

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΧΗΜΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Κάθε αντίτυπο φέρει την υπογραφή του συγγραφέα

Σειρά: Επιστημονικές Εκδόσεις
Εργαστηριακές Ασκήσεις Χημικής και Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας
Ευάγγελος Γ. Φουντουκίδης

Υπεύθυνος Έκδοσης: Θεόδωρος Πενέσης
Γλωσσική Επιμέλεια: Ειρήνη Φισκατόρη
Σχεδιασμός Εξωφύλλου: Ιάκωβος Γαβαλάς

E-mail συγγραφέα: efoud@teipir.gr

Copyright 2009 © «ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΟΥΚΑΜΙΣΑΣ», Ευάγγελος Γ. Φουντουκίδης
για την ελληνική γλώσσα σε όλο τον κόσμο

ISBN: 978-960-6881-04-6

Απαγορεύεται η με οποιονδήποτε τρόπο, μέσο και μέθοδο αναδημοσίευση, αναπαραγωγή, μετάφραση, διασκευή, θέση σε κυκλοφορία, παρουσίαση, διανομή και η εν γένει πάσης φύσεως χρήση και εκμετάλλευση του παρόντος έργου στο σύνολό του ή τμηματικά, καθώς και της ολικής αισθητικής εμφάνισης του βιβλίου (στοιχειοθεσίας, σελιδοποίησης κ.λπ.) και του εξωφύλλου του, σύμφωνα με τις διατάξεις της υπάρχουσας νομοθεσίας περί προστασίας πνευματικής ιδιοκτησίας και των συγγενικών δικαιωμάτων περιλαμβανομένων και των σχετικών διεθνών συμβάσεων.



Σωτήρος και Αλκιβιάδου 132, Τ.Κ. 185 35 Πειραιάς
τηλ.: 210 4112507, fax: 210 4116752
url: www.poukamisas.gr, e-mail: publications@poukamisas.gr

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΧΗΜΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Γ. ΦΟΥΝΤΟΥΚΙΔΗΣ
ΔΡ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΟΛΟΓΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό απευθύνεται κυρίως σε φοιτητές Τμημάτων των ΤΕΙ και ειδικότερα σε Τμήματα των οποίων το πρόγραμμα σπουδών περιλαμβάνει μαθήματα, όπως Χημεία, Χημική Τεχνολογία, Περιβαλλοντική Χημεία κ.λπ. Το βιβλίο μπορεί να καλύψει το εργαστηριακό μέρος των παραπάνω μαθημάτων. Σε κάθε εργαστηριακή άσκηση, πριν από το καθαρά πειραματικό μέρος, προηγείται παρουσίαση του σχετικού θεωρητικού υπόβαθρου.

Το βιβλίο συμπυκνώνει μακρόχρονη εμπειρία διδασκαλίας των μαθημάτων «Χημική Τεχνολογία» και «Χημική και Περιβαλλοντική Τεχνολογία» που διδάσκονται στα Τμήματα Μηχανολογίας και Πολιτικών Δομικών Έργων του ΤΕΙ Πειραιά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επί σειρά ετών Επιστημονικούς και Εργαστηριακούς Συνεργάτες του Τμήματος Φυσικής, Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ Πειραιά, που ποικιλοτρόπως συνέβαλαν στην προσπάθεια αυτή. Τους αναφέρω με αλφαβητική σειρά: Π. Αγάθωνος, Α. Γερολυμάτου, Μ. Ζιώγας, Σ. Θεοχάρη, Μ. Ιωάννου, Δ. Κουλλάς, Π. Πανταζοπούλου, Γ. Πατερμαράκης, Θ. Τριάντης.

Αθήνα 2009

Ευάγγελος Γ. Φουντουκίδης
Καθηγητής ΤΕΙ Πειραιά

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κανόνες Ασφαλείας.....	11	μετρήσεων.....	57
------------------------	----	----------------	----

1η Άσκηση

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	13
1.1 Σφάλματα.....	13
1.2 Συλλογή και παρουσίαση στατιστικών στοιχείων	14
1.3 Μέτρα θέσης και διασποράς	18
1.4 Σημαντικά ψηφία	19
1.5 Στρογγυλοποίηση αριθμών	20
1.6 Και άλλες στατιστικές έννοιες.....	21
1.7 Κατανομές συχνότητας	22
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	32
1.8 Ζύγιση σε αναλυτικό ζυγό	32
1.9 Μέτρηση pH διαλύματος.....	34

