**Εισαγωγή στον Πειραματισμό**

1. **Γενική σύνοψη: Η σημασία των πειραμάτων στις φυσικές επιστήμες και την επιστήμη των μηχανικών.**

Οι επιστήμονες και μηχανικοί αφιερώνουν ένα μεγάλο ποσό του χρόνου τους σε ότι μπορεί να ονομασθεί «πειραματική εργασία». Ποιος είναι ο λόγος να κάνουν πειράματα; Κατά πρώτον η επιστημονική και τεχνική πρόοδος βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στην υποστήριξη που ένα κρίσιμο πείραμα ή μια σειρά από πειραμάτων μπορεί να προσφέρει. Νέες και παλιές θεωρίες «τίθενται σε δοκιμασία» μέσω πειραμάτων. Το να σχεδιαστεί και να εκτελεστεί ένα πείραμα που μας εφοδιάζει με ένα εμπεριστατωμένο έλεγχο μιας θεωρίας μπορεί να μην είναι εύκολο, αλλά έως ότου επιχειρηθεί ένα τέτοιο πείραμα και τα αποτελέσματά του επιβεβαιωθούν ανεξάρτητα από άλλους (ερευνητές) είναι απίθανο η θεωρία να κερδίσει πλήρη αποδοχή. Επιπρόσθετα προσεχτικά εκτελεσμένα πειράματα μπορεί να αποκαλύψουν νέα φαινόμενα που απαιτούν την τροποποίηση των υπαρχόντων εξηγήσεων.

Σε ένα άλλο επίπεδο τα πειράματα που εκτελούνται ως τμήματα ενός εργαστηριακού μαθήματος είναι απίθανο να ανοίξουν νέους δρόμους. Εν τούτοις μας εφοδιάζουν με την ευκαιρία να αποκτήσουμε γνώση, εμπειρίες / ικανότητες και κατανόηση μέσω διερεύνησης του «πραγματικού κόσμου». Η κατάσταση αυτή παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με την εξιδανικευμένη περιγραφή και εξήγηση των φαινομένων που συχνά παρουσιάζονται στα εγχειρίδια : το να παρατηρήσεις κάτι να συμβαίνει έχει πολύ μεγαλύτερη επίδραση από το να διαβάσεις γι΄αυτό. Το να κάνεις κάτι να συμβεί όπως κάνουμε όταν εκτελούμε ένα πείραμα αφήνει μια ακόμη μεγαλύτερη εντύπωση στο μυαλό / στο πνεύμα.

Τα πειράματα έχουν τις δυσκολίες τους, ορισμένες πειραματικές τεχνικές να τεθούν υπό τον έλεγχό μας και μερικές φορές είμαστε αντιμέτωποι με μια μάζα δεδομένων που απαιτούν προσεκτική εξέταση προτού να είμαστε ικανοί να σκιαγραφήσουμε τα ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά. Υπό αυτές τις συνθήκες Στις περιπτώσεις αυτές λίγη υπομονή και επιμονή οδηγεί μακριά.

Όταν εκτελείτε ένα πείραμα θα πρέπει να αποκτήσετε εμπειρία / βαθειά γνώση στον χειρισμό συσκευών ποικίλων βαθμών πολυπλοκότητας. Και δεν είναι σκοπός αυτού του βιβλίου να δώσει οδηγίες λειτουργίας συγκεκριμένων οργάνων, αλλά να προσφέρει συμβουλές ποιο γενικής και ποιο διαρκούς ελπίζουμε χαρακτήρα. Συγκεκριμένα παραδείγματα και ασκήσεις περιλαμβάνονται στα κεφάλαια που ακολουθούν. Αυτά θα βοηθήσουν και θα επεξηγήσουν ειδικότερη τεχνική ανάλυσης ή να ενισχύσουν ένα σημαντικό σημείο.

