

Συγγραφή σωστής έκθεσης αποτελεσμάτων – Οδηγίες

Κάθε φοιτητής θα πρέπει να παραδώσει μια έκθεση των αποτελεσμάτων που πήρατε κατά την διάρκεια μιας εργαστηριακής άσκησης. Οι εκθέσεις θα πρέπει να είναι κατά προτίμηση δακτυλογραφημένες και γραμματικά σωστές. Ωστόσο χειρόγραφες καθαρογραμμένες εκθέσεις είναι δεκτές. Όλες οι γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους κανόνες που περιγράφονται στη διάλεξη 3. Το κείμενο της έκθεσής σας, εξαιρουμένου των σελίδων των υπολογισμών σας, δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τις 160 γραμμές με μέγεθος χαρακτήρων όχι μικρότερο των 10pt. Μπορεί σαν αναγνώστης της έκθεσής σας να διαβάσω μόνο τις πρώτες 160 γραμμές και να αγνοήσω τις υπόλοιπες με αποτέλεσμα η βαθμολογία της έκθεσής σας να περιορίζεται μόνο στο τι έχω διαβάσει.

Γενικά κάθε έκθεση σχετικά με μια εργαστηριακή άσκηση ακολουθεί μια δομή ανάλογη με αυτή των δημοσιευμένων άρθρων. Θα πρέπει να περιέχει τα ακόλουθα:

Αρχική σελίδα/Σελίδα τίτλου

Η πρώτη σελίδα της έκθεσής σας θα πρέπει να περιέχει τα ακόλουθα:

- (I) Το όνομά σας και τον αριθμό ταυτότητάς σας.
- (II) Τα ονόματα και αριθμούς ταυτοτήτων των υπόλοιπων μελών της ομάδας σας.
- (III) Υπογραμμισμένα τα ονόματα του κύριου συγγραφέα
- (IV) Το τίτλο και τον αριθμό της πειραματικής άσκησης
- (V) Το τίτλο του μαθήματος (ΦΥΣ 114) και την ώρα και μέρα που συμμετέχετε στην εργαστηριακή άσκηση
- (VI) Την ημερομηνία που θα πρέπει να επιστρέψετε την εργασία σας.
- (VII) Μια επιγραμματική περίληψη (abstract) στο κάτω μέρος της σελίδας

Περίληψη (abstract)

Η περίληψη (abstract) είναι μια σύντομη παράγραφος, που τοποθετείται στο κάτω μέρος της αρχικής σελίδας και στην οποία ορίζονται οι *ποσότητες τις οποίες μετράτε* (π.χ. η επιτάχυνση της βαρύτητας, ροπή αδράνειας στερεού σώματος κλπ), *τη μέθοδο που χρησιμοποιήσατε* για να τις μετρήσετε (π.χ. ρίχνοντας διάφορα βαρίδια, χρησιμοποιώντας τροχαλίες κλπ) *και τα αποτελέσματά σας* (π.χ. τη τιμή του g με την ανάλογη αβεβαιότητα, τη τοις εκατό απόκλιση της μετρούμενης και θεωρητικής τιμής). Η περίληψη αυτή πρέπει να αποτελείται από μερικές μόνο προτάσεις, αλλά θα πρέπει να περιγράφει το τι ακριβώς αναφέρει η έκθεσή σας ούτως ώστε κάποιος ο που διαβάζει μόνο τη περίληψη να έχει πλήρη κατανόηση του θέματος που θα περιγράψετε.

Για παράδειγμα έστω ότι κάνατε κάποιο πείραμα στο οποίο μετράτε τη σχέση μεταξύ των φάσεων της σελήνης και του μήκους μιας σανίδας.

Abstract

Διερευνήσαμε τη σχέση μεταξύ των φάσεων της σελήνης και του μήκους μιας σανίδας οξιάς. Μετρήσαμε το μήκος της σανίδας κατά τη διάρκεια ενός πλήρους σεληνιακού μήνα. Μέσα στα όρια των αβεβαιοτήτων, η μέτρησή μας έδειξε ότι το μήκος της σανίδας είναι σταθερό και ότι δεν υπάρχει συσχετισμός μεταξύ των φάσεων της σελήνης και του

μήκους της σανίδας. Προσδιορίσαμε με βάση τη μέση τιμή των μετρήσεών μας, ότι το μήκος της σανίδας είναι $(12.4 \pm 0.6) \text{cm}$.

Εισαγωγή/Θεωρητικό υπόβαθρο

Η ενότητα “Εισαγωγή/Θεωρητικό υπόβαθρο” της έκθεσής σας δίνει την βασική ιδέα της πειραματικής σας άσκησης ή διερεύνησης. Θα πρέπει να περιέχει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τη θεωρία και ίσως της ιστορικό χρονικό που σχετίζεται με τη μέτρηση που προσπαθείτε να κάνετε και επίσης το λόγο που η μέτρηση είναι σημαντική για τη Φυσική.