2η Άσκηση

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΩΝ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	35
2.1 Υπολογισμός παραμέτρων	35
2.2 Ακρίβεια των παραμέτρων	38
2.3 Ακρίβεια της πρόβλεψης \hat{y}_i	40
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	41
2.4 Εύρεση της σχέσης mV/pH σε pHμετρο	41

3η Άσκηση

ΧΗΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ, ΟΞΕΑ, ΒΑΣΕΙΣ, pH, ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΞΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	44
3.1 Διαλύματα	44
3.2 Χημικές αντιδράσεις.....	45
3.3 Οξέα – Βάσεις.....	47
3.4 Ογκομετρική ανάλυση οξικού οξέος	51
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	52

4η Άσκηση

ΥΔΡΟΛΥΣΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	54
4.1 Υδρόλυση	54
4.2 Ρυθμιστικά διαλύματα.....	55
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	57
4.3 Πειραματική διάταξη.....	57
4.4 Πειραματική διαδικασία και επεξεργασία	

5η Άσκηση

ΧΗΜΙΚΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	59
5.1 Η έννοια της ταχύτητας χημικής αντίδρασης....	59
5.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα ...	61
5.3 Ο νόμος της ταχύτητας	61
5.4 Η θεωρία των συγκρούσεων και η ταχύτητα	61
5.5 Η εξίσωση του Arrhenius	63
5.6 Επίδραση των καταλυτών.....	63
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	64
5.7 Αρχή της μεθόδου.....	64
5.8 Πειραματική διάταξη.....	65
5.9 Πειραματική διαδικασία	65
5.10 Επεξεργασία μετρήσεων	66

6η Άσκηση

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	68
6.1 Αρχή διατήρησης της ενέργειας.....	68
6.2 Μετατροπή ηλεκτρικής σε θερμική ενέργεια ...	68
6.3 Μετατροπή χημικής σε θερμική ενέργεια	69
6.4 Ισοζύγιο μηχανικής ενέργειας	70
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	70
6.5 Μετατροπή ηλεκτρικής σε θερμική ενέργεια ...	70
6.6 Μετατροπή χημικής σε θερμική ενέργεια	71
6.7 Ισοζύγιο μηχανικής ενέργειας	71

7η Άσκηση

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΙΚΗ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	74
7.1 Γενικά	74
7.2 Αγωγιμότητα και θερμοκρασία	77
7.3 Εφαρμογές αγωγιμομετρήσεων	77
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	81
7.4 Συνάρτηση $\Lambda_m = f(C)$ Προσδιορισμός της K ασθενούς οξέος	81
7.5 Αγωγιμομετρική ογκομέτρηση.....	82

8η Άσκηση

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	84
8.1 Η έννοια της διάβρωσης.....	84
8.2 Δυναμικά αναγωγής.....	85

8.3 Ηλεκτροχημικό στοιχείο.....	87
8.4 Διάβρωση των μετάλλων.....	89
8.5 Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση....	90
8.6 Η ταχύτητα της διάβρωσης.....	92
8.7 Αντιδιαβρωτική προστασία.....	94
8.8 Διάβρωση και προστασία οπλισμού σκυροδέματος	96
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	102
8.9 Αρχή της μεθόδου.....	102
8.10 Πειραματική διάταξη.....	103
8.11 Πειραματική διαδικασία.....	103
8.12 Επεξεργασία μετρήσεων	103

9η Άσκηση

ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΕΙΣ

9.1 Ηλεκτρόλυση	106
9.2 Κουλόμετρο χαλκού	107
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	107
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	107
9.3 Επιψευδαργύρωση	114
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	109
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	110

10η Άσκηση

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΕΡΟΥ

10.1 Εισαγωγή	112
10.2 Προσδιορισμός σκληρότητας νερού	114
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	114
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	115
10.3 Μέτρηση των ολικών αλάτων στο νερό αγωγιμομετρικά	121
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	121
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	122
10.4 Προσδιορισμός χλωριόντων	122
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	122
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	123
10.5 Προσδιορισμός ενεργού χλωρίου	124
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	124
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	125