Ένα πείραμα μπορεί να επιβάλλεται για να βοηθήσει στο ξεκαθάρισμα ενός αριθμού από ερωτήσεις, μερικές γενικής φύσης και άλλες ποιο συγκεκριμένες. Για παράδειγμα :

1. Πόσο ευρέως εφαρμόσιμη είναι μια θεωρία;
2. Σε ποια θερμοκρασία ένα πρόσφατα παρασκευασμένο κράμα μετάλλων λιώνει;
3. Μπορεί η τεχνική για την μέτρηση μιας συγκεκριμένης ποσότητας να βελτιωθεί;
4. Τι συμβαίνει στις μαγνητικές ιδιότητες ενός υλικού όταν ψύχεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες;
5. Επηρεάζει την λειτουργία μια ημιαγώγιμης διάταξης ο βομβαρδισμός της με πυρηνική ακτινοβολία;

Αυτή οι τύποι των ερωτήσεων διαμορφώνουν το σημείο εκκίνησης για τις πειραματικές διερευνήσεις.

 Είναι διδακτικό να περιγράψουμε τις φάσεις της διαδικασίας μέσω της οποίας ένα τυπικό πείραμα αναπτύσσεται. Μέσω των φάσεων της διαδικασίας που παρουσιάζονται σε μια συγκεκριμένη τάξη, μπορεί να γίνει περισσότερη μετακίνηση προς τα εμπρός και πίσω μεταξύ τους καθώς οι ιδέες αλλάζουν, οι θεωρίες τροποποιούνται καλύτερες συσκευές γίνονται διαθέσιμες και ούτω καθεξής.

* 1. **Φάσεις ενός τυπικού πειράματος**

**Ο σκοπός**

Αυτός αποτελεί το σημείο έναρξης ενός πειράματος. Τι θέλουμε να ανακαλύψουμε; Όσο πιο καθαρός και καλά ορισμένος είναι ο σκοπός του πειράματος τόσο πιο εύκολη είναι η σχεδίαση για την επίτευξή του. Ο σκοπός μπορεί να περιλαμβάνει μια ιδέα ή υπόθεση που θέλετε να προωθήσετε ή δοκιμάσετε. Εν τούτοις δεν είναι ασυνήθιστο να αρχίσετε με έναν συγκεκριμένο στόχο στο μυαλό και ενώ υλοποιείτε το πείραμα να ανακαλύψετε κάτι ενδιαφέρον και απρόσμενο. Αυτή είναι η φύση του πειραματισμού. Αν τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν πλήρως προβλέψιμα δεν θα υπήρχε νόημα να το επιχειρήσουμε. Εν τούτοις θα πρέπει να έχουμε επίγνωση του κινδύνου να γίνει παράκαμψη και να αποτύχουμε να ολοκληρώσουμε την αρχική εργασία.

**Η σχεδίαση**

Μόλις ο σκοπός έχει αποφασισθεί επινοείται ένα σχέδιο για να τον επιτύχουμε. Λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με το τι εξοπλισμός απαιτείται, ποιες ποσότητες χρειάζεται να μετρηθούν και τον τρόπο με τον οποίο αυτές θα μετρηθούν.

**Προετοιμασία**

Η προπαρασκευαστική φάση περιλαμβάνει την οργάνωση του πειράματος. Εξοπλισμός συλλέγεται και συναρμολογείται. Αν οι πειραματικές τεχνικές ή τα όργανα δεν είναι οικεία / είναι άγνωστα θα πρέπει να ληφθούν οδηγίες από έναν έμπειρο χρήστη. Η ενέργεια αυτή αποτρέπει τόσο την σπατάλη χρόνου και το να κάνουμε προφανείς γκάφες, όσο την μείωση του ρίσκου της καταστροφής του εξοπλισμού (και πιθανώς του εαυτού σας!).

**Προκαταρτικό πείραμα**

Ευθύς ως ο εξοπλισμός συναρμολογηθεί συχνά εκτελείται ένα προκαταρτικό πείραμα. Αυτό προωθεί την οικειότητα με την λειτουργία του εξοπλισμού, υποδεικνύει ποια χαρακτηριστικά δουλεύουν καλά, και ποια χρειάζονται περαιτέρω ανάπτυξη και δίνει μια αίσθηση ποιες τιμές να αναμένουμε όταν το πείραμα το πείραμα εκτελεστεί ποιο προσεκτικά .