Ένα σημαντικό σημείο της εισαγωγής μιας ερευνητικής έκθεσης είναι ότι αναφέρει τις προσπάθειες που έγιναν στο παρελθόν για τη συγκεκριμένη μέτρηση και παράλληλα δίνει αναφορές σε άρθρα τα οποία έχουν δημοσιευθεί στο παρελθόν από άλλους ερευνητές. Με το τρόπο αυτό δίνονται όλες οι πληροφορίες για τη θεωρητική υποστήριξη της μέτρησής αλλά και της σημασίας της. Αν χρησιμοποιείτε μια τεχνική μέτρησης η οποία είναι γνωστή και αποδεκτή τότε θα πρέπει να δώσετε αναφορά στο άτομο το οποίο εισήγαγε και ανέπτυξε τη μέθοδο. Ο σκοπός της ενότητας “εισαγωγή” είναι να προετοιμάσει τον αναγνώστη της έκθεσής σας για το πείραμα το οποίο θα περιγράψετε. Για παράδειγμα για το πείραμά σας θα μπορούσατε να γράψετε την εισαγωγή ως ακολούθως:

Εισαγωγή

Η σχέση μεταξύ σανίδων ξύλου και των φάσεων της σελήνης αποτελεί αντικείμενο πολλών εργασιών το τελευταίο διάστημα. Τα περισσότερα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί τελευταία επικεντρώνονται στη μελέτη σανίδων οξιάς [1]. Τέτοιου είδους σανίδες επιλέγονται κυρίως λόγω της πυκνότητάς τους και το χρώμα τους. Στις δυο αυτές ιδιότητες αποδίδονται οι διαφορές που παρουσιάζονται.

Η τεχνική που χρησιμοποιήσαμε είναι ίδια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε από άλλους ερευνητές [2]. Προσδιορίζουμε τις φάσεις της σελήνης με βάση τις πληροφορίες που αναγράφονται στις τοπικές εφημερίδες και τις συσχετίζουμε με τις μετρήσεις μας του μήκους της σανίδας. Η χρησιμοποίηση της πληροφορίας από τις τοπικές εφημερίδες εγγυάται τη πιστότητα αυτού του μέρους του πειράματός μας και παράλληλα χρησιμοποιεί δημοσιευμένες πληροφορίες προσβάσιμες από όλους. Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε σε προηγούμενες μετρήσεις μας ήταν η αβεβαιότητα στο προσδιορισμό των φάσεων της σελήνης λόγω της απειρίας μας αλλά και έλλειψη των κατάλληλων οργάνων. Στις μετρήσεις και ανάλυση που παρουσιάζεται σε αυτή την έκθεση ο παραπάνω παράγοντας δεν αποτελεί κάποιο πρόβλημα.

Προσέξτε ότι οι πληροφορίες που αναφέρονται σε προηγούμενες δημοσιεύσεις ή τεχνικές προσδιορίζονται με κάποια νούμερα τα οποία περικλείονται μέσα σε τετραγωνικές αγκύλες όπως το [1] στη πρώτη παράγραφο της εισαγωγής. Ο αριθμός αυτός δείχνει ποιά παραπομπή χρησιμοποιείται από τη λίστα των παραπομπών που θα πρέπει να έχετε στο τέλος της έκθεσής σας. Η χρησιμοποίηση της παραπομπής ουσιαστικά δηλώνει στον αναγνώστη ποια πληροφορία δεν είναι πρωτότυπη και την πηγή που χρησιμοποιήσατε για την πληροφορία αυτή.

Εν γένει θα πρέπει:

- a) Να γράφετε σα να αναφέρεστε σε κοινό το οποίο έχει γνώσεις επί του θέματος (π.χ. οι συμφοιτητές σας).
- b) Προσπαθήστε να δώσετε στον αναγνώστη το περίγραμμα για να καταλάβει το πείραμά σας.
- c) Χρησιμοποιήστε παραπομπές για να αναφερθείτε στην έρευνα άλλων και να θεμελιώσετε το θεωρητικό υπόβαθρο.

Πειραματική Διαδικασία

Θα πρέπει να είστε ξεκάθαροι στις προτάσεις σας σχετικά με το τι ακριβώς κάνατε για να πάρετε τις μετρήσεις σας, το λόγο που επιλέξατε να κάνετε κάτι συγκεκριμένο στη διαδικασία της μεθόδου σας και επίσης πως το κάνατε. Δώστε διαγράμματα και πίνακες για να δείξετε τη μέθοδο που ακολουθήσατε. Μην ξεχνάτε ότι ένα σχήμα ή μια φωτογραφία ισοδυναμεί με χίλιες λέξεις. Επίσης μη ξεχνάτε ότι ο αναγνώστης θα πρέπει να είναι σε θέση να επαναλάβει το πείραμά σας από τις πληροφορίες και μόνο που δίνετε στην έκθεσή σας.