11η Άσκηση

ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	128
11.1 Εισαγωγή	128
11.2 Χημικός-Ιωδιομετρικός προσδιορισμός (μέθοδος Winkler)	128

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	129
11.3 Ηλεκτροχημική μέθοδος - Προσδιορισμός διαλυμένου οξυγόνου με οξυγονόμετρο ...	133
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	134

12η Άσκηση

ΧΗΜΙΚΩΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (COD)

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	138
12.1 Χημικός προσδιορισμός COD.....	138
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	139
12.2 Φωτομετρική μέθοδος προσδιορισμού COD	141
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	141
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	143

13η Άσκηση

ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	146
13.1 Εισαγωγή	146
13.2 Προσδιορισμός BOD με τη μέθοδο Winkler.....	147
13.3 Μανομετρική μέθοδος Warburg.....	149
13.4 Φωτομετρική μέθοδος προσδιορισμού BOD	152
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	154

14η Άσκηση

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	158
14.1 Εισαγωγή	158
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	161
14.2 Ολικά στερεά	161
14.3 Ολικά διαλυμένα στερεά	162
14.4 Αιωρούμενα στερεά	162
14.5 Πτητικά και μη πτητικά στερεά.....	163
14.6 Στερεά καθίζησης	164

15η Άσκηση

ΑΦΑΛΑΤΩΣΗ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΩΣΜΩΣΗ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	165
15.1 Αφαλάτωση	165
15.2 Διάβρωση - Υλικά κατασκευής	170
15.3 Ώσμωση και αντίστροφη ώσμωση	171
15.4 Μεμβράνες διαχωρισμού αντίστροφης ώσμωσης.....	174
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	180

16η Άσκηση
ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	183
16.1 Εισαγωγή	183
16.2 Θερμικές απώλειες	187
16.3 Ασυνεχής λειτουργία	189
16.4 Συνεχής λειτουργία	191
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	195
16.5 Θερμικές απώλειες	195
16.6 Ασυνεχής λειτουργία	196
16.7 Συνεχής λειτουργία	198

17η Άσκηση
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ - ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ
ΦΑΣΕΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	200
17.1 Τα στερεά σώματα	200
17.2 Κράματα	201
17.3 Οι φάσεις στα κράματα	202
17.4 Καμπύλες ψύξης.....	203
17.5 Θερμική ανάλυση.....	204
17.6 Διαγράμματα φάσεων κραμάτων.....	205
17.7 Το διάγραμμα φάσεων του κράματος Sn-Pb	207
17.8 Υπολογισμός του είδους των φάσεων από το διάγραμμα φάσεων	208
17.9 Υπολογισμός της ποσότητας των φάσεων. Ο κανόνας του μοχλού.....	209
17.10 Υπολογισμός του είδους και της ποσότητας των φάσεων μέσα στους κόκκους.....	210
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	215
17.11 Πειραματική διάταξη.....	215
17.12 Πειραματική διαδικασία.....	216
17.13 Επεξεργασία μετρήσεων	216

18η Άσκηση
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	217
18.1 Γενικά	217
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	219
18.2 Προεργασία για την κοκκομετρική ανάλυση...219	
18.3 Διαδικασία της κοκκομέτρησης Υπολογισμοί	219

19η Άσκηση
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	223
19.1 Γενικά	223
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	224

19.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός	224
19.3 Πειραματική διαδικασία.....	225
19.4 Επεξεργασία μετρήσεων	226

20η Άσκηση
ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	232
20.1 Γενικά	232
20.2 Πρώτες ύλες παρασκευής τσιμέντου και χημική σύσταση	232
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	234
20.3 Χημικές αναλύσεις τσιμέντου	234

