

Στην εισαγωγική αυτή άσκηση, θα παρατηρήσετε μια σειρά χαρακτηριστικών αντιδράσεων ορισμένων ουσιών σε συγκεκριμένα χημικά περιβάλλοντα. Στη συνέχεια θα σας δοθεί μια άγνωστη ένωση, την οποία και θα αναγνωρίσετε βάσει των προηγούμενων παρατηρήσεών σας.



1

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΝΩΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΤΗΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

Να αναγνωρισθεί μια χημική ένωση εξετάζοντας τις φυσικές και τις χημικές της ιδιότητες.

Θεωρητικό Μέρος

Το πλέον συχνό πρόβλημα, το οποίο καλείται να αντιμετωπίσει ένας χημικός είναι η ταυτοποίηση της σύνθεσης μια άγνωστης χημικής ουσίας. Η αναλυτική χημεία είναι ο κλάδος της χημείας που ασχολείται με την ανάλυση και την αναγνώριση άγνωστων χημικών ουσιών. Για την επίτευξη αυτού του στόχου μπορούν να ακολουθηθούν δύο δρόμοι.

Ο πρώτος βασίζεται στη χρήση οργάνων, όπως φασματογράφοι μάζας, φασματοσκόπια ατομικής απορρόφησης κ.λ.π., όργανα τα οποία εξετάζουν χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες της ουσίας (όπως η απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) ικανές να την ταυτοποιήσουν μονοσήμαντα.

Ο δεύτερος δρόμος βασίζεται στη χημική εξέταση της ουσίας, δηλαδή στην εξέταση της συμπεριφοράς της ουσίας υπό την επίδραση συγκεκριμένων χημικών ενώσεων. Πρόκειται δηλαδή για μια διαδικασία δοκιμής-και-λάθους, η οποία απαιτεί από το χημικό να γνωρίζει καλά την χημική συμπεριφορά των διαφόρων στοιχείων μέσα σε διαφορετικά χημικά περιβάλλοντα. Στην πράξη ο χημικός κάνει συγκεκριμένες δοκιμές για να αποδείξει ή να αποκλείσει σταδιακά την παρουσία συγκεκριμένων χημικών στοιχείων από την ένωσή του. Οι δοκιμές αυτές είναι έτσι σχεδιασμένες, ώστε, όταν συμβαίνει αντίδραση (και επομένως είναι παρούσα μια συγκεκριμένη χημική ένωση), το αποτέλεσμα της να είναι άμεσα αντιληπτό. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί κανείς να παρατηρήσει:

- έκλυση κάποιου αερίου (δημιουργία φυσαλίδων ή οσμής)
- αλλαγή χρώματος του διαλύματος
- καταβύθιση ή διάλυση στερεού ιζήματος
- έκλυση ή απορρόφηση θερμότητας

Το θεωρητικό υπόβαθρο αυτής της εργαστηριακής άσκησης στηρίζεται στο κεφαλαίο 3 (Χημικές Αντιδράσεις) του βιβλίου «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, Δ. ΠΑΝΙΑΣ»



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΧΗΜΕΙΑΣ



Πάνιας Δημήτριος
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Ντούνη Ηλιάννα
Μεταλλουργός Μηχανικός ΕΜΠ

Μπαλωμένος Θύμης
Μεταλλουργός Μηχανικός ΕΜΠ

Αθήνα, 2006

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

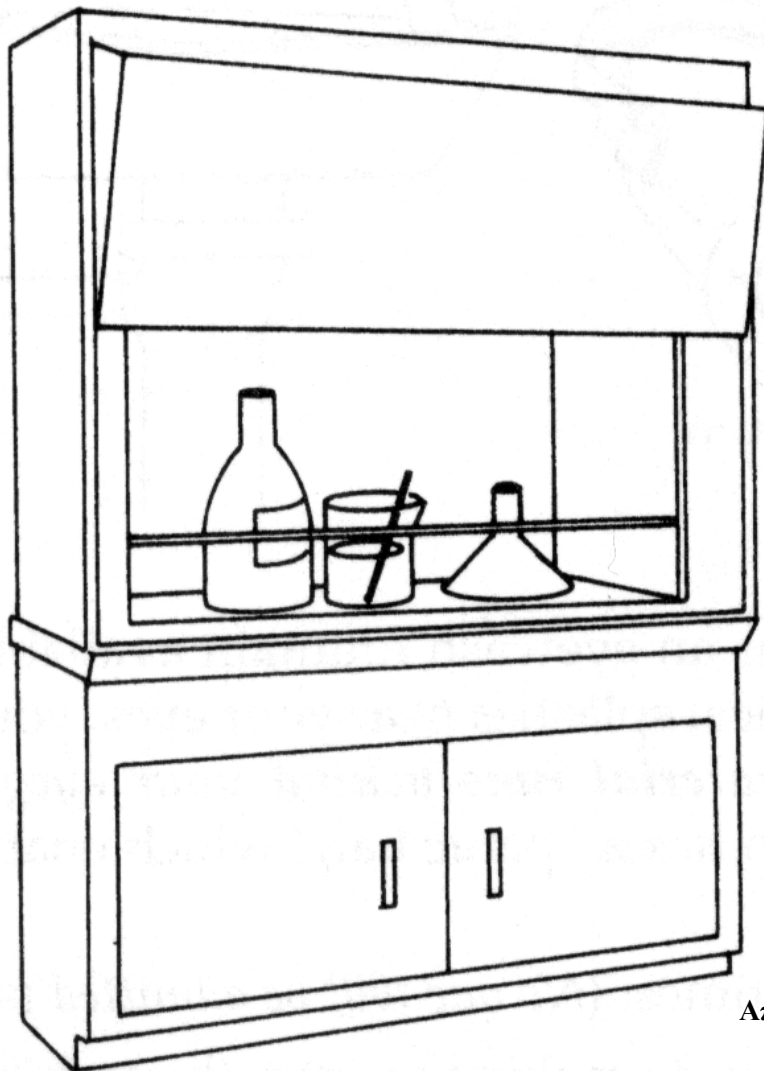
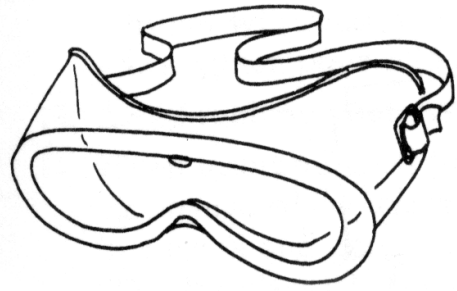
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

Πάνιας Δημήτριος
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Ντούνη Ηλιάννα
Μεταλλουργός Μηχανικός ΕΜΠ

Μπαλωμένος Θύμης
Μεταλλουργός Μηχανικός ΕΜΠ

Προστατευτικά Γυαλιά



Απαγωγός Αερίων.

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Το εργαστήριο χημείας είναι ένας επικίνδυνος χώρος.
ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΕΧΟΥΝ ΣΥΜΒΕΙ.

Ακολουθήστε πιστά τους κανόνες ασφαλείας

Φοράτε πάντα

1. Ποδιά εργαστηρίου
2. Γάντια Λάτεξ
3. Προστατευτικά Γυαλιά
 - Μην φοράτε φακούς επαφής στο εργαστήριο.
 - Ελαχιστοποιήστε τους κινδύνους, αποφεύγοντας τα φαρδιά ρούχα, τα λιτά μακριά μαλλιά, τα πολλά κοσμήματα, το εκτεθειμένο δέρμα κ.λ.π.

Μέσα στο εργαστήριο

1. Μην αγγίζετε τίποτα με γυμνό δέρμα
2. Μην δοκιμάζετε και μην εισπνέετε χημικά...
3. Μην καταναλώνετε φαγητό ή ποτό — Μην μασάτε τσίγλα.
4. ΜΗΝ ΚΑΝΕΤΕ ΑΣΤΕΙΑ— Συμπεριφερθείτε υπεύθυνα
5. Μην κάνετε οποιοδήποτε πείραμα χωρίς επίβλεψη

Η διεξαγωγή ενός πειράματος

1. Γίνεται πάντα σε απαγωγό αερίων.
2. Γίνεται μονάχα αφού γνωρίζει κάποιος τι ακριβώς επιχειρεί να κάνει και τι κινδύνους αυτό συνεπάγεται.
3. ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗ ΠΡΟΣΟΧΗ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗ ΥΠΟΜΟΝΗ.
4. ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΤΕ ΤΗΝ ΨΥΧΡΑΙΜΙΑ ΣΑΣ. Βιαστικές κινήσεις συνήθως χειροτερεύουν την κατάσταση.

Φεύγοντας από το εργαστήριο

1. Φροντίστε ο χώρος να παραμείνει ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ τόσο καθαρός όσο τον βρήκατε.
2. Ξεπλύνετε πολύ καλά τα χέρια και το πρόσωπό σας .

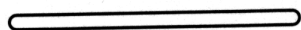


ΔΕΝ ΕΙΣΤΕ ΠΛΕΟΝ ΣΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ.
Αντιμετωπίστε την κατάσταση σαν υπο-
ψήφιοι μηχανικοί. ΜΗΝ ΘΕΤΕΤΕ ΣΕ
ΚΙΝΔΥΝΟ ΤΟΝ ΕΥΑΤΟ ΣΑΣ ΚΑΙ
ΤΟΥΣ ΑΛΛΟΥΣ.

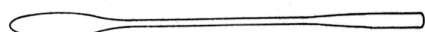
ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ



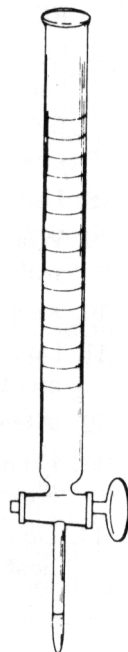
Λίμα



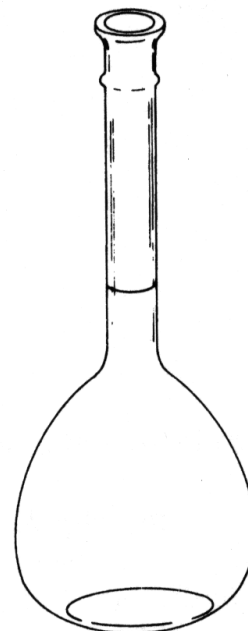
Ραβδί Ανάδευσης



Σπάτουλα



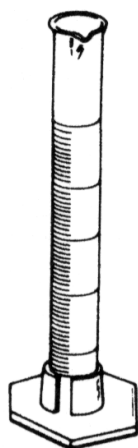
Προχοΐδα



Ογκομετρική Φιάλη



Σιφόνιο Ακριβείας
(Πιπέτα)



Ογκομετρικός Κύλινδρος



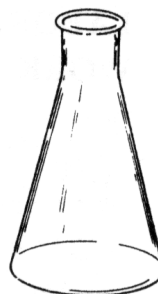
Σταγονόμετρο



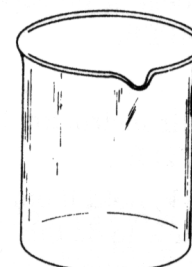
Χωνί



Δοκιμαστικός
Σωλήνας

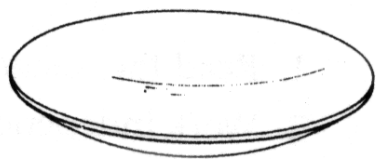


Κωνική Φιάλη

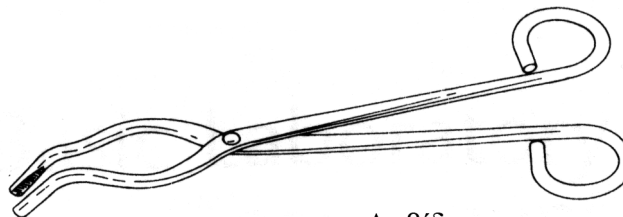


Ποτήρι Ζέσεως

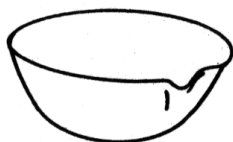
ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ



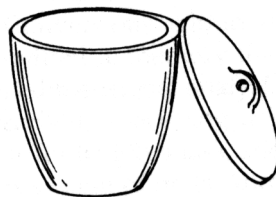
Υάλος Ωρολογίου



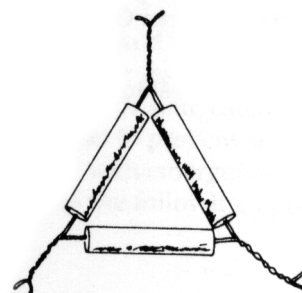
Λαβίδα



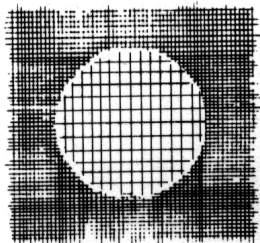
Κεραμικό Χωνευτήριο



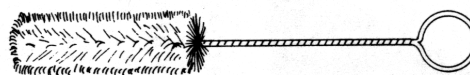
Κεραμικό Χωνευτήριο



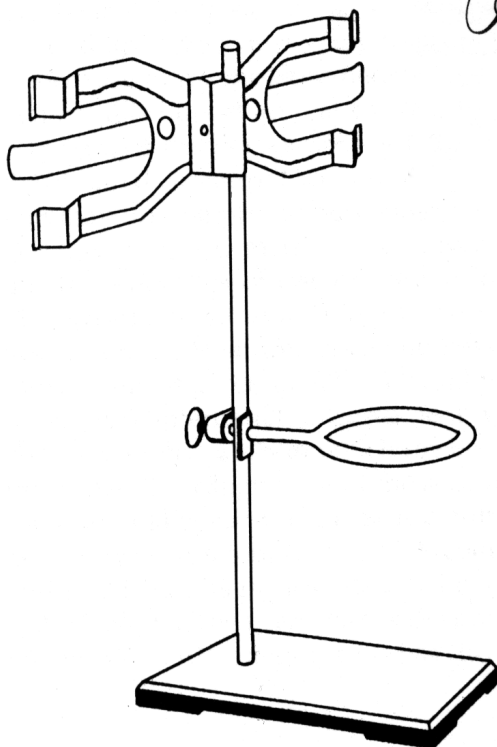
Πυρίμαχη Βάση



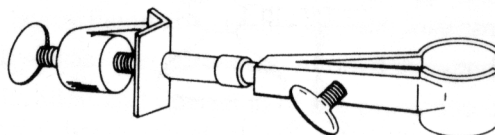
Συρμάτινο Πλέγμα



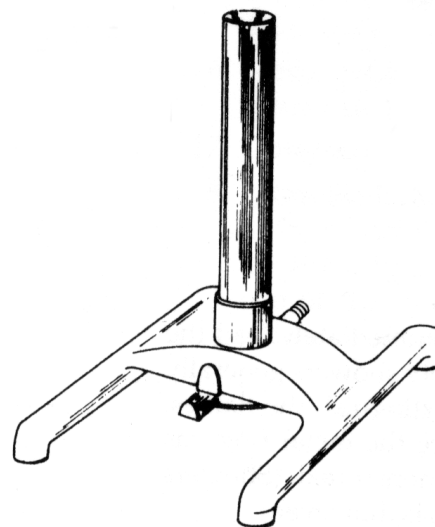
Βούρτσα Καθαρισμού



Βάση Στήριξης

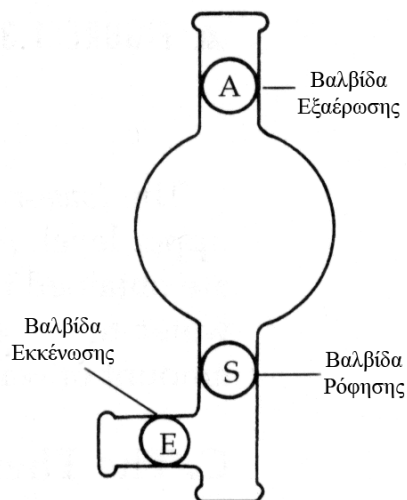


Λαβίδα Στήριξης

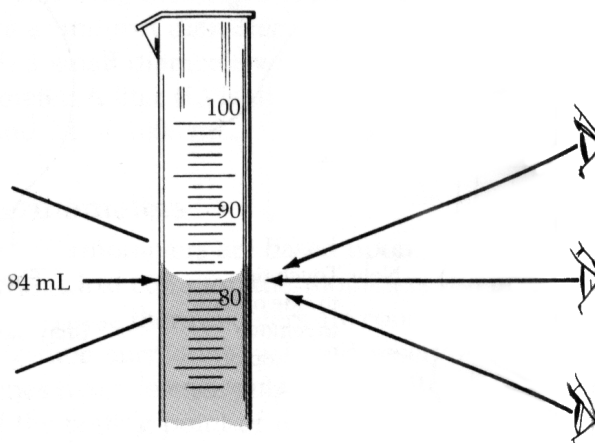
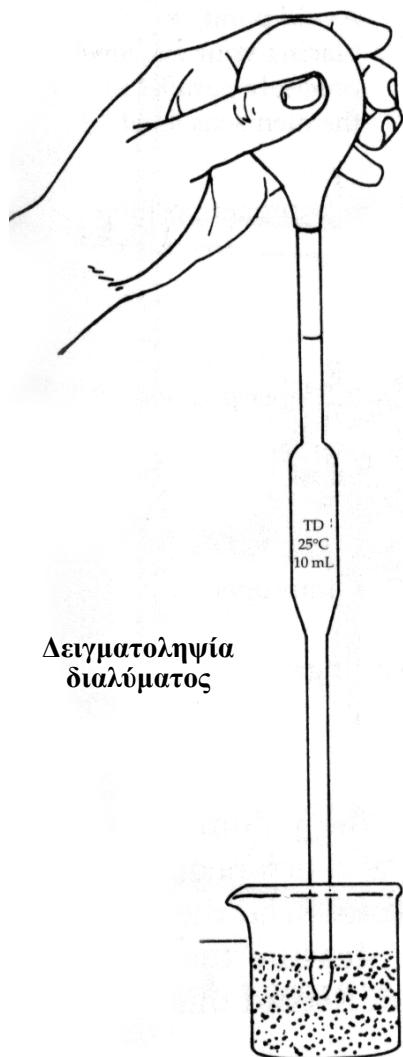


Λύχνος Bunsen

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

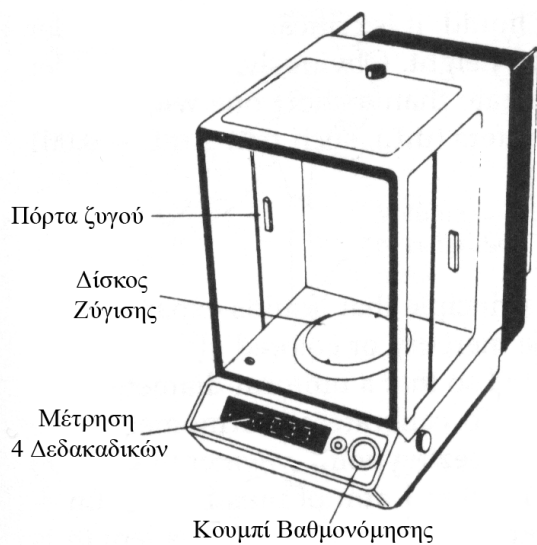


Ο έλεγχος για την παραγωγή αερίων με χαρακτηριστική οσμή, δεν γίνεται ποτέ με απευθείας εισπνοή

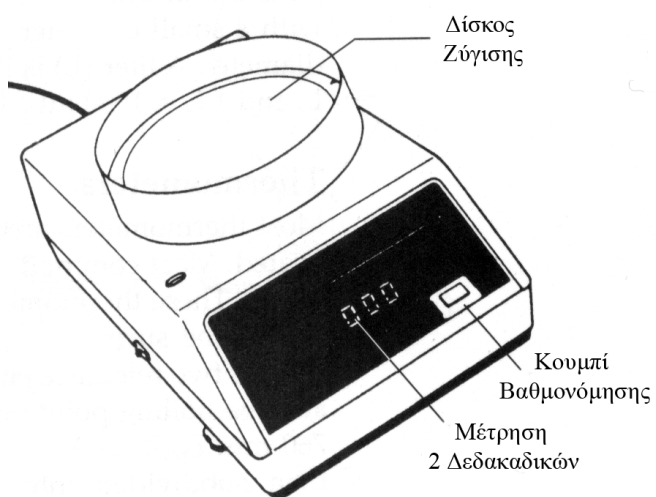


Ογκομέτρηση: Για την σωστή ανάγνωση ογκομετρικών μετρήσεων το μάτι του παρατηρητή πρέπει να είναι στην ίδια ευθεία με το υγρό (παράλληλα με το μήνισκο του υγρού)

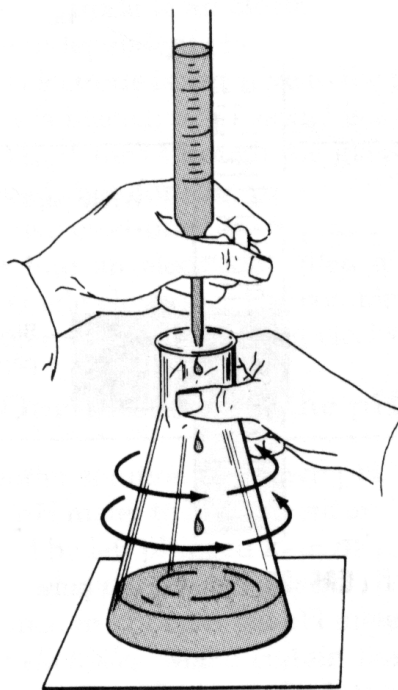
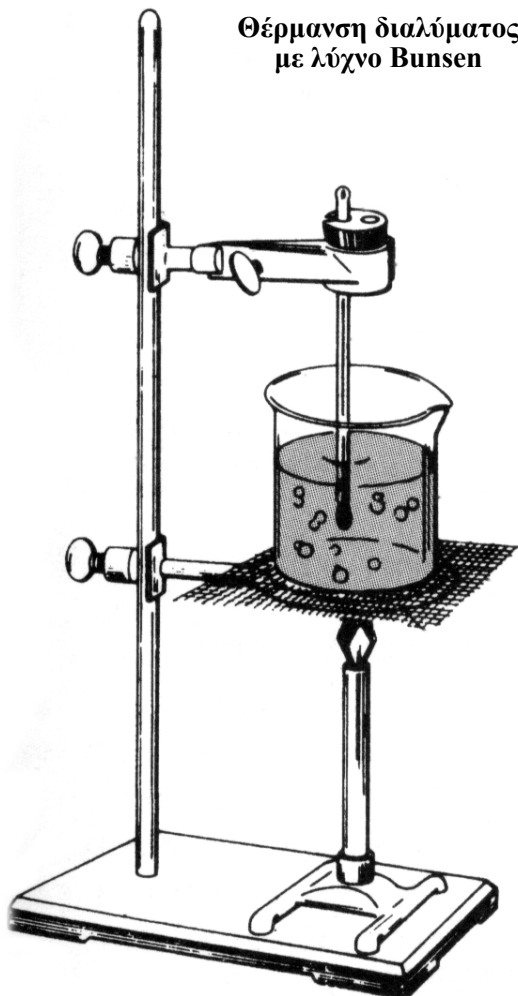
ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ



Ζυγοί Εργαστηρίου



Θέρμανση διαλύματος με λύχνο Bunsen

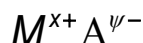


Τιτλοδότηση Διαλύματος

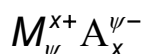
Γραφή μοριακού τύπου και ονοματολογία μιας ανόργανης ένωσης

Κάθε ανόργανη ένωση αποτελείται από δύο τμήματα, το τμήμα M με αριθμό οξείδωσης +x και το τμήμα A με αριθμό οξείδωσης -ψ. Για να γραφεί ο μοριακός τύπος της ένωσης που αποτελείται από τα ιόντα M^{x+} και $A^{\psi-}$, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

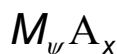
Γράφεται πρώτα το τμήμα M^{x+} και μετά το τμήμα $A^{\psi-}$:



Γράφεται ως δείκτης του τμήματος M ο αριθμός ψ και ως δείκτης του τμήματος A ο αριθμός x:



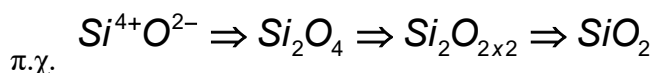
Από τον μοριακό τύπο που προέκυψε διαγράφονται τα φορτία x+ και ψ- των αντίστοιχων ιόντων:



Αν x=ψ=1, τότε οι αριθμοί x και ψ παραλείπονται ως δείκτες:

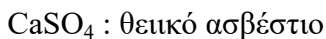


Αν x = κψ (κ: ακέραιος αριθμός), τότε οι δείκτες απλοποιούνται μέχρι να γίνουν πρώτοι αριθμοί:

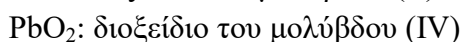
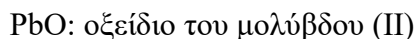


Αν τα M και A είναι συγκροτήματα ιόντων (πολυατομικά ιόντα) και χ,ψ ≠ 1 τότε μπαίνουν σε παρένθεση: $(M)_{\psi}(A)_x$.

Κατά την ονοματολογία μιας ένωσης $M_{\psi}A_x$ ονομάζεται πρώτα το τμήμα A και μετά το τμήμα M:



Όταν το τμήμα M έχει περισσότερους από έναν αριθμούς οξείδωσης, τότε κατά την ονοματολογία, δίπλα στο όνομα του M γράφεται ο αντίστοιχος αριθμός οξείδωσης με λατινικούς αριθμούς:



(Στον πίνακα 6.1 (σελ. 60) αναφέρονται οι αριθμοί οξείδωσης των συνηθέστερων στοιχείων.)

