταλλο-συνήθως «ευγενέστερο» όπως π.χ. άργυρο (επαργύρωση), χρώμιο(επιχρωμίωση) κ.λ.π.- είτε για λόγους προστασίας από διάβρωση είτε για λόγους αισθητικής. Στην βιομηχανία των αυτοκινήτων η επιμετάλλωση κυρίως σαν επινικέλωση και επιχρωμίωση, χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα.

Η «επιτυχία» μιας επιμετάλλωσης εξαρτάται κυρίως από τη μορφή – πάχος, στιλπνότητα, πρόσφυση, πορώδες – με την οποία θα αποτεθεί το καλύπτον μέταλλο. Αυτά κατά κύριο λόγο εξαρτώνται από την *ταχύτητα* με την οποία γίνεται η ηλεκτρολυτική απόθεση. Ελεγχόμενη ταχύτητα κάνει το αποτιθέμενο μέταλλο μικροκρυσταλλικό, καλά προσφυόμενο, στιλπνό και ανθεκτικό. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι:

1. Η *πυκνότητα του ρεύματος*. Αυτή ορίζεται ως το πηλίκο της έντασης του ρεύματος I προς την επιφάνεια του ηλεκτροδίου.
2. Η *θερμοκρασία*.
3. Η *μορφή* την οποία έχει το αποτιθέμενο ιόν μέσα στο διάλυμα. Ο τύπος και η δομή του ιόντος κανονίζεται από διάφορα πρόσθετα που εισάγονται στο διάλυμα.
4. Το pH του διαλύματος.

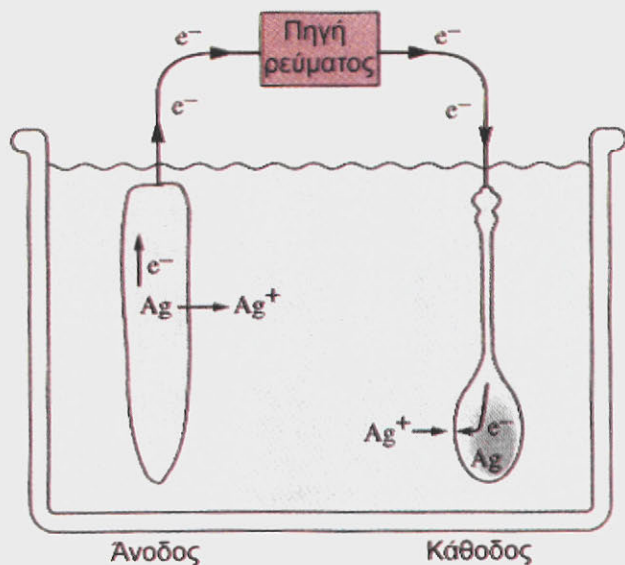
Πρέπει να τονισθεί ότι απλή επιμετάλλωση μπορεί να γίνει, με όχι όμως καλά αποτελέσματα, και με απλή εισαγωγή ενός μετάλλου σε διάλυμα **δραστικότερου μετάλλου**. Είναι η περίπτωση της απλής αντικατάστασης που ως γνωστόν ακολουθεί την σειρά δραστηριότητας. Στην ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση, η οποία είναι «εκβιασμένη» κατά κάποιο τρόπο από την εξωτερική πηγή, δεν έχει σημασία η σειρά αυτή.

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Για την εκτέλεση του πειράματος απαιτούνται:

1. Δύο ποτήρια ζέσεως των 400 mL.

2. Μπαταρία 4,5 ή 9,0 V.
3. Αγωγοί ρεύματος με "κροκοδειλάκια".
4. Λύχνος με τρίποδα.
5. Κλειδί αλουμινένιο, έλασμα Cu 15 cm ή κάποιο ελατήριο χάλκινο.
6. $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$.
7. Τρυγικό καλιονάτριο (άλας του Seignette).
8. NaOH σε δισκία.
9. Διάλυμα KOH 10% w/V.



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

α. προετοιμασία του ηλεκτρολυτικού διαλύματος—«λουτρού».

Ζυγίζονται περίπου 8,5 g ενύδρου θειικού χαλκού, 43 g τρυγικού καλίου και 13 g NaOH. Αυτά ρίπτονται στο ένα από τα ποτήρια των 400 mL μαζί με ≈ 300 mL απιονισμένο νερό. Ακολουθεί ανάδευση με γυάλινη ράβδο, μέχρι πλήρους διάλυσης προς ένα διαυγές κυανού χρώματος διάλυμα.

β. προετοιμασία του αντικειμένου που θα επιμεταλλωθεί.

Στο άλλο ποτήρι ζέσεως προσθέστε ≈ 300 mL από το διάλυμα του KOH 10 % (w/V) και θερμάνετε με το λύχνο, μέχρι περίπου 50°C (πρακτικά στην θερμοκρασία αυτή τα γυάλινα σκεύη μόλις είναι ανεκτά στην αφή). Βυθίστε κατάλληλα το κλειδί στο διάλυμα αυτό για 4-5s. Απομακρύνετε μετά και ξεπλένετε με άφθονο νερό βρύσης και μετά απιονισμένο. Η προετοιμασία του αντικειμένου που θα επιμεταλλωθεί γίνεται προκειμένου να απομακρυνθούν ξένα σώματα που βρίσκονται πάνω του όπως λίπη (από την αφή) ή οξειδία (από διάβρωση)

γ. επιχάλκωση

1. Συναρμολογήστε την διάταξη επιμετάλλωσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.1. Συνδέστε το κλειδί με τον αρνητικό πόλο και το χάλκινο έλασμα με το θετικό πόλο της μπαταρίας και αφήστε την συσκευή να λειτουργήσει για 7-8 min.