Παράρτημα	238
Βιβλιογραφία	240

ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

1. Κατά τη χρήση χημικών ουσιών πρέπει να είναι γνωστές οι επικίνδυνες ιδιότητες της χημικής ουσίας και να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.
2. Προτού χρησιμοποιήσετε κάποιο αντιδραστήριο να διαβάζετε καλά την ετικέτα του.
3. Η χρήση αντιδραστηρίων που εκλύουν τοξικούς ατμούς γίνεται πάντα στον απαγωγό.
4. Μετά το τέλος κάθε εργασίας ή πειράματος να πλύνετε καλά με σαπούνι τα χέρια σας και να ξεπλύνετε με άφθονο νερό.
5. Να ξεπλένετε αμέσως και με άφθονο νερό τα μάτια ή τα χέρια σας μετά από επαφή με οποιοδήποτε αντιδραστήριο.
6. Σε περίπτωση προσβολής από οξύ: Πλύσιμο με άφθονο νερό, μετά με κορεσμένο διάλυμα όξινου ανθρακικού νατρίου και πάλι με άφθονο νερό. Σε περίπτωση δημιουργίας χημικού εγκαύματος η παραπάνω διαδικασία συμπληρώνεται με χρήση αντισηπτικού υγρού, στέγνωμα και επάλειψη με ειδική αλοιφή.
7. Σε περίπτωση προσβολής από αλκάλια: Πλύσιμο με άφθονο νερό, μετά με 1% οξικό οξύ ή βορικό οξύ και πάλι με νερό. Σε περίπτωση εγκαύματος ακολουθείται η ίδια με την παραπάνω συμπληρωματική διαδικασία.
8. Για προστασία των ματιών από κάθε είδους κίνδυνο πρέπει να φοράτε τα ειδικά προστατευτικά γυαλιά.
9. Να ενημερωθείτε για τη θέση των πυροσβεστήρων και τη λειτουργία τους.
10. Εάν συμβεί ανάφλεξη υγρού, χρησιμοποιείστε τον πυροσβεστήρα.
11. Εάν συμβεί ανάφλεξη των ρούχων σας, τυλιχθείτε με την αντιπυρική κουβέρτα ή ένα βαρύ παλτό. Χρησιμοποιείστε, αν υπάρχει, τον καταωνιστήρα νερού.
12. Να βεβαιώνετε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές είναι γειωμένες.
13. Να αναφέρετε οποιοδήποτε ατύχημα που συνέβη.
14. Να επιθεωρείτε το Εργαστήριο σχολαστικά πριν φύγετε από αυτό, να τακτοποιείτε τις συσκευές, τα σκεύη και τα αντιδραστήρια και να κλείνετε τους διακόπτες ρεύματος, υγραερίου, νερού.

1η Άσκηση

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Σφάλματα

Κατά την παρασκευή ενός προϊόντος σε μια βιομηχανία, πολλά χαρακτηριστικά του προϊόντος διαφέρουν τόσο σε κάθε παρτίδα παραγωγής, όσο και στην ίδια παρτίδα ή σε κάθε συσκευασία. Οι διαφορές αυτές των χαρακτηριστικών οφείλονται σε πολλούς παράγοντες, όπως στην πρώτη ύλη, στη μέθοδο, τα μηχανήματα, την εξειδίκευση του προσωπικού κ.λπ.

Κατά τον ποιοτικό έλεγχο του προϊόντος παραγωγής μιας βιομηχανίας τα αποτελέσματα των αναλύσεων ή των μετρήσεων, σπάνια συμφωνούν απόλυτα μεταξύ τους, παρόλο που χρησιμοποιείται η ίδια μέθοδος ανάλυσης ή μέτρησης ή αξιολόγησης.

Κατά τον έλεγχο της περιεκτικότητας σε σίδηρο σε ένα ορυχείο σιδήρου, λαμβάνονται δείγματα του μεταλλεύματος από τυχαίες θέσεις και μετράται η περιεκτικότητα. Παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις διαφέρουν μεταξύ τους. Η διακύμανση των μετρήσεων οφείλεται σε πολλές αιτίες. Για παράδειγμα, διαφορετικές τοποθεσίες μέσα στο ορυχείο αναμένεται να δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα. Άλλες πιθανές αιτίες διακύμανσης μπορεί να οφείλονται στον αναλυτή (αν είναι περισσότεροι από ένας) ή στην ώρα της ημέρας που έγινε η μέτρηση (ένας εργαζόμενος αποδίδει καλύτερα στην αρχή του ωραρίου του, παρά στο τέλος που είναι κουρασμένος) κ.λπ.

Από τα ανωτέρω συνάγεται ότι στα αποτελέσματα των μετρήσεων υπεισέρχονται κάποια σφάλματα.