Αναγνώριση Αντιδραστηρίων και Παρατήρηση Αντιδράσεων

Πειραματική Διαδικασία

Τα χημικά αντιδραστήρια τοποθετούνται σε δοκιμαστικούς σωλήνες, αν είναι υγρά ή σε ύαλους ωρολογίου, εάν πρόκειται για στερεά. Γίνεται επίδειξη των αντιδραστηρίων. Ακολουθεί καταγραφή του χρώματος και των φυσικών χαρακτηριστικών* όλων των αντιδραστηρίων. Όλες οι παρατηρήσεις καταγράφονται στο φύλλο εργαστηρίου. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής είναι δυνατόν να διαγραφούν ή να προστεθούν αντιδραστήρια.

Αντιδραστήρια

1. H_2O
2. HCl
3. $NaOH$
4. $AgNO_3$
5. $NaCl$
6. NH_4Cl
7. Na_2CO_3
8. $MgSO_4$
9. $CuSO_4$
10. $CaCO_3$
11. $FeCl_3$

Στην συνέχεια παρασκευάζονται τα υδατικά διαλύματα των ενώσεων 1, 5, 6,7,8 σε δοκιμαστικούς σωλήνες και διαδοχικά αναμιγνύονται με υδατικά διαλύματα των 2,3,4. Η ανάμιξη γίνεται χρησιμοποιώντας ένα σιφόνιο ή ένα σταγονόμετρο με τα οποία ρίχνονται διαδοχικά αρκετές σταγόνες από τα αντιδραστήρια 2,3 και 4 σε κάθε έναν από τους δοκιμαστικούς σωλήνες μέχρι να παρατηρηθεί κάποια αλλαγή ή να επιβεβαιωθεί ότι δεν συμβαίνει καμιά αλλαγή. Οι παρατηρήσεις καταγράφονται στο πίνακα καταγραφής παρατηρήσεων.

Τέλος, ο υπεύθυνος του εργαστηρίου σας δίνει μια άγνωστη χημική ένωση. Το υδατικό της διάλυμα, το χωρίζετε σε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες και σε αυτούς επιδράτε με τα αντιδραστήρια 2, 3 και 4. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας και αναγνωρίστε την ένωση που σας δόθηκε αξιοποιώντας τις παρατηρήσεις του πρώτου μέρους.

***Φυσικά χαρακτηριστικά** ενός στερεού είναι: το σχήμα των κρυστάλλων του, η κοκκομετρία (τα λεπτομερή στερεά παρουσιάζουν εικόνα σκόνης, τα χονδρομερή στερεά παρουσιάζουν εικόνα διακριτών κόκκων), η λαμπρότητα των κόκκων (ματ ή διαφανείς), καθώς και η υγρή ή η ξηρή κατάστασή του.

Χημικός τύπος	Όνομα	Φυσική κατάσταση	Χρόμα	Χαρακτηριστικά	Χημικός Χαρακτηρισμός
NaCl	Χλωριούχο Νάτριο	Στερεό	Λευκό	Λεπτόκοκκο, Φωτεινό, Ξηρό	Άλας

Πίνακας Καταγραφής Παρατηρήσεων των Αντιδράσεων			
Χημική Ένωση	AgNO ₃ (aq)	NaOH(aq)	HCl(aq)
H ₂ O(l)			
NaCl(aq)			
Na ₂ CO ₃ (aq)			
MgSO ₄ (aq)			
NH ₄ Cl(aq)			
Άγνωστο Διάλυμα Νο: _____			
Αναγνώριση του άγνωστου διαλύματος:			

Σημείωση: Για τη διευκόλυνσή σας είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείτε μια συντομογραφία για την καταγραφή των παρατηρήσεών σας, όπως:

— = καμία αντίδραση

I άσπρο = καταβύθιση άσπρου ιζήματος

A = έκλυση αερίου

AO = έκλυση αερίου με οσμή

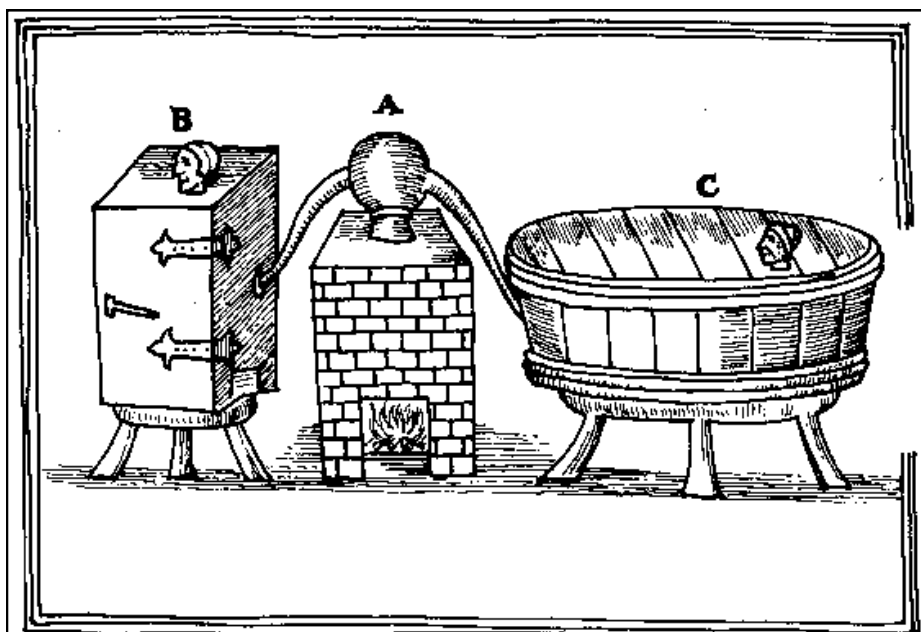
XP ΜΠΛΕ = μπλε χρωματισμός διαλύματος

Q+ ή Q- = Έκλυση ή απορρόφηση θερμότητας.

Ζητούμενα

Συντάξτε μια εργαστηριακή αναφορά, σύμφωνα με τα πρότυπα που δίνονται στο τέλος αυτού του βιβλίου, μέσα στην οποία:

- A. Περιγράψτε την πειραματική διεργασία που ακολουθήσατε και πως αυτή σας επέτρεψε να ταυτοποιήσετε μια άγνωστη χημική ένωση.
- B. Εξηγήστε τις αρχές και την λογική της ποιοτικής ανόργανης χημικής ανάλυσης σύμφωνα με αυτά που είδατε.
- Γ. Δώστε την ονομασία των ακόλουθων ενώσεων: $MgCO_3$, $AgNO_2$, CuI , $SrSO_4$, $HgBr_2$
- Δ. Δώστε το χημικό τύπο των ακόλουθων ενώσεων: Ανθρακικό μαγγάνιο, θειούχο αργίλιο, νιτρικό νάτριο, θειικός υδράργυρος, χλωριούχος μόλυβδος



Αλχημιστικές συσκευές από το βιβλίο του John French "The art of distillation"

2

ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Σκοπός Εργαστηριακής Ασκήσης

Η παρατήρηση και η συστηματική μελέτη διαφορετικών τύπων μεταθετικών αντιδράσεων.

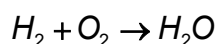
Θεωρητικό Μέρος

Περιγραφή χημικών αντιδράσεων – χημικές εξισώσεις

Οι χημικές αντιδράσεις περιγράφονται με τις χημικές εξισώσεις.

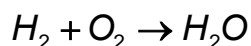
Κάθε χημική εξίσωση γράφεται σε δύο στάδια:

Στο πρώτο στάδιο γράφονται οι χημικοί τύποι των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης. Για παράδειγμα για να γραφεί η χημική εξίσωση της αντίδρασης του υδρογόνου με το οξυγόνο για τον σχηματισμό νερού, πρώτα γράφονται οι χημικοί τύποι των αντιδρώντων και των προϊόντων:

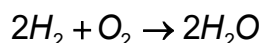


Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η ισοστάθμιση της εξίσωσης. Μια χημική εξίσωση είναι ισοσταθμισμένη, όταν ο αριθμός των ατόμων των στοιχείων που παίρνουν μέρος στην χημική αντίδραση, είναι ο ίδιος στο πρώτο και στο δεύτερο μέλος της χημικής εξίσωσης. Σε κάθε χημική αντίδραση ισχύει ο νόμος της αφθαρσίας της ύλης (διατήρησης της μάζας) δηλαδή η μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με την μάζα των προϊόντων.

Η στοιχειομετρία μιας χημικής εξίσωσης πραγματοποιείται τοποθετώντας κατάλληλους συντελεστές, οι οποίοι ονομάζονται **στοιχειομετρικοί συντελεστές**, στους χημικούς τύπους των αντιδρώντων και των προϊόντων της χημικής εξίσωσης, έτσι ώστε ο αριθμός των ατόμων κάθε στοιχείου να είναι ίσος και στα δύο μέλη της χημικής εξίσωσης. Για παράδειγμα, αν στην εξίσωση:



τοποθετηθούν οι συντελεστές 2 στο H_2 και 2 στο H_2O :

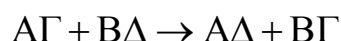


η χημική εξίσωση είναι ισοσταθμισμένη: Για το υδρογόνο: $2 \times 2 = 4$ άτομα ($2H_2$) στο πρώτο μέλος και $2 \times 2 = 4$ άτομα ($2H_2O$) στο δεύτερο μέλος. Για το οξυγόνο: 2 άτομα (O_2) στο πρώτο μέλος και 2 άτομα ($2H_2O$) στο δεύτερο μέλος.

Μεταθετικές αντιδράσεις ή αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης καλούνται οι

A. Μεταθετικές Αντιδράσεις

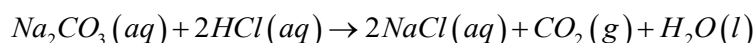
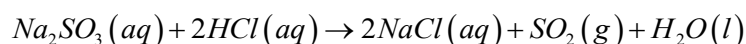
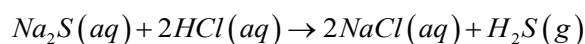
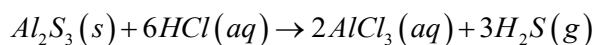
αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα δια ανταλλαγής ιόντων σύμφωνα με το παρακάτω γενικό σχήμα:



Οι αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης συνήθως διεξάγονται ανάμεσα σε ηλεκτρολύτες εντός υδατικών διαλυμάτων και αποτελούν ουσιαστικά αντιδράσεις ανάμεσα στα ιόντα του διαλύματος. Πράγματι, όταν δύο υδατικά διαλύματα ευδιάλυτων ιοντικών ενώσεων αναμειχθούν μεταξύ τους και δεν είναι δυνατόν να λάβει χώρα οξειδοαναγωγική αντίδραση υπάρχουν δύο πιθανά ενδεχόμενα: να λάβει χώρα αντίδραση διπλής αντικατάστασης ή να μη γίνει καμιά αντίδραση. Η ωθούσα δύναμη για τις αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης είναι πάντα η απομάκρυνση τουλάχιστον ενός ιοντικού ζεύγους από το διάλυμα με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

Σχηματισμός αερίου

Τα θειούχα, θειώδη και ανθρακικά άλατα των μετάλλων αντιδρούν με οξέα και παράγουν αντιστοίχως τα αέρια H_2S , SO_2 και CO_2 , όπως φαίνεται από τα παρακάτω τυπικά παραδείγματα:



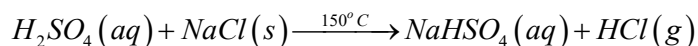
Τα άμεσα προϊόντα των αντιδράσεων των θειωδών και ανθρακικών αλάτων με οξέα είναι το θειώδες και ανθρακικό οξύ. Τα οξέα αυτά είναι ασταθή και γι' αυτό διασπώνται αμέσως προς τα αντίστοιχα όξινα οξείδια των αμετάλλων και νερό σύμφωνα με τις παρακάτω αντιδράσεις:



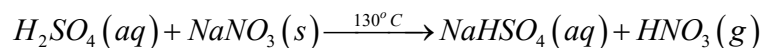
Γενικά, κάθε αντίδραση διπλής αντικατάστασης που οδηγεί σε σχηματισμό αερίου είναι δυνατόν να γίνει. Όταν, όμως, το σχηματιζόμενο αέριο είναι ευ-

Πίνακας 4.1. Ποιοτικός χαρακτηρισμός διαλυτότητας ηλεκτρολυτών	
Γενικά ευδιάλυτοι ηλεκτρολύτες	Εξαιρέσεις
Ενώσεις Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺	-
Χλωριούχες ενώσεις	A: AgCl, Hg ₂ Cl ₂ E σε ζεστό νερό: PbCl ₂
Βρωμιούχες ενώσεις	A: AgBr, Hg ₂ Br ₂ , PbBr ₂ M.E: HgBr ₂
Ιωδιούχες ενώσεις	A: AgI, Hg ₂ I ₂ , PbI ₂ , CuI
Θεικές ενώσεις	A: SrSO ₄ , BaSO ₄ , PbSO ₄ , Hg ₂ SO ₄ M.E: CaSO ₄ , Ag ₂ SO ₄
Νιτρικές και Νιτρώδεις ενώσεις	M.E: AgNO ₂
Χλωρικά, Υπερχλωρικά, Υπερμαγγανικά άλατα	M.E: KClO ₄
Οξικά άλατα	M.E: AgCH ₃ COO
Γενικά αδιάλυτοι ηλεκτρολύτες	Εξαιρέσεις
Θειούχες ενώσεις	E: θειούχα άλατα Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺
Φθοριούχες ενώσεις	E: φθοριούχα άλατα Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ , Ag ⁺
Οξείδια, Υδροξείδια	E: Οξείδια και υδροξείδια Li ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ba ²⁺ M.E: Οξείδια και υδροξείδια Ca ²⁺ , Sr ²⁺
Ανθρακικά, Φωσφορικά, Κυανιούχα, πυριτικά και θειώδη άλατα	E: τα άλατα των Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ και Li ⁺ εκτός του Li ₃ PO ₄
A: Αδιάλυτος M.E: Μετρίως διαλυτός E: Ευδιάλυτος	

διάλυτο στο νερό, για να γίνει η αντίδραση απαιτείται προσφορά θερμότητας, έτσι ώστε να ελαττωθεί η διαλυτότητά του και να διαφύγει του διαλύματος. Εξαιτίας αυτού του λόγου, κατά την επίδραση θεικού οξέος σε χλωριούχο νάτριο κάτω από συνήθεις συνθήκες δεν λαμβάνει χώρα καμιά αντίδραση, ενώ με θέρμανση διεξάγεται η παρακάτω αντίδραση:

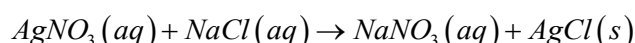


Αντίδραση διπλής αντικατάστασης είναι δυνατόν να γίνει ακόμα και όταν ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης δεν είναι αέριο, κάτω από συνήθεις συνθήκες, αλλά η αντίδραση πραγματοποιείται σε θερμοκρασία υψηλότερη του σημείου βρασμού του. Η βιομηχανική παρασκευή του νιτρικού οξέος γίνεται με την παρακάτω αντίδραση διπλής αντικατάστασης, που διεξάγεται στους 130°C, δηλαδή 50°C παραπάνω από το σημείο βρασμού του νιτρικού οξέος (σ.ζ. 80°C).



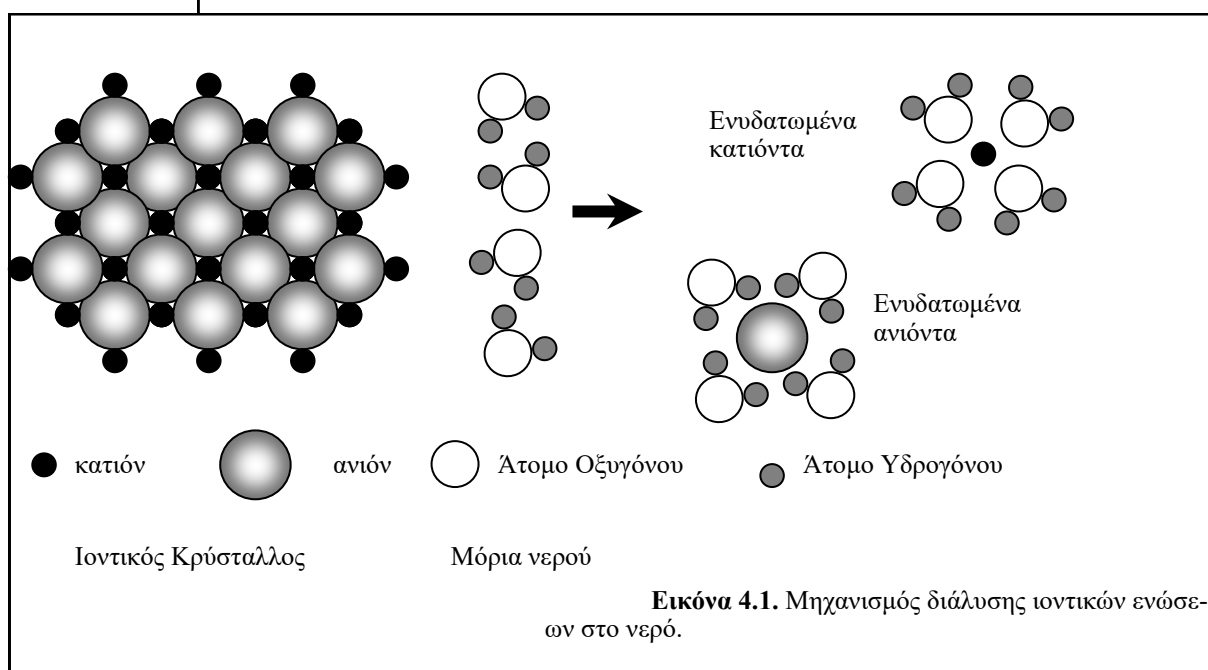
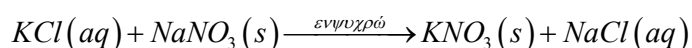
Σχηματισμός δυσδιάλυτου προϊόντος

Η συνηθέστερη περίπτωση αντιδράσεων διπλής αντικατάστασης είναι εκείνη κατά την οποία δύο από τα αντιδρώντα ιόντα του διαλύματος σχηματίζουν δυσδιάλυτο προϊόν, το οποίο συχνά αποκαλείται με τον όρο “ίζημα”. Ο σχηματισμός ιζήματος χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την ανίχνευση, τον ποσοτικό προσδιορισμό και το διαχωρισμό διαφόρων ιόντων. Πρέπει να τονιστεί ότι δεν υπάρχουν τελείως αδιάλυτοι στο νερό ηλεκτρολύτες, αλλά ηλεκτρολύτες με μικρότερη (δυσδιάλυτοι) ή μεγαλύτερη (ευδιάλυτοι) διαλυτότητα στο νερό, χωρίς να υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ τους, διότι η μετάβαση από τους ευδιάλυτους στους δυσδιάλυτους ηλεκτρολύτες είναι συνεχής.



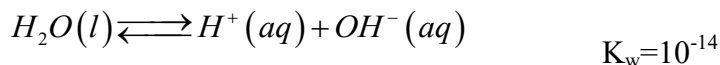
Στον πίνακα 1, δίνεται ο χαρακτηρισμός των συνηθέστερων ηλεκτρολυτών σε ευδιάλυτους (διαλυτότητα μεγαλύτερη από 0.1mol/L), μετρίως ευδιάλυτους (διαλυτότητα κυμαινόμενη μεταξύ 0.01-0.1mol/L) και αδιάλυτους (διαλυτότητα μικρότερη από 0.01mol/L).

Τέλος, μια αντίδραση διπλής αντικατάστασης είναι δυνατή και όταν ακόμα δεν σχηματίζεται ένα από τα ιζήματα του παρακάτω πίνακα, αλλά απλώς σώματα με διαφορετική διαλυτότητα. Σε αυτήν την περίπτωση, πάντα αποβάλλεται σαν ίζημα πρώτα ο ηλεκτρολύτης με τη μικρότερη διαλυτότητα. Η παρακάτω αντίδραση γίνεται εν ψυχρώ λόγω της αποβολής του λιγότερου διαλυτού KNO_3 , ενώ εν θερμώ δεν λαμβάνει χώρα καμιά αντίδραση.

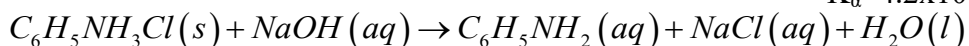
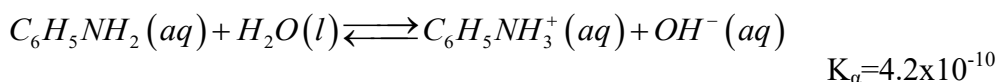
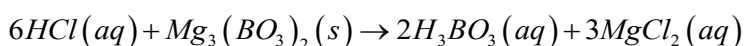
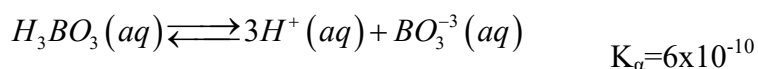


Σχηματισμός νερού ή ασθενούς ηλεκτρολύτη

Όλες οι αντιδράσεις ανάμεσα στα οξέα και τις βάσεις είναι αναντίστροφες εξαιτίας της απομάκρυνσης των ιόντων H^+ και OH^- μέσω του σχηματισμού νερού που είναι ένα πολύ ελαφρώς ιονιζόμενο μόριο, σύμφωνα με την αντίδραση αυτοδιάστασης του νερού.



Παρομοίως, οι αντιδράσεις διάλυσης ελαφρώς διαλυτού άλατος σε υδατικό διάλυμα ισχυρού οξέος ή βάσης πραγματοποιούνται πάντα επειδή έχουν ως ωθούσα δύναμη το σχηματισμό ενός ασθενούς ηλεκτρολύτη. Γενικά, όλες οι αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης που οδηγούν σε σχηματισμό ασθενούς ηλεκτρολύτη είναι θεωρητικώς δυνατές αντιδράσεις, όπως φαίνεται από τα παρακάτω παραδείγματα:

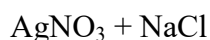


Όπως στην περίπτωση σχηματισμού νερού, έτσι και στην περίπτωση σχηματισμού ασθενούς ηλεκτρολύτη δεν υπάρχει φυσική απομάκρυνση ιόντων από το διάλυμα. Απλώς, λόγω του πολύ μικρού βαθμού ιονισμού του νερού και των ασθενών ηλεκτρολυτών, τα ιόντα από τα οποία σχηματίστηκαν το νερό και οι ασθενείς ηλεκτρολύτες δεν είναι πλέον ελεύθερα και άρα διαθέσιμα μέσα στο διάλυμα. Επομένως, κατά κάποιο τρόπο συμπεριφέρονται σαν να έχουν απομακρυνθεί από το διάλυμα.

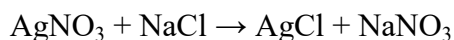
Για τη συστηματική παρακολούθηση μιας μεταθετικής αντίδρασης και τη γραφή των χημικών εξισώσεων που την περιγράφουν θα ακολουθηθούν σχολαστικά τα παρακάτω βήματα, τα οποία περιγράφονται ενδεικτικά για την περίπτωση αντίδρασης ανάμεσα σε υδατικά διαλύματα αλάτων νιτρικού αργύρου ($AgNO_3$) και χλωριούχου νατρίου ($NaCl$).

ΒΗΜΑ 1: Καθορισμός των αντιδρώντων.

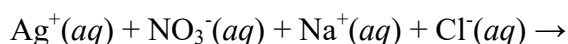
Καταγράφονται οι μοριακοί χημικοί τύποι των αντιδρώντων σωμάτων.



Καταγράφονται οι χημικοί τύποι των προϊόντων ανταλλάσσοντας τα κατιόντα με τα ανιόντα των αντιδρώντων. Η ισοσταθμισμένη (από άποψη μάζας) μοριακή χημική εξίσωση που περιγράφει την υπό μελέτη μεταθετική αντίδραση είναι:

**ΒΗΜΑ 3: Βαθύτερη ανάλυση της συμπεριφοράς των αντιδρώντων στο διάλυμα.**

Ο νιτρικός άργυρος και το χλωριούχο νάτριο είναι ευδιάλυτα άλατα (εικόνα 4.2.α). Συνεπώς, τα υδατικά τους διαλύματα περιέχουν τα ενυδατωμένα κατιόντα και ανιόντα των δύο αλάτων, τα οποία συμπεριφέρονται εντός αυτών σαν ξεχωριστά ενυδατωμένα χημικά είδη σύμφωνα με το μηχανισμό διάλυσης αλάτων που απεικονίζεται στην εικόνα 4.1. Επομένως, είναι αδόκιμο από χημικής απόψεως να περιγράφονται τα αντιδρώντα μέσω των μοριακών χημικών τύπων τους (όπως έγινε στο ΒΗΜΑ 2) και ορθότερο να περιγράφονται αυτά μέσω των χημικών τύπων των ιόντων έχοντας προσθέσει το δείκτη (aq) που υποδηλώνει την ενυδατωμένη κατάσταση τους (aqueous) στο διάλυμα.

**ΒΗΜΑ 4: Παρακολούθηση της αντίδρασης.**

Όταν τα δύο υδατικά διαλύματα αναμειχθούν μεταξύ τους, είναι δυνατό μέσω οπτικών παρατηρήσεων να γίνει αντιληπτό, εάν λαμβάνει χώρα χημική αντίδραση. Μια χημική αντίδραση μπορεί να γίνει αντιληπτή όταν:

- καταβυθίζεται στερεή φάση
- εκλύεται αέριο
- εκλύεται ή απορροφάται θερμότητα
- μεταβάλλεται το χρώμα
- μεταβάλλεται η οξύτητα ή η αλκαλικότητα
- εκπέμπεται φως

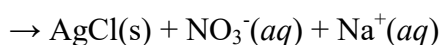
Στο παράδειγμα που αναλύεται σχηματίζεται το δυσδιάλυτο άλας χλωριούχος άργυρος, το οποίο καταβυθίζεται σαν λευκό ίζημα (εικόνα 4.2.β.).

