

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό αποτελεί ένα σύγχρονο εγχειρίδιο, το οποίο πρωταρχικώς σχεδιάστηκε, προκειμένου να καλυφτεί το περιεχόμενο του μαθήματος «*Αρχές Αναλυτικής Χημείας*», που διδάσκεται στους φοιτητές του Τμήματος Χημείας, κατά το πρώτο εξάμηνο, σύμφωνα με το νέο πρόγραμμα προπτυχιακών σπουδών του Τμήματος Χημείας. Η παρούσα έκδοση απευθύνεται επίσης και στους προπτυχιακούς φοιτητές του πρώτου εξαμήνου του Τμήματος Φαρμακευτικής. Τέλος το βιβλίο απευθύνεται και σε επιστήμονες άλλων συγγενών κλάδων με την Αναλυτική Χημεία, και σε οποιονδήποτε ασχολείται με τη χημική ανάλυση.

Γράφοντας το βιβλίο αυτό, είχα ως στόχο να δώσω στους φοιτητές τη δυνατότητα να αποκτήσουν ένα ισχυρό και στέρεο υπόβαθρο των «*Βασικών Αρχών της Αναλυτικής Χημείας*», που είναι ιδιαίτερος σημαντικές γι' αυτήν. Κατανοώντας τις αρχές αυτές, πιστεύω, ότι οι φοιτητές θα μπορούν να τις εφαρμόσουν, όχι μόνο σε όλους τους κλάδους της χημείας, αλλά και σε συγγενείς μ' αυτήν επιστημονικούς κλάδους, όπως: η Ιατρική, η Βιολογία, η Βιοχημεία, η Γεωλογία κτλ. Ο τελικός μου σκοπός είναι διπλός: αφενός να δώσω στους φοιτητές ένα κυριολεκτικά σύγχρονο βιβλίο, που να διαβάζεται εύκολα, ευχάριστα και να είναι ευκόλως κατανοητό, και αφετέρου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθόλη τη διάρκεια των σπουδών τους. Θα θεωρήσω ότι θα είναι πετυχημένο το βιβλίο, αν θα μπορέσει να βοηθήσει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των φοιτητών, για τη λύση νέων προβλημάτων της Αναλυτικής Χημείας.

Η παρουσιαζόμενη ύλη των «*Βασικών Αρχών της Αναλυτικής Χημείας*» εντάσσεται σε δώδεκα κεφάλαια.

Αρχικώς αναπτύσσονται οι εισαγωγικές έννοιες, που είναι απαραίτητες σε οποιαδήποτε αναλυτική μέθοδο, όπως: περιεχόμενο Αναλυτικής Χημείας, μέθοδοι χημικής ανάλυσης και εφαρμογές της Αναλυτικής Χημείας, δεδομένου ότι η Αναλυτική Χημεία είναι ένας εφαρμοσμένος κλάδος της χημείας (κεφάλαιο 1). Στη συνέχεια δίνονται οι δύο κατηγορίες των χημικών αντιδράσεων: οι οξειδοαναγωγικές και ιδιαίτερος οι οξειδοαναγωγικές, αναφέροντας ταυτοχρόνως τα κυριότερα οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα, καθώς επίσης και τις μεθόδους ισοστάθμισης των χημικών εξισώσεων των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων (κεφάλαιο 2).