Για να ελέγξουμε την ολική ποιότητα ενός προϊόντος ή την ακρίβεια των μετρήσεων, πρέπει να καθορίσουμε το μέγεθος του σφάλματος που αναπόφευκτα υπάρχει σε κάθε μέτρηση. Στις περιπτώσεις αυτές εφαρμόζουμε στατιστικές μεθόδους, για να μπορούμε να ελέγξουμε την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Τα σφάλματα ανάλογα με την προέλευσή τους μπορεί να είναι:

Τυχαία σφάλματα (Random errors): Οφείλονται σε παράγοντες που δεν γνωρίζουμε ή που δεν μπορούμε να ελέγξουμε και γι' αυτό τα ονομάζουμε τυχαία. Στην περίπτωση που έχουμε τυχαία σφάλματα οι μετρήσεις μας κατανέμονται ομοιόμορφα γύρω από τη μέση τιμή, ακολουθώντας την κανονική κατανομή (βλ. σελ. 23).

Η έννοια του τυχαίου σφάλματος είναι σχετική και εξαρτάται από τη διαθέσιμη μετρητική διάταξη. Για παράδειγμα, σε ένα ζυγό ακριβείας τα τυχόν ρεύματα αέρα προκαλούν σφάλματα που τα θεωρούμε τυχαία. Αντίθετα, σε έναν άλλο ζυγό ακριβείας, όπου ο δίσκος ζύγισης κλείνει με παραθυράκια, τα τυχόν ρεύματα αέρα δεν προκαλούν σφάλματα.

Συστηματικά σφάλματα (Systematic errors): Τα συστηματικά σφάλματα επηρεάζουν κατά το ίδιο μέτρο τις μετρήσεις μας, οι οποίες κατανέμονται γύρω από τη μέση τιμή, που είναι όμως διάφορη της πραγματικής. Αυτά τα σφάλματα οφείλονται (όπως άλλωστε δηλώνει και η ονομασία τους) σε κάποιο συστηματικό λάθος που γίνεται κατά τη διάρκεια του πειράματος. Για παράδειγμα, το όργανο των μετρήσεων δεν έχει ρυθμιστεί σωστά και μας δίνει συνεχώς τιμές

μεγαλύτερες ή μικρότερες της πραγματικής ή η πειραματική διαδικασία, αν και ορθή, δεν ακολουθείται επακριβώς ή η μεθοδολογία μέτρησης είναι αφ' εαυτής λανθασμένη.

Λοιπά σφάλματα (Gross errors): Ονομάζονται όλα τα υπόλοιπα σφάλματα που μπορεί να οφείλονται σε σοβαρά λάθη που έγιναν κατά το πείραμα ή σε κάποιο ατύχημα, όπως η καταστροφή ενός κρίσιμου δείγματος ή η βλάβη ενός οργάνου. Είναι στην πλειοψηφία τους οφθαλμοφανή λάθη και ο μόνος τρόπος για να τα εξαλείψουμε είναι να ξανακάνουμε το πείραμα από την αρχή.

1.2 Συλλογή και παρουσίαση στατιστικών στοιχείων

Η συλλογή των στατιστικών στοιχείων γίνεται με διάφορες μεθόδους, όπως η απογραφή και η δειγματοληψία. Στην **απογραφή** συγκεντρώνονται στοιχεία από όλες τις μονάδες του πληθυσμού που θέλουμε να μελετήσουμε σε μια χρονική περίοδο. Στη **δειγματοληψία** εξετάζουμε ένα μικρό μέρος (**δείγμα**) του πληθυσμού, το οποίο επιλέγουμε κατά τέτοιο τρόπο, ώστε οι πληροφορίες, οι εκτιμήσεις και τα συμπεράσματα που θα πάρουμε από αυτό, να έχουν ισχύ για όλο το σύνολο του πληθυσμού στον οποίον ανήκει το δείγμα. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το δείγμα είναι **αντιπροσωπευτικό** του πληθυσμού.

Ορίζουμε τις παρακάτω στατιστικές έννοιες:

Πληθυσμός: Είναι το σύνολο των μετρήσεων ή γενικά των παρατηρήσεων, οι οποίες αναφέρονται σε ένα χαρακτηριστικό ή ιδιότητα των μονάδων του συνόλου που εξετάζουμε. Για πειραματικές μετρήσεις, ο πληθυσμός θεωρητικά, είναι ο άπειρος αριθμός μετρήσεων που μπορούν να εκτελεστούν.