Αν αναφέρεστε σε κάποια όργανα ή μέθοδο ή διάταξη με ορολογία συγκεκριμένη για το πείραμά σας ή επειδή του δώσατε κάποια προσωνύμιο θα πρέπει να την ορίσετε την προσωνυμία αυτή στην ενότητα αυτή. Έτσι θα μπορείτε να αναφερθείτε στη προσωνυμία χωρίς αποφεύγοντας σύγχυση του αναγνώστη με διαφορετικές ονομασίες. Για παράδειγμα αν έχετε τα δείγματα δεδομένων “Α”, “Β”, και “C” ορίστε τι αντιπροσωπεύουν οι επιγραφές “Α”, “Β” και “C” ώστε να μη συγχύζεται ο αναγνώστης. Το προτιμητέο είναι να αποφεύγονται οι προσωνυμίες αλλά πολλές φορές είναι αδύνατο. Πριν ξεκινήσετε να γράφετε την ενότητα αυτή σκεφθείτε αρκετά το πείραμά σας. Ποιά είναι η ουσία της μεθόδου σας; Ποια είναι τα σημαντικά σημεία τα οποία θα πρέπει να εξηγήσετε ώστε τα αποτελέσματά σας να έχουν κάποιο νόημα; Τη στιγμή που απαντήσατε σε αυτά τα ερωτήματα, το να συμπληρώσετε τις λεπτομέρειες είναι αρκετά εύκολο.

Εν γένει:

- a) Συμπεριλάβετε μια κατανοητή παράγραφο με το τι κάνατε, γιατί το κάνατε και πως το κάνατε.
- b) Συμπεριλάβετε ένα διάγραμμα της διάταξης που χρησιμοποιήσατε.
- c) Ορίστε οποιουσδήποτε τεχνικούς όρους ή προσωνυμία τα οποία δεν χρησιμοποιούνται ευρέως.

Αποτελέσματα/Ανάλυση/Φυσική

Η ενότητα αυτή περιέχει συζήτηση της θεωρίας και της συνάφειάς της με το πείραμα. Η ανάπτυξη που κάνατε για τη θεωρία θα πρέπει να περιέχει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, την έννοια των μεταβλητών και πως προκύπτει ο συσχετισμός των μεταβλητών αυτών από θεμελιώδεις αρχές, όπως για παράδειγμα οι νόμοι του Newton, η διατήρηση της ενέργειας, ο παγκόσμιος νόμος της βαρύτητας κλπ.

Η ενότητα αυτή της έκθεσής σας περιέχει ακόμα την περιγραφή του συσχετισμού μεταξύ των θεωρητικών μεγεθών με τα πειραματικά μετρούμενα μεγέθη. Για παράδειγμα έστω ότι μετράτε τη θέση ενός σώματος που πέφτει συναρτήσει του χρόνου. Εξηγήστε το

συσχετισμό που υπάρχει μεταξύ της κλίσης του διαγράμματος θέσης – χρόνου [2] με την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε οποιαδήποτε ιδέα ή εξίσωση η οποία δεν επεξηγείτε ή δεν προέρχεται από κάποια παραπομπή. Για μια ακόμα φορά, η μορφή της έκθεσής σας θα πρέπει να είναι τέτοια σα να απευθύνεται σε κοινό που είναι γνώστης του αντικειμένου. Υποθέστε ότι ο αναγνώστης της έκθεσής σας είναι ιδιαίτερα εξοικειωμένος με τις βασικές θεωρητικές ιδέες αλλά όχι με τη συγκεκριμένη τεχνική ή διάταξη που χρησιμοποιείτε. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται μακρόσυρτες αποδείξεις (εκτός και αν το επιθυμείτε ή σας ζητήθηκε) αλλά θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε κάποιες προτάσεις για τις εξισώσεις σας τις οποίες και θα πρέπει να αριθμήσετε. Αντί της απόδειξης μιας εξίσωσης, εξηγήστε με μια λέξεις τις υποθέσεις και τις βασικές αρχές που εμπλέκονται. Συζητήστε τις βασικές έννοιες.

Πάντοτε εξηγήστε τη βάση της εργαστηριακής σας άσκησης ξεκινώντας από θεμελιώδεις νόμους ή έννοιες της φυσικής. Για παράδειγμα, ξεκινήστε με την αρχή του Αρχιμήδη για να εξηγήσετε γιατί ένα σώμα επιπλέει ή ξεκινήστε με τους νόμους του Newton για να περιγράψετε την κίνηση ενός τούβλου που γλιστρά προς τα κάτω άκρο ενός κεκλιμένου επιπέδου.

Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές κατηγορίες υπολογισμών οι οποίες εμπλέκονται στη διαδικασία της εργαστηριακής άσκησης. Όταν σας ζητάτε να συγκρίνετε δύο αποτελέσματα πάντοτε συγκρίνετε την επί τοις εκατό διαφορά τους (**Επί τοις εκατό**

διαφορά = $\frac{|M_1 - M_2|}{\frac{M_1 + M_2}{2}} \times 100\%$, όπου M_1 και M_2 είναι οι δυο μετρήσιμες ποσότητες). Όταν

σας ζητάτε να συγκρίνετε με μια γενικώς αποδεκτή τιμή, υπολογίστε το επί τοις εκατό σφάλμα (το οποίο ορίζεται: **Επί τοις εκατό σφάλμα** = $\frac{|M - A|}{A} \times 100\%$ όπου M είναι η

μετρούμενη τιμή και A η αποδεκτή). Η φυσική είναι μια ποσοτική επιστήμη και πρέπει να είστε συγκεκριμένοι.

Πάντοτε πρέπει να γράφετε τα δεδομένα σας ή τις μετρήσεις σας σε πίνακες. Όλες οι μετρήσεις (μη επεξεργασμένα δεδομένα) και υπολογιζόμενα αποτελέσματα θα πρέπει να συγκεντρώνονται σε πίνακες. Οι πίνακες θα πρέπει να έχουν ένα τίτλο περιγραφής και θα πρέπει κάθε στήλη (ή/και γραμμή) του πίνακα να είναι επιγραμματικές. Όλες οι μετρούμενες και υπολογιζόμενες ποσότητες θα πρέπει να αναφέρονται με τις μονάδες μέτρησής τους. Όταν μετράτε κάτι πολλές φορές για να βρείτε το μέσο όρο, θα πρέπει να αναφέρετε όλες τις μετρήσεις που πήρατε, τον υπολογιζόμενο μέσο όρο καθώς και την αντίστοιχη αβεβαιότητα. Το γεγονός ότι η μέση τιμή είναι αυτή που θα χρησιμοποιήσετε σε περαιτέρω υπολογισμούς είναι σημαντικό να παρουσιάζετε όλα τα δεδομένα σας. Παρουσιάστε το σφάλμα ή αβεβαιότητα για όλες τις ποσότητες που έχετε στους πίνακες. Αν όλες οι μετρήσεις σας σε μια στήλη ενός πίνακα έχουν το ίδιο απόλυτο ή σχετικό σφάλμα δώστε την πληροφορία αυτή στην αρχή της στήλης χωρίς να την επαναλάβετε για όλα τα στοιχεία της στήλης. Το ίδιο ισχύει και τις μονάδες μέτρησης των μεγεθών σε μια στήλη του πίνακα. Μπορείτε και πρέπει να γράψετε τις μονάδες στο πάνω μέρος της στήλης όπου ορίζετε το μέγεθος του οποίου οι τιμές περιλαμβάνονται στη στήλη αυτή.

Πάντοτε να είστε ξεκάθαροι με τις μονάδες που χρησιμοποιείται και τις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τα αποτελέσματα που παρουσιάζετε.

Γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να γίνονται με το χέρι σε αντίστοιχο χαρτί (χιλιοστομετρικό, λογαριθμικό, ημιλογαριθμικό) ή αν έχετε πρόσβαση σε υπολογιστές, ηλεκτρονικά. Ωστόσο θα πρέπει να συμπεριλαμβάνετε την αντίστοιχη γραφική παράσταση. Όλες οι γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να ακολουθούν τους κανόνες που έχουμε συζητήσει στις διαλέξεις και θα πρέπει να περιέχουν τις μεθόδους εύρεσης των αβεβαιοτήτων, των κλίσεων και τεταγμένης (σημείο τομής με τον άξονα y ή intercept) σύμφωνα με τις μεθόδους ανάλυσης δεδομένων. Μη ξεχνάτε να δίνετε ονομασίες στους άξονες ανάλογα με τα φυσικά μεγέθη που αντιστοιχείτε καθώς επίσης το σύμβολο του μεγέθους και τις μονάδες μέτρησης.