2. Διακόψτε τη λειτουργία, βγάλτε το κλειδί και ξεπλύνετε με άφθονο νερό απιονισμένο. Στεγνώστε το με διηθητικό χαρτί και κάντε τις παρατηρήσεις σας.

Να κάνετε επίσης και ποσοτικές μετρήσεις, ζυγίζοντας το κλειδί πριν και μετά την επιχάλκωση. Αν υπάρχει και αμπερόμετρο μπορείτε με την ένταση του ρεύματος και το χρόνο να ελέγξετε το νόμο του Faraday.

A ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΕΣ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ "ΠΥΚΝΩΝ" ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ - ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ

Αντιδραστήριο	Περιεκτικότητα	
	%w/w	mol/L
Αμμωνία	27	14,3
Νιτρικό οξύ	68,0	15,2
Υδροχλωρικό οξύ	38,0	12,4
Θειικό οξύ	95,6	17,9
Υπερχλωρικό οξύ	31,6	3,8
Φωσφορικό οξύ	≥88	15,4
Οξικό οξύ (παγόμορφο)	≥99,8	≥17,5

Οι παραπάνω περιεκτικότητες αφορούν πυκνά διαλύματα του εμπορίου. Σε αυτά αναγράφεται η % σε βάρος περιεκτικότητα, % w/w, καθώς και η πυκνότητά τους, ρ σε g/mL. Με απλούς υπολογισμούς βρίσκεται η μοριακή σε όγκο συγκέντρωση, Molarity, σε mol/L.

B ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Παρακάτω αναφέρονται οι αναλογίες για την παρασκευή ορισμένων διαλυμάτων τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την τέλεση των πειραμάτων που περιλαμβάνονται στο εργαστηριακό αυτό πρόγραμμα. Τα διαλύματα αυτά για μεν τα οξέα και τις βάσεις είναι 1M και ο τελικός όγκος του διαλύματος είναι 100 mL. Τα αναφερόμενα σαν πυκνά είναι αυτά του "εμπορίου" τα οποία υπάρχουν στο εργαστήριο. Υπάρχει σχετικός πίνακας με την συγκέντρωση αυτών των διαλυμάτων παράρτημα Α.

Για τα διαλύματα των αλάτων η συγκέντρωση είναι 0,1M για το καθένα. Αναφέρεται η ποσότητα του στερεού το οποίο θα διαλυθεί και θα αραιωθεί σε τελικό όγκο 100 mL.

Ουσία	Ποσότητα για τελικό όγκο 100 mL
Οξέα 1M	
HCl	8,3 mL πυκνού
HNO ₃	6,4 mL πυκνού
H ₂ SO ₄	5,5 mL πυκνού
CH ₃ COOH	5,7 mL πυκνού
Βάσεις 1M	
NaOH	4,0 g
KOH	5,61 g
NH ₃	6,63 mL πυκνού
*Ca(OH) ₂	0,36 g για κορεσμένο διάλυμα
*Mg(OH) ₂	0,01 g για κορεσμένο διάλυμα
*Ba(OH) ₂	1,90 g Ba(OH) ₂ ·H ₂ O για κορεσμ. διάλυμα

Άλατα 0,1M

$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	3,75 g $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$
AgNO_3	1,70 g AgNO_3
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	2,61 g $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
BaCl_2	2,40 g $\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2,40 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
CH_3COONa	13,6 g $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	6,00 g ένυδρο του εμπορίου
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	2,42 g $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
* CuSO_4 ,	20,00 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, 15 mL πυκνό H_2SO_4 σε 100 mL. Διάλ. για ηλεκτρόλυση 0,83M
FeCl_3	2,7 0 g $\text{FeCl}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
FeSO_4	2,78 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ σε 0,01M H_2SO_4
KBr	1,20 g KBr
K_2CrO_4	1,94 g K_2CrO_4
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	2,94 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
KI	1,66 g KI
KMnO_4	1,60 g KMnO_4
KSCN	0,97 g KSCN
MgCl_2	2,0 0 g $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
NaCl	0,58 g NaCl
NaI	1,50 g NaI
Na_2S	2,40 g $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$
Na_2SO_4	1,42 g Na_2SO_4 , άνυδρου ή 3,42 g ένυδρου
Na_2CrO_4	1,60 g Na_2CrO_4
NH_4NO_3	0,80 g NH_4NO_3
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	3,30 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	2,10 g $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	3,30 g $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
ZnSO_4	2,90 g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$

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 στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν προς απόδειξη αυτού βιβλιοσήμο. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει βιβλιοσήμο, θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης δώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 108/1946).



Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