Κατόπιν παρέχονται οι έννοιες των διαλυμάτων και της διαλυτότητας των ουσιών. Εμβόλιμα παραθέτονται οι έννοιες των κλασικών φυσικών μεγεθών: σχετική ατομική μάζα, σχετική μοριακή μάζα, ποσότητα ουσίας και μολαρική μάζα, συμφώνως με τις τελευταίες προτάσεις της επιτροπής αναλυτικής ορολογίας της Διεθνούς Ένωσης Καθαρής και Εφαρμοσμένης Χημείας (IUPAC), η σωστή έννοια των οποίων θα βοηθήσει στην κατανόηση του όρου «*συγκέντρωση διαλύματος*». Τέλος δίνονται: ο ορισμός της συγκέντρωσης ενός διαλύματος και οι κυριότεροι τρόποι έκφρασής της, η έννοια της ενεργότητας ή αποτελεσματικής συγκέντρωσης, και περιγράφονται η ισοστάθμιση φορτίου ή νόμος της ηλεκτρικής ουδετερότητας και η ισοστάθμιση μάζας (κεφάλαιο 3). Στη συνέχεια εξετάζονται με αναλυτικό και εμπειριστατωμένο τρόπο θέματα της ταχύτητας αντίδρασης και της χημικής ισορροπίας διάφορων συστημάτων, καθώς επίσης και η ισορροπία κατανομής ουσιών, μεταξύ διαλυτών που δεν αναμειγνύονται (κεφάλαιο 4). Κατόπιν, στα κεφάλαια 5-8 εξετάζονται διεξοδικότερα οι ομογενείς και οι ετερογενείς ισορροπίες των ιοντικών διαλυμάτων, δηλαδή οι ισορροπίες των ασθενών οξέων και βάσεων, του νερού και των ιόντων του, των ιζημάτων, των σύμπλοκων ιόντων και τέλος των οξειδοαναγωγικών συστημάτων.

Στη συνέχεια περιγράφονται οι κανόνες ασφάλειας ενός εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας, ο χαρακτηρισμός και ο ασφαλής χειρισμός των επικίνδυνων τοξικών χημικών ουσιών και η διάθεση των χημικών αποβλήτων (κεφάλαιο 9).

Κατόπιν παρέχονται οι έννοιες που αφορούν το βασικό εξοπλισμό ενός εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας, όπως είναι τα εργαστηριακά σκεύη και οι εργαστηριακές συσκευές (κεφάλαιο 10). Στη συνέχεια εξετάζονται θέματα που αφορούν την καθαρότητα των χημικών αντιδραστηρίων, τη λειτουργικότητα ενός εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και των βασικών πειραματικών τεχνικών, που εφαρμόζονται σ' ένα τέτοιο εργαστήριο (κεφάλαιο 11).

Τέλος στο κεφάλαιο 12 παρέχεται ένας ικανοποιητικός αριθμός προσεκτικώς επιλεγμένων πειραματικών ασκήσεων, που αφορούν τη θεματολογία των θεωρητικών κεφαλαίων 1-8, ώστε να γίνουν πιο κατανοητές οι έννοιες των κεφαλαίων αυτών.

Για την εξοικείωση των φοιτητών στον τρόπο προσέγγισης και επίλυσης κάθε προβλήματος, δίνεται στο τέλος κάθε κεφαλαίου ένας ικανοποιητικός αριθμός λυμένων και άλυτων προβλημάτων.

Στο τέλος του βιβλίου δίνονται εκτεταμένα παραρτήματα, όπως: εκτεταμένη ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία, μαζί με λίστα των κυριότερων χρησιμοποιούμενων επιστημονικών περιοδικών της Αναλυτικής Χημείας: πίνακες των σχετικών ατομικών μαζών των χημικών στοιχείων, των αποτελεσματικών διαμέ-

τρων διάφορων εφυδατωμένων ιόντων, και διάφορων σταθερών (διάστασης ασθενών οξέων και βάσεων, γινομένου διαλυτότητας, αστάθειας σύμπλοκων ιόντων, πρότυπων και τυπικών δυναμικών αναγωγής), που είναι απαραίτητοι για την επίλυση των διάφορων προβλημάτων: απαντήσεις άλλων προβλημάτων. Τέλος παραθέτονται ευρετήρια συμβόλων και ξενόγλωσσων όρων, επιπροσθέτως του ευρετηρίου ελληνικών όρων.

Ακολούθησα σε όλο το βιβλίο της πρόσφατες προτάσεις της IUPAC, όσον αφορά την ονομασία των διάφορων φυσικών μεγεθών της Αναλυτικής Χημείας, και χρησιμοποίησα το διεθνές σύστημα μονάδων (SI) για τα διάφορα αναλυτικά φυσικά μεγέθη, εκτός από τη μονάδα όγκου “λίτρο, L”, η οποία, αν και δεν είναι μονάδα όγκου στο σύστημα SI, έγινε αποδεκτή από την IUPAC και το 1 L ορίστηκε ως ίσο με 1 dm^3 . Ομοίως ως υποπολλαπλάσια μονάδα όγκου, για τα υγρά διαλύματα, χρησιμοποίησα τον όρο χιλιοστόλιτρο, mL, αντί του κυβικού εκατοστόμετρου, cm^3 , το οποίο χρησιμοποιείται ως μονάδα όγκου των αερίων σωμάτων ενός χημικού συστήματος.