Μεταβλητή: Είναι το χαρακτηριστικό ή η ιδιότητα των στατιστικών μονάδων ως προς το οποίο εξετάζουμε ένα πληθυσμό. Για πειραματικές μετρήσεις είναι το αριθμητικό αποτέλεσμα της πειραματικής μέτρησης, δηλαδή η **πειραματική τιμή** (x_i) $i = 1, 2, \dots, n$.

Δείγμα: Η λήψη όλων των δυνατών τιμών μιας μεταβλητής (απογραφή) είναι δαπανηρή και πολλές φορές αδύνατη (πειραματικές μετρήσεις). Για τον λόγο αυτό στην πράξη παίρνουμε έναν περιορισμένο αριθμό n τιμών μιας μεταβλητής x_i που ονομάζουμε δείγμα (το n είναι το μέγεθος του δείγματος). Το δείγμα, για να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται, πρέπει να έχει επιλεγεί με επιστημονικές μεθόδους δειγματοληψίας.

Η παρουσίαση των στατιστικών στοιχείων γίνεται με τους στατιστικούς πίνακες και με τα διαγράμματα.

Η παρουσίαση των στατιστικών στοιχείων σε πίνακες γίνεται με την κατάλληλη τοποθέτηση των στατιστικών πληροφοριών σε στήλες και γραμμές, κατά τρόπο που να διευκολύνεται η σύγκριση των στοιχείων και η καλύτερη ενημέρωση για τη δομή του πληθυσμού που ερευνάται.

Μετά τη συγκέντρωση των στατιστικών στοιχείων οι τιμές της μεταβλητής κατατάσσονται και ομαδοποιούνται συστηματικά. Σημαντικό βήμα στη στατιστική ανάλυση είναι η οργάνωση των στατιστικών δεδομένων με τη μορφή μιας κατανομής συχνοτήτων ή πίνακα συχνοτήτων.

Για την κατασκευή του πίνακα συχνοτήτων τα δεδομένα ταξινομούνται σε μικρό πλήθος ομάδων που ονομάζονται **κλάσεις**. Οι κλάσεις συνήθως έχουν το ίδιο **εύρος** και είναι διαστήματα κλειστά αριστερά και ανοικτά δεξιά δηλαδή $[,)$. Ο αριθμός των ομάδων μπορεί να ορίζεται αυθαίρετα από τον ερευνητή, αλλά εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος. Καλό είναι να ακολουθείται ο παρακάτω πίνακας.

Μέγεθος δείγματος v	Αριθμός κλάσεων k	Μέγεθος δείγματος v	Αριθμός κλάσεων k
Μικρότερο του 20	5	200 – 400	9
20 – 50	6	400 – 700	10
50 – 100	7	700 – 1000	11
100 – 200	8		

Πίνακας 1.1 Πίνακας επιλογής αριθμού κλάσεων

Αφού επιλεγεί ο αριθμός των κλάσεων, προσδιορίζεται το εύρος κάθε κλάσης διαιρώντας το εύρος του δείγματος (ανώτερη-κατώτερη τιμή) με τον αριθμό των κλάσεων.

Ο παρακάτω πίνακας δίνει την κατανομή των μετρήσεων της πυκνότητας ενός διαλύματος 3M NaCl από μία ομάδα $n = 50$ σπουδαστών σ' ένα εργαστήριο.

α/α	Πυκνότητα διαλύματος 3M NaCl (g/ml)	Αριθμός φοιτητών Συχνότητα v_i
1	1,09-1,10	4
2	1,10-1,11	6
3	1,11-1,12	13
4	1,12-1,13	15
5	1,13-1,14	7
6	1,14-1,15	5
		$\Sigma v_i = n = 50$

Πίνακας 1.2 Πίνακας κατανομής συχνοτήτων

Εάν θέλαμε να συγκρίνουμε τα παραπάνω αποτελέσματα, με τα αποτελέσματα των μετρήσεων της πυκνότητας ενός διαλύματος 3M NaCl από μία άλλη ομάδα 120 σπουδαστών σ' ένα άλλο εργαστήριο, τα αποτελέσματα που θα προέκυπταν από τους δύο πίνακες κατανομής συχνοτήτων, δεν θα ήταν άμεσα συγκρίσιμα.