ΒΗΜΑ 5: Χημικοί τύποι των προϊόντων.

Εάν κατά τη διάρκεια της αντίδρασης σχηματίζεται δυσδιάλυτο στερεό σώμα, τότε αυτό γράφεται στα προϊόντα της αντίδρασης με το μοριακό χημικό τύπο του συνοδευόμενο πάντα από το δείκτη (s) που υποδηλώνει τη στερεή κατάστασή του (solid). Εάν σχηματίζεται αέριο, τότε αυτό γράφεται στα προϊόντα της αντίδρασης με το μοριακό χημικό τύπο του συνοδευόμενο πάντα από το δείκτη (g) που υποδηλώνει τη αέρια κατάσταση του (gas). Τα ιόντα που δεν συμμετέχουν στην αντίδραση γράφονται στα προϊόντα της, όπως στο ΒΗΜΑ 3.

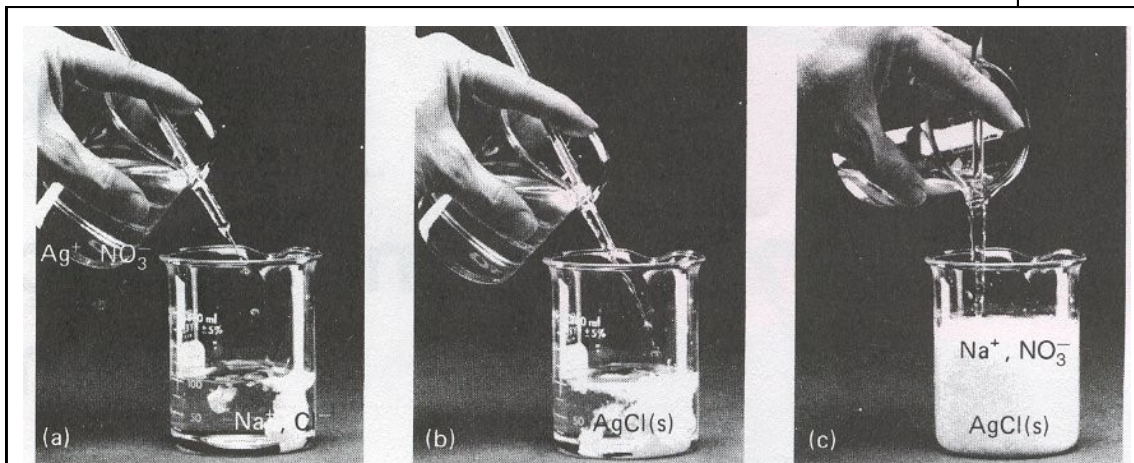
Συνεπώς, στο υπό μελέτη παράδειγμα τα προϊόντα σώματα (εικόνα 4.1.γ.) γρά-

φονται όπως φαίνεται παρακάτω:



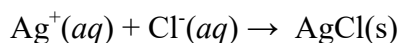
ΒΗΜΑ 6: Γραφή ιοντικής χημικής εξίσωσης.

Για να γραφεί η ιοντική χημική εξίσωση που περιγράφει μια μεταθετική αντί-



Εικόνα 4.2.: Τα στάδια της αντίδρασης μεταξύ διαλυμάτων νιτρικού αργύρου και χλωριούχου νατρίου.

δραση, συνδυάζονται τα Βήματα 3 και 5 παραλείποντας τα χημικά είδη (πχ. ιόντα) που δεν συμμετέχουν στην αντίδραση. Η εξίσωση αυτή θα πρέπει να ισοσταθμιστεί από απόψεως μάζας και φορτίων, δηλαδή θα πρέπει να περιέχει τον ίδιο αριθμό ατόμων από κάθε στοιχείο σε κάθε μέλος της και το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων να είναι το ίδιο και στα δύο μέλη της. Στο υπό μελέτη παράδειγμα η ιοντική χημική εξίσωση έχει ως ακολούθως:



Συστηματική Μελέτη Μεταθετικών Αντιδράσεων

Πειραματική Διαδικασία

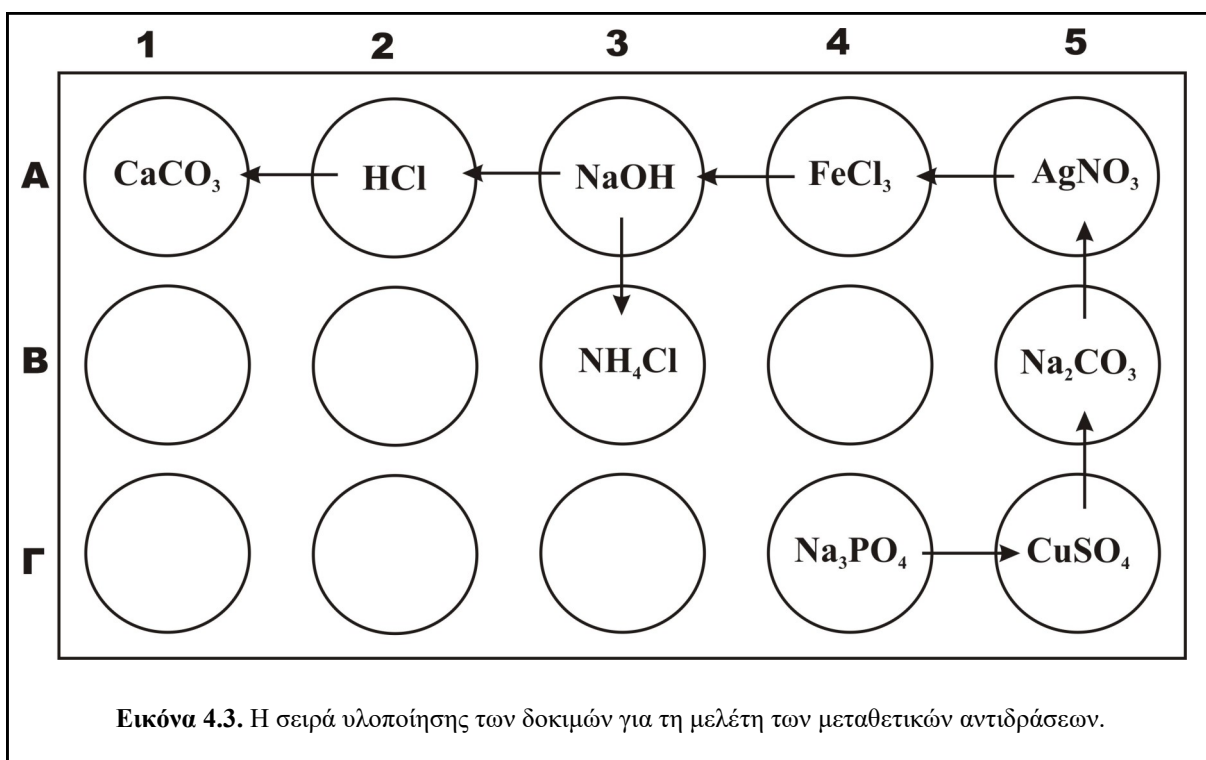
Τα αντιδραστήρια που καταγράφηκαν και αναγνωρίστηκαν στην προηγούμενη άσκηση χρησιμοποιούνται για την μελέτη των μεταθετικών αντιδράσεων. Σε πρώτο στάδιο δοκιμάζεται η διαλυτότητα των αντιδραστηρίων στο νερό, και παρασκευάζονται τα αντίστοιχα διαλύματα, τα οποία τοποθετούνται σε δοκιμαστικούς σωλήνες και σημαίνονται.

Αντιδραστήρια

- A1 Κρύσταλλοι CaCO_3
- A2 2 ml διαλύματος HCl 0.3 M και σταγόνες δείκτη
- A3 2 ml διαλύματος NaOH 3.0 M
- A4 Κρύσταλλοι $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ σε 2 ml νερού
- A5 Κρύσταλλοι AgNO_3 σε 2ml νερού
- B3 Κρύσταλλοι NH_4Cl
- B5 Κρύσταλλοι Na_2CO_3 σε 2 ml νερού
- Γ4 Κρύσταλλοι $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ σε 2 ml νερού
- Γ5 Κρύσταλλοι $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ σε 2 ml νερού

Στη συνέχεια τα διαλύματα που παρασκευάστηκαν και τα στερεά αντιδρούν ανά δύο (εικόνα 4.3). Τα στάδια κάθε αντίδρασης καταγράφονται αναλυτικά στο πειραματικό φύλλο με βάση το παράδειγμα

της εισαγωγής. Οι αντιδράσεις παρακολουθούνται και όλες οι μεταβολές που καταδεικνύουν ότι η αντίδραση πραγματοποιήθηκε (αλλαγή χρώματος, καταβύθιση, έκλυση αερίου κ.α.) σημειώνονται επίσης στο πειραματικό φύλλο.

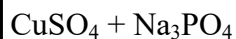
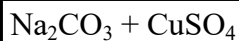


Εικόνα 4.3. Η σειρά υλοποίησης των δοκιμών για τη μελέτη των μεταθετικών αντιδράσεων.

Διαλυτότητα
CaCO ₃ :
HCl :
NaOH :
NH ₄ Cl :
FeCl ₃ :
AgNO ₃ :
Na ₂ CO ₃ :
CuSO ₄ :
Na ₃ PO ₄ :

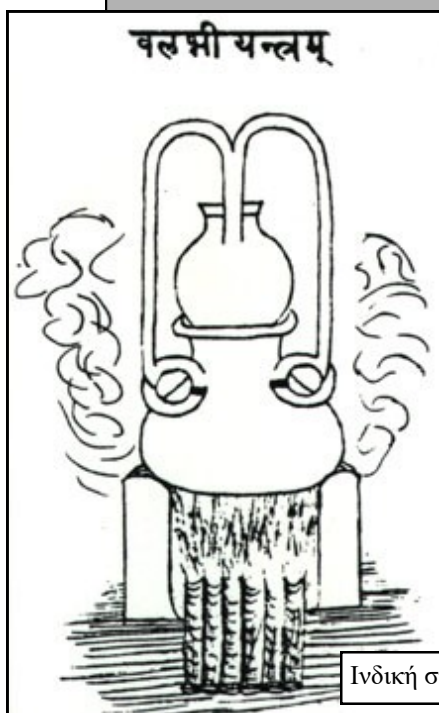
CaCO ₃ + HCl
HCl + NaOH
NH ₄ Cl + NaOH
NaOH + FeCl ₃

FeCl ₃ + AgNO ₃
AgNO ₃ + Na ₂ CO ₃

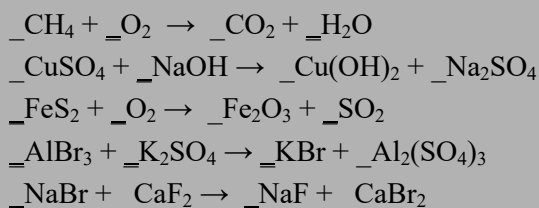


Ζητούμενα

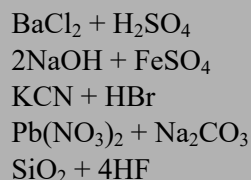
- A. Συντάξτε έκθεση εργαστηριακής άσκησης, στην οποία να περιγράφεται η πειραματική διαδικασία.
- B. Χρησιμοποιείτε τα έξι βήματα που παρουσιάζονται στο θεωρητικό μέρος ως οδηγό μεθοδολογίας και γράψτε τις εξισώσεις που περιγράφουν τις χημικές αντιδράσεις που έλαβαν χώρα κατά την διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης. Για κάθε αντίδραση περιγράψτε τα παρακάτω:
- Καθορισμός των αντιδρώντων
 - Προσδιορισμός των προϊόντων - μοριακή χημική εξίσωση
 - Χημικοί τύποι των αντιδρώντων στο διάλυμα
 - Παρακολούθηση της αντίδρασης
 - Χημικοί τύποι των προϊόντων
 - Ισοσταθμισμένη Ιοντική Χημική εξίσωση
- Γ. Εξηγήστε την σημασία της Ιοντικής Χημικής εξίσωσης
- Δ. Ισοσταθμείτε τις παρακάτω αντιδράσεις



Ινδική συσκευή απόσταξης



- E. Συμπληρώστε τα προϊόντα των παρακάτω αντιδράσεων



Ποια είναι η ωθούσα δύναμη για κάθε μία από τις παραπάνω αντιδράσεις;

3

ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΒΑΣΕΙΣ — pH

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

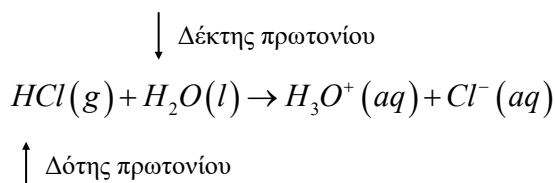
Η παρατήρηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων οξέων και βάσεων και η μελέτη και μέτρηση του pH διαλυμάτων οξέων, βάσεων και αλάτων.

Θεωρητικό Μέρος

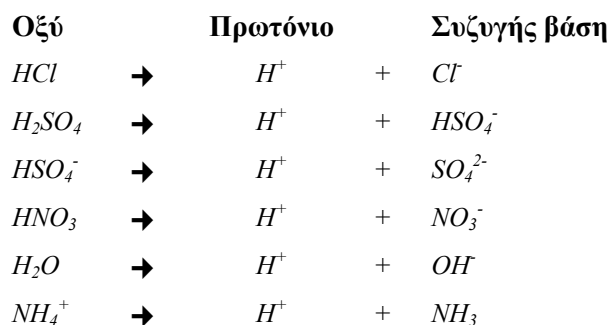
Η πιο διαδεδομένη θεωρία περί οξέων και βάσεων είναι η θεωρία Brønsted-Lowry, η οποία δίνει έμφαση στο ρόλο του πρωτονίου μελετώντας τις αντιδράσεις οξέων και βάσεων σαν αντιδράσεις μεταφοράς πρωτονίων.

Οξύ κατά Brønsted-Lowry

είναι κάθε μόριο ή ιόν που μπορεί να δράσει σαν δότης πρωτονίων. Στην αντίδραση διάλυσης του υδροχλωρίου σε νερό προς σχηματισμό του υδροχλωρικού οξέος, το HCl συμπεριφέρεται σαν οξύ κατά Brønsted-Lowry σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Πράγματι, στην ανωτέρω αντίδραση όλα τα μόρια του υδροχλωρίου δίνουν τα πρωτόνια τους στα μόρια νερού, τα οποία σχηματίζουν ιόντα υδροξωνίου (H_3O^+). Επομένως, το HCl συμπεριφέρεται σαν οξύ κατά Brønsted-Lowry. Γενικά, κάθε οξύ κατά Brønsted-Lowry, όταν χάνει ένα πρωτόνιο σχηματίζει μια βάση που ονομάζεται συζυγής βάση του οξέος, όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα:

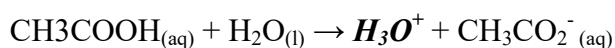
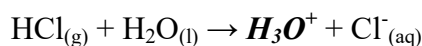


Τα οξέα χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα ανόργανα και τα οργανικά οξέα. Είναι σημαντικά τόσο σαν εργαστηριακά αντιδραστήρια όσο και σαν βιομηχανικές πρώτες ύλες. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι τα υδατικά τους διαλύματα περιέχουν πάντα ιόντα υδροξωνίου (H_3O^+), σύμφωνα με τον ορισμό κατά Brønsted-Lowry, τα οποία τους προσδίδουν ένα σύνολο κοινών ιδιοτήτων κυριότερες των οποίων είναι οι παρακάτω:

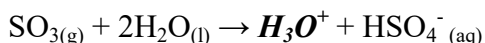
- Έχουν όξινη και καυστική γεύση
- αλλάζουν το χρώμα των δεικτών (π.χ. βάμμα ηλιοτροπίου από μπλε σε κόκκινο).

Όξινα υδατικά διαλύματα μπορούν να παρασκευαστούν εύκολα με ένα από τους παρακάτω τρόπους:

A. Διάλυση οξέων σε νερό:



B. Διάλυση ανυδριτών οξέων (κυρίως οξείδια αμετάλλων) σε νερό:



Το πιο διαδεδομένο ανόργανο οξύ είναι το θειικό οξύ (H_2SO_4), που φέρει την κοινή ονομασία «βιτριόλι». Το 1998, αναδείχθηκε πρώτο χημικό σε βιομηχανική κατανάλωση αφού μόνο στις Η.Π.Α η ετήσια παραγωγή θειικού οξέος ξεπέρασε τα 43 εκατομμύρια τόνους. Εκτός από τη δράση του σαν ισχυρό οξύ, το πυκνό θειικό οξύ δρα επιπλέον σαν **οξειδωτικό μέσο** και σαν **αφυδατικό μέσο**. Άλλα σημαντικά ανόργανα οξέα είναι το υδροχλωρικό οξύ (HCl), το νιτρικό οξύ (HNO_3) και το φωσφορικό οξύ (H_3PO_4), το οποίο αποτελεί συστατικό ενός από τα πιο διαδεδομένα αναψυκτικά παγκοσμίως, της coca cola (εικόνα 5.1.). Το νιτρικό και το φωσφορικό οξύ, όπως και το θειικό οξύ, έχουν πολύ καλές οξειδωτικές ιδιότητες και γι' αυτό χρησιμοποιούνται και σαν οξειδωτικά μέσα.

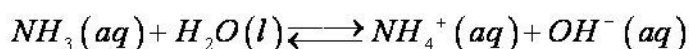
Τα πιο γνωστά οργανικά οξέα είναι το οξικό οξύ (CH_3COOH) που περιέχεται στο ξύδι, το κιτρικό οξύ ($C_3H_4(OH)(COOH)_3$) που περιέχεται στα εσπεριδοειδή και το ασκορβικό οξύ που αποτελεί συστατικό της βιταμίνης C. Επιπλέον, εμπορική σημασία έχουν και άλλα οργανικά οξέα, όπως το μυρμηκικό οξύ ($HCOOH$), το οξαλικό οξύ ($(COOH)_2 \cdot 2H_2O$), το ελαϊκό οξύ [$C_8H_{17}CH=CH(CH_2)_7COOH$] κ.α.

είναι κάθε μόριο ή ιόν που μπορεί να δράσει σαν δέκτης πρωτονίων. Στην αντίδραση διάλυσης της αμμωνίας σε νερό, η NH_3 συμπεριφέρεται σαν βάση κατά Brønsted-

Βάση κατά Brønsted-Lowry

Lowry σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:

↓ Δέκτης πρωτονίου



↑ Δότης πρωτονίου

Σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση, μερικά μόρια νερού αποβάλλουν πρωτόνια, τα οποία προσλαμβάνονται από μερικά μόρια αμμωνίας με αποτέλεσμα να σχηματίζονται ως προϊόντα ιόντα αμμωνίου και υδροξυλίου. Συνεπώς, η NH_3 συμπεριφέρεται σαν βάση κατά Brønsted-Lowry. Γενικά, κάθε βάση κατά Brønsted-Lowry όταν προσλαμβάνει ένα πρωτόνιο, σχηματίζει το συζυγές της οξύ, όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα:

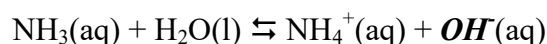
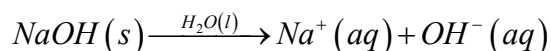
Το κύριο χαρακτηριστικό των βάσεων είναι ότι τα υδατικά τους διαλύματα περιέχουν πάντα ιόντα υδροξυλίου (OH^-), σύμφωνα με τον ορισμό κατά Brønsted-Lowry, τα οποία τους προσδίδουν ένα σύνολο κοινών ιδιοτήτων κυριότερες των οποίων εί-

Βάση		Πρωτόνιο		Συζυγές οξύ
OH^-	+	H^+	→	H_2O
CN^-	+	H^+	→	HCN
CO_3^{2-}	+	H^+	→	HCO_3^-
HCO_3^-	+	H^+	→	H_2CO_3
NH_3	+	H^+	→	NH_4^+
H_2O	+	H^+	→	H_3O^+

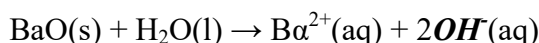
ναι οι παρακάτω:

- Έχουν πικρή γεύση και σαπωναειδή αφή,
- αλλάζουν το χρώμα των δεικτών (π.χ. βάμμα ηλιοτροπίου από κόκκινο σε μπλε).

Βασικά (ή αλκαλικά) υδατικά διαλύματα μπορούν να παρασκευαστούν εύκολα με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

A. Διάλυση βάσεων σε νερό:

B. Διάλυση ανυδριτών βάσεων (οξειδία των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών) σε νερό:



Οι ευρύτερα διαδεδομένες βάσεις είναι η αμμωνία (γνωστό προϊόν οικιακής χρήσης) καθώς και τα ευδιάλυτα υδροξείδια των αλκαλίων και αλκαλικών γαιών, όπως το υδροξείδιο του νατρίου, που χρησιμοποιείται για στεγνό καθάρισμα με την κοινή ονομασία “καυστική σόδα”, το υδροξείδιο του μαγνησίου που καλείται “γάλα μαγνησίας” και το υδροξείδιο του καλίου με την εμπορική ονομασία “καυστικό κάλιο”. Γενικά, τα περισσότερα καθαριστικά οικιακής χρήσεως, όπως τα σαπούνια, τα απορρυπαντικά και τα καθαριστικά φούρνου είναι ή σχηματίζουν μετά τη διάλυσή τους στο νερό βασικά διαλύματα.

Η οξύτητα ή η αλκαλικότητα των υδατικών διαλυμάτων οφείλεται στην υψηλή συγκέντρωση ιόντων υδροξωνίου ή υδροξυλίου αντιστοίχως, σύμφωνα με τη θεωρία Brønsted-Lowry περί οξέων και βάσεων. Ο Δανός βιοχημικός S.P.L. Sørensen θεμελίωσε την έννοια του δυναμικού υδρογόνου (potential of Hydrogen

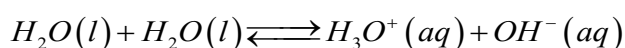
Δυναμικό Υδρογόνου (pH) Υδατικών Διαλυμάτων

υδρογόνου (potential of Hydrogen

ή *pouvoir Hydrogene*) ως μέτρου για την αποτίμηση της οξύτητας ή αλκαλικότητας των υδατικών διαλυμάτων. Έτσι λοιπόν όρισε ότι το δυναμικό υδρογόνου ενός διαλύματος, το οποίο συμβόλισε με τα αρχικά pH, ισούται με τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (ή υδροξωνίου) στο διάλυμα, όπως φαίνεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση ορισμού του pH:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

Στο χημικώς καθαρό νερό, τα μόρια του νερού αυτοδιίστανται, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Στους 25°C, η σταθερά χημικής ισορροπίας K_w της παραπάνω αντίδρασης παίρνει την τιμή 10^{-14} σύμφωνα με τη παρακάτω εξίσωση:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 1.00 \times 10^{-14}$$

Λαμβάνοντας υπόψη τη στοιχειομετρία της παραπάνω αντίδρασης αυτοδιάστασης του νερού, συνάγεται ότι οι συγκεντρώσεις των ιόντων υδροξωνίου και υδροξυλίου στο χημικώς καθαρό νερό είναι ίσες μεταξύ τους.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.00 \times 10^{-7} \text{ M}$$

Συνεπώς, σύμφωνα με τον ανωτέρω ορισμό του pH, ένα ουδέτερο υδατικό διάλυμα, όπως το χημικώς καθαρό νερό έχει pH ίσο με 7:

$$\text{pH} = -\log[1.00 \times 10^{-7}] = -(-7) = 7 \text{ Ουδέτερο διάλυμα}$$

Κατ' επέκταση των ανωτέρω, στους 25°C ένα διάλυμα εμφανίζει όξινη συμπεριφορά, όταν η συγκέντρωση υδροξονίων είναι μεγαλύτερη από 1.00×10^{-7} M, άρα το pH του διαλύματος είναι μικρότερο από 7 ($\text{pH} < 7$).

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] < -\log[1.00 \times 10^{-7}] = -(-7) = 7 \text{ Όξινο διάλυμα}$$

Επίσης, ένα διάλυμα εμφανίζει αλκαλική ή βασική συμπεριφορά, όταν η συγκέντρωση υδροξονίων είναι μικρότερη από 1.00×10^{-7} M, άρα το pH του διαλύματος είναι μεγαλύτερο από 7 ($\text{pH} > 7$).

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] > -\log[1.00 \times 10^{-7}] = -(-7) = 7 \text{ Βασικό διάλυμα}$$

Η κλίμακα του pH στους 25°C

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	όξινο			ουδέτερο				βασικό						



Εικόνα 5.1. Το φωσφορικό οξύ χρησιμοποιείται σαν προσθετικό σε πολλά αναψυκτικά, για να τους δώσει ξινή γεύση.

1. Μέτρηση pH

Πειραματική Διαδικασία

Προσδιορίστε το pH των αντιδραστηρίων και των οικιακών προϊόντων χρησιμοποιώντας πεχαμετρικό χαρτί και πεχάμετρο. Παρατηρήστε την επίδραση της συγκέντρωσης και τις ισχύος των οξέων στο pH.