Πιστεύω ότι η συγγραφή ενός πανεπιστημιακού βιβλίου, είναι μια διαδικασία η οποία απαιτεί τη συνεργασία πολλών επιστημόνων. Θα ήθελα λοιπόν από τη θέση αυτή να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν, με πολλούς τρόπους, στο τελείωμα αυτού του βιβλίου. Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου στο Τμήμα Χημείας του ΑΠΘ, για τις εποικοδομητικές συζητήσεις που είχα μαζί τους και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Ειδικά: Τους καθηγητές κ.κ. Χρήστο Τσιάμη, Κωνσταντίνο Τσίπη και Δημήτριο Κεσίσογλου της Ανόργανης Χημείας, για θέματα *χημείας ενώσεων συναρμογής*. Τους καθηγητές κ.κ. Γεώργιο Παπαναστασίου και Μιχαήλ Παγίτσα της Φυσικής Χημείας, για θέματα *συμπεριφοράς των ισχυρών ηλεκτρολυτών*, με έμφαση στην έννοια της *ενεργότητας*. Την καθηγήτρια κα. Δήμητρα Σαζού και τον καθηγητή κ. Γεώργιο Κοκκινίδη της Φυσικής Χημείας, καθώς επίσης τον καθηγητή κ. Αναστάσιο Βουλγαρόπουλο, την επίκουρη καθηγήτρια κα. Στυλιανή Γηρούση και τον επίκουρο καθηγητή κ. Αναστάσιο Οικονόμου της Αναλυτικής Χημείας, για *ηλεκτροχημικά θέματα και ισορροπιών σε οξειδοαναγωγικά συστήματα*. Τους αναπληρωτές καθηγητές κ.κ. Γεώργιο Ριτζούλη και Αχιλλέα Παπουτσή της Φυσικής Χημείας, για θέματα *χημικής κινητικής*. Επίσης τον επίκουρο καθηγητή κ. Γεώργιο Ζαχαριάδη της Αναλυτικής Χημείας και την κα. Ελευθερία Ντανούρα, Χημικό, για τις εποικοδομητικές συζητήσεις που είχα μαζί τους για πολλά από τα θιγόμενα θέματα του βιβλίου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου κ. Φιλομένη Μ. Σαρίδου-Θεμελή, Μαθηματικό, όχι μόνο για την υπομονή της, την αμέριστη συμπαράστασή της, αλλά και για τη μαθηματική επιμέλεια ολόκληρου του κειμένου.

Για άλλη μια φορά, ευχαριστώ θερμά τις Εκδόσεις Π. Ζήτη & Σία Ο.Ε., για την προσεκτική εργασία, την προσοχή στη λεπτομέρεια και την αριότητα της έκδοσης.

Το βιβλίο αυτό ενδέχεται να περιέχει ατέλειες ή και τυπογραφικές αβλεψίες. Για το λόγο αυτό κάθε καλόπιστη κριτική, σχόλιο, υπόδειξη και επισημάνσεις θα ήταν δεκτές και χρήσιμες για τη βελτίωση της ποιότητας της έκδοσης.

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Γ. ΘΕΜΕΛΗΣ

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2004

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

vii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Περιεχόμενο Αναλυτικής Χημείας	1
1.2. Μέθοδοι χημικής ανάλυσης	1
1.3. Εφαρμογές Αναλυτικής Χημείας	2
1.4. Βασικές αρχές Αναλυτικής Χημείας	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΙΣΩΣΕΙΣ

2.1. Χημικές αντιδράσεις	5
2.1.1. Αριθμός φορτίου	6
2.2. Χημικές εξισώσεις	6
2.2.1. Στοιχειομετρία	7
2.3. Κατηγορίες χημικών αντιδράσεων	8
2.3.1. Οξεοβασικές αντιδράσεις	8
2.3.2. Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις	9
2.3.3. Αυτοοξειδοαναγωγικές αντιδράσεις	18
2.4. Οξειδοαναγωγικά συστήματα	19
2.4.1. Απλά οξειδοαναγωγικά συστήματα	20
2.4.2. Συνδυασμός οξειδοαναγωγικών και οξεοβασικών συστημάτων	20
2.5. Οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα	22
2.5.1. Κυριότερα οξειδωτικά μέσα	22
2.5.2. Κυριότερα αναγωγικά μέσα	26
2.6. Ισοστάθμιση χημικών εξισώσεων οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων	29
2.6.1. Μέθοδος αριθμού οξείδωσης	30
2.6.2. Μέθοδος ημιαντιδράσεων	33

2.6.3. Αλγεβρική μέθοδος	39
Άλυστα προβλήματα	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ. ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΟΥΣΙΩΝ.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

3.1. Διαλύματα. Διαλυτότητα ουσιών	45
3.2. Συγκέντρωση διαλυμάτων	46
3.2.1. Ορισμοί κλασικών φυσικών μεγεθών	47
3.2.2. Τρόποι έκφρασης της συγκέντρωσης των διαλυμάτων	49
3.3. Ενεργότητα ή αποτελεσματική συγκέντρωση	55
3.3.1. Θεωρία Debye-Hückel	55
3.3.2. Ενεργότητα, συντελεστής ενεργότητας και ιοντική ισχύς	56
3.3.3. Οριακός και επεκτεταμένος νόμος Debye - Hückel	58
3.3.4. Συμπεράσματα της θεωρίας Debye-Hückel	60
3.4. Ισοστάθμιση φορτίου ή νόμος ηλεκτρικής ουδετερότητας	61
3.5. Ισοστάθμιση μάζας	62
Λυμένα προβλήματα	65
Άλυστα προβλήματα	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

4.1. Ταχύτητα αντίδρασης. Βασικές αρχές	79
4.1.1. Έκταση αντίδρασης	80
4.1.2. Ταχύτητα μετατροπής	81
4.1.3. Ταχύτητα αντίδρασης	81
4.1.4. Ταχύτητα κατανάλωσης και σχηματισμού	83
4.1.5. Νόμος δράσης των μαζών ή νόμος ταχύτητας	84
4.1.6. Μοριακότητα στοιχειώδους αντίδρασης	85
4.1.7. Θεωρία συγκρούσεων. Θεωρία ενεργοποιημένου συμπλόκου ή μεταβατικής κατάστασης	86
4.1.8. Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα αντίδρασης	91
4.2. Χημική ισορροπία	97

4.2.1. Νόμος χημικής ισορροπίας	100
4.2.2. Κατεύθυνση αυθόρμητης διεξαγωγής χημικής αντίδρασης και χημική ισορροπία	108
4.2.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τη θέση της χημικής ισορροπίας	111
4.2.4. Ισορροπία κατανομής μεταξύ διαλυτών που δεν αναμειγνύονται	118
Λυμένα προβλήματα	127
Άλυτα προβλήματα	141

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ ΑΣΘΕΝΩΝ ΟΞΕΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΕΩΝ

5.1. Ηλεκτρολύτες και μη ηλεκτρολύτες	149
5.2. Βαθμός διάστασης ηλεκτρολύτη	150
5.3. Θεωρίες οξέων και βάσεων	151
5.3.1. Θεωρία Arrhenius	151
5.3.2. Θεωρία Brønsted - Lowry	152
5.3.3. Θεωρία Lewis	159
5.4. Διάσταση ασθενών μονοπρωτικών οξέων και βάσεων	161
5.4.1. Διάσταση ασθενών μονοπρωτικών οξέων	161
5.4.2. Διάσταση ασθενών μονοπρωτικών βάσεων	162
5.4.3. Συσχέτιση σταθερών οξύτητας και βασικότητας των ασθενών μονοπρωτικών οξέων και βάσεων	163
5.4.4. Εξάρτηση των σταθερών οξύτητας και βασικότητας των ασθενών μονοπρωτικών οξέων και βάσεων από την ιοντική ισχύ	164
5.4.5. Νόμος αραίωσης Ostwald	165
5.4.6. Ισχύς οξέων και βάσεων	168
5.4.7. Διάσταση ασθενών μονοπρωτικών οξέων, παρουσία ισχυρών οξέων ή αλάτων, που έχουν κοινό ιόν με τα ασθενή οξέα	169
5.4.8. Διάσταση ασθενών μονοπρωτικών βάσεων, παρουσία ισχυρών βάσεων ή αλάτων που έχουν κοινό ιόν με τις ασθενείς βάσεις	172
5.5. Διάσταση ασθενών πολυπρωτικών οξέων και βάσεων	174
5.5.1. Βαθμοί διάστασης ασθενών πολυπρωτικών οξέων και βάσεων	176
5.5.2. Ισχύς ασθενών πολυπρωτικών οξέων και βάσεων	176
5.5.3. Υπολογισμός οξύτητας ασθενών πολυπρωτικών οξέων και βάσεων	177