Ορίζουμε ένα άλλο στατιστικό μέγεθος, τη **σχετική συχνότητα** (f_i), που δίνεται από τη σχέση:

$$f_i = \frac{v_i}{\Sigma v_i} \quad 1.1$$

Ο Πίνακας 1.2 της κατανομής συχνοτήτων, μπορεί τώρα να πάρει την παρακάτω μορφή, εάν τις τιμές της μεταβλητής που είναι σε τάξεις, τις αντικαταστήσουμε με τις κεντρικές τιμές κάθε τάξης και τις συχνότητες με τις σχετικές συχνότητες κάθε τάξης.

Πυκνότητα διαλύματος 3M NaCl (g/ml)	Κεντρικές τιμές x_i	Σχετική Συχνότητα ή Πιθανότητα f_i
1,09 – 1,10	1,095	4:50 = 0,08
1,10 – 1,11	1,105	6:50 = 0,12
1,11 – 1,12	1,115	13:50 = 0,26
1,12 – 1,13	1,125	15:50 = 0,30
1,13 – 1,14	1,135	7:50 = 0,14
1,14 – 1,15	1,145	5:50 = 0,10
		$\Sigma f_i = \Sigma v_i / v = 1$

Πίνακας 1.3 Πίνακας κατανομής σχετικών συχνοτήτων ή πιθανότητας

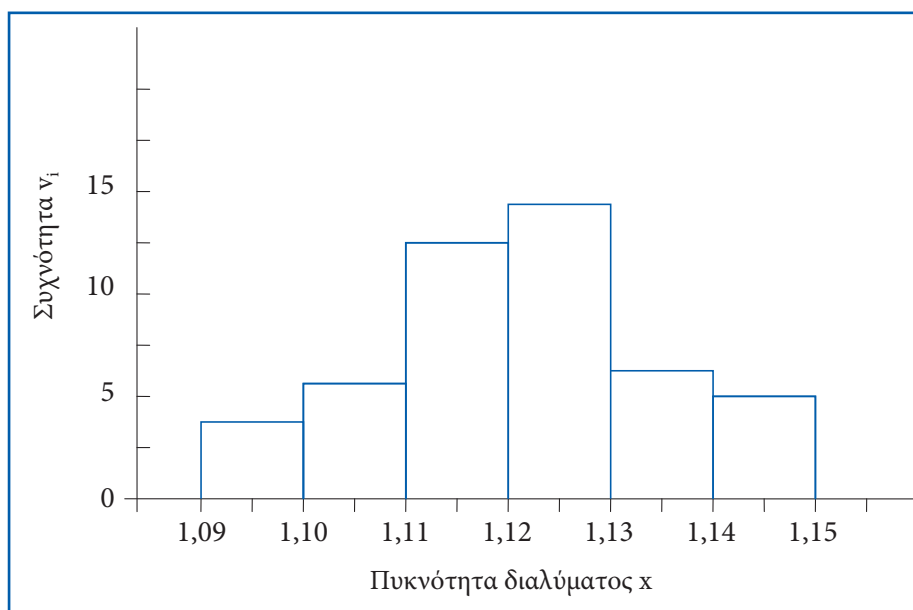
Η σχετική συχνότητα ταυτίζεται με τη μαθηματική πιθανότητα. Αν εκτελέσουμε ένα πείραμα τύχης v φορές και το ενδεχόμενο A εμφανισθεί v_i φορές, τότε η πιθανότητα $P(A)$ να εμφανισθεί το ενδεχόμενο A είναι:

$$P(A) = \frac{v_i}{v} \tag{1.2}$$

Επομένως ο Πίνακας 1.3 ονομάζεται και πίνακας κατανομής πιθανότητας.

Τα διαγράμματα είναι καλύτερο μέσο παρουσίασης των στατιστικών στοιχείων, γιατί δίνουν στους αριθμούς συγκεκριμένη μορφή που μας διευκολύνει να έχουμε μία πλήρη εικόνα του φαινομένου που μελετάμε. Υπάρχουν πολλοί τύποι στατιστικών διαγραμμάτων, όπως ιστοδιαγράμματα, κυκλικά διαγράμματα, ακιδωτά διαγράμματα, αθροιστικά διαγράμματα κ.λπ.

Η γραφική απεικόνιση της κατανομής των Συχνοτήτων v_i δίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 1.1 Ιστογράμμα συχνοτήτων