Αντιδραστήρια	pH από πεχάμετρο	pH από πεχαμετρικό χαρτί
1. Νερό βρύσης,	_____	_____
2. Απιονισμένο νερό	_____	_____
3. Διάλυμα HCl 0.01M	_____	_____
4. Διάλυμα HCl 0.1M	_____	_____
5. Διάλυμα HCl 1 M	_____	_____
6. Διάλυμα CH ₃ COOH 0.1 M	_____	_____
7. Διάλυμα NaOH 0.1 M	_____	_____
8. Διάλυμα NH ₃ 0.1 M	_____	_____
9. Ξύδι	_____	_____
10. Χυμός λεμονιού	_____	_____
11. Αναψυκτικό	_____	_____
12. Διάλυμα Μαγειρικής σόδας	_____	_____
13. Διάλυμα Απορρυπαντικού	_____	_____

Παρατηρήσεις: _____

2. Επίδραση της ισχύος και της συγκέντρωσης του οξέος στην ταχύτητα της αντίδρασης

Πειραματική Διαδικασία

Σε τέσσερις δοκιμαστικούς σωλήνες τοποθετούνται περίπου 5ml από διαφορετικά υδατικά διαλύματα οξέων. Προστίθεται μικρή ποσότητα σκόνης Zn σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα και παρατηρούνται οι μεταβολές που λαμβάνουν χώρα. Καταγράφονται:

- A. οι μεταβολές που προκαλούνται από την επίδραση υδροχλωρικού (HCl) και οξικού οξέος (CH₃COOH) ίδιας συγκέντρωσης στη σκόνη Zn και,
- B. οι μεταβολές που προκαλούνται από τη μείωση της συγκέντρωσης (3M, 0.1 M) του ίδιου οξέος στην ταχύτητα της αντίδρασης.

HCl

3 M: _____

0.1M: _____

CH₃COOH

3 M: _____

0.1M: _____

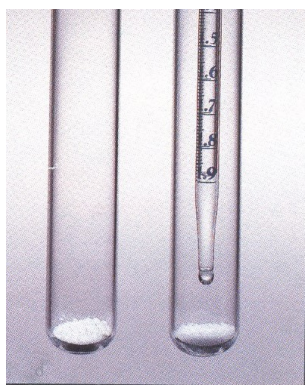
3. Οξειδωτική δράση των οξέων – Πυκνό θειικό οξύ

Πειραματική Διαδικασία

Αντιδραστήρια

1. Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4)
2. Στερεό ιωδιούχο νάτριο (NaI).

Το θειικό οξύ (H_2SO_4) δρα, όταν είναι πυκνό, σαν οξειδωτικό μέσο. Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4), ενώ σε άλλο δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται στερεό ιωδιούχο νάτριο (NaI). Με σιφόνιο ακριβείας σταγόνες πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) προστίθενται στον σωλήνα που περιέχει το ιωδιούχο νάτριο (εικόνα 5.2). Η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



Εικόνα 5.2. Προσθήκη πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) σε στερεό ιωδιούχο νάτριο (NaI).

Στο πείραμα αυτό το θειικό οξύ δρα σαν οξειδωτικό μέσο, προκαλώντας οξείδωση του ιωδίου που βρίσκεται στο ιωδιούχο νάτριο (NaI) σε ελεύθερο I_2 .

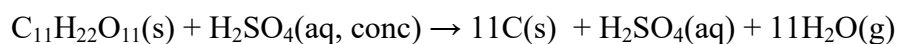
Καταγράφονται οι μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της αντίδρασης.

Παρατηρήσεις: _____

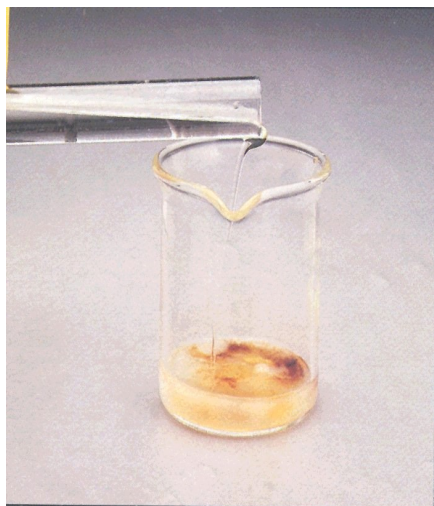
4. Αφυδατική δράση πυκνού θειικού οξέος

Πειραματική Διαδικασία

Το πυκνό θειικό οξύ δρα σαν αφυδατικό μέσο. Σε δοκιμαστικό σωλήνα τοποθετείται πυκνό διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4), ενώ σε ποτήρι ζέσεως τοποθετείται ζάχαρη εμπορίου ($\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$). Με το δοκιμαστικό σωλήνα προστίθεται το πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) στο ποτήρι ζέσεως, όπου βρίσκεται η ζάχαρη. Η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



Καταγράφονται και εξηγούνται οι μεταβολές που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της δοκιμής (εικόνα 5.3 και εικόνα 5.4).



Εικόνα 5.3 Προσθήκη πυκνού θειικού οξέος (H_2SO_4) σε ζάχαρη.



Εικόνα 5.4. Μετατροπή της ζάχαρης σε άνθρακα (C).

Παρατηρήσεις: _____

Ζητούμενα

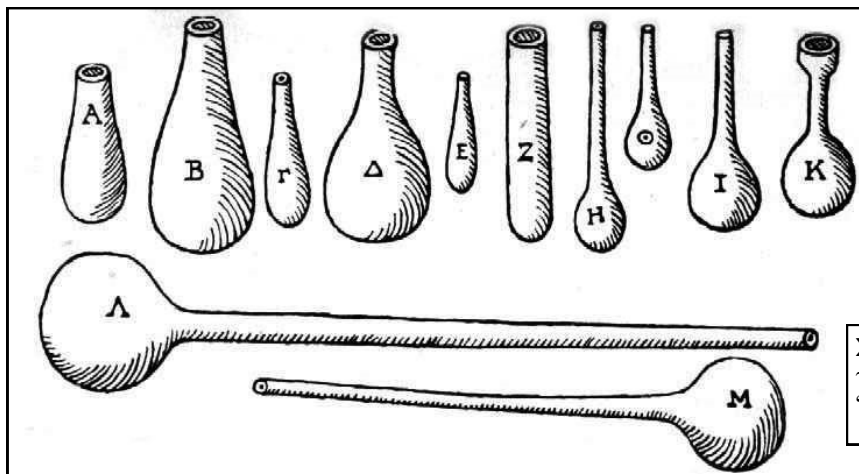
- A Συγκρίνετε τις πειραματικές μετρήσεις του pH με τις θεωρητικά προβλεπόμενες τιμές, δικαιολογώντας τις όποιες αποκλίσεις.
- B Σχολιάστε την επίδραση της ισχύος και της συγκέντρωσης οξέων και βάσεων στο pH.
- Γ. Υπολογίστε το pH διαλύματος HCl 10^{-9} M.
- Δ. Σχολιάστε την οξειδωτική και αφυδατική δράση του θειικού οξέος.
- Ε. Ποια από τις παρακάτω ενώσεις είναι βάση κατά Brønsted-Lowry
1.HCl, 2.HPO₄²⁻, 3.H₃PO₄, 4.NH₄⁺, 5.CH₃NH₃⁺
- ΣΤ. Ποια από τις παρακάτω ενώσεις είναι βάση κατά Brønsted-Lowry αλλά δεν είναι βάση κατά Arrhenius;
1.NH₃, 2.NaOH, 3.Ca(OH)₂, 4.KOH
- Z. Επιλύστε την παρακάτω άσκηση.

Άσκηση

Η τυπική χημική σύσταση τσιμέντου τύπου portlant είναι :

CaO	63.82 %
SiO ₂	20.56 %
Al ₂ O ₃	5.50 %
Fe ₂ O ₃	2.99 %
K ₂ O	0.76 %
Na ₂ O	0.95 %
Λοιπά	0.52 %

Όταν το τσιμέντο αναμειγνύεται με νερό ο πολφός που δημιουργείται είναι βασικός. Εξηγείστε θεωρητικά αυτήν την παρατήρηση, προσδιορίστε τρία συστατικά του τσιμέντου που εμφανίζουν βασική (αλκαλική) συμπεριφορά και καταγράψτε τις αντιδράσεις που συμβαίνουν, όταν αυτό αναμειγνύεται με το νερό.



Συσκευές από το βιβλίο του Ανδρέα Λιβάνιου "Αλχημεία" (1606)

4

ΤΙΤΛΟΔΟΤΗΣΗ ΟΞΕΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΕΩΝ

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

Η εξοικείωση με τις τεχνικές τιτλοδότησης και η κατανόηση των ογκομετρικών μεθόδων ανάλυσης.

Θεωρητικό Μέρος

Πάρα πολύ συχνά προκύπτει η ανάγκη να προσδιοριστεί η συγκέντρωση ενός οξέος ή μιας βάσης σε υδατικό διάλυμα. Μια μέθοδος με ευρεία εφαρμογή για το προσδιορισμό της συγκέντρωσης οξέων και βάσεων είναι αυτή της τιτλοδότησης που αποκαλείται συχνά ογκομετρική μέθοδος ανάλυσης.

Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στην αντίδραση πλήρους εξουδετέρωσης ενός οξέος από μια βάση και ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης γίνεται με τη μέτρηση του όγκου του διαλύματος του αντιδρώντος γνωστής συγκέντρωσης (**διάλυμα τιτλοδότησης**) που απαιτείται για να αντιδράσει πλήρως με συγκεκριμένη ποσότητα διαλύματος του άλλου αντιδρώντος.

Κομβικό σημείο στον ανωτέρω υπολογισμό είναι ο προσδιορισμός του σημείου ισοδυναμίας (equivalence point), δηλαδή του σημείου εκείνου κατά το οποίο η ποσότητα του ενός αντιδρώντος έχει πλήρως εξουδετερώσει την ποσότητα του άλλου αντιδρώντος. Για την ανίχνευση του σημείου ισοδυναμίας χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες, που ονομάζονται δείκτες (Βλέπε πίνακα 3.1). Οι δείκτες είναι συνήθως οργανικά μόρια, τα υδατικά διαλύματα των οποίων έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν το χρώμα τους σε μια συγκεκριμένη περιοχή τιμών pH. Σε μια αντίδραση οξέος-βάσης, οι μεταβολές του pH είναι μικρές μέχρι το σημείο ισοδυναμίας. Από το σημείο αυτό και μετά μια πολύ μικρή προσθήκη οξέος ή βάσης προκαλεί μια μεγάλη και ταχεία μεταβολή στο pH. Η μεταβολή αυτή στο pH έχει ως συνέπεια την αλλαγή του χρώματος του δείκτη, πράγμα που σηματοδοτεί το τέλος της τιτλοδότησης, δηλαδή την πλήρη εξουδετέρωση του ενός αντιδραστήριου από το άλλο. Γι' αυτόν το λόγο η εκλογή του δείκτη είναι πολύ κρίσιμη για την τιτλοδότηση και **θα πρέπει πάντα το σημείο που σηματοδοτεί το τέλος της τιτλοδότησης (endpoint) να βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο ισοδυναμίας.**

Οι μεταβολές του pH συναρτήσει του προστιθέμενου όγκου του διαλύματος τιτλοδότησης καταγράφονται στις καμπύλες τιτλοδότησης. Η μορφή των καμπυλών τιτλοδότησης εξαρ-

τάται από την ισχύ των τιτλοδοτούμενων οξέων και βάσεων. Η τυπική μορφή της καμπύλης τιτλοδότησης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση για την τιτλοδότηση 40ml διαλύματος 0.1M HCl με διάλυμα 0.1M NaOH φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.1.

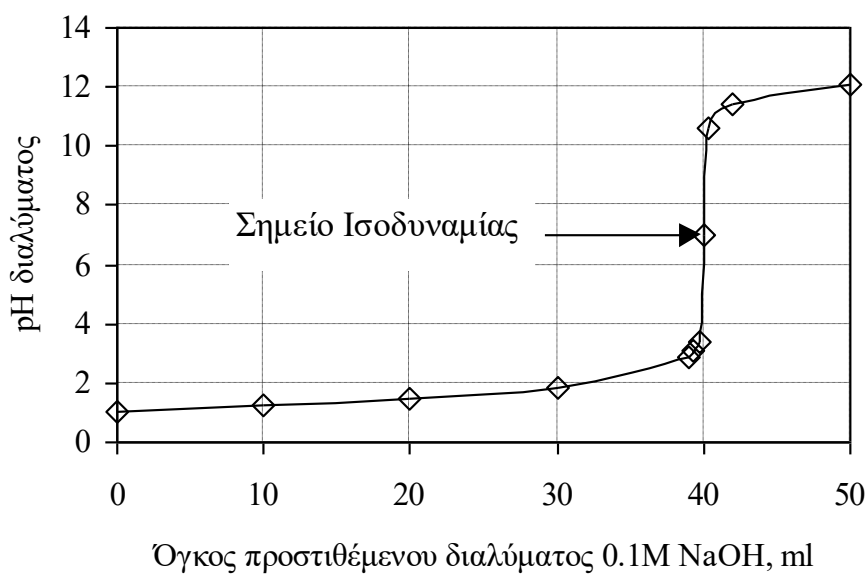
Το pH του αρχικού διαλύματος πριν την προσθήκη της ισχυρής βάσης καθορίζεται από τη συγκέντρωση του ισχυρού οξέος στο διάλυμα. Καθώς γίνεται σταδιακή προσθήκη ισχυρής βάσης, μέρος του οξέος εξουδετερώνεται και το pH καθορίζεται πλήρως από τη συγκέντρωση του ισχυρού οξέος, το οποίο δεν έχει ακόμα αντιδράσει με τη βάση. Στο σημείο ισοδυναμίας, δεν υπάρχει στο διάλυμα ούτε περίσσεια οξέος ούτε περίσσεια βάσης γιατί αυτά έχουν πλήρως εξουδετερωθεί και το pH του διαλύματος είναι 7, καθορίζο-

Πίνακας 3.1. Περιοχή λειτουργίας δεικτών για τιτλοδοτήσεις οξέων και βάσεων.

Δείκτης	Χρώμα σε μικρότερο pH	Περιοχή pH	Χρώμα σε μεγαλύτερο pH
Ιώδες του μεθυλίου	Κίτρινο	0 - 2	Ιώδες
Πράσινο Μαλαχίτου (όξινο)	Κίτρινο	0 - 1.8	Πράσινο-Μπλε
Κυανούν Θυμόλης (όξινο)	Κόκκινο	1.2 - 2.8	Κίτρινο
Κυανούν Βρωμοφαινόλης	Κίτρινο	3.0 - 4.6	Κύανο-ιώδες (Πορφυρό)
Πορτοκαλόχρουν του μεθυλίου	Κόκκινο	3.1 - 4.4	Κίτρινο-Πορτοκαλόχρουν
Πράσινο Βρωμοκρεσόλης	Κίτρινο	3.8 - 5.4	Μπλε
Ερυθρό του μεθυλίου	Κόκκινο	4.4 - 6.2	Κίτρινο
Ηλιοτρόπιο	Κόκκινο	4.5 - 8.3	Μπλε
Πορφυρούν βρωμοκρεσόλης	Κίτρινο	5.2 - 6.8	Κύανο-ιώδες (Πορφυρό)
Κυανούν Βρωμοθυμόλης	Κίτρινο	6.0 - 7.6	Μπλε
Ερυθρό φαινόλης	Κίτρινο	6.4 - 8.2	Κόκκινο
m-Ερυθρό κρεσόλης	Κίτρινο	7.6 - 9.2	Κύανο-ιώδες (Πορφυρό)
Κυανούν Θυμόλης (αλκαλικό)	Κίτρινο	8.0 - 9.6	Μπλε
Φαινολοφθαλεΐνη	Άχρωμο	8.3 - 10.0	Κόκκινο
Θυμολοφθαλεΐνη	Άχρωμο	9.3 - 10.5	Μπλε
Κίτρινο Αλιζαρίνης	Κίτρινο	10.1 - 11.1	Κόκκινο (μοβ ουδέτερο)
Πράσινο Μαλαχίτου (αλκαλικό)	Πράσινο	11.4 - 13.0	Άχρωμο
Τρίνιτροβενζόλιο	Άχρωμο	12.0 - 14.0	Πορτοκαλόχρουν

μενο αποκλειστικά από την αυτοδιάσταση του νερού, εφόσον οι συζυγείς ηλεκτρολύτες των ισχυρών οξέων και βάσεων είναι τόσο ασθενείς που πρακτικά δεν δίδουν καμία αντίδραση στο υδατικό διάλυμα. Τέλος, υπεράνω του σημείου ισοδυναμίας το pH του διαλύματος καθορίζεται από τη περίσσεια της ισχυρής βάσης.

Εφόσον σε αυτό το παράδειγμα το pH στο σημείο ισοδυναμίας είναι ίσο με 7, οι κατάλληλοι δείκτες για αυτή τη τιτλοδότηση θα πρέπει να έχουν περιοχή λειτουργίας που κυμαίνεται στην περιοχή pH από 6 έως 8 (δηλαδή να έχουν ένα χρώμα για τιμές pH μικρότερες του 6 και ένα άλλο χρώμα για τιμές pH μεγαλύτερες του 8).

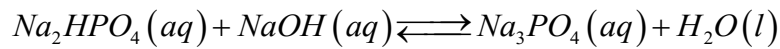
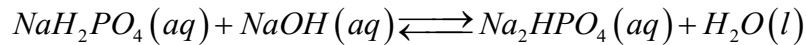
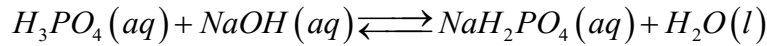


Σχήμα 3.1. Τυπική μορφή καμπύλης τιτλοδότησης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση.

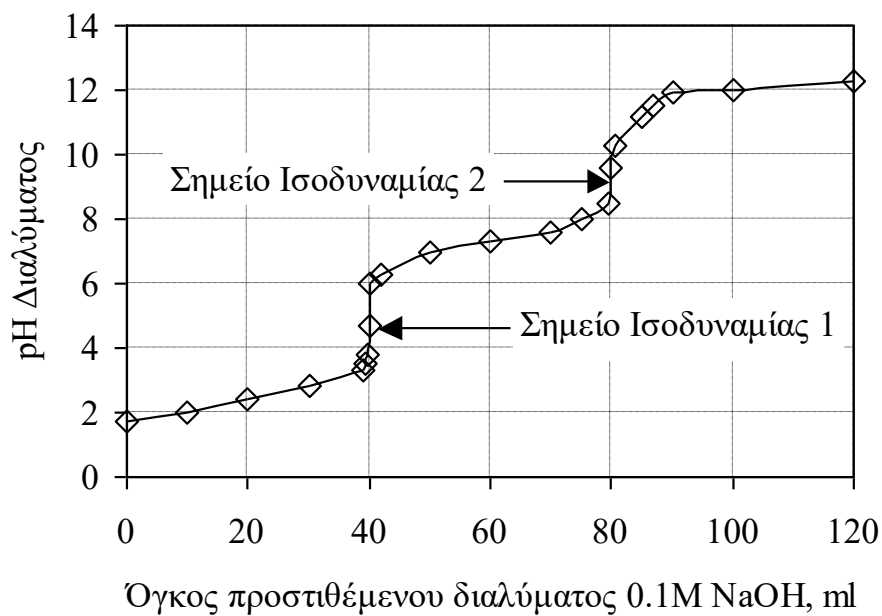
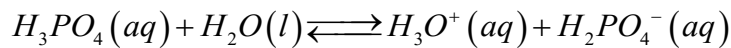
τερης του 8). Σύμφωνα με τον πίνακα 3.1, οι κατάλληλοι δείκτες για την τιτλοδότηση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση είναι το ηλιοτρόπιο (litmus), το κυανούν βρωμοθυμόλης και το ερυθρό φαινόλης.

Στις περιπτώσεις τιτλοδότησης πολυβασικών οξέων και βάσεων (δηλαδή ενώσεων με περισσότερους από ένα βαθμούς διάστασης) παρουσιάζονται περισσότερα σημεία ισοδυναμίας όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2, που απεικονίζεται η τυπική μορφή καμπύλης τιτλοδότησης πολυβασικού οξέος με ισχυρή βάση (40ml διαλύματος 0.1M H_3PO_4 με διάλυμα 0.1M NaOH).

Το σύστημα αυτό έχει τρία σημεία ισοδυναμίας που αντιστοιχούν στις τρεις παρακάτω αντιδράσεις εξουδετέρωσης:



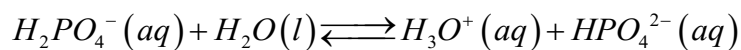
Το pH πριν το πρώτο σημείο ισοδυναμίας καθορίζεται από το ρυθμιστικό διάλυμα $H_3PO_4/H_2PO_4^-$, δηλαδή από την παρακάτω ισορροπία, που περιγράφει την πρώτη διάσταση του φωσφορικού οξέος.



Σχήμα 3.2. Τυπική μορφή καμπύλης τιτλοδότησης πολυβασικού οξέος με ισχυρή βάση.

$$pH = 2.12 + \log \frac{[H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]}$$

Το pH μετά το πρώτο και πριν το δεύτερο σημείο ισοδυναμίας καθορίζεται από το ρυθμιστικό διάλυμα $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$, δηλαδή από την παρακάτω ισορροπία, που περιγράφει τη δεύτερη διάσταση του φωσφορικού οξέος.



$$pH = 7.18 + \log \frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$$

Το τρίτο σημείο ισοδυναμίας δεν φαίνεται στην καμπύλη τιτλοδότησης, διότι αντιστοιχεί στην τρίτη διάσταση του φωσφορικού οξέος, η οποία έχει πάρα πολύ μικρή σταθερά ιονισμού ($K_{a3}=1.00 \times 10^{-12}$). Γενικά σημεία ισοδυναμίας που αντιστοιχούν σε ιονισμό οξέων ή βάσεων με σταθερά ιονισμού μικρότερη από 10^{-8} δεν είναι δυνατό να ανιχνευθούν με τιτλοδότηση. Συνεπώς, υπεράνω του δεύτερου σημείου ισοδυναμίας το pH του διαλύματος καθορίζεται κυρίως από τη περίσσεια της ισχυρής βάσης.



Σε αυτήν την άσκηση, θα παρακολουθήσετε δύο τιτλοδοτήσεις οξέων και στην συνέχεια θα πραγματοποιήσετε μια τιτλοδότηση σε ένα δείγμα ξυδιού εμπορίου.

1. Τιτλοδότηση ισχυρού οξέος από ισχυρή βάση.

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα υδροχλωρικού οξέος HCl άγνωστης συγκέντρωσης
2. Διάλυμα καυστικού νατρίου NaOH 0.1 M
3. Δείκτης κυανούν της βρωμοθυμόλης

Πειραματική Διαδικασία

Σε ποτήρι ζέσεως εισάγονται με σιφόνιο 10 ml διαλύματος HCl άγνωστης συγκέντρωσης και λίγες σταγόνες δείκτη κυανούν της βρωμοθυμόλης, και το διάλυμα αραιώνεται με απιονισμένο νερό. Η προχοΐδα γεμίζεται με διάλυμα NaOH 0.1 M. Στη συνέχεια βυθίζεται το ηλεκτρόδιο του pHμέτρου στο διάλυμα HCl και αρχίζει η τιτλοδότηση με τη σταδιακή προσθήκη σταγόνων NaOH στο ποτήρι ζέσεως.

Συσκευές

1. Προχοΐδα
2. Ποτήρι ζέσεως
3. Σιφόνιο ακριβείας
4. Μαγνητική πλάκα ανάδευσης
5. Μαγνητάκι
6. pH-μέτρο

Σε τακτά χρονικά διαστήματα, καθ' όλη την διάρκεια της τιτλοδότησης καταγράφονται η τιμή του pH του διαλύματος, ο όγκος του διαλύματος τιτλοδότησης NaOH που έχει προστεθεί και το χρώμα

του διαλύματος.

Αντίδραση Εξουδετέρωσης

2. Τιτλοδότηση ξυδιού εμπορίου.