5.5.4. Κατανομή διάφορων μορφών ασθενών πολυπρωτικών οξέων και βάσεων	177
5.6. Διάσταση H_2O. Κλίμακα pH	180
5.6.1. Αυτοδιάσταση ή αυτοπρωτόλυση H_2O	180
5.6.2. pH, pOH και κλίμακα pH	182
5.7. Υδροόλυση	185
5.7.1. Υδροόλυση αλάτων που προέρχονται από ισχυρά οξέα και ισχυρές βάσεις	186
5.7.2. Υδροόλυση αλάτων που προέρχονται από ασθενή οξέα και ισχυρές βάσεις	186
5.7.3. Υδροόλυση αλάτων που προέρχονται από ισχυρά οξέα και ασθενείς βάσεις	196
5.7.4. Υδροόλυση αλάτων που προέρχονται από ασθενή οξέα και ασθενείς βάσεις	199
5.8. Ρυθμιστικά διαλύματα	208
5.8.1. Υπολογισμός pH ρυθμιστικών διαλυμάτων	209
5.8.2. Μηχανισμός ρυθμιστικής δράσης ρυθμιστικών διαλυμάτων	213
5.8.3. Ρυθμιστική περιοχή και χωρητικότητα ρυθμιστικών διαλυμάτων	215
5.8.4. Παρασκευή ρυθμιστικών διαλυμάτων	217
Λυμένα προβλήματα	217
Άλυτα προβλήματα	240

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΤΕΡΟΓΕΝΗΣ ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ. ΓΙΝΟΜΕΝΟ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ

6.1. Εισαγωγή	249
6.2. Διαλυτότητα δυσδιάλυτων ηλεκτρολυτών. Αρχή γινομένου διαλυτότητας	250
6.2.1. Διαλυτότητα και ενδογενής διαλυτότητα δυσδιάλυτων ηλεκτρολυτών	252
6.2.2. Γινόμενα διαλυτότητας και ιόντων	252
6.2.3. Πρότυπα γινόμενα διαλυτότητας και ιόντων	254
6.2.4. Ιοντική ισχύς και σταθερά γινομένου διαλυτότητας	256
6.3. Σχέση μεταξύ διαλυτότητας και σταθεράς γινομένου διαλυτότητας	257
6.3.1. Ασθενείς και δυσδιάλυτοι ηλεκτρολύτες	257

6.3.2. Ισχυροί και δυσδιάλυτοι ηλεκτρολύτες	258
6.4. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαλυτότητα ισχυρών και δυσδιάλυτων ηλεκτρολυτών	260
6.5. Κλασματική καταβύθιση	275
6.5.1. Εφαρμογές κλασματικής καταβύθισης	277
6.6. Εφαρμογές της αρχής του γινομένου διαλυτότητας. Σχηματισμός και διάλυση ιζημάτων	286
6.6.1. Σχηματισμός ιζήματος	286
6.6.2. Διάλυση ιζήματος	287
Λυμένα προβλήματα	289
Άλυτα προβλήματα	313

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ ΣΥΜΠΛΟΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