**Συλλογή δεδομένων**

Η φάση της συλλογής των δεδομένων τώρα αρχίζει. Εγρήγορση / ετοιμότητα και προσοχή σε λεπτομέρειες σε αυτή την φάση θα σας ανταμείψουν με ένα πολύτιμο σύνολο δεδομένων. Δεν υπάρχει τίποτα ποιο απογοητευτικό από το να ξοδέψεις ένα απόγευμα συλλέγοντας δεδομένα για να βρεις μόνον ότι κάτι όπως η παράλειψη της καταγραφής των μονάδων με τις οποίες έγιναν οι μετρήσεις έχει καταστήσει τα δεδομένα μη χρησιμοποιήσιμα.

**Επαναληπτικότητα**

Το πείραμα επαναλαμβάνεται προσεκτικά για να επιβεβαιωθεί εάν το πρώτο σύνολο δεδομένων είναι αντιπροσωπευτικό και μπορεί να παραχθεί ξανά. Το πείραμα που επαναλαμβάνεται δεν αναμένεται να γεννήσει ακριβώς τα ίδια δεδομένα. Εν τούτοις μεγάλες μεταβολές μεταξύ των συνόλων των δεδομένων θα πρέπει να ερευνηθούν

**Ανάλυση των δεδομένων**

Όταν η συλλογή των δεδομένων συμπληρωθεί τίθεται μια πιο ενδιαφέρουσα ερώτηση: Τι μας λένε τα δεδομένα; Αν το πείραμα εκτελέστηκε με κάποια υπόθεση στο μυαλό μας , τότε αυτή θα μας υποδείξει πια(ες) μέθοδος (οι) ανάλυσης δεδομένων θα πρέπει να υιοθετηθεί . Για παράδειγμα σε ένα πείραμα μελέτης της αλλαγής της έντασης του φωτός καθώς η απόσταση από την φωτεινή πηγή αυξάνεται , μια διαδεδομένη /επικρατούσα θεωρία μπορεί να μας οδηγεί να πιστεύουμε ότι υπάρχει μια σχέση «νόμου δύναμης» μεταξύ της έντασης I και της απόστασης d. Η σχέση αυτή θα μπορούσε να γραφεί ως εξής:

$Ι=Αd^{n}$(1.1)

Όπου Α και n είναι σταθερές. Το πείραμα θα μπορούσε να συνίσταται στην μέτρηση της έντασης του φωτός καθώς η απόσταση μεταξύ της φωτεινής πηγής και του ανιχνευτεί μεταβάλλεται. Από την ανάλυση των δεδομένων θα επιθυμούσαμε να γνωρίζουμε πόσο καλά η εξίσωση 1.1 περιγράφει την σχέση μεταξύ των I και d και τις αριθμητικές τιμές των A και n.

**Τι μας λένε τα δεδομένα**

Από την στιγμή που τα δεδομένα συλλεχτεί και αναλυθεί, είναι ώρα να αποφασίσουμε αν είναι συνεπή με την αρχική μας υπόθεση ή αν οι ενδείξεις είναι ασαφείς ή ακόμη και αντιφατικές / αλληλοσυγκρουόμενες. Για παράδειγμα στο πείραμα μας με το φώς μας εφοδιάζουν τα δεδομένα με επαρκείς ενδείξεις ώστε να είμαστε ικανοί να συμπεράνουμε ότι η εξίσωση 1.1 είναι μια καλή περιγραφή της σχέσης μεταξύ της έντασης και της απόστασης;

**Παρουσιάζοντας το πείραμα**

Όταν η δουλειά στο εργαστήριο συμπληρωθεί τα ευρήματα θα πρέπει να ανακοινωθούν κατά ένα καθαρό και περιεκτικό και σαφή τρόπο. Μια αναφορά θα πρέπει να προετοιμαστεί η οποία να περιγράφει τα σημαντικά χαρακτηριστικά του πειράματος όπως τον σκοπό, την μέθοδο, τα δεδομένα, την ανάλυση και τα συμπεράσματα.