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα οξικού οξέος CH_3COOH (ξύδι εμπορίου)
2. Διάλυμα καυστικού νατρίου NaOH 0.1 M
3. Δείκτης φαινολοφθαλεΐνης

Πειραματική Διαδικασία

Συσκευές

1. Προχοΐδα
2. Ποτήρι ζέσεως
3. Σιφόνιο ακριβείας
4. Μαγνητική πλάκα ανάδευσης
5. Μαγνητάκι
6. pH-μέτρο
7. Ζυγός ακριβείας

1. Δεχόμενοι ότι το ξύδι έχει πυκνότητα 1 g/ml και ότι περιέχει 5% κ.β. οξικό οξύ ($\text{MB CH}_3\text{COOH} = 60.05 \text{ g/mol}$) υπολογίστε τον όγκο του ξυδιού που απαιτείται για την πλήρη εξουδετέρωση 25 ml διαλύματος NaOH 0.1 M
2. Ζυγίστε ένα άδειο ποτήρι ζέσεως και στην συνέχεια τοποθετήστε σε αυτό τον όγκο ξυδιού που υπολογίσατε προηγουμένως. Ζυγίστε το γεμάτο ποτήρι ζέσεως και υπολογίστε το βάρος του ξυδιού.
3. Προσθέστε 2 σταγόνες δείκτη αιθανόλης και 20 ml απιονισμένου νερού στο ποτήρι ζέσεως. Ακολουθώντας τη διαδικασία τιτλοδότησης του πρώτου μέρους τιτλοδοτήστε το διάλυμα του ξυδιού με το διάλυμα NaOH 0.1 M.
4. Υπολογίστε την πραγματική περιεκτικότητα του ξυδιού σε οξικό οξύ

Ορισμοί Συγκεντρώσεων

%κβ: κατά βάρος σύσταση = gr ένωσης σε 100 gr διαλύματος

%κο: κατά όγκο σύσταση = ml ένωσης σε 100 ml διαλύματος

M: κατά όγκο συγκέντρωση (Molarity) = mole ένωσης σε 1000 ml διαλύματος

m: κατά βάρος συγκέντρωση (Molality) = mole ένωσης σε 1000 gr διαλύτη

Αντίδραση Εξουδετέρωσης

Υποθετικός Υπολογισμός ml Ξυδιού (5% κ.β.) για την εξουδετέρωση 25 ml NaOH

Moles NaOH σε 25 ml (διάλυμα 0.1M): _____

Moles CH₃COOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση: _____

Ποσότητα σε gr του CH₃COOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση: _____

Όγκος του ξυδιού που περιέχει τα παραπάνω γραμμάρια: _____

Πειραματικός Υπολογισμός πυκνότητας Ξυδιού

Βάρος ποτηριού ζέσεως (g): _____

Βάρος ποτηριού ζέσεως + Ξυδιού (g): _____

Βάρος Ξυδιού(g): _____

Πραγματική Πυκνότητα Ξυδιού : _____

Σημείο Ισοδυναμίας

Περιοχή pH : _____

Όγκος καταναλωθέντος NaOH (ml): _____

Moles καταναλωθέντος NaOH : _____

Τιτλοδότηση Οξέος

Moles CH₃COOH για την εξουδετέρωση του NaOH : _____

Συγκέντρωση CH₃COOH στο ξύδι: _____

%κβ σύσταση ξυδιού σε CH₃COOH: _____

Καταγραφή Τιτλοδότησης

ml NaOH	τιμή pH
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Ζητούμενα

- A. Περιγράψτε τις δύο τιτλοδοτήσεις
B. Κατασκευάστε τις καμπύλες τιτλοδότησης (χρησιμοποιείτε λογισμικά πακέτα όπως το MS-EXCEL)
Γ. Υπολογίστε τις συγκεντρώσεις των οξέων και την κατά βάρος σύσταση του ζυδιού σε οξικό οξύ, παραθέτοντας αναλυτικά τους υπολογισμούς σας.
Δ. Απαντήστε στα επόμενα ερωτήματα

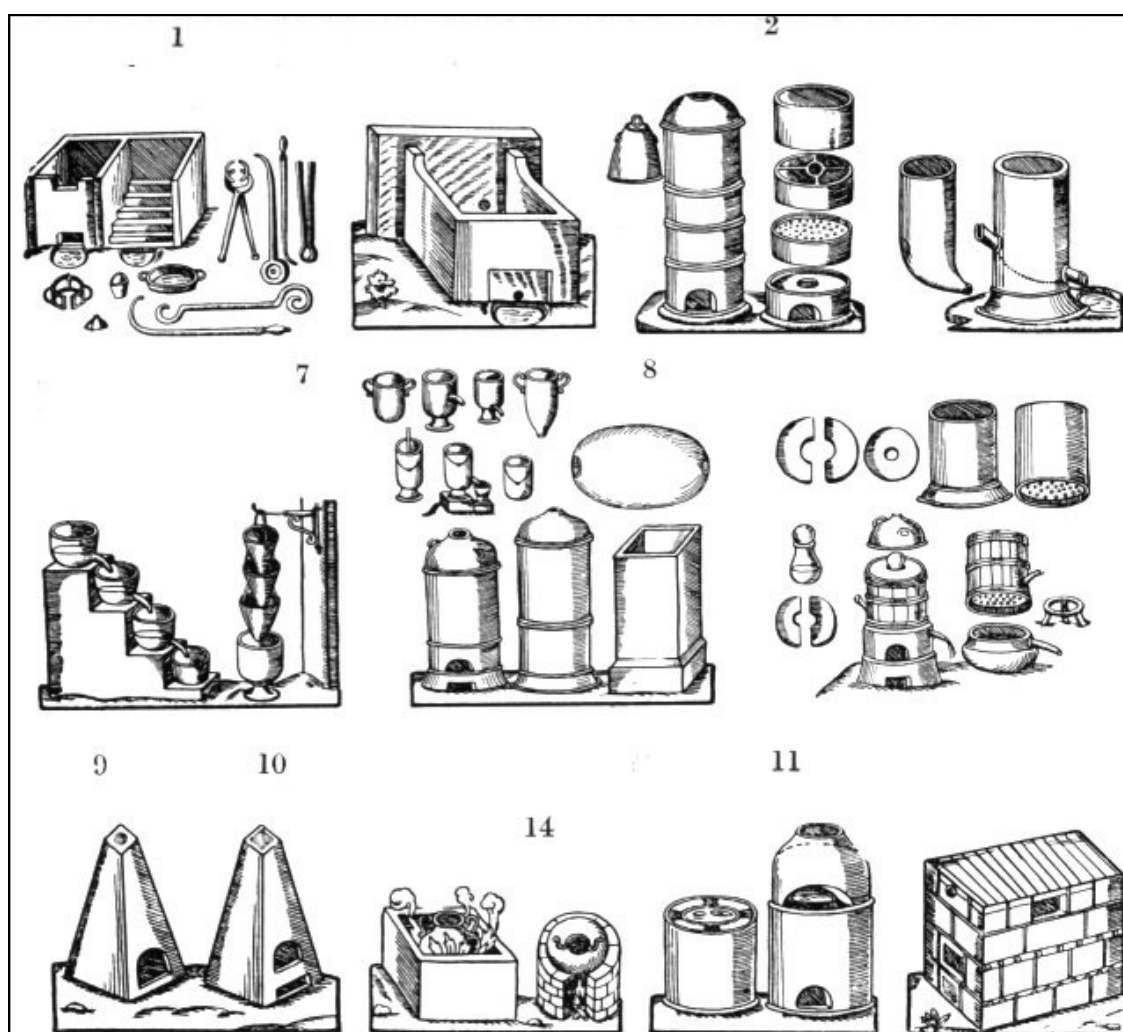
Διάλυμα 20 ml ασθενούς οξέος CH_3COOH συγκέντρωσης 0,1 M τιτλοδοτείται με διάλυμα NaOH συγκέντρωσης 0,05 M. Στο διάλυμα προστίθενται 20 ml βάσης.

α) Επιλέξτε τη σωστή πρόταση και δικαιολογήστε την απάντησή σας.

- i) Η τιτλοδότηση δεν έχει φτάσει στο σημείο ισοδυναμίας.
ii) Η τιτλοδότηση είναι στο σημείο ισοδυναμίας.
iii) Η τιτλοδότηση έχει ξεπεράσει το σημείο ισοδυναμίας.

β) Υπολογίστε το pH του παραπάνω διαλύματος.

Δίνεται: $K_a \text{CH}_3\text{COOH}: 1,8 \times 10^{-5}$



Συσκευές από το βιβλίο του Ανδρέα Λιβάβιου "Αλχημεία" (1606)

Παρατηρήσεις—Σημειώσεις

5

ΑΡΧΗ LE CHATELIER - ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

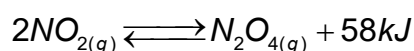
Η παρατήρηση και η κατανόηση της Αρχής Le Chatelier και η μελέτη της διαλυτότητας των ιοντικών ενώσεων

Θεωρητικό Μέρος

Αρχή Le Chatelier

Οι περισσότερες χημικές αντιδράσεις δεν παράγουν ένα προϊόν με απόδοση 100%. Αυτό οφείλεται κυρίως στα χημικά χαρακτηριστικά της αντίδρασης και όχι στο σχεδιασμό της πειραματικής διάταξης (χημικός αντιδραστήρας) ή της πειραματικής τεχνικής που χρησιμοποιείται. Τα αντιδρώντα αρχικά καταναλώνονται παράγοντας τα αναμενόμενα προϊόντα. Συνεπώς, αρχικά η συγκέντρωση των αντιδρώντων στο χημικό αντιδραστήρα μειώνεται και η συγκέντρωση των προϊόντων αυξάνει. Μετά, όμως, από ένα χρονικό διάστημα οι συγκεντρώσεις τόσο των αντιδρώντων όσο και των προϊόντων **σταματούν** μακροσκοπικά να μεταβάλλονται στον αντιδραστήρα. Αυτό το φαινομενικό σταμάτημα της αντίδρασης πριν καταναλωθούν πλήρως τα αντιδρώντα σώματα (πριν ολοκληρωθεί κατά 100% η αντίδραση) καταδεικνύει ότι το χημικό σύστημα έχει φτάσει σε μια κατάσταση κατά την οποία τα αντιδρώντα αντιδρούν για να σχηματίσουν προϊόντα, με ταχύτητα ίση με αυτή που τα προϊόντα αντιδρούν για να ανασχηματίσουν τα αντιδρώντα. Πρόκειται περί μιας δυναμικής κατάστασης κατά την οποία λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα στον αντιδραστήρα δύο αντιδράσεις αντίθετης φοράς. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται **χημική ισορροπία** και είναι χαρακτηριστική για όλες τις αντιστρεπτές αντιδράσεις.

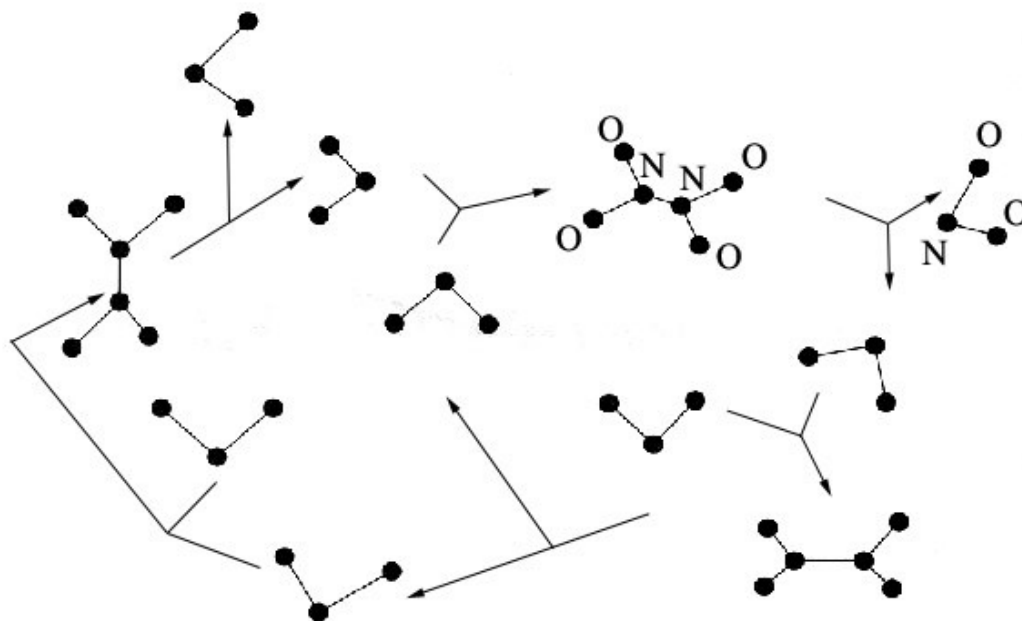
Η παρακάτω χημική αντίδραση:



φθάνει σε ισορροπία, όταν η ταχύτητα με την οποία αντιδρούν δύο μόρια NO_2 είναι ίση με την ταχύτητα με την οποία δίσταται ένα μόριο N_2O_4 (εικόνα 5.1). Εάν μεταβληθεί η συγκέντρωση ενός από τα χημικά είδη σε ένα σύστημα ευρισκόμενο σε κατάσταση ισορροπίας, τότε διαταράσσεται η ισορροπία του συστήματος και η αντίδραση τείνει αυθόρμητα να κινηθεί προς την κατεύθυνση εκείνη που αναιρεί την αιτία της διαταραχής της. Για παράδειγμα, όταν στο σύστημα που βρίσκεται σε ισορροπία και περιγράφεται από την παραπάνω αντίδραση αυξηθεί η συγκέντρωση των μορίων του NO_2 , τότε αυτό βρίσκεται ακαριαία εκτός κατάστασης χημικής ισορροπίας και τείνει αυθόρμητα να αναιρέσει την αιτία που διατάραξε τη κατάσταση ισορροπίας του. Δεδομένου ότι αιτία γι' αυτό είναι η αύξηση της συγκέντρωσης των μορίων του NO_2 , το χημικό σύστημα θα μετακι-

νηθεί προς εκείνη την κατεύθυνση που θα μειώσει τη συγκέντρωση των μορίων του NO₂ στο σύστημα. Συνεπώς, η ανωτέρω αντίδραση κινείται προς τα **δεξιά** παράγοντας περισσότερα μόρια N₂O₄ μέχρι το σύστημα να φθάσει πάλι σε κατάσταση ισορροπίας.

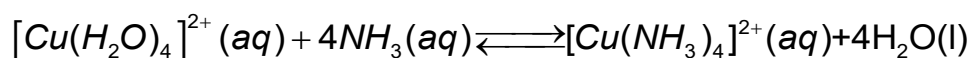
Όλα τα συστήματα που βρίσκονται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας υπακούουν στην **αρχή Le Chatelier**:



Εικόνα 5.1. Η δυναμική ισορροπία μεταξύ μορίων NO₂ και N₂O₄.

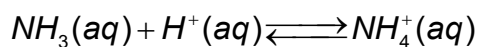
Όταν ένας εξωτερικός παράγοντας (μεταβολή συγκέντρωσης, θερμοκρασίας κ.α.) επιδράσει σε ένα σύστημα που βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας, τότε το σύστημα θα κινηθεί αυθόρμητα προς εκείνη την κατεύθυνση που ελαχιστοποιεί την επίδραση του παράγοντα αυτού.

Στην παρούσα εργαστηριακή δοκιμή μελετάται η επίδραση της μεταβολής της συγκέντρωσης σε ένα υδατικό σύστημα μετάλλου-αμμωνίας που βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας. Τα υδατικά διαλύματα που περιέχουν ιόντα χαλκού έχουν χαρακτηριστικό διαυγές μπλε χρώμα, που οφείλεται στα ενυδατωμένα ιόντα δισθενούς χαλκού [Cu(H₂O)₄]²⁺. Όταν στα διαλύματα αυτά προστεθεί αμμωνία (NH₃), μεταβάλλουν το χρώμα τους από διαυγές μπλε σε βαθύ μπλε. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια αμμωνίας είναι ισχυρότεροι υποκατάστατες από τα μόρια νερού με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα αντίδραση αντικατάστασης υποκαταστάτη σε σύμπλοκο ιόν από άλλο υποκαταστάτη, όπως περιγράφεται από την παρακάτω αντίδραση:



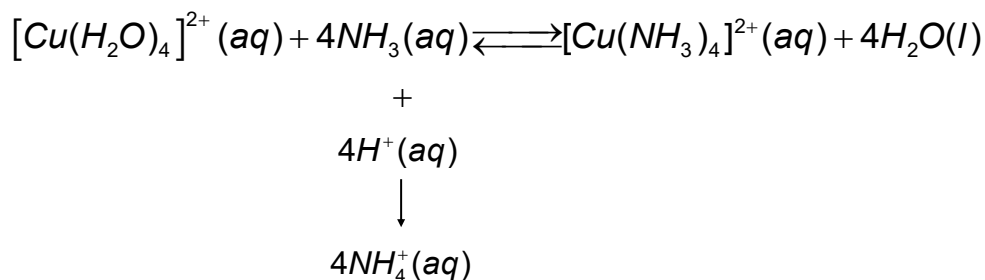
Το αμινοσύμπλοκο του δισθενούς χαλκού που σχηματίζεται έχει χρώμα βαθύ μπλε.

Όταν στο σύστημα προστεθεί ισχυρό οξύ, αυτό επιδρά στη χημική ισορροπία καθώς τα ιόντα υδρογόνου (H^+) του οξέος αντιδρούν με την αμμωνία, που είναι βάση, μειώνοντας τη συγκέντρωσή της, όπως περιγράφεται από την παρακάτω αντίδραση:



Καθώς η συγκέντρωση της αμμωνίας στο διάλυμα μειώνεται, η αντίδραση της αμμωνίας με το $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ τείνει αυθόρμητα βάσει της Αρχής Le Chatelier να κινηθεί προς τα **αριστερά** για να αναιρέσει την επίδραση του εξωτερικού παράγοντα, που είναι η μείωση της συγκέντρωσης της αμμωνίας. Έτσι, σχηματίζονται ξανά στο διάλυμα ενυδατωμένα ιόντα δισθενούς χαλκού $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ προσδίδοντας ξανά στο διάλυμα διαυγές μπλε χρώμα. Η αντίδραση που ακολουθεί περιγράφει σχηματικά την αποκατάσταση της νέας ισορροπίας στο σύστημα:

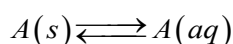
Αρχή Le Chatelier



Διαλυτότητα — Επίδραση Κοινού Ιόντος

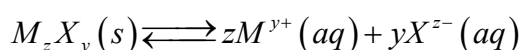
Η **διαλυτότητα (S)** ορίζεται ως η μέγιστη ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε συγκεκριμένη ποσότητα διαλύτη κάτω από δεδομένες συνθήκες, έτσι ώστε να προκύψει ένα σταθερό διάλυμα, το οποίο ονομάζουμε **κορεσμένο** διάλυμα. Κάθε διάλυμα που περιέχει ποσότητα διαλυμένης ουσίας μικρότερη από αυτή που αντιστοιχεί στη διαλυτότητά της ονομάζεται **ακόρεστο**, ενώ, όταν περιέχει ποσότητα διαλυμένης ουσίας μεγαλύτερη από αυτή που αντιστοιχεί στη διαλυτότητά της κάτω από τις ίδιες συνθήκες, ονομάζεται **υπέρκορο**.

Η διαδικασία δημιουργίας κορεσμένου υδατικού διαλύματος μιας ουσίας περιγράφεται από την παρακάτω δυναμική ετερογενή ισορροπία ανάμεσα στη διαλυμένη ουσία και την αδιάλυτη ουσία που βρίσκεται σε επαφή με το κορεσμένο διάλυμα



όπου A(aq) είναι η διαλυμένη ουσία και A(s) είναι η αδιάλυτη ουσία σε στερεή κατάσταση που βρίσκεται σε επαφή με το κορεσμένο διάλυμα. Με άλλα λόγια, μέσα στο διάλυμα λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα δύο αντιτιθέμενες δράσεις. Μόρια ή ιόντα, ανάλογα με το είδος της ουσίας, μεταφέρονται από την επιφάνεια του στερεού συνεχώς μέσα στο διάλυμα και ταυτόχρονα μόρια ή ιόντα από το κορεσμένο διάλυμα εναποτίθενται στην επιφάνεια του στερεού με ακριβώς την ίδια ταχύτητα, έτσι ώστε, ενώ μικροσκοπικά υπάρχει συνεχής κινητικότητα, μακροσκοπικά να παρατηρείται ακινησία.

Στην περίπτωση των ιοντικών στερεών, η επιδιαλύτωσή τους από τα μόρια του νερού οδηγεί σε λύση της συνέχειας του κρυσταλλικού πλέγματος του στερεού και απελευθέρωση των ιόντων του στο διάλυμα. Με άλλα λόγια, στα κορεσμένα διαλύματα των δυσδιάλυτων ηλεκτρολυτών αποκαθίσταται η ετερογενής ισορροπία ανάμεσα στα ιοντικά στερεά και τα ιόντα τους που περιγράφεται από τη παρακάτω γενική εξίσωση:



Η σταθερά χημικής ισορροπίας της ανωτέρω αντίδρασης ονομάζεται **σταθερά γινομένου διαλυτότητας ή γινόμενο διαλυτότητας** K_{so} και δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$K_{so} = [M^{y+}]^z [X^{z-}]^y$$

Η διαλυτότητα (S) και η σταθερά του γινομένου διαλυτότητας (K_{so}) συνδέονται μεταξύ τους με μια απλή μαθηματική σχέση βάσει της οποίας είναι δυνατός ο υπολογισμός της μιας, όταν είναι γνωστή η άλλη.

Εάν S γραμμομόρια του ιοντικού στερεού $M_z X_y (s)$ διαλυθούν σε ένα λίτρο καθαρού νερού για να σχηματίσουν κορεσμένο διάλυμα (επομένως S είναι η διαλυτότητα του στερεού), τότε αναπτύσσεται η ετερογενής ισορροπία που περιγράφεται από την παραπάνω χημική εξίσωση και το ισοζύγιο μάζας για τα κατιόντα και τα ανιόντα δίνει τις παρακάτω σχέσεις:

$$[M^{y+}] = zS \qquad [X^{z-}] = yS$$

Εισάγοντας τις σχέσεις αυτές στην έκφραση του γινομένου διαλυτότητας προκύπτει η σχέση που συνδέει το γινόμενο διαλυτότητας K_{so} με τη διαλυτότητα S του ιοντικού στερεού.

$$K_{so} = (zS)^z (yS)^y = S^{(z+y)} z^z y^y \Rightarrow S = \left(\frac{K_{so}}{z^z y^y} \right)^{\frac{1}{z+y}}$$

Από την εξίσωση αυτή προκύπτει ότι, όσο μικρότερο είναι το γινόμενο διαλυτότητας μιας ιοντικής ένωσης, τόσο μικρότερη είναι η διαλυτότητά της και επομένως, τόσο πιο δυσδιάλυτη είναι η ένωση στο νερό. Δυστυχώς όμως, μόνο σε έναν

πάρα πολύ μικρό αριθμό ιοντικών ενώσεων μπορούμε να εφαρμόσουμε αυτή την απλή μαθηματική σχέση για να υπολογίσουμε τη διαλυτότητά τους στο νερό. Συνήθως, τα περισσότερα από τα κατιόντα και ανιόντα των ιοντικών ενώσεων υδρολύονται μεταβάλλοντας τις συγκεντρώσεις τους στα υδατικά διαλύματα. Επιπροσθέτως, πολλά από τα κατιόντα σχηματίζουν σύμπλοκα ιόντα στα υδατικά διαλύματα μεταβάλλοντας σημαντικά τις συγκεντρώσεις των ελευθέρων κατιόντων σε αυτά.

Η διαλυτότητα των ιοντικών στερεών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η επίδραση κοινού και μη κοινού ιόντος, ο σχηματισμός συμπλόκου ιόντος, η υδρόλυση ανιόντων και κατιόντων, η φύση του διαλύτη και το μέγεθος των τεμαχιδίων του στερεού.

Εάν σε κορεσμένο διάλυμα δυσδιάλυτου ηλεκτρολύτη προστεθεί ένα άλλο περισσότερο διαλυτό ιοντικό στερεό που έχει κοινό ιόν με αυτό, τότε η ετερογενής ισορροπία που περιγράφεται από την παραπάνω χημική εξίσωση μετατοπίζεται προς τη μεριά της στερεής φάσης σύμφωνα με την αρχή Le Chatelier. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση της διαλυτότητας των ιοντικών στερεών παρουσία κοινού ιόντος. Παραδείγματος χάριν, η διαλυτότητα BaSO_4 σε καθαρό νερό στους 25°C είναι περίπου $1 \times 10^{-5}\text{M}$, ενώ σε διάλυμα 0.01M BaCl_2 είναι περίπου $1.1 \times 10^{-8}\text{M}$, δηλαδή τρεις τάξεις μεγέθους μικρότερη.



Σε αυτήν την άσκηση θα παρατηρήσετε πειραματικές δοκιμές κατά τις οποίες μελετάται η επίδραση της μεταβολής της συγκέντρωσης ενός συστατικού σε ένα σύστημα στην κατάσταση ισορροπίας του. Στη συνέχεια θα προσδιορίσετε πειραματικά τη διαλυτότητα του υδροξειδίου του ασβεστίου (CaOH)₂ πριν και μετά την προσθήκη κοινού ιόντος

Παραδείγματα Υπολογισμών

Παράδειγμα 1: Προσδιορισμός Γινομένου Διαλυτότητας (K_{so}) Ag_2SO_4

Σε κορεσμένο διάλυμα θεικού αργύρου (Ag_2SO_4) αποκαθίσταται η ετερογενής ισορροπία που περιγράφεται από την παρακάτω αντίδραση:



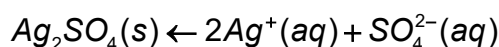
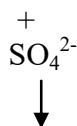
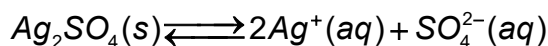
Από πειραματικές μετρήσεις έχει βρεθεί ότι η διαλυτότητα του Ag_2SO_4 είναι ίση με 1.4×10^{-2} mol/L. Αυτό σημαίνει ότι σε 1.0 L κορεσμένου διαλύματος διαλύονται μόνο 1.4×10^{-2} mol Ag_2SO_4 και σχηματίζονται 2.8 mol ιόντων Ag^+ και 1.4 mol ιόντων SO_4^{2-} . Αντικαθιστώντας στην παρακάτω εξίσωση ορισμού του γινομένου διαλυτότητας προκύπτει:

$$K_{so} = [Ag^+]^2 [SO_4^{2-}] = [2.8 \times 10^{-2}]^2 [1.4 \times 10^{-2}] = 1.1 \times 10^{-5}$$

Παράδειγμα 2: Υπολογισμός Διαλυτότητας - Επίδραση κοινού ιόντος

Σε 1 λίτρο κορεσμένου διαλύματος Ag_2SO_4 προστίθεται στερεό θεικό νάτριο Na_2SO_4 , έτσι ώστε η συγκέντρωση θεικών ανιόντων SO_4^{2-} στο διάλυμα να είναι 0.1 mol/L. Η προσθήκη των ιόντων SO_4^{2-} , αυξάνει τη συγκέντρωσή τους στο διάλυμα και βάσει της αρχής Le Chatelier το σύστημα τείνει να κινηθεί προς τα αριστερά, όπως φαίνεται στην παρακάτω σχηματική αντίδραση.

Καθώς η αντίδραση κινείται προς τα αριστερά, μειώνεται η συγκέντρωση των ιόντων Ag^+ στο σύστημα και συνεπώς, μειώνεται η διαλυτότητα του Ag_2SO_4 . Από τη στοιχειομετρία της αντίδρασης η



διαλυτότητα του Ag_2SO_4 είναι:

$$S(Ag_2SO_4) = \frac{1}{2}[Ag^+] = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_{so}}{[SO_4^{2-}]}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1.1 \times 10^{-5}}{0.10}} = 5.2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Συνεπώς, το θεικό ιόν (SO_4^{2-}) που προστέθηκε στο κορεσμένο διάλυμα Ag_2SO_4 επέδρασε σαν κοινό ιόν στη διαλυτότητα του Ag_2SO_4 μειώνοντάς την από 1.4×10^{-2} mol/L σε 5.2×10^{-3} mol/L.