Κάθε πείραμα έχει συγκεκριμένους στόχους και θα πρέπει να περιγράψετε στην έκθεσή σας μέχρι ποιο σημείο τους επιτύχατε. Αν ήταν να μετρήσετε το πόσο σταθερή είναι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας θα πρέπει στη συζήτηση των αποτελεσμάτων σας να εξηγήσετε εάν το πείραμά σας έδειξε αυτή τη σταθερότητα και με ποια αβεβαιότητα. Αν μετρούσατε τη τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας θα πρέπει να δώσετε την καλύτερη εκτίμηση της τιμής που μετρήσατε καθώς και την εκτιμώμενη αβεβαιότητα της

Θα πρέπει να συζητήσετε την αβεβαιότητα και ανάλυση των σφαλμάτων σας:

1. Δείξτε πως καταλήξατε στην εκτίμηση των αβεβαιοτήτων σας.
2. Δείξτε τις εξισώσεις διάδοσης σφαλμάτων που χρησιμοποιήσατε. Η διάδοση σφαλμάτων εκμαιεύει αποφάσεις για το σχεδιασμό πειραμάτων και διαδικασιών. Αν κάποιο αβεβαιότητα υπερισχύει κάποιας άλλης αυτό θα πρέπει να αναφερθεί και να συζητηθεί. Εξηγήστε πως σχεδιάσατε τη διαδικασία και τη στρατηγική σας ώστε να μειώσετε την αβεβαιότητα.
3. Κάντε ουσιαστικές συγκρίσεις όπου θεωρείτε απαραίτητο. Όταν το πείραμά σας έχει αριθμητικά αποτελέσματα που μπορούν να συγκριθούν με άλλες ανεξάρτητες πηγές, σχολιάστε την σύγκριση. Μη καλείτε τη διαφορά αυτή “σφάλμα” αλλά “πειραματική διαφορά”. Όταν μπορείτε να αναφέρετε και το σφάλμα και τη διαφορά τότε πρέπει να το κάνετε και να σχολιάσετε το σχετικό τους μέγεθος. Διαφορά μεγαλύτερη από το σφάλμα σίγουρα είναι άξια σχολιασμού.
4. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν οι πειραματικές επιστήμες δεν αποδεικνύουν τίποτα. Οι αποδείξεις αναφέρονται αποκλειστικά και μόνο στα καθαρά μαθηματικά. Οι επιστήμες δεν ισχυρίζονται απόλυτες αλήθειες. Για το λόγο αυτό αποφύγετε τη λέξη “αληθές” ή “αληθινή” σε επιστημονική συζήτηση. Σε ένα πείραμα αυτό που μπορεί να επιτύχετε είναι η επισημοποίηση της ισχύος ενός φυσικού νόμου σε μια συγκεκριμένη περίπτωση.

Εν γένει η ενότητα αυτή θα πρέπει να περιέχει:

- a) Όλα τα δεδομένα σε μορφή πινάκων.
- b) Παρουσίαση των δεδομένων και ανάλυσης (με τις αβεβαιότητες) σε γραφική μορφή
 - a. Γραφικές φτιαγμένες με το χέρι σε κατάλληλα χαρτιά σχεδιασμού
 - b. Στον υπολογιστή
- c) Εφαρμογή διάδοσης αβεβαιοτήτων (error propagation) μέσω των εξισώσεων ώστε να υπολογισθεί η αβεβαιότητα του τελικού αποτελέσματος.
- d) Σύγκριση με άλλες μετρήσεις ή μέτρηση συνεπάγεται υπολογισμό της επί τοις εκατό διαφοράς (δείτε παραπάνω).

- e) Σύγκριση με μια γενικά αποδεκτή τιμή σημαίνει υπολογισμό του επί τοις εκατό σφάλματος (δείτε παραπάνω).
- f) Όλα τα τελικά αποτελέσματα θα πρέπει να έχουν τις σωστές μονάδες μέτρησης.
- g) Χρησιμοποιήστε παραπομπές για να αναφερθείτε στη πηγή των γενικά αποδεκτών τιμών ενός μεγέθους ή στις τιμές που μετρήθηκαν από άλλους.

Μη ξεχνάτε ότι θα πρέπει να παρουσιάσετε την εργασία σας συμπαγή, σύντομη και περιεκτική. Θα πρέπει να κάνετε κατανοητά και καθαρά τα σημαντικά σημεία. Αποφύγετε να γράφετε πολλές και μακροσκελείς αποδείξεις εκτός και αν χρειάζονται για να εξηγήσετε κάτι. Αποφύγετε να γεμίζετε το κείμενό σας με αχρείαστες λεπτομέρειες ή προτάσεις οι οποίες δεν έχουν ουσιαστική χρήση. Θυμηθείτε ότι η έκθεσή σας θα πρέπει να είναι γύρω στις 160 γραμμές.

Σελίδα υπολογισμών

Η έκθεσή σας θα πρέπει να περιέχει μια σελίδα στην οποία περιγράφονται όλοι οι υπολογισμοί που έχετε κάνει. Η σελίδα αυτή μπορεί να είναι χειρόγραφη αλλά πρέπει να είναι ευανάγνωστη και οι υπολογισμοί σας να έχουν μια λογική σειρά. Θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον ένα παράδειγμα υπολογισμών που περιέχονται στο εργαστήριο. Η οργάνωση της σελίδας θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να είναι ευκολονόητο ποια ποσότητα υπολογίζεται και ποιο δείγμα ή ομάδα μετρήσεων χρησιμοποιείται για κάθε υπολογισμό. Δεν χρειάζεται να έχετε όλους τους υπολογισμούς αλλά μόνο ένα δείγμα των υπολογισμών σας σαν παράδειγμα.

Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα είναι η ενότητα όπου τα πειραματικά δεδομένα και η θεωρία συνδυάζονται, γίνεται επισκόπηση των σημαντικών σημείων του πειράματος και τέλος δίνονται αναφορές και συσχετίσεις μεταξύ των δικών σας ευρημάτων και αυτών που είναι γνωστά από τη βιβλιογραφία και γενικά έξω από το δικό σας εργαστήριο. Τα συμπεράσματά σας θα πρέπει να περιέχουν πληροφορίες όπως τι γνώσεις αποκομίσατε από την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος, τι συμπεράσματα εξάγατε σχετικά με το φυσικό μέγεθος ή ποσότητα που μετρήσατε, και τις πηγές της αβεβαιότητας στη μέτρησή σας.

Σημειώστε ότι αν απλά αναφέρετε ότι η διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ της μέτρησής σας και της αναμενόμενης τιμής οφείλεται στο όργανο μέτρησης ή σε ανθρώπινο λάθος τότε αυτό θα ληφθεί σαν ένδειξη ότι πραγματοποιήσατε το πείραμα αδιάφορα, γρήγορα και με έλλειψη προσοχής και η έκθεσή σας θα βαθμολογηθεί ανάλογα.

Προσπαθήστε να εκθειάσετε τα επιχειρήματά σας με αποδείξεις, λογική ή συγκεκριμένες παραπομπές από την βιβλιογραφία. Αποφύγετε να κάνετε ευρείς και ανυπόστατες γενικεύσεις και μείνετε μόνο σε ότι είστε σίγουροι. Θυμηθείτε ότι δεν μπορείτε να εξηγήσετε κάτι σε κάποιο τρίτο αν δεν το καταλαβαίνετε οι ίδιοι.

Στα συμπεράσματά σας θα πρέπει να συμπεριλάβετε συζήτηση τυχόν ερωτήσεων που τέθηκαν στην εργαστηριακή άσκηση που περιγράφετε. Επιπλέον θα πρέπει πάντοτε να συμπεριλάβετε απαντήσεις στις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Πως συγκρίνονται τα δεδομένα σας με αυτό που αναμένατε; Θα πρέπει να συμπεριλάβετε το τις εκατό σφάλμα ή τη τις εκατό απόκλιση όποιο θεωρείτε ενδεδειγμένο και συζήτηση για το τι αναμένονταν. Αν δεν υπάρχει δεδομένη αναμενόμενη τιμή παρουσιάστε επιχειρήματα βασιζόμενοι στα δεδομένα σας, σε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή ή σε βιβλιογραφική έρευνα, ότι τα αποτελέσματά σας είναι λογικά.
2. Δώστε δύο παραδείγματα από την καθημερινή ζωή στα οποία παρατηρείτε το συγκεκριμένο φαινόμενο που μελετήσατε. Προσπαθήστε να είστε όσο το δυνατό περισσότερο επεξηγηματικοί για το πως συνδέεται η πειραματική σας εμπειρία με τα καθημερινά φαινόμενα που αναφέρατε. Για παράδειγμα, αν μελετάτε στην εργαστηριακή σας άσκηση το φαινόμενο της τριβής, μη αναφέρετε απλά “το περπάτημα” σαν ένα παράδειγμα από την καθημερινή ζωή. Θα πρέπει να εξηγήσετε πως συνδέεται το φαινόμενο της τριβής με τη διαδικασία του βαδίσματος και τι θα συνέβαινε απουσία τριβών.

Συνοψίζοντας, η ενότητα των συμπερασμάτων σας θα πρέπει να περιέχει:

- a) Τι αποκομίσατε από το εργαστήριο και συζήτηση των αβεβαιοτήτων σχετιζόμενων με τη μέτρησή σας.
- b) Απάντηση όλων των ερωτήσεων που περιέχονται στο τέλος του εγχειριδίου που περιγράφει την εργαστηριακή άσκηση.
- c) Απαντήσεις στις δυο γενικές ερωτήσεις που δόθηκαν παραπάνω.