* 1. **Κρατείστε μια καταγραφή της δουλειάς σας.**

Ένα πείραμα μπορεί να λιγο χρόνο μια περίπου ώρα είτε να επεκταθεί σε αρκετές μέρες. Κατά την διάρκεια αυτού του χρόνου, διαδικασίες μπορεί να σχεδιαστούν, να δημιουργηθούν ηλεκτρικά κυκλώματα, συσκευές να συναρμολογηθούν, δεδομένα να συλλεχθούν και άλλα βήματα να απαιτηθούν μικρά και μεγάλα πριν το πείραμα ολοκληρωθεί. Άσχετα από την διάρκεια ή την πολυπλοκότητα του πειράματος ένα πράγμα είναι βέβαιο : όσο ποιο καλή καταγραφεί έχει γίνει αυτών που έχουν πραγματοποιηθεί τόσο ευκολότερο θα είναι το έργο της παρουσίασης της δουλειάς ίσως στην μορφή μια αναφοράς στον επιβλέποντα του εργαστηρίου. Ένας πειστικός τρόπος καταγραφής εργασίας είναι να χρησιμοποιηθεί ένα τετράδιο εργαστηρίου συχνά αποκαλούμενο και «βιβλίο καταγραφής»

**1.3.1. Το τετράδιο εργαστηρίου**

Ένα τετράδιο εργαστηρίου περιέχει μια μόνιμη καταγραφή ενός πειράματος που έχει εκτελεστεί και για πολλούς επιστήμονες και μηχανικούς είναι ένα απολύτως αναγκαίο στοιχείο της πειραματικής δουλειάς. Σ’ αυτό καταγράφουν κάθε λεπτομέρεια ενός πειράματος είτε οι λεπτομέρειες αυτές φαίνονται ενδιαφέρουσες είτε όχι κατά την στιγμή που καταγράφονται. Συχνά δεν είναι μέχρι κάποια στιγμή αργότερα που προκύπτει ποιες είναι οι σημαντικές καταχωρήσεις και ποιες είναι μικρότερης αξίας.

Τετράδια εργαστηρίου είναι διαθέσιμα σε μια ποικιλία μεγεθών αλλά αυτά που έχουν εναλλασσόμενες σελίδες με συνήθεις σελίδες με γραμμές που ακολουθούνται από σελίδες κατάλληλες για της κατασκευή γραφημάτων είναι τα πλέον κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα γράφημα πρέπει να δημιουργηθεί ως τμήμα του πειράματος. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα κοινό τετράδιο και να του κολλήσουμε όπου είναι απαραίτητο ένα τμήμα φύλλου χαρτιού για γραφήματα. Ένα τετράδιο εργαστηρίου δεμένο με σκληρό κάλυμμα, αν και γενικά είναι πιο ακριβό από μια ποικιλία με μαλακό εξωτερικό κάλυμμα , είναι μια καλή επένδυση, δεδομένου ότι τείνουν να υποστούν σκληρή μεταχείριση και ίσως να απαιτείται να διαρκέσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επιπρόσθετα υπάρχει γενικώς μικρότερη τάση οι άνθρωποι να σχίζουν σελίδες από βιβλία με σκληρό εξώφυλλο ( μια πράξη που είναι παρακινδυνευμένη κάτω από όλες τις περιστάσεις!).

Ένα τετράδιο εργαστηρίου θα πρέπει να είναι κατανοητό τουλάχιστον σε ένα άτομο – εσάς!. Εν τούτοις μπορεί να υπάρχουν περιστάσεις κατά τις οποίες τα περιεχόμενα του τετραδίου σχηματίζουν τμήματα μιας αποτίμησης ενός πειράματος. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να θυμάστε ότι το εργαστηριακό τετράδιο πρόκειται να διαβαστεί και από κάποιον άλλο έτσι ένα λογικό πλάνο της περιγραφής του πειράματος απαιτείται. Η σειρά και η περιγραφή των ενδιαφερόντων στοιχείων τα οποία δομούν μια περιγραφή του πειράματος δίνονται στον πίνακα 1.1