1. Αρχή Le Chatelier – Μεταβολή της Συγκέντρωσης

Πειραματική Διαδικασία

Σχηματισμός σύμπλοκων ιόντων μετάλλου – αμμωνίας: 1ml διαλύματος CuSO_4 με συγκέντρωση 0.1M τοποθετείται με σιφόνιο ακριβείας σε δοκιμαστικό σωλήνα (διαυγές μπλε χρώμα). Στην συνέχεια στο δοκιμαστικό σωλήνα προστίθενται σταγόνες πυκνού υδατικού διαλύματος αμμωνίας (NH_3) μέχρι το διάλυμα από διαυγές μπλε να γίνει βαθύ μπλέ (όχι άχρωμο).

Αντιδραστήρια

Διάλυμα θειικού χαλκού CuSO_4 0.1 M

Πυκνό διάλυμα αμμωνίας NH_3

Διάλυμα υδροχλωρικού οξέος HCl

Μεταβολή της συγκέντρωσης και αποκατάσταση της ισορροπίας: στον παραπάνω δοκιμαστικό σωλήνα προστίθενται μερικές σταγόνες διαλύματος υδροχλωρίου (HCl) με συγκέντρωση 1M μέχρι το χρώμα να μεταβληθεί πάλι σε διαυγές μπλε.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Το πυκνό διάλυμα αμμωνίας έχει πολύ έντονη οσμή.

Μην εισπνέετε τους ατμούς του.

Αντίδραση προσθήκης NH_3 σε CuSO_4

Παρατηρήσεις : _____

Αντίδραση προσθήκης HCl σε $\text{NH}_3\text{-CuSO}_4$

Παρατηρήσεις : _____

2. Διαλυτότητα – Επίδραση Κοινού Ιόντος

Πειραματική Διαδικασία

A. 3gr στερεού $\text{Ca}(\text{OH})_2$ προστίθενται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει 120ml απιονισμένου νερού.

Αντιδραστήρια:

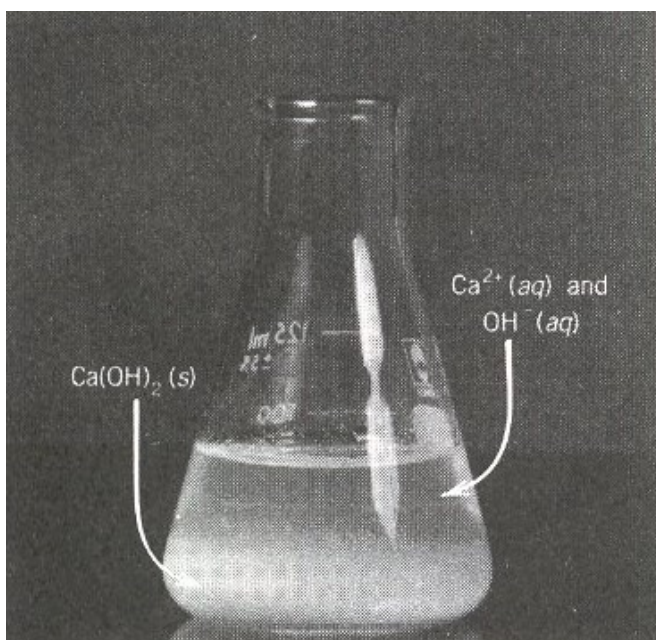
Στερεό οξείδιο του ασβεστίου $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Στερεό χλωριούχο ασβέστιο CaCl_2

Διάλυμα υδροχλωρικού οξέος HCl 0.05M

Δείκτης ερυθρού του μεθυλίου

Το υπέρκορο διάλυμα $\text{Ca}(\text{OH})_2$ αφήνεται σε ηρεμία για περίπου 1 εβδομάδα για να διαχωριστούν το υπερκείμενο διαυγές διάλυμα από το στερεό που έχει καταβυθιστεί (εικόνα 5.2). Με προσοχή αφαιρούνται με σιφόνιο ακριβείας 10 ml από το υπερκείμενο διάλυμα και τοποθετούνται σε ποτήρι ζέσεως. Προστίθενται 2 σταγόνες δείκτη ερυθρού του μεθυλίου. Το διάλυμα τιτλοδοτείται με διάλυμα HCl 0.05M μέχρι το χρώμα του από κίτρινο να μεταβληθεί σε κόκκινο.



Εικόνα 5.2. Υπέρκορο διάλυμα $\text{Ca}(\text{OH})_2$

B. 3gr στερεού $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και 1 gr CaCl_2 προστίθενται σε ποτήρι ζέσεως, που περιέχει 120 ml απιονισμένου νερού. Το υπέρκορο διάλυμα $\text{Ca}(\text{OH})_2$ αφήνεται σε ηρεμία για περίπου 1 εβδομάδα για να διαχωριστούν το υπερκείμενο διαυγές διάλυμα από το στερεό που έχει καταβυθιστεί. Με προσοχή αφαιρούνται με σιφόνιο ακριβείας 10 ml από το υπερκείμενο διάλυμα και τοποθετούνται σε ποτήρι ζέσεως. Προστίθενται 2 σταγόνες δείκτη ερυθρού του μεθυλίου. Το διάλυμα τιτλοδοτείται με διάλυμα HCl 0.05M μέχρι το χρώμα του από κίτρινο να μεταβληθεί σε κόκκινο.

Αντίδραση Καταβύθισης

Τιτλοδότηση Α Διαλύματος

Όγκος καταναλωθέντος HCl (ml): _____

Moles καταναλωθέντος HCl: _____

Συγκέντρωση OH⁻ στο διάλυμα Α : _____

Διαλυτότητα Ca(OH)₂ στο διάλυμα Α: _____

Συγκέντρωση Ca⁺ στο διάλυμα Α: _____

Kso Ca(OH)₂ στο διάλυμα Α: _____

Αντίδραση Εξουδετέρωσης

Επίδραση Κοινού Ιόντος

Τιτλοδότηση Β Διαλύματος

Όγκος καταναλωθέντος HCl (ml): _____

Moles καταναλωθέντος HCl: _____

Συγκέντρωση OH⁻ στο διάλυμα Β : _____

Διαλυτότητα Ca(OH)₂ στο διάλυμα Β: _____

Συγκέντρωση Ca⁺ στο διάλυμα Β: _____

Kso Ca(OH)₂ στο διάλυμα Β: _____

Ζητούμενα

- A. Περιγράψτε την πειραματική διαδικασία.
- B. Περιγράψτε τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την τιτλοδότηση κορεσμένου διαλύματος $\text{Ca}(\text{OH})_2$ με διάλυμα HCl . Υπολογίστε τη διαλυτότητα και το γινόμενο διαλυτότητας του υδροξειδίου του ασβεστίου.
- Γ. Περιγράψτε τις χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την τιτλοδότηση κορεσμένου διαλύματος $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - CaCl_2 με διάλυμα HCl . Υπολογίστε τη διαλυτότητα και το γινόμενο διαλυτότητας του υδροξειδίου του ασβεστίου.
- Δ. Σχολιάσετε και ερμηνεύστε τις όποιες διαφορές.
- Ε. Αναφέρατε 2 χημικά αντιδραστήρια που, αν προστεθούν στο κορεσμένο διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου, θα αυξήσουν τη διαλυτότητά του. Επίσης, αναφέρατε 2 χημικά αντιδραστήρια που, αν προστεθούν στο κορεσμένο διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου, θα μειώσουν τη διαλυτότητά του. Τεκμηριώστε τις απαντήσεις σας.
- ΣΤ. Η διαλυτότητα του AgCl σε διάλυμα AgNO_3 $6,5 \times 10^{-3} \text{ M}$ είναι $2,5 \times 10^{-8} \text{ M}$. Ποια από τα παρακάτω είναι ορθά; Τεκμηριώστε τις απαντήσεις σας.
- Το γινόμενο διαλυτότητας είναι ίδιο με τη διαλυτότητα.
 - Το γινόμενο διαλυτότητας του AgCl είναι ίδιο σε καθαρό νερό και σε διάλυμα AgNO_3 $6,5 \times 10^{-3} \text{ M}$.
 - Η διαλυτότητα του AgCl είναι ανεξάρτητη από τη συγκέντρωση του AgNO_3 .
 - Η συγκέντρωση Ag^+ στο διάλυμα δεν αλλάζει σημαντικά αν προστεθεί AgCl σε διάλυμα AgNO_3 $6,5 \times 10^{-3} \text{ M}$.
 - Η συγκέντρωση Ag^+ μετά την προσθήκη AgCl σε διάλυμα AgNO_3 $6,5 \times 10^{-3} \text{ M}$ είναι ίδια όπως σε καθαρό νερό.

6

ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

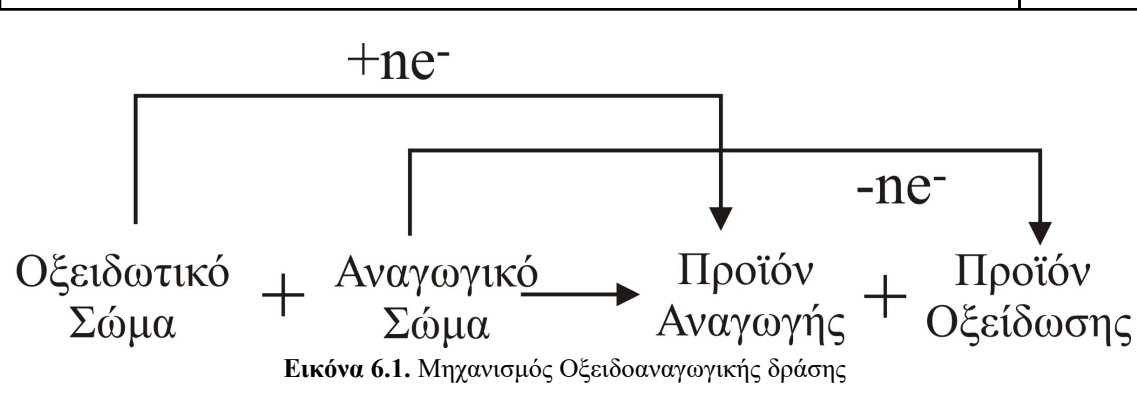
Η παρατήρηση και η κατανόηση των μηχανισμών των οξειδοαναγωγικών δράσεων.

Θεωρητικό Μέρος

Οξείδωση ονομάζεται κάθε αντίδραση κατά την οποία συμβαίνει αποβολή ή συνεισφορά ηλεκτρονίων από ένα άτομο ή ιόν.

Αναγωγή ονομάζεται κάθε αντίδραση κατά την οποία συμβαίνει πρόσληψη ή συνεισφορά ηλεκτρονίων από ένα άτομο ή ιόν.

Οι αντιδράσεις οξείδωσης και αναγωγής αντισταθμίζουν η μια την άλλη, ώστε, όσα ηλεκτρόνια αποβάλλει το αναγωγικό σώμα, να τα προσλαμβάνει το οξειδωτικό σώμα και το σύστημα να παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερο. Προφανώς δεν μπορεί να συμβεί ποτέ οξείδωση χωρίς ταυτόχρονη αναγωγή και αντίστροφα.



Για την κατανόηση των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής και την πρόβλεψη των προϊόντων τους τα σώματα κατατάσσονται σε οξειδωτικές βαθμίδες, χαρακτηριζόμενες από τον αριθμό οξείδωσης. Όταν ένα σώμα οξειδώνεται ή ανάγεται αλλάζει οξειδωτική βαθμίδα και μεταβάλλει τον αριθμό οξείδωσής του ανάλογα με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που χάνει ή κερδίζει. Κατά την οξείδωση έχουμε αύξηση του αριθμού οξείδωσης (κατά n , όπου n ο αριθμός ηλεκτρονίων που αποβάλλονται ή υφίστανται αμοιβαία συνεισφορά), καθώς το σώμα που οξειδώνεται μεταβαίνει σε υψηλότερη οξειδωτική βαθμίδα ενώ κατά την αναγωγή έχουμε αντίστοιχα ελάττωση του αριθμού οξείδωσης. **Στην ελεύθερή του κατάσταση κάθε στοιχείο έχει μηδενικό αριθμό οξείδωσης** καθώς δεν έχει μεταβάλει τον αριθμό των ηλεκτρονίων του και είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.

Οξειδωτικά σώματα, είναι τα σώματα που μπορούν να προκαλέσουν οξείδωση σε άλλα σώματα. Είναι τα στοιχεία και οι χημικές ενώσεις που περιέχουν στοιχεία, τα

οποία έχουν την τάση να αναχθούν, δηλαδή να προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια.

Αναγωγικά σώματα, είναι τα σώματα που μπορούν να προκαλέσουν αναγωγή σε άλλα σώματα. Είναι τα στοιχεία και οι χημικές ενώσεις που περιέχουν στοιχεία, τα οποία έχουν την τάση να οξειδωθούν, δηλαδή να αποβάλλουν ηλεκτρόνια.

Γενικά, τα μέταλλα στην ελεύθερη κατάστασή τους συμπεριφέρονται σαν αναγωγικά σώματα, επειδή διαθέτουν μόνο θετικούς αριθμούς οξείδωσης. Τα αμέταλλα και

Πίνακας 6.1: Αριθμοί οξείδωσης συνηθέστερων στοιχείων

Στοιχεία με ένα μόνο συνήθη αριθμό οξείδωσης (εκτός του μηδενικού)				
Θέση στο Περιοδικό Πίνακα	Μέταλλα ή ημιαγώγιμα	Οξειδωτική Βαθμίδα	Αμέταλλα	Οξειδωτική Βαθμί- δα
s ενότητα (Κύρια στοιχεία)	Na	+1	F	-1
	K	+1		
	Mg	+2		
	Ca	+2		
d ενότητα (Στοιχεία μετάπτωσης)	Ag	+1		
	Zn	+2		
	Ni	+2		
p ενότητα (Κύρια στοιχεία)	Al	+3		
	Si	+4		
Στοιχεία με περισσότερους από ένα συνήθη αριθμό οξείδωσης (εκτός του μηδενικού)				
d ενότητα (Στοιχεία μετάπτωσης)	Cr	+3,+6	N	-3,+1,+2,+3,+4,+5
	Mn	+2,+4,+7	P	-3,+1,+3,+5
	Fe	+2,+3	O	-2,-1
	Co	+2,+3	S	-2,+4,+6
	Cu	+1,+2	Cl	-1,+1,+3,+5,+7
	Au	+1,+3	Br	-1,+5,+7
	Hg	+1,+2	I	-1,+5,+7
p ενότητα (Κύρια στοιχεία)	Sn	+2,+4		
	Pb	+2,+4		
	As	-3,+3,+5		

μεταλλοειδή ή ημιαγώγιμα στοιχεία στην ελεύθερη κατάστασή τους έχουν επαμφοτερίζουσα συμπεριφορά, δηλαδή συμπεριφέρονται είτε ως οξειδωτικά είτε ως αναγωγικά σώματα επειδή διαθέτουν θετικούς αλλά και αρνητικούς αριθμούς οξείδωσης. Παρ' όλα αυτά, η πρωταρχική συμπεριφορά των αμετάλλων και ημιαγώγιμων στοιχείων είναι οξειδωτική.

Για λόγους διευκόλυνσης χωρίζουμε τις οξειδοναναγωγικές δράσεις σε δύο ημιαντιδράσεις οξείδωσης και αναγωγής, οι οποίες εξαρτώνται μόνο από το είδος του

Κανόνες Γραφής Οξειδοαναγωγικών Αντιδράσεων

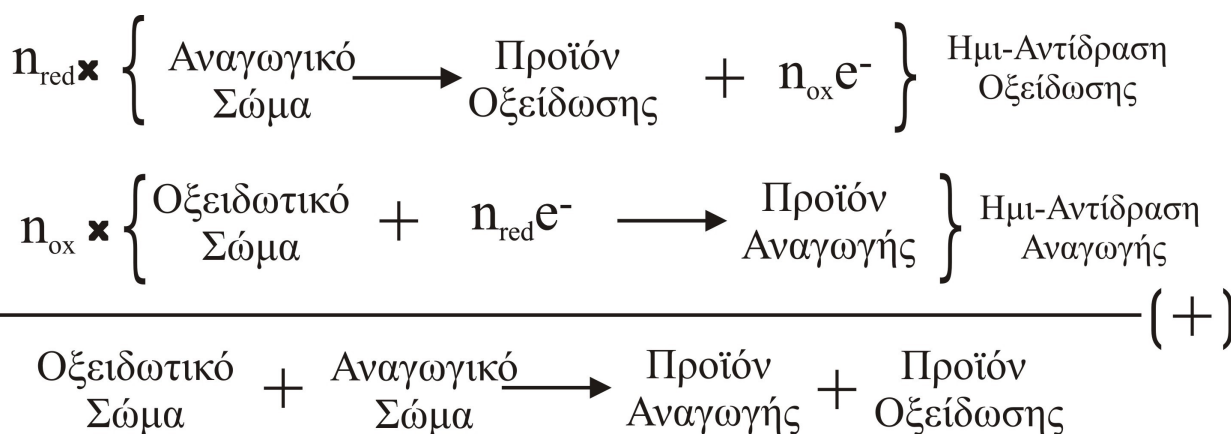
αναγωγικού ή οξειδωτικού μέσου

και τις συνθήκες του χημικού περιβάλλοντος (π.χ. όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον).

Έτσι μπορεί κανείς να κατασκευάσει πίνακες ημι-αντιδράσεων αναγωγής για κάθε σώμα σε διάφορες συνθήκες, και με κατάλληλους συνδυασμούς αυτών να προβλέπει τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις.

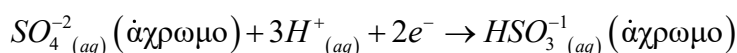
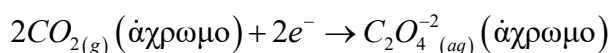
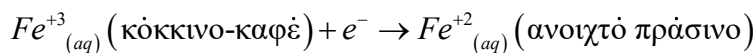
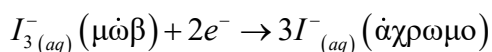
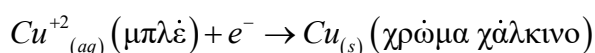
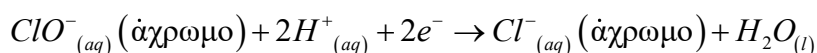
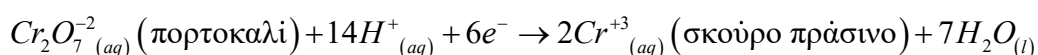
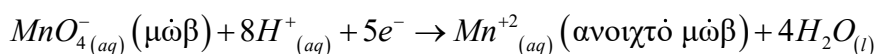
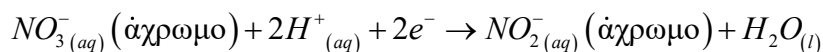
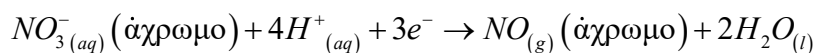
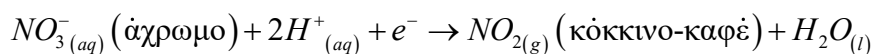
Ο τρόπος γραφής συνοψίζεται στην εικόνα 6.2, ενώ μερικές χαρακτηριστικές ημι-αντιδράσεις αναγωγής δίνονται στο πίνακα 6.2. Σημειώνεται πως η αντιστροφή μιας ημι-αντίδρασης αναγωγής παράγει την αντίστοιχη ημι-αντίδραση οξείδωσης.

<Μια λεπτομερής ανάλυση των οξειδοαναγωγικών δράσεων βρίσκεται στο κεφαλαίο 3 (Χημικές Αντιδράσεις) του βιβλίου «ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, Δ. ΠΑΝΙΑΣ»>



Εικόνα 6.2: Κανόνας Γραφής Οξειδοαναγωγικών Αντιδράσεων

Πίνακας 6.2: Χαρακτηριστικές Ημι-Αντιδράσεις Αναγωγής



Σε αυτήν την άσκηση θα παρακολουθήσετε μια σειρά από διαφορετικές οξειδοαναγωγικές δράσεις και στη συνέχεια θα σας ζητηθεί να περιγράψετε το χημισμό τους.

1. Οξείδωση Μετάλλου

Πειραματική Διαδικασία

Σε κάθε ποτήρι ζέσεως τοποθετούμε από ένα διάλυμα και στη συνέχεια εμβαπτίζουμε ένα έλασμα χαλκού σε κάθε διάλυμα.

Αντιδραστήρια

3 Ελάσματα στερεού χαλκού Cu
Πυκνό διάλυμα υδροχλωρίου HCl 6M
Πυκνό διάλυμα νιτρικού οξέος HNO₃ 6M
Πυκνό νιτρικό οξύ HNO₃

Cu + HCl 6M : _____

Ημι-Αντίδραση Οξείδωσης: _____

Ημι-Αντίδραση Αναγωγής: _____

Συνολική Αντίδραση: _____

Cu + HNO₃ 6M : _____

Ημι-Αντίδραση Οξείδωσης: _____

Ημι-Αντίδραση Αναγωγής: _____

Συνολική Αντίδραση: _____

Cu + πυκνό HNO₃ : _____

Ημι-Αντίδραση Οξείδωσης: _____

Ημι-Αντίδραση Αναγωγής: _____

Συνολική Αντίδραση: _____

2. Αντιδράσεις με H_3O^+

Πειραματική Διαδικασία

Το διάλυμα του υδροχλωρίου τοποθετείται στα τέσσερα ποτήρια ζέσεως. Κάθε έλασμα γυαλίζεται με το νήμα ατσάλιου και εμβαπτίζεται άμεσα στο διάλυμα.

Αντιδραστήρια

Ελάσματα στερεού Χαλκού Cu,

Σιδήρου Fe,

Αλουμινίου Al,

Ψευδαργύρου Zn.

Πυκνό διάλυμα υδροχλωρίου HCl 6M

Cu + HCl 6M : _____

Fe + HCl 6M : _____

Zn + HCl 6M : _____

Al + HCl 6M : _____

Σειρά Δραστικότητας των 4 μετάλλων με HCl

3. Αντιδράσεις μεταξύ μετάλλων και μεταλλοκατιόντων

Πειραματική Διαδικασία

Το διάλυμα θεικού χαλκού τοποθετείται σε δύο ποτήρια ζέσεως στο ένα από τα οποία εμβαπτίζεται ένα έλασμα χαλκού και στο άλλο ένα έλασμα σιδήρου. Η αντίστοιχη διαδικασία επαναλαμβάνεται και με το διάλυμα θεικού δισθενούς σιδήρου. (Κάθε έλασμα γυαλίζεται με το νήμα ατσαλιού πριν εμβαπτιστεί στο διάλυμα).

Αντιδραστήρια

Ελάσματα στερεού Χαλκού Cu,

Σιδήρου Fe,

Διάλυμα θεικού χαλκού CuSO_4 (έντονο μπλε χρώμα)

Διάλυμα θεικού δισθενούς σιδήρου FeSO_4 (πράσινο ανοιχτό χρώμα)

$\text{Cu} + \text{CuSO}_4$: _____

$\text{Fe} + \text{CuSO}_4$: _____

$\text{Cu} + \text{FeSO}_4$: _____

$\text{Fe} + \text{FeSO}_4$: _____

Σειρά Δραστικότητας των Cu, Fe, Zn, Al και H

4. Σύνθετες Οξειδοαναγωγικές Αντιδράσεις

Αντιδραστήρια

1. 0.01 M $K_2Cr_2O_7$ με 2 σταγόνες 6 M H_2SO_4 + Σταγόνες 0.1M $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2$
2. 0.01 M $K_2Cr_2O_7$ με 2 σταγόνες 6 M H_2SO_4 + Σταγόνες 1 M $K_2C_2O_4$

$K_2Cr_2O_7 + Fe (NH_4)_2(SO_4)_2$: _____

Ημι-Αντίδραση Οξείδωσης: _____

Ημι-Αντίδραση Αναγωγής: _____

Συνολική Αντίδραση: _____

$K_2Cr_2O_7 + K_2C_2O_4$: _____

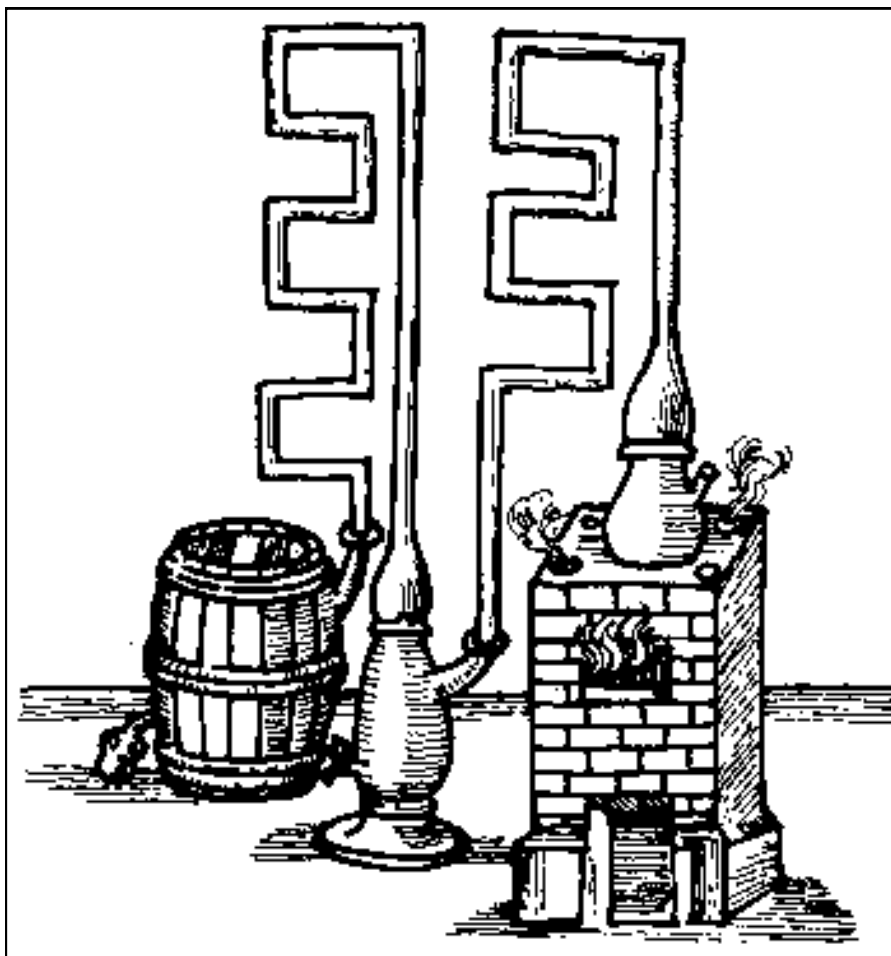
Ημι-Αντίδραση Οξείδωσης: _____

Ημι-Αντίδραση Αναγωγής: _____

Συνολική Αντίδραση: _____

Ζητούμενα

- A. Περιγράψτε και αναλύστε τον χημισμό των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων που παρακολουθήσατε.
- B. Κατατάξτε σε μια σειρά δραστικότητας τα μέταλλα Cu, Fe, Zn, Al και H, σύμφωνα με τις εργαστηριακές σας παρατηρήσεις. Δώστε μια θεωρητική εξήγηση για την ύπαρξη αυτής της σειράς.
- Γ. Υπολογίστε τη μεταβολή του αριθμού οξείδωσης των στοιχείων στις ημι-αντιδράσεις της σελίδας 62.
- Δ. Διάλυμα FeSO_4 μπορεί να αποθηκευτεί σε δοχείο από χαλκό ή αλουμίνιο. Ποιο δοχείο θα επιλέξετε και γιατί;
- E. 1.3g μετάλλου M δραστικότερου του H_2 , με αριθμό οξείδωσης +2, διαλύεται σε περίσσεια αραιού H_2SO_4 . Απελευθερώνονται 448ml H_2 σε Κ.Σ. Ποια η σχετική ατομική μάζα του M;



Αλχημιστικό αποστακτήριο από το βιβλίο του John French "The art of distillation"

Παρατηρήσεις—Σημειώσεις

7

ΓΑΛΒΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΑ ΚΕΛΙΑ

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

Η κατανόηση του μηχανισμού λειτουργίας των γαλβανικών και ηλεκτρολυτικών κελιών καθώς και των εφαρμογών τους.