Βιβλιογραφία

Η έκθεσή σας θα πρέπει να περιέχει τις πηγές που χρησιμοποιήσατε για να δώσετε την επισκόπηση της πειραματικής σας διάταξης, μεθόδου και θεωρητικού υπόβαθρου. Συνήθως οι πηγές που θα χρησιμοποιήσετε είναι το βιβλίο σας που χρησιμοποιείτε στις διαλέξεις του αντίστοιχου μαθήματος, σημειώσεις των διαλέξεων, και πιθανόν κάποια επιπλέον πηγή. Αν οι σημειώσεις της εργαστηριακής άσκησης δεν είναι αρκετές τότε μπορείτε να παραπέμψετε σε κάποια επιπλέον πηγή.

Οτιδήποτε έχει να κάνει με προφορικές αναφορές ή πληροφορία που πήρατε από κάποιον θα πρέπει να δοθούν σε πηγή πληροφορίας και με την ένδειξη “προσωπική επικοινωνία με το άτομο X”. Αν απλά ακολουθείτε την απόδειξη που παρουσιάζεται σε κάποιο βιβλίο τότε θα πρέπει να δώσετε το τίτλο του βιβλίου, όνομα συγγραφέα, εκδότη και ημερομηνία έκδοσης (κανονικά θα πρέπει να αναφέρετε τη σελίδα του συγκεκριμένου βιβλίου). Οτιδήποτε επιχείρημα παραθέτετε αν δεν έχει ανάλογη παραπομπή τότε θεωρείται ότι είναι καθαρά προσωπικό και προέρχεται από προσωπική σας εργασία. Είναι αντικανονικό να αντιγράφετε χωρίς να δίνετε την αρχική πηγή.

Χρησιμοποιήστε πάντοτε τον ίδιο επιστημονικό τρόπο για να δίνετε τις παραπομπές σας. Όπως αναφέρθηκε στην ενότητα της “εισαγωγής” ο αριθμός παραπομπής δίνεται μέσα σε τετραγωνικές αγκύλες “[]”. Οι αριθμοί αυτοί καθορίζονται με τη σειρά που εμφανίζονται στο κείμενο. Αν οποιαδήποτε μετέπειτα παραπομπή αναφέρεται στο ίδιο αντικείμενο αναφοράς τότε θα χρησιμοποιήσετε το ίδιο νούμερο όπως και η πρώτη παραπομπή. Για παράδειγμα υποθέσετε ότι η πρώτη παραπομπή αναφέρεται στο βιβλίο “Α”, η δεύτερη παραπομπή αναφέρεται στο βιβλίο “Β” και η τρίτη παραπομπή αναφέρεται και πάλι στο βιβλίο “Α”. Τότε στο κείμενό σας θα πρέπει να εισάγετε τον

αριθμό [1] για την πρώτη παραπομπή στο βιβλίο “Α”, τον αριθμό [2] για την παραπομπή στο “Β” και τέλος και πάλι τον αριθμό [1] για την τρίτη παραπομπή. Συλλέξετε όλες τις παραπομπές σε μια λίστα στο τέλος της έκθεσής σας και αριθμήστε τις ανάλογα με τη σειρά που εμφανίζονται στο κείμενό σας. Αυτό απλουστεύει σημαντικά το τμήμα των παραπομπών. Χωρίς τη σωστή αρίθμηση η τελική σας λίστα είναι απλά μια σειρά από χρήσιμα αναγνώσματα χωρίς σύνδεση με αυτό που κάνετε.

Ο τρόπος που περιγράφετε την πηγή από την οποία χρησιμοποιείτε κάποια πληροφορία είναι τέτοιος ώστε να δώσει τη δυνατότητα στον αναγνώστη να ανατρέξει αν θέλει και να βρει την πληροφορία μόνος του. Ένας καλός τρόπος γραφής των παραπομπών σε βιβλία είναι ο ακόλουθος:

1. H. Young and D. Freedman, “University Physics”, 8η έκδοση, σελ. 5-9, εκδόσεις Πανεπιστημίου Αθηνών, μετάφραση Λ. Ρεσβάνης, (1985).

Για αναφορές σε άρθρα δημοσιευμένα σε κάποιο επιστημονικό περιοδικό χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τρόπο:

2. M. Mouse, Phys. Rev. Lett. **78**, 1553, (1930).

Δηλαδή δίνουμε το όνομα του συγγραφέα (ή συγγραφέων αν είναι μέχρι το πολύ τρεις διαφορετικά δίνουμε το όνομα του πρώτου συγγραφέα στο άρθρο ακολουθούμενο από “et al.” το οποίο δηλώνει ότι υπάρχουν περισσότεροι από τρεις συγγραφείς στη λίστα), το όνομα του περιοδικού στο οποίο είναι δημοσιευμένο το άρθρο (στη συγκεκριμένη περίπτωση το περιοδικό είναι το Physical Review Letters και συνήθως δίνεται με μορφή κάποιου ακρωνυμίου με βάση διεθνή σύμβαση), Σα τρίτο μέρος της αναφοράς δίνεται ο τόμος του περιοδικού που περιέχει το άρθρο (συνήθως είναι υπογραμμισμένος ή σε έντονη εκτύπωση, στο παράδειγμά μας **78**) ακολουθούμενο από τον αριθμό σελίδας του τόμου που περιέχει τη πρώτη σελίδα του άρθρου. Τέλος δίνουμε την χρονιά που δημοσιεύθηκε το άρθρο.