**Πίνακας 1.1 :** Περιγραφή των περιεχομένων του εργαστηριακού τετραδίου

|  |  |
| --- | --- |
| **Καταχωρήσεις του** **Εργαστηριακού τετραδίου**  | **Περιγραφή** |
| Ημερομηνία  | Είναι καλό νοικοκύρεμα / απαραίτητη δουλειά ρουτίνας και σας επιτρέπει να συνδέσετε χρονολογικά τα περιεχόμενα του τετραδίου σας με άλλα τμήματα της δουλειά σας . Για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι σημαντικό να συσχετίσετε καταχωρήσεις στο τετράδιό σας με πειραματικά δεδομένα τα οποία συγκεντρώσατε και αποθηκεύσατε στο κομπιούτερ σας την ίδια μέρα.  |
| Τίτλος  | Αφήνει τον αναγνώστη χωρίς αμφιβολίες σχετικά με αυτό στο οποίο αναφέρεται το πείραμα  |
| Σκοπός του Πειράματος  | Αν και αυτός είναι κάτι το οποίο θα πρέπει εσείς να έχετε αποφασίσει είναι τόσο ενδιαφέρον ώστε επιδέχεται επανάληψη και θα πρέπει να του δοθεί μια διακεκριμένη θέση στο τετράδιό σας μετά τον τίτλο του πειράματος  |
| Περιγραφή των συσκευών  | Για πολλά πειράματα μια σύντομη λίστα των χρησιμοποιούμενων συσκευών είναι επαρκής. Αν αυτή έχει ήδη περιληφθεί σε ένα φύλλο εργασίας σχετικό με την «πειραματική μέθοδο» με το οποίο εφοδιαστήκατε στην αρχή του πειράματος τότε μια πρακτική και λειτουργική παρά διακοσμητική άποψη του θα πρέπει να προσαρτηθεί και να καλύπτει ένα τμήμα του τετραδίου κατά μόνιμο τρόπο. Η καταγραφή των σειριακών αριθμών των συσκευών που χρησιμοποιείται αποτελεί μια καλή πρακτική. Η καταγραφή αυτή σας επιτρέπει να ξαναγυρίσετε στο όργανο αυτό αργότερα αν η καταγραφή αποκαλύπτει ανωμαλίες για τις οποίες έχετε λόγους να υποψιάζεστε ότι προκαλούνται από το συγκεκριμένο όργανο.   |
| Σκίτσο των Συσκευών  | Ένα διάγραμμα της πειραματικής διάταξης προσδιορισμένο πλήρως με ετικέτες αξίζει μια σελίδα εξήγησης και μπορεί να βοηθήσει να θυμηθούμε το πείραμα καιρό μετά την ολοκλήρωσή του. Ένα απλό γραμμικό διάγραμμα ζωγραφισμένο με το χέρι είναι ότι χρειάζεται.  |