Θεωρητικό Μέρος

Όταν φέρουμε σε επαφή ένα οξειδωτικό σώμα με ένα αναγωγικό θα υπάρξει μετακίνηση φορτίου ανάμεσά τους, η οποία κάτω από κατάλληλες συνθήκες εκδηλώνεται ως παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Το ηλεκτρικό αυτό ρεύμα μπορεί να παρατηρηθεί μέσα από ειδικές ηλεκτροχημικές διατάξεις, που καλούνται **ηλεκτρόδια**. Τα ηλεκτρόδια προκύπτουν σαν συνδυασμός δύο ή περισσότερων φάσεων, όπου υπάρχει τουλάχιστον ένας ιοντικός (π.χ. διάλυμα ηλεκτρολύτη) και ένας τουλάχιστον ηλεκτρονικός αγωγός (π.χ. στερεό μέταλλο)

Ο ιοντικός αγωγός περιέχει το στοιχείο σε μορφή ιόντων, ενώ ο ηλεκτρονικός αγωγός το περιέχει στην ελεύθερή του μορφή. Ανάμεσα στις δύο φάσεις δεν συμβαίνει καμία αντίδραση όσο δεν υπάρχει δυνατότητα εισόδου και εξόδου ηλεκτρικού φορτίου στο σύστημα.

Η σύζευξη (δηλαδή ο συνδυασμός) δύο διαφορετικών ηλεκτροδίων (ακόμη και δύο χημικά όμοιων ηλεκτροδίων, τα οποία όμως βρίσκονται υπό διαφορετικές συνθήκες πίεσης, θερμοκρασίας, συγκέντρωσης) οδηγεί στη δημιουργία ενός **γαλβανικού στοιχείου**, στο οποίο καταναλώνεται χημική ενέργεια εξ αιτίας των οξειδοαναγωγικών δράσεων που διεξάγονται στα δύο ηλεκτρόδια και παράγεται ηλεκτρική.

ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ

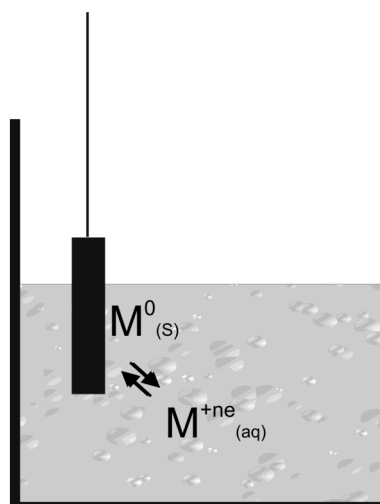
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ
(στερεό μέταλλο)

+

ΙΟΝΤΙΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ
(ηλεκτρολυτικό διάλυμα μετάλλου)

+

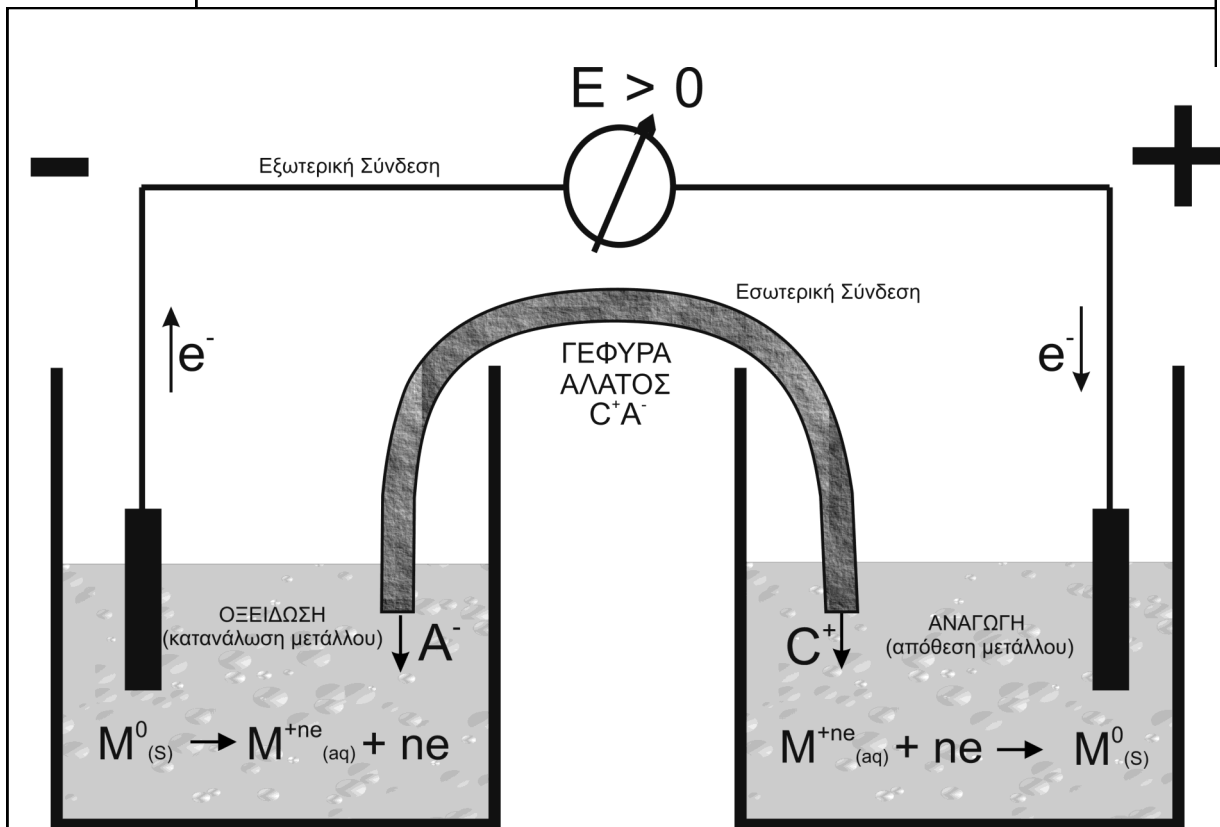
ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ



Εικόνα 7.1. Αρχή λειτουργίας του ηλεκτροδίου

Για να συνδυαστούν δυο ηλεκτρόδια, απαιτείται η σύνδεση των δυο ηλεκτρονικών αγωγών και η σύνδεση των δύο ιοντικών αγωγών, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται η μεταφορά του φορτίου ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια (να κλείσει το ηλεκτρικό κύκλωμα). Η σύνδεση των ηλεκτρονικών αγωγών που ονομάζεται εξωτερική σύνδεση, γίνεται με ένα ηλεκτρικά αγώγιμο καλώδιο. Η σύνδεση των ιοντικών αγωγών, δηλαδή των δυο ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων, ονομάζεται εσωτερική σύνδεση και γίνεται μέσω ηλεκτρολυτικών συνδέσμων, οι οποίοι συνήθως είναι γέφυρες άλατος. Η γέφυρα άλατος είναι ένα πυκνό διάλυμα αδρανούς ηλεκτρολύτη (π.χ. KCl) υπό τη μορφή ζελατινώδους αιωρήματος σε άγαρ, έτσι ώστε αφενός να διαχέονται ιόντα από τον αδρανή ηλεκτρολύτη προς τα δύο ηλεκτρόδια και αφετέρου να αποφεύγεται η ανάμειξη των δυο ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων. Και οι δύο σύνδεσμοι είναι απαραίτητοι για τη δημιουργία ενός γαλβανικού κελιού, επειδή εξασφαλίζουν την ηλεκτρική ουδετερότητα των δύο ηλεκτροδίων.

Τα ηλεκτρόνια από το ηλεκτρόδιο, το οποίο οξειδώνεται ρέουν μέσα από την εξωτερική σύνδεση στο ηλεκτρόδιο που ανάγεται, δημιουργώντας, έτσι, μια μετρήσιμη διαφορά δυναμικού στον εξωτερικό αγωγό. **Στο ηλεκτρόδιο που λαμβάνει χώρα η οξείδωση, το στερεό μέταλλο καταναλώνεται, καθώς αποβάλλει ηλεκτρόνια και μετατρέπεται σε θετικά ιόντα που περνάνε στο διάλυμα.** Το διάλυμά του, έτσι, αποκτά περίσσεια θετικών φορτίων, η οποία εξισορροπείται με την εισροή ανιόντων από τη γέφυρα άλατος. Αντίστοιχα, **στο ηλεκτρόδιο που λαμβάνει χώρα η αναγωγή, το στερεό μέταλλο δέχεται ηλεκτρόνια, τα οποία ερχόμενα σε επαφή με το διάλυμα ανάγουν τα θετικά ιόντα του μετάλλου σε στερεό μέταλλο, το οποίο και αποτίθεται πάνω στο ηλεκτρόδιο** (και οι δύο αντιδράσεις συμβαίνουν επομένως στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων). Στο διάλυμα αυτού του ηλεκτροδίου δημιουργεί-



Εικόνα 7.2. Αρχή λειτουργίας γαλβανικού κελιού

ται έλλειψη θετικών φορτίων, η οποία εξισορροπείται από την εισροή κατιόντων από τη γέφυρα άλατος.

Η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού, η οποία μετρείται στην εξωτερική σύνδεση, εξαρτάται από το είδος των δύο ηλεκτροδίων που έχουν συνδυαστεί, και υπό τις ίδιες συνθήκες θα είναι πάντα ίδια. Για τη μέτρηση του δυναμικού των ηλεκτροδίων ορίζεται αυθαίρετα το δυναμικό αναγωγής του υδρογόνου στους 25°C ίσο με 0 V, και συνεπώς τα δυναμικά των άλλων ηλεκτροδίων μετρούνται πάντα σε σχέση με το ηλεκτρόδιο αναφοράς του υδρογόνου. Έτσι, προκύπτουν τα **πρότυπα δυναμικά αναγωγής** διαφόρων ηλεκτροδίων / ημιστοιχείων (πίνακας 7.1).

Τα πρότυπα δυναμικά αναγωγής αποτελούν ένα μέτρο της αναγωγικής τάσης των στοιχείων. Αντιστρέφοντας τις ημι-αντιδράσεις αναγωγής προκύπτουν οι αντίστοιχες ημι-αντιδράσεις οξειδωσης και αντίστοιχα τα πρότυπα δυναμικά οξειδωσης, τα οποία είναι προφανώς ίσα και αντίθετα με τα πρότυπα δυναμικά αναγωγής.

Όσο πιο μεγάλο (πιο θετικό) είναι το δυναμικό αναγωγής ενός στοιχείου τόσο πιο έντονη είναι η τάση του για αναγωγή (τόσο πιο έντονα προχωρά η ημι-αντίδραση αναγωγής προς τα δεξιά) και επομένως, τόσο πιο έντονα οξειδωτικό σώμα είναι. Άρα, κάθε στοιχείο ανάγεται οξειδώνοντας όλα τα στοιχεία που έχουν μικρότερο δυναμικό αναγωγής από το ίδιο (βρίσκονται πιο ψηλά στον πίνακα), ενώ οξειδώνεται ανάγοντας όσα στοιχεία έχουν μεγαλύτερο δυναμικό (βρίσκονται πιο χαμηλά στον πίνακα)

Όταν σε ένα ηλεκτρόδιο υπάρχει η δυνατότητα για περισσότερες από μια αναγωγικές (ή αντίστοιχα οξειδωτικές) δράσεις, τότε συνήθως πραγματοποιείται η δράση με το μεγαλύτερο αναγωγικό (ή οξειδωτικό) δυναμικό.

Το δυναμικό του γαλβανικού κελιού προκύπτει από την αλγεβρική αφαίρεση του δυναμικού της καθόδου (όπου συμβαίνει αναγωγή) από το δυναμικό της ανόδου (όπου συμβαίνει οξείδωση). Αν τα δύο ηλεκτρόδια βρίσκονται σε πρότυπες συνθήκες τότε προκύπτει το **πρότυπο δυναμικό του κελιού**.

$$E_{cell}^{\circ} = E^{\circ}(\text{καθόδου}) - E^{\circ}(\text{ανόδου})$$

Σε αντίθετη περίπτωση, το δυναμικό του κελιού προκύπτει από την εξίσωση *Nerst*, η οποία συσχετίζει τα πρότυπα δυναμικά των δύο ηλεκτροδίων με το λόγο δράσεως των μαζών της συνολικής οξειδοαναγωγικής αντίδρασης

$$E_{cell} = E_{cell}^{\circ} - \frac{RT}{nF} \log Q$$

όπου F η σταθερά του Faraday, n είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που ανταλλάσσονται κατά τη συνολική αντίδραση και Q ο λόγος των δρώσων μαζών των προϊόντων προς τις δρώσες μάζες των αντιδρώντων σύμφωνα με το νόμο δράσεως των μαζών.

Ηλεκτρόλυση ονομάζεται το χημικό φαινόμενο που λαμβάνει χώρα, όταν ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από διάλυμα ή τήγμα ηλεκτρολύτη. Εφαρμόζοντας ηλεκτρική τάση στα ηλεκτρόδια ενός γαλβανικού κελιού προκαλείται μια κατευθυνόμενη ηλε-

κτροχημική δράση, η οποία δεν είναι πλέον αυθόρμητη. Σε ποιο ηλεκτρόδιο θα λάβει χώρα οξειδωση και σε ποιο αναγωγή δεν εξαρτάται πλέον από το δυναμικό ανα-

γωγής τους αλλά από την επιβαλλόμενη διαφορά δυναμικού. Το κελί αυτό ονομάζεται ηλεκτρολυτικό κελί.

Στο ηλεκτρόδιο που συνδέεται με το θετικό πόλο της ηλεκτρικής πηγής λαμβάνει χώρα οξειδωση, ενώ στο ηλεκτρόδιο που συνδέεται με τον αρνητικό πόλο λαμβάνει χώρα αναγωγή. Σύμφωνα με τη φορά κίνησης των ηλεκτρονίων, το ηλεκτρόδιο της οξειδωσης, αν και βρίσκεται σε υψηλό δυναμικό, ονομάζεται άνοδος του κελιού (αφού τα ηλεκτρόνια φεύγουν από αυτό), ενώ το ηλεκτρόδιο της αναγωγής, κάθοδος του κελιού (αφού τα ηλεκτρόνια πηγαίνουν σε αυτό). Στο αντίστοιχο γαλβανικό κελί η φορά του ρεύματος και οι ονομασίες των ηλεκτροδίων είναι αντίθετες.

Η ηλεκτρόλυση ουσιαστικά είναι η αντίστροφη διαδικασία από αυτή που συμβαίνει στα γαλβανικά κε-

λία και αν τα ηλεκτρόδια ήταν ιδανικά, μέσα από τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης θα έπρεπε η αυθόρμητη οξειδοαναγωγική δράση που θα λάμβανε χώρα στο γαλβανικό κελί να αντιστρέφεται πλήρως.

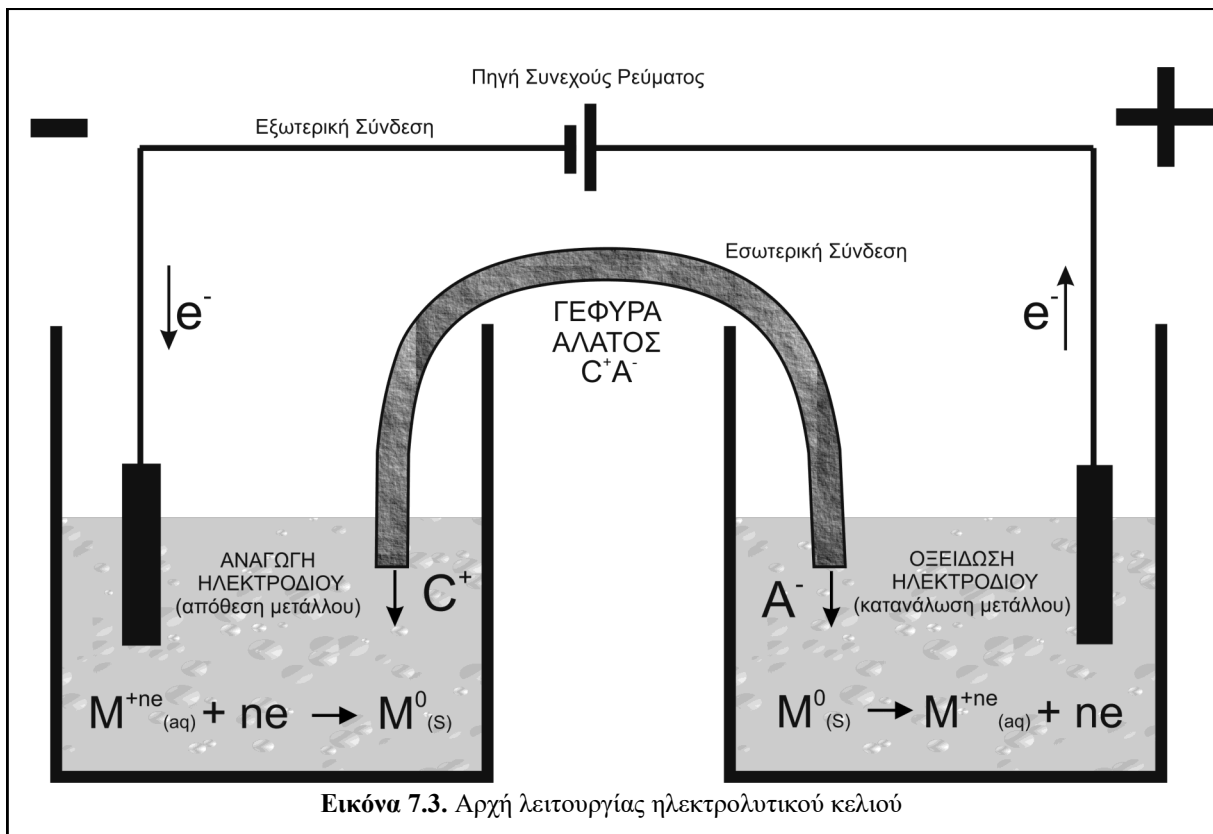
Σημειώνεται πως για ένα ηλεκτρολυτικό κελί δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ξεχωριστών ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων. Βυθίζοντας δύο όμοια μεταλλικά ελάσματα σε

Ημι-αντίδραση Αναγωγής

E^0 (V)

Li^{+1}	+	e^-	→	$\text{Li}_{(s)}$	-3.045
K^{+1}	+	e^-	→	$\text{K}_{(s)}$	-2.925
Ca^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Ca}_{(s)}$	-2.866
Na^{+1}	+	e^-	→	$\text{Na}_{(s)}$	-2.714
Mg^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Mg}_{(s)}$	-2.363
Al^{+3}	+	$3e^-$	→	$\text{Al}_{(s)}$	-1.662
Ti^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Ti}_{(s)}$	-1.628
Mn^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Mn}_{(s)}$	-1.185
Cr^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Cr}_{(s)}$	-0.913
Zn^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Zn}_{(s)}$	-0.7628
Fe^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Fe}_{(s)}$	-0.4402
Cd^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Cd}_{(s)}$	-0.4029
Co^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Co}_{(s)}$	-0.277
Ni^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Ni}_{(s)}$	-0.250
Pb^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Pb}_{(s)}$	-0.126
2H^{+1}	+	$2e^-$	→	$\text{H}_{2(g)}$	0.000
Cu^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Cu}_{(s)}$	+0.337
$\text{I}_{2(s)}$	+	$2e^-$	→	2I^{-1}	+0.5355
Ag^{+1}	+	e^-	→	$\text{Ag}_{(s)}$	+0.7991
Pt^{+2}	+	$2e^-$	→	$\text{Pt}_{(s)}$	+1.2
$\text{Cl}_{2(g)}$	+	$2e^-$	→	2Cl^{-2}	+1.3597
Au^{+1}	+	e^-	→	$\text{Au}_{(s)}$	+1.691

Πίνακας 7.1: Πρότυπα δυναμικά αναγωγής στους 25°C

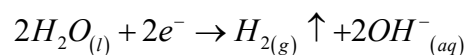


Εικόνα 7.3. Αρχή λειτουργίας ηλεκτρολυτικού κελιού

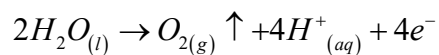
ένα ηλεκτρολυτικό διάλυμα που περιέχει μεταλλοκατιόντα του μετάλλου και επιβάλλοντας μια διαφορά δυναμικού στα δύο ηλεκτρόδια θα προκαλέσουμε την οξείδωση του θετικού ηλεκτροδίου (δηλαδή την κατανάλωση του μετάλλου και την αναγωγή του αρνητικού ηλεκτροδίου ή αλλιώς την απόθεση μετάλλου στο ηλεκτρόδιο).