7.1. Δομή σύμπλοκων ιόντων	319
7.2. Σχηματισμός σύμπλοκων ιόντων	321
7.3. Φύση δεσμού σύμπλοκων ιόντων	323
7.3.1. Θεωρία κρυσταλλικού πεδίου ή ηλεκτροστατική θεωρία	324
7.3.2. Θεωρία μοριακών τροχιακών	324
7.4. Διάσταση σύμπλοκων ιόντων	325
7.5. Τέλεια και ατελή σύμπλοκα ιόντα	326
7.6. Ευκίνητα και αδρανή σύμπλοκα ιόντα	327
7.7. Είδη σύμπλοκων ιόντων	328
7.8. Κλάσματα αναλυτικής συγκέντρωσης ποσότητας διάφορων μορφών σύμπλοκων ιόντων	331
7.9. Επίδραση συμπλοκοποίησης στη διαλυτότητα ισχυρών και δυσδιάλυτων ηλεκτρολυτών	332
7.10. Εφαρμογές των σύμπλοκων ιόντων στη χημική ανάλυση	335
7.10.1. Ειδικές δοκιμασίες ανίχνευσης ιόντων	335
7.10.2. Άρση παρεμποδίσεων	336
7.10.3. Διαχωρισμός με εκχύλιση	337
Λυμένα προβλήματα	338
Άλυτα προβλήματα	350

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

8.1. Εισαγωγή	355
8.2. Ηλεκτροχημικά στοιχεία	356
8.2.1. Γαλβανικά στοιχεία	357
8.3. Δυναμικά ηλεκτροδίων	362
8.3.1. Ηλεκτρόδια αναφοράς	364
8.3.2. Μέτρηση δυναμικού ηλεκτροδίων	366
8.3.3. Πρόσημο δυναμικού ηλεκτροδίων	367
8.3.4. Σειρά πρότυπων δυναμικών αναγωγής ηλεκτροδίων	368
8.4. Αναλογία οξειδοαναγωγικών και πρωτολυτικών αντιδράσεων	372
8.5. Εξίσωση Nernst	373
8.6. Υπολογισμός δυναμικού γαλβανικού στοιχείου	376
8.7. Παράγοντες που επιδρούν στο δυναμικό ηλεκτροδίων	378
8.8. Υπολογισμός σταθερών χημικής ισορροπίας	381
8.9. Ενδεικτικά ηλεκτρόδια	382
8.9.1. Μεταλλικά ενδεικτικά ηλεκτρόδια	382
8.10. Εφαρμογές της εξίσωσης Nernst	388
Λυμένα προβλήματα	389
Άλυτα προβλήματα	402

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

9.1. Εισαγωγή	407
9.2. Κανόνες ασφάλειας εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας	408
9.3. Χαρακτηρισμός και ασφαλής χειρισμός επικίνδυνων τοξικών χημικών ουσιών	411
9.4. Διάθεση χημικών αποβλήτων	415

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

10.1.	Εργαστηριακά σκεύη	419
10.1.1.	Σκεύη γενικής χρήσης	420
10.1.2.	Σκεύη μέτρησης όγκου	430
10.1.3.	Καθαρισμός, στράγγισμα και ξήρανση γυάλινων σκευών	441
10.2.	Εργαστηριακές συσκευές	444
10.2.1.	Συσκευές θέρμανσης	444
10.2.2.	Συσκευές ξήρανσης	447
10.2.3.	Συσκευές ανάδευσης	450
10.2.4.	Συσκευές διήθησης	450
10.2.5.	Συσκευές ζύγισης	451

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΧΗΜΙΚΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

11.1.	Χημικά αντιδραστήρια	455
11.1.1.	Υπερκαθαρά αντιδραστήρια	456
11.1.2.	Αναλυτικώς καθαρά αντιδραστήρια	456
11.1.3.	Χημικώς καθαρά αντιδραστήρια	457
11.1.4.	Φαρμακευτικώς καθαρά αντιδραστήρια	457
11.1.5.	Εμπορικώς ή τεχνικώς καθαρά αντιδραστήρια	457
11.2.	Πρότυπα διαλύματα	457
11.3.	Λειτουργικότητα εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας	459
11.3.1.	Τάξη και καθαριότητα εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας	460
11.3.2.	Κανόνες χειρισμού χημικών αντιδραστηρίων και διαλυμάτων	461
11.3.3.	Οδηγίες εκτέλεσης χημικών εργαστηριακών ασκήσεων	463
11.3.4.	Ημερολόγιο εργασίας	464
11.4.	Βασικές πειραματικές τεχνικές	466
11.4.1.	Ξήρανση χημικών ουσιών	466
11.4.2.	Ζύγιση χημικών ουσιών	467