**Πίνακας 1.1 :** Περιγραφή των περιεχομένων του εργαστηριακού τετραδίου – Συνέχεια

|  |  |
| --- | --- |
| Πειραματική μέθοδος  | Αν η μέθοδος δίνεται με την μορφή συνόλου οδηγιών που θα πρέπει να ακολουθηθούν , τότε θα πρέπει «να κοπούν και να κολληθούν» στο εργαστηριακό τετράδιο. Αν σχεδιάσατε/ επινοήσατε την μέθοδο οι ίδιοι τότε δώστε επαρκείς λεπτομέρειες ώστε εσείς ή κάποιος άλλος να μπορεί να επαναλάβει το πείραμα κάποια μεταγενέστερη χρονική στιγμή .  |
| Μετρήσεις  | Είναι σύνηθες να παρουσιάζεται τα δεδομένα σε πίνακες φροντίζοντας να δίνεται σε κάθε στήλη του πίνακα επικεφαλίδα που περιλαμβάνει και τις μονάδες μέτρησης . Εκτίμηση της πειραματικής αβεβαιότητας (γνωστής επίσης και ως πειραματικό σφάλμα) για κάθε ποσότητα θα πρέπει να περιλαμβάνεται στον πίνακα. Οι μετρούμενες ποσότητες καταγράφονται άμεσα στο εργαστηριακό τετράδιο όπως πραγματοποιούνται  |
| Γραφήματα  | Τα γραφήματα είναι καλύτερα στο να δώσουν την «μεγάλη εικόνα» των δεδομένων από τους πίνακες αριθμών και είναι συχνά το πρώτο πράγμα που αποτιμά κάποιος που θα εξετάσει την εργασία σας. Το γράφημα πρέπει να παρουσιάζεται καθαρά με τίτλο ετικέτες αξόνων κλπ.  |
| Υπολογισμοί  | Αν πρόκειται να κάνετε υπολογισμούς που βασίζονται στα δεδομένα σας δώστε καθαρά τον τύπο ή την σχέση που πρόκειται να χρησιμοποιήσετε. Δουλέψτε στο τετράδιό σας με τους υπολογισμούς τόσο πλήρως όσο είναι δυνατόν δίνοντας μια ξεκάθαρη εξήγηση των βημάτων που ακολουθήσατε  |
| Συμπεράσματα  | Ένα εργαστηριακό τετράδιο δεν είναι συνήθως ο χώρος όπου θα παρουσιάσετε μια λεπτομερή συζήτηση της δουλειά σας. Εν τούτοις στο τέλος του πειράματος θα πρέπει να συμπεριλάβετε ένα σύντομο συμπέρασμα. Για παράδειγμα αν ο σκοπός του πειράματος ήταν να βρεθεί το σημείο βρασμού του μολύβδου θα πρέπει να αναφερθεί: Από τις *παρατηρήσεις που έγιναν σε αυτό το πείραμα το σημείο βρασμού του μολύβδου βρέθηκε να είναι* $(325\pm 5)^{ο }C$*.* |

Μια χρήσιμη πληροφορία είναι να αριθμήσετε τις σελίδες του εργαστηριακού τετραδίου. Αυτό είναι χρήσιμο αν θέλετε να αναφερθείτε σε ένα άλλο τμήμα της δουλειά σας στο τετράδιο και είναι ιδιαίτερα αποδοτικά όταν περιγράφεται μια σειρά πειραμάτων που καλύπτουν αρκετές σελίδες. Για παράδειγμα θα θέλετε να πείτε «το κύκλωμ που χρησιμοποιείται είναι αυτό της σελίδας 27».

Όπως περιγράφηκε πριν το πείραμα εκτελεί δυό λειτουργίες. Η πρώτη είναι να καταγράψει όλες τις σχετικές πληροφορίες που αφορούν το πείραμα και η δεύτερη να το παρουσιάσει ως μια μικρή αναφορά που θα μπορούσε να αξιολογηθεί από άλλους . Αν και οι δυο λειτουργίες είναι πολύ ενδιαφέρουσες, καθώς η διάρκεια και η πολυπλοκότητα του πειράματος αυξάνει αυτές οι λειτουργίες τείνουν να διαχωριστούν και ο ρόλος του τετραδίου μεταβάλλεται αρκετά

**1.3.2 Προχωρημένα πειράματα και το εργαστηριακό τετράδιο**

Εφ όσον τα πειράματα είναι σύντομα και λογικώς αυτάρκη η προσέγγιση της παρουσίασης της δουλειάς στο τετράδιο εργαστηρίου σας που περιγράφηκε προηγουμένως είναι εξαιρετική. Αλλά τι θα συμβεί εάν ερωτηθείτε να σχεδιάσετε ένα πείραμα από το μηδέν, που απαιτεί να είστε υπεύθυνος τόσο για τον σκοπό και την μέθοδο όσο και την συλλογή δεδομένων την εκτίμηση των αβεβαιοτήτων και ούτω καθ’ εξής; Αυτή η κατάσταση μπορεί πολύ καλά να συμβεί όταν κάνετε ποιο προχωρημένα πειράματα ή όταν εκτελείτε πειραματικά project που διαρκούν μερικές εβδομάδες. Αν και οι επικεφαλίδες που εμφανίζονται στην αριστερή στήλη του πίνακα 1.1 εξακολουθούν να είναι χρήσιμες είναι απίθανο να είστε ικανός να συμπληρώστε το εργαστηριακό τετράδιο κατά ένα τέτοιο σταδιακό τρόπο.