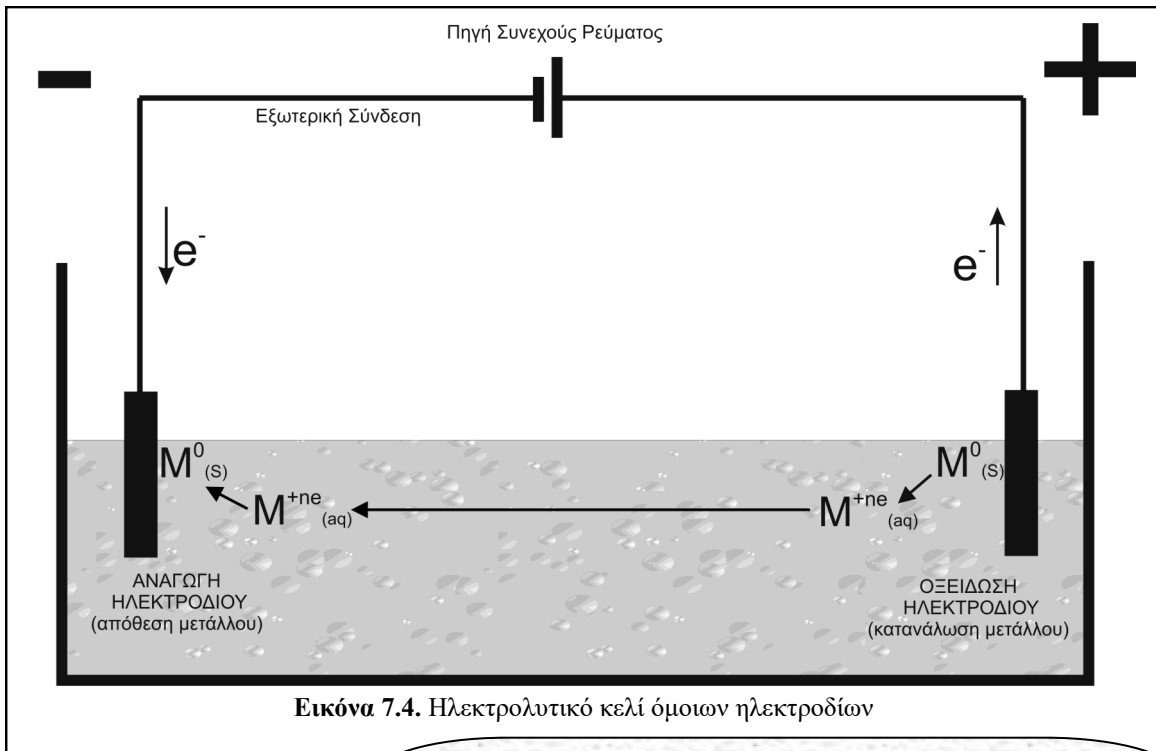
Ειδικά στην περίπτωση των υδατικών διαλυμάτων το νερό μπορεί να δράσει και σαν αναγωγικό και σαν οξειδωτικό μέσο:

Καθοδική αντίδραση νερού

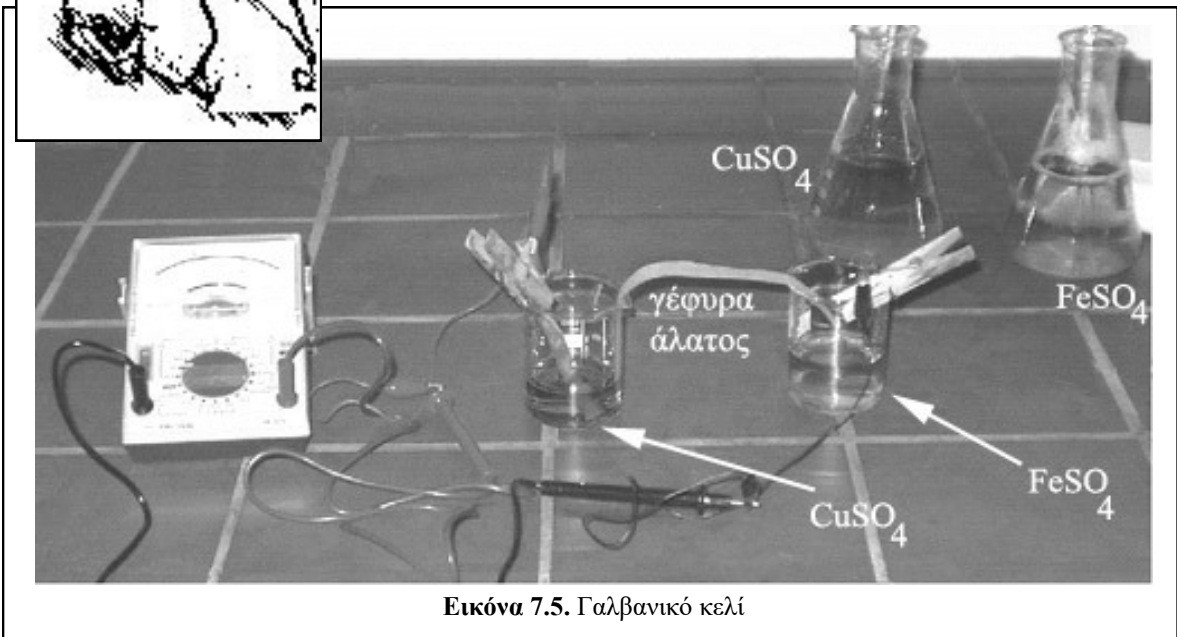


Ανοδική αντίδραση νερού





Σε αυτήν την άσκηση θα κατασκευάσετε και θα παρατηρήσετε τη λειτουργία γαλβανικών και ηλεκτρολυτικών κελιών. Στη συνέχεια θα επιχειρήσετε μια άσκηση ηλεκτρανάκτησης χαλκού



1. Δημιουργία Γαλβανικών Κελιών

Πειραματική Διαδικασία

I. Μέτρηση Γαλβανικών Κελιών

Κατασκευάζονται τρία ηλεκτρόδια με την ακόλουθη διαδικασία: Σε ένα ποτήρι ζέσεως τοποθετείται το ηλεκτρολυτικό διάλυμα (FeSO_4 1 M ή CuSO_4 1 M ή CuSO_4 0.001 M) και μέσα σε αυτό εμβαπτίζεται (αφού πρώτα καθαριστεί η επιφάνειά του) το αντίστοιχο μεταλλικό έλασμα. Για τη δημιουργία ενός γαλβανικού κελιού τα ηλεκτρόδια συνδυάζονται ανά δύο, τα ελάσματα ενώνονται με καλώδια και τα διαλύματα «ενώνονται» με τη χρήση μιας γέφυρας άλατος. Στο εξωτερικό κύκλωμα παρεμβάλλεται

Αντιδραστήρια

Διάλυμα θεικού χαλκού CuSO_4 1 M (έντονο μπλε χρώμα)

Διάλυμα θεικού χαλκού CuSO_4 0.001 M (ανοιχτό μπλε χρώμα)

Διάλυμα θεικού δισθενούς σιδήρου FeSO_4 1 M (πράσινο χρώμα)

2 Ελάσματα στερεού χαλκού Cu

1 έλασμα στερεού σιδήρου Fe

Διάλυμα αμμωνίας NH_3

Διάλυμα θειούχου νατρίου Na_2S

Συσκευές

1 βολτόμετρο

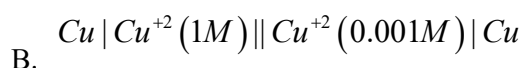
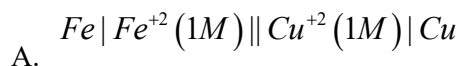
3 καλώδια σύνδεσης ηλεκτροδίων

1 γέφυρα άλατος

βολτόμετρο, το οποίο παρέχει άμεσα μια ένδειξη διαφοράς δυναμικού, η οποία είναι η διαφορά δυναμικού του θετικού πόλου από τον αρνητικό πόλο. Μια θετική μέτρηση σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια φεύγουν από τον αρνητικό πόλο (ηλεκτρόδιο οξειδωσης) του βολτομέτρου και πάνε στο θετικό (ηλεκτρόδιο αναγωγής). **Μια αρνητική μέτρηση σημαίνει ότι συμβαίνει το αντίστροφο και άρα, οι πόλοι του βολτόμετρου έχουν**

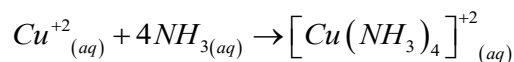
συνδεθεί αντίστροφα.

Μετρούνται τα παρακάτω γαλβανικά κελιά:



II. Επίδραση Συγκέντρωσης

Στο γαλβανικό κελί B, στο ηλεκτρόδιο του αραιού θεικού χαλκού προστίθενται 2-5 ml NH_3 και το διάλυμα αναδεύεται μέχρι το σχηματιζόμενο ίζημα να διαλυθεί. Στο διάλυμα αυτό συμβαίνει η αντίδραση συμπλοκοποίησης του χαλκού



Αφού μετρηθεί το δυναμικό του νέου γαλβανικού κελιού, προστίθενται 2-5 ml διαλύματος Na_2S στο ηλεκτρόδιο στο οποίο προσθέσαμε προηγουμένως την αμμωνία.

$Fe | Fe^{+2} (1M) || Cu^{+2} (1M) | Cu$ Volts: _____

Ημι-αντίδραση Οξείδωσης– Άνοδος: _____

Ημι-αντίδραση Αναγωγής — Κάθοδος: _____

Volts: _____

$Cu | Cu^{+2} (1M) || Cu^{+2} (0.001M) | Cu$

Ημι-αντίδραση Οξείδωσης– Άνοδος: _____

Ημι-αντίδραση Αναγωγής — Κάθοδος: _____

Προσθήκη NH_3 : _____

Προσθήκη Na_2S : _____

2. Δημιουργία Ηλεκτρολυτικού κελιού

Πειραματική Διαδικασία

Τοποθετούμε το διάλυμα του θεικού χαλκού στο ηλεκτρολυτικό κελί. Στην συνέχεια δοκιμάζονται οι παρακάτω διατάξεις συνδέοντας τα ηλεκτρόδια με την πηγή σταθερού ρεύματος για μικρό χρονικό διάστημα, (κάθε φορά τα ηλεκτρόδια καθαρίζονται πριν ξαναχρησιμοποιηθούν).

Διάταξη Α Τοποθετούμε ένα ηλεκτρόδιο ανοξειδωτου χάλυβα και ένα ηλεκτρόδιο χαλκού στο κελί. Το ηλεκτρόδιο ανοξειδωτου χάλυβα συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής και το ηλεκτρόδιο του χαλκού συνδέεται με τον αρνητικό πόλο.

Διάταξη Β Αντιστρέφουμε τους πόλους της διάταξης Α.

Διάταξη Γ Δύο ηλεκτρόδια ανοξειδωτου χάλυβα τοποθετούνται στο κελί, το ένα συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της πηγής και το άλλο με το θετικό πόλο.

Διάταξη Δ Χωρίς να καθαρίσουμε τα ηλεκτρόδια της διάταξης Γ αντιστρέφουμε την πολικότητά τους.

Αντιδραστήρια

Διάλυμα θεικού χαλκού CuSO_4 0,01 M

2 Ηλεκτρόδια ανοξειδωτου χάλυβα

1 Ηλεκτρόδιο χαλκού

Συσκευές

Ηλεκτρολυτικό κελί (ποτήρι ζέσεως)

Καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος

Πηγή συνεχούς ρεύματος

Διάταξη Α

Άνοδος: _____

Κάθοδος: _____

Διάταξη Β

Άνοδος: _____

Κάθοδος: _____

Διάταξη Γ

Άνοδος: _____

Κάθοδος: _____

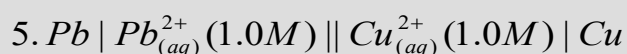
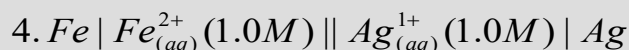
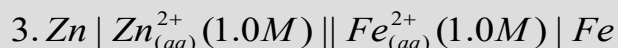
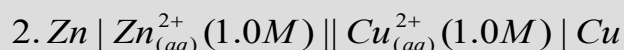
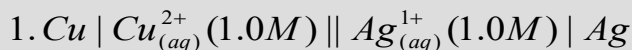
Διάταξη Δ

Άνοδος: _____

Κάθοδος: _____

Ζητούμενα

- A. Συγκρίνετε την μετρούμενη τιμή του δυναμικού του γαλβανικού κελιού A με αυτήν που προκύπτει από τον θεωρητικό υπολογισμό χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 7.1. Σχολιάστε τις όποιες αποκλίσεις.
- B. Υπολογίστε θεωρητικά τα δυναμικά των παρακάτω γαλβανικών κελιών



Γ. Ποιές από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιές λάθος. Ε-

ξηγήστε.

- (α) Η ένδειξη του βολτομέτρου σε ένα γαλβανικό κελί μπορεί να αποτελέσει κριτήριο για να διαπιστώσουμε ποιο από τα δύο ηλεκτρόδια έχει το μικρότερο αλγεβρικά δυναμικό.
- (β) Αν η ένδειξη του βολτομέτρου είναι θετική, το ηλεκτρόδιο που έχει συνδεθεί στον αρνητικό πόλο είναι αυτό με το μεγαλύτερο αλγεβρικά δυναμικό.
- (γ) Αν η ένδειξη του βολτομέτρου είναι αρνητική, το ηλεκτρόδιο που έχει συνδεθεί στον θετικό πόλο είναι αυτό με το μικρότερο αλγεβρικά δυναμικό.
- Δ. Σε ποιά/ποιές από τις παρακάτω συνθήκες το δυναμικό ενός γαλβανικού κελιού ορίζεται ως πρότυπο δυναμικό; Εξηγήστε
- $T = 0^\circ C, C = 10M$
 - $T = 20^\circ C, C = 1M$
 - $T = 25^\circ C, C = 1M$
 - $T = 25^\circ C$, η συγκέντρωση δεν παίζει ρόλο
- E. Αν στο γαλβανικό κελί A διπλασιάσουμε την επιφάνεια του ηλεκτροδίου Fe και υποδιπλασιάσουμε την επιφάνεια του ηλεκτροδίου Cu ποιά θα είναι η επίδραση στην ένδειξη του βολτομέτρου; Αν υποδιπλασιάσουμε τις επιφάνειες και των δύο ηλεκτροδίων; Εξηγήστε
- ΣΤ. Ποιός ακριβώς είναι ο ρόλος της γέφυρας άλατος σε ένα γαλβανικό κελί; Εξηγήστε.
- Προμηθεύει κατιόντα και ανιόντα τα οποία αντικαθιστούν αυτά που καταναλώνονται στα ηλεκτρόδια.
 - Κλείνει το κύκλωμα
 - Η κίνηση των ιόντων μέσω της γέφυρας άλατος, ισοδυναμεί με ηλεκτρικό ρεύμα μέσα στο γαλβανικό κελί
 - Είναι σωστές όλες οι προτάσεις
- Z. Ποιά από τα παρακάτω φαινόμενα μπορούν να συμβούν κατά την ηλεκτρόλυση;
- Ένα ιόν ή ένα μόριο σε διάλυμα μπορεί να οξειδωθεί ή αναχθεί στο αντίστοιχο ηλεκτρόδιο
 - Ο ίδιος ο διαλύτης μπορεί να οξειδωθεί ή αναχθεί στο αντίστοιχο ηλεκτρόδιο
 - Το ίδιο το μεταλλικό ηλεκτρόδιο μπορεί να οξειδωθεί ελευθερώνοντας ιόντα του μετάλλου στο διάλυμα
- H. Για την ηλεκτρανάκτηση νικελίου στην κάθοδο ηλεκτρολυτικού κελιού που περιέχει $NiSO_4(aq)$ απαιτείται ρεύμα έντασης $0.511A$ και χρόνος ηλεκτρόλυσης $672sec$. Υπολογίστε τη μάζα του νικελίου που αποτίθεται. Δίδονται: $MB_{Ni} = 58,70 g/mol$, $F = 96485,32 C/mol$

8

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ

Σκοπός Εργαστηριακής Άσκησης

Να παρατηρηθούν οι χημικές ιδιότητες του χαλκού αλλά και οι τεχνικές απομάκρυνσης και ανάκτησής του από υδατικά διαλύματα.

Θεωρητικό Μέρος

Βασικό αντικείμενο της μεταλλουργίας αποτελεί η εξαγωγή των μεταλλικών αξιών από τα μεταλλεύματά τους. Τα μέταλλα, όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το αλουμίνιο βρίσκονται στη φύση δεσμευμένα μέσα σε χημικές ενώσεις με αποτέλεσμα να απαιτείται η χημική κατεργασία τους, ώστε να ανακτηθούν στη γνώριμη ελεύθερη μεταλλική τους μορφή (δηλαδή στη μηδενική οξειδωτική τους βαθμίδα). Στην παρούσα άσκηση θα μελετηθεί ένα σύνολο χημικών διεργασιών, οι οποίες ξεκινώντας από μεταλλικό χαλκό θα τον μετασχηματίσουν σε άλλα ενδιαμέσα προϊόντα και στο τέλος θα παράξουν πάλι καθαρό μεταλλικό χαλκό.

Σε αυτή την άσκηση, θα εξοικειωθείτε με τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται συχνά στην χημεία και με την ακρίβεια και την προσοχή που απαιτεί οποιαδήποτε εργαστηριακή δοκιμή. Ακόμα θα κληθείτε να χρησιμοποιήσετε γνώσεις από τις προηγούμενες εργαστηριακές ασκήσεις



Αντιδραστήρια

Στερεός Χαλκός Cu
Διάλυμα πυκνού νιτρικού οξέος HNO₃.
Διάλυμα καυστικού νατρίου NaOH 6 M
Διάλυμα θεικού οξέος H₂SO₄ 6 M
Στερεός ψευδάργυρος Zn (σκόνη)

Συσκευές και σκέυη

Ζυγός Ακριβείας
Θερμαντική πλάκα με ανάδευση
Κωνική φιάλη διήθησης
Φίλτρο μικροδιήθησης
Ύαλος ωρολογίου
Ποτήρι ζέσεως 100 ml
Ποτήρι ζέσεως 200ml + μαγνήτης teflon

Πειραματική Διαδικασία

1. Προετοιμασία δείγματος χαλκού: Μικρή ποσότητα (~0,2 gr) ριניσμάτων χαλκού τοποθετείται σε ύαλο ωρολογίου και ζυγίζεται. Μετά τη ζύγιση η ποσότητα του χαλκού μεταφέρεται σε ποτήρι ζέσεως όγκου 100ml.

2. Διάλυση μεταλλικού χαλκού: Το ποτήρι μεταφέρεται σε απαγωγό αερίων και προστίθενται σταγόνες πυκνού νιτρικού οξέος (HNO_3). Το διάλυμα αναδεύεται μέχρι να επιτευχθεί πλήρης διάλυση του χαλκού και κάθε ένδειξη αντίδρασης (παραγωγή καφέ ατμών) να σταματήσει. Στη συνέχεια αραιώνεται με την προσθήκη σταγόνων απιονισμένου νερού και μεταφέρεται σε θερμομαντική πλάκα με ανάδευση.

3. Καταβύθιση δισθενούς χαλκού: Υπό συνεχή ανάδευση στο διάλυμα προστίθενται σταδιακά 6 ml καυστικού νατρίου NaOH 6M μέχρι να αποχρωματιστεί. Η ανάδευση διακόπτεται, ώστε να σχηματιστεί το ίζημα (αν το διάλυμα δεν έχει αποχρωματιστεί πλήρως, η διαδικασία επαναλαμβάνεται).

4. Θερμική διάσπαση υδροξειδίου του χαλκού: Το διάλυμα θερμαίνεται υπό ανάδευση μέχρι βρασμού και αφήνεται μέχρι ο πολφός να αποκτήσει μαύρο χρώμα (σχηματισμός οξειδίου του χαλκού κατά τη θερμική διάσπαση). Στη συνέχεια απομακρύνεται από την θερμομαντική πλάκα και αφού πέσει λίγο η θερμοκρασία του διηθείται με τη βοήθεια λίγου ζεστού νερού. Όταν ολοκληρωθεί η διήθηση, το στερεό απομακρύνεται με τη βοήθεια ζεστού νερού από το φίλτρο και τοποθετείται σε ποτήρι ζέσεως όγκου 200 ml. Αφήνεται στην πλάκα να θερμανθεί μέχρι να απομακρυνθεί η υγρασία που περιέχει.

5. Διάλυση του οξειδίου του χαλκού: Στη συνέχεια προστίθενται σταδιακά 18 ml θεικού οξέος $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 6 M μέχρι να διαλυθεί πλήρως το ίζημα. Δημιουργείται διάλυμα γαλάζιου χρώματος.

6. Ανάκτηση μεταλλικού χαλκού: Το διάλυμα αραιώνεται με απιονισμένο νερό και προστίθεται σε αυτό σταδιακά σκόνη ψευδαργύρου (περίπου 1gr). Περιμένουμε να σταματήσει η έντονη δράση (αφρισμός). Στη συνέχεια θερμαίνεται και αναδεύεται ελαφρά με γυάλινη ράβδο μέχρι να σταματήσει εντελώς ο αφρισμός. Αφήνεται να κρυώσει.

7. Καθαρισμός στερεού: Στη συνέχεια προστίθενται σταγόνες θεικού οξέος $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 6M, ώστε να επιτευχθεί πλήρης απομάκρυνση της περίσσειας του ψευδαργύρου και να σταματήσει ο αφρισμός. Παρατηρείται καταβύθιση καστανέρυθρου ιζήματος (σπογγώδους χαλκού).

8. Διήθηση: Ζυγίζεται ύαλος ωρολογίου μαζί με ένα φίλτρο μικροδιήθησης και το βάρος τους καταγράφεται. Στη συνέχεια το φίλτρο τοποθετείται σε γυάλινη κωνική φιάλη διήθησης με πορσελάνινο χωνί και γίνεται διήθηση του πολφού του σταδίου 7 που περιέχει τον σπογγώδη χαλκό.

9. Ζύγιση ανακτημένου χαλκού: Το στερεό μαζί με το φίλτρο μεταφέρονται στην ύαλο, τοποθετούνται στον ξηραντήρα για 24 ώρες ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία και ζυγίζονται σε ζυγό ακριβείας. Από το βάρος του χαλκού υπολογίζεται η τελική ανάκτηση.

1. Προετοιμασία δείγματος χαλκού

Ζύγιση σε ζυγό ακριβείας:

Βάρος Χαλκού (g): _____

2. Διάλυση μεταλλικού χαλκού

3. Καταβύθιση δισθενούς χαλκού

4. Θερμική διάσπαση υδροξειδίου του χαλκού και διήθηση

5. Διάλυση του οξειδίου του χαλκού

7. Ανάκτηση μεταλλικού χαλκού

8. Καθαρισμός στερεού και διήθηση

Βάρος φίλτρου και υάλου (g): _____

9. Ζύγιση ανακτημένου χαλκού

Βάρος υάλου + φίλτρου + Χαλκού (g): _____

Βάρος Χαλκού (g): _____

10. Υπολογισμός ποσοστού ανάκτησης χαλκού

$$\text{Ποσοστό ανάκτησης} = \text{Τελική μάζα} / \text{Αρχική μάζα}$$

Ζητούμενα

Συντάξτε μια έκθεση που

- A Να περιγράψει την πειραματική διαδικασία, παραθέτοντας αναλυτικά τις χημικές αντιδράσεις και τις παρατηρήσεις σας.
- B Να εξηγήει τα παρατηρούμενα φαινόμενα σε κάθε βήμα.
- Γ Ποιο ήταν το ποσοστό ανάκτησης του χαλκού και πού οφείλονται οι απώλειες του χαλκού;
- Δ Να υπολογιστεί το βάρος του οξειδίου του χαλκού που σχηματίζεται κατά το στάδιο της θερμικής διάσπασης
- Ε Από τις ενώσεις του χαλκού που συναντήσατε στην άσκηση ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuO , CuSO_4) ποιες πιστεύετε ότι είναι οι πιο δυσδιάλυτες και γιατί;
- ΣΤ Για την ανάκτηση του μεταλλικού χαλκού γίνεται προσθήκη σκόνης ψευδαργύρου στο διάλυμα που προέκυψε από το στάδιο 5. Από ποια μακροσκοπική παρατήρηση καταλαβαίνετε ότι ολοκληρώθηκε η αντίδραση της ανάκτησης;

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ—ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ: _____

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ: _____

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ

ΕΞΑΜΗΝΟ: _____

Θεωρητικό Μέρος

<Στο θεωρητικό μέρος πρέπει να αναφέρετε **επιγραμματικά** τα στοιχεία εκείνα της θεωρίας τα οποία είναι απαραίτητα για να υποστηρίξετε τους υπολογισμούς και τα συμπεράσματά σας. Ανατρέξτε και σε βιβλία πέραν του συγκεκριμένου.>

Πειραματικό Μέρος

<Στο πειραματικό μέρος περιγράψτε **επιγραμματικά** την πειραματική διαδικασία που ακολουθήσατε, με παράλληλη και κατάλληλη (σύμφωνη με τα ζητούμενα της εργαστηριακής άσκησης) επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων.>

Σχολιασμός-Συμπεράσματα

<Στο τελευταίο μέρος αναλύστε **διεξοδικά** τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας (συγκρινόμενα με τη θεωρία), δικαιολογήστε τις όποιες αποκλίσεις και σχολιάστε το σκοπό της εργαστηριακής άσκησης.>

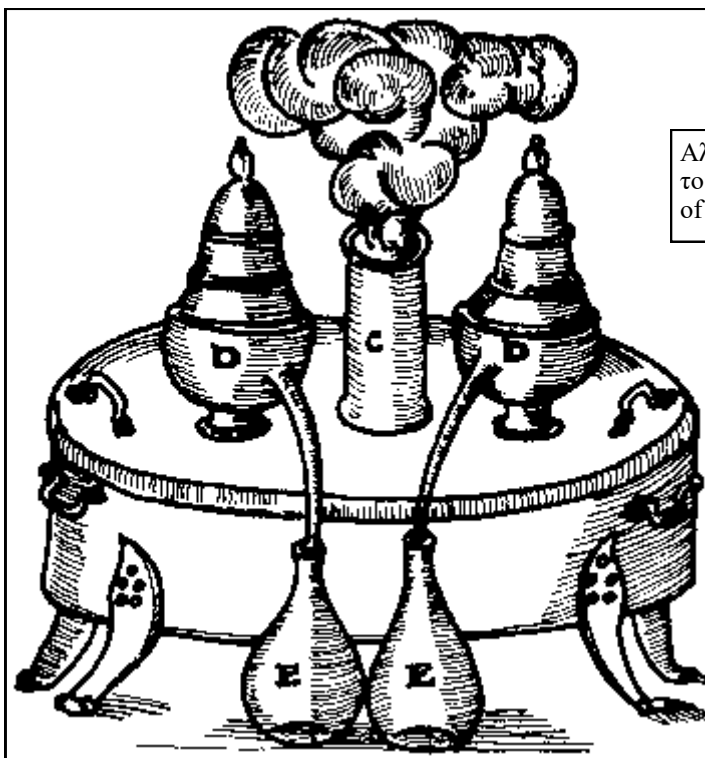
Υποδείξεις



- Οι εργαστηριακές σας αναφορές, πρέπει να είναι **σύντομες και περιεκτικές** (δεν θα πρέπει να ξεπερνάνε τις 2-3 δακτυλογραφημένες σελίδες).
- Δεν αποσκοπούν στην επίδειξη των γνώσεών σας ή στην λεπτομερή περιγραφή μιας εργαστηριακής άσκησης. **Σκοπεύουν στην τεκμηριωμένη παράθεση των αποτελεσμάτων ενός επιστημονικού πειράματος.**
- Μην ξεχνάτε ότι οι αναφορές σας θα διαβαστούν από **συναδέλφους που διαθέτουν τις ίδιες γνώσεις και δεξιότητες με εσάς.**
- Είναι προτιμότερο, οι αναφορές σας να παραδίδονται στους υπευθύνους του εργαστηρίου σας μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. **Αξιοποιήστε τις δυνατότητες ενός προσωπικού υπολογιστή** (επισκεφτείτε το PC-Lab της σχολής)



Pieter Bruegel ο Πρεσβύτερος “Ο Αλχημιστής στην δουλειά του,” μέσα 16ου αιώνα μ.Χ.



Αλχημιστικός αντιδραστήρας από το βιβλίο του John French “The art of distillation”

Στο εξώφυλλό χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας του Pietro Longhi “Ο Αλχημιστής”, 1761.