11.4.3. Θέρμανση διαλυμάτων	472
11.4.4. Εξάτμιση διαλυμάτων	473
11.4.5. Διάλυση χημικών ουσιών	474
11.4.6. Καταβύθιση χημικών ουσιών	475
11.4.7. Διήθηση ιζημάτων	476
11.4.8. Καθαρισμός χημικών ουσιών	481

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

12.1. Εισαγωγή	485
12.2. Χρήση αναλυτικού ζυγού	486
12.3. Χρήση και έλεγχος σιφωνίου και προχοϊδας	487
12.4. Παρασκευή διαλυμάτων	489
12.4.1. Παρασκευή διαλύματος $0,01 \text{ mol L}^{-1} \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	490
12.4.2. Παρασκευή διαλύματος $0,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$	491
12.5. Εύρεση στοιχειομετρίας της οξειδοαναγωγικής αντίδρασης $\text{Fe}^{3+} - \text{NH}_3\text{OH}^+$	492
12.6. Κινητική αντίδραση μεταξύ I_2 και CH_3COCH_3	494
12.7. Κατανομή Br_2 μεταξύ $\text{H}_2\text{O} - \text{CCl}_4$ και προσδιορισμός της ολικής σταθεράς σχηματισμού του ιόντος $[\text{Br}_3]^-$	498
12.8. Χρήση της διθειζόνης ως εκλεκτικού αντιδραστηρίου εκχύλισης	501
12.9. pH, ρυθμιστική ικανότητα και χωρητικότητα του ρυθμιστικού διαλύματος $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{CH}_3\text{COONa}$	503
12.10. Προσδιορισμός διαλυτότητας, σταθερών γινομένου διαλυτότητας και πρότυπου γινομένου διαλυτότητας του $\text{Ca}(\text{OH})_2$	505
12.11. Επίδραση HCl στη διαλυτότητα κορεσμένου διαλύματος KCl	508
12.12. Κλασματική καταβύθιση PbCO_3 και PbI_2	510
12.13. Ισορροπίες σύμπλοκων ιόντων	512
12.14. Ισχύς οξειδωτικών και αναγωγικών μέσων	514

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ελληνική βιβλιογραφία	519
2. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	520
3. Κυριότερα περιοδικά της Αναλυτικής Χημείας	522

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 ΠΙΝΑΚΕΣ

Π.1. Σχετικές ατομικές μάζες των χημικών στοιχείων, βασισμένες στη σχετική ατομική μάζα του ^{12}C , $A_r(^{12}\text{C}) = 12,00$	525
Π.2. Πρότυπες σταθερές οξύτητας ασθενών οξέων σε μηδενική ιοντική ισχύ και θερμοκρασία 298,15 K	528
Π.3. Πρότυπες σταθερές βασικότητας ασθενών βάσεων σε μηδενική ιοντική ισχύ και θερμοκρασία 298,15 K	531
Π.4. Πρότυπες σταθερές γινομένου διαλυτότητας σε μηδενική ιοντική ισχύ και θερμοκρασία 298,15 K	532
Π.5. Πρότυπες ολικές σταθερές αστάθειας σύμπλοκων ιόντων σε μηδενική ιοντική ισχύ και θερμοκρασία 298,15 K	537
Π.6. Πρότυπα και τυπικά δυναμικά αναγωγής ηλεκτροδίων σε θερμοκρασία 298,15 K και πίεση 10^5 Pa, με ταυτόχρονη αλφαβητική και ηλεκτροχημική σειρά	540
Π.7. Παράμετροι μεγέθους εφυδατωμένων ιόντων σε θερμοκρασία 298,15 K	547

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΑΛΥΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Κεφάλαιο 2	549
Κεφάλαιο 3	550
Κεφάλαιο 4	551
Κεφάλαιο 5	552
Κεφάλαιο 6	554
Κεφάλαιο 7	555
Κεφάλαιο 8	556

ΕΥΡΕΤΗΡΙΑ

Ευρετήριο συμβόλων	559
Ευρετήριο ελληνικών όρων	565
Ευρετήριο ξενόγλωσσων όρων	595