Μια τυπική κατάσταση όπου μπορείτε να βρεθείτε μπορεί να είναι η ακόλουθη :

Ως τμήμα ενός πειράματος χρειάζεται να μετρήσετε το μέτρο του μαγνητικού πεδίου στην γειτονιά της συσκευής σας. Αποφασίζετε να χρησιμοποιήσετε ένα αισθητήρα μέτρησης μαγνητικού πεδίου μέσω του φαινομένου Hall (Hall probe)[[1]](#footnote-1) και καταπιανόσαστε να τον βαθμονομήσετε. Όταν προσπαθήσετε να τον χρησιμοποιήσετε για το πείραμά σας προκύπτει ότι δεν είναι κατάλληλος για να μετρήσει τα μικρά πεδία με τα οποία είστε αντιμέτωποι και μια άλλη προσέγγιση απαιτείται. Ψάχνοντας βιβλία ηλεκτρομαγνητισμού βρίσκουμε μια περιγραφή ενός πηνίου ανίχνευσης που γεννά μια τάση όταν περιστρέφεται σε ένα μαγνητικό πεδίο. Χρησιμοποιώντας το και ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα πιστεύετε ότι τώρα είστε ικανοί να μετρήσετε πολύ μικρά μαγνητικά πεδία. Αποφασίζετε να δημιουργήσετε ένα ανιχνευτικό πηνίο (search coil) και να δοκιμάσετε το κύκλωμα.

Η δουλειά που περιγράφηκε πριν μπορεί να πάρει μια εβδομάδα να δοκιμαστεί ο εξοπλισμός , να χτιστούν τα κυκλώματα, να αναζητηθούν πληροφορίες και κατεβαίνοντας το μη αναμενόμενο αδιέξοδο. Από την αρχή ως το τέλος αυτής της φάσης ανάπτυξης κάθε τι καταχωρείτε στο εργαστηριακό τετράδιο : αποτελέσματα βαθμονόμησης του συστήματος, ανεπιτυχείς προσπάθειες μέτρησης του μαγνητικού πεδίου στην γειτονιά της συσκευής , περιγραφή της σχεδίασης του ανιχνευτικού πηνίου και ούτω καθ εξής. Όταν ιδέες γεννιούνται για κάποιο άλλο τρόπο πορείας / ενέργειας, οι ιδέες αυτές καταγράφονται στο τετράδιο εργαστηρίου. Μπορεί να είναι μόνον μερικές από τις ιδέες αυτές οι οποίες τελικά θα συνεισφέρουν στο τρέχων πείραμα. Εν τούτοις είναι αρκετά πιθανό, ότι πολύ αργότερα θα αντιμετωπίσεις ένα παρόμοιο πρόβλημα και οι καταγεγραμμένες ιδέες, αναφορές και μετρήσεις θα δώσουν ένα καλό σημείο εκκίνησης για να λύσεις *εκείνο* το πρόβλημα.



**Εικόνα 1.1:** παράδειγμα σελίδων από ένα τετράδιο εργαστηρίου.

Έχουμε περιγράψει στο κείμενο της εσοχής ένα μικρό τμήμα ενός μεγάλου πειράματος. Τα πλήρες πείραμα μπορεί να πάρει χρόνο για να ολοκληρωθεί και η περιγραφή / εξήγηση μπορεί να γεμίσει ένα τετράδιο εργαστηρίου. Σε αυτήν την περίπτωση το τετράδιο εργαστηρίου παίζει ένα κρίσιμο ρόλο όταν η δουλειά που έχει γίνει πρόκειται να ανακοινωθεί σε άλλους. Περιέχει λεπτομέρειες της προόδου που έγινε, των προβλημάτων που ανέκυψαν καθώς και δεδομένα που συλλέχθηκαν σε μορφή πινάκων ή γραφική/ διαγραμμάτων. Το να γράψεις μια έκθεση είναι τόσο πολύ πιο εύκολο όσο όλες οι πληροφορίες που χρειάζεσαι είναι συγκεντρωμένες σε ένα μέρος το εργαστηριακό σου τετράδιο. Είναι απίθανο ότι το εργαστηριακό τετράδιο θα κάνει πλήρη αίσθηση σε οποιονδήποτε άλλο, αλλά θα κάνει αίσθηση σε σένα καθώς από αυτό θα προετοιμαστεί μια αναφορά που θα διαβαστεί από άλλους.

Εάν δεν είστε ήδη εξοικειωμένοι με ένα εργαστηριακό τετράδιο με το τι μοιάζει το περιεχόμενο ενός τυπικού τέτοιου τετραδίου. Η εικόνα 1.1 παρουσιάζει ένα μικρό τμήμα ενός από τα τετράδιά μου που πάει πίσω στα 1992. Όντως η δουλειά που σχετίζεται με τις μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου αναφέρεται στην αρχή του τμήματος. Θα εκτιμήσετε ότι η νοικοκυροσύνη δεν ήταν η υψηλότερη προτεραιότητα αλλά η μέθοδος μέσω της οποίας μια ευαίσθητη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου μπορεί να γίνει μπορεί να ειδωθεί να σχηματοποιείται. Στο τμήμα περιέχονται λεπτομέρειες για το πηνίο, η βασική ηλεκτρομαγνητική θεωρία που οδηγεί σε έναν τύπο που σχετίζει την ολοκληρωμένη τάση με τον χρόνο από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με την μεταβολή του μαγνητικού πεδίου. Ένας ολοκληρωτής «κειμένου» δείχνεται μαζί με τις πρώτες μου προσπάθειες σε μια πρακτική εκδοχή. Όπου σκέψεις έχουν προκύψει που αφορούν την σχεδίαση του κυκλώματος, τις έχω καταγράψει στο τετράδιο. Ο πίνακας δείχνει την ολίσθηση της τάσης εξόδου του ολοκληρωτή με τον χρόνο για μια περίοδο των 60 s.

Ένα τετράδιο εργαστηρίου είναι ένα πολύ προσωπικό είδος και σε κάποιες περιστάσεις μπορεί να είναι απρόσμενα πολύτιμο. Αν είστε αρκετά τυχερός για να κάνετε μια μεγάλη επιστημονική ή τεχνική ανακάλυψη είναι πιθανό να εμφανιστεί στο εργαστηριακό σας τετράδιο πριν εμφανιστεί οπουδήποτε αλλού. Αν επιπρόσθετα είστε αρκετά άτυχος να είστε σε ανταγωνισμό με κάποιον άλλο που κατόρθωσε να κάνει την ανακάλυψη πρώτος, θα βρείτε ότι το τετράδιό σας γίνεται ένα ζωτικό κομμάτι των νομικών στοιχείων για να αποδείξετε τι κάματε και πότε. Προσοχή: τα χρήματα και η φήμη μπορεί να συνδέονται με το εργαστηριακό σας τετράδιο, έτσι χρησιμοποιείστε το καλά και κρατείστε το ασφαλές.



Το Hall probe είναι ένας αισθητήρας μαγνητικού πεδίου που περνά ηλεκτρικό ρεύμα όταν είναι κάθετος προς το μαγνητικό πεδίο. Οσο πιο ισχυρότερο είναι το μαγνητικό πεδίο τόσο περισσότερο ρεύμα περνά (Μπαταρία, Μαγνήτης, Σύρμα, Αισθητήρας, Βαλλιστικό γαλβανόμετρο )

1. Ένα Hall probe συνίσταται από ένα μικρό κομμάτι από ημιαγωγό που γεννάει ένα μικρό δυναμικό ανάλογο με το μαγνητικό πεδίο στην γειτονιά του probe [↑](#footnote-ref-1)