Συνοψίζοντας, η ενότητα της βιβλιογραφίας θα πρέπει να αναφέρει τα ακόλουθα:

- a) Μια λίστα όλων των παραπομπών που χρησιμοποιήσατε στο κείμενο της έκθεσής γραμμένη σε κάποιο επιστημονικό στυλ.
- b) Χρησιμοποιήστε τετραγωνικές αγκύλες με κάποιο αριθμό που αντιστοιχεί στη λίστα των παραπομπών και αναφορών σας για να δηλώσετε τις παραπομπές σας στο κείμενο.

Τι δεν πρέπει να κάνετε

Ποτέ μη χρησιμοποιείτε ανυπόστατες υποθέσεις για πηγή ενός σφάλματος ή αβεβαιότητας. Το να πείτε ότι κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες του πειράματος μπορεί να προκαλέσει κάποιο σφάλμα δίνει μια τελείως άχρηστη πληροφορία εκτός και αν αναφέρετε κάποια συγκεκριμένη απόδειξη ή πιθανό μηχανισμό που δείχνει προς αυτό το γεγονός.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, δεν πρέπει να αναφέρετε τετριμμένα σχόλια όπως «Τα αποτελέσματα μπορεί να περιέχουν ανθρώπινα σφάλματα». Όλοι ξέρουμε ότι οι

άνθρωποι κάνουν σφάλματα αλλά αναμένουμε ότι κάθε πειραματιστής θα λάβει όλα τα μέτρα του ώστε να τα αποφύγει. Οι άλλες κατηγορίες «ανθρώπινων σφαλμάτων» εξαιτίας περιορισμών των οργάνων μέτρησης, δυσκολίας ανάγνωσης κάποιας κλίμακας ανήκουν στην ποσοτική συζήτηση των σφαλμάτων. Προφανώς θα πρέπει να αποφύγετε οποιαδήποτε πρόταση όπως «σφάλματα στα αποτελέσματα εγείρονται από σφάλματα υπολογισμών». Αν αναφέρεστε σε αριθμητικά λάθη ή λάθη υπολογισμών τότε αυτό δεν είναι επιχείρημα άξιο συζήτησης και παρουσίασης. Αν αναφέρεστε σε σφάλματα που εισέρχονται εξαιτίας υπολογιστικών μεθόδων ή της αρχιτεκτονικής ενός υπολογιστή (σφάλματα αποκοπής και στρογγυλοποίησης αριθμών υπάρχουν σε όλους τους υπολογιστές εξαιτίας του τρόπου αναπαράστασης αριθμών στη μνήμη του υπολογιστή) τότε θα πρέπει το αποτέλεσμά σας να έχει πολύ μεγάλη πιστότητα για να εμφανίσει τέτοιο σφάλμα διαφορετικά το έχετε προκαλέσει οι ίδιοι και επομένως είναι μη αποδεκτό. Είστε υπεύθυνοι στο να χρησιμοποιήσετε ένα αλγόριθμο υπολογισμού που δεν εισάγει σημαντικό σφάλμα. Θα πρέπει να κάνετε το καλύτερο δυνατό ώστε τα σφάλματα λόγω υπολογιστικών μεθόδων είναι μικρότερα των πειραματικών σφαλμάτων. Αν δεν το επιτύχατε για κάποιο λόγο θα πρέπει να δώσετε κάποια εξήγηση.

Στυλ γραφής και ύφος

Ένα πολύ καλό βιβλίο το οποίο δίνει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να γράφονται εκθέσεις ώστε να παρουσιάζονται συνοπτικά και με μεγάλη σαφήνεια είναι το “Elements of Style” (στην ιστοσελίδα: <http://www.bartleby.com/141/strunk5.html> μπορείτε να διαβάσετε το βιβλίο online, δυστυχώς μόνο στα αγγλικά) από τους Strunk William Jr και White E. B., εκδόσεις Macmillan (1962).

Μερικά από τα λάθη που συνήθως συναντιούνται στο τρόπο γραφής είναι τα ακόλουθα:

1. Η έκθεση είναι οργανωμένη ως εξής

“Πρώτα κάναμε...
Κατόπιν κάναμε....
Μετάπειτα μετρήσαμε...
Τελικά υπολογίσαμε...”

Πέρα από τη συχνή χρήση του πρώτου πληθυντικού αυτό το χρονολογικό στυλ δεν δίνει κάποιο νόημα της επιμέρους σημασίας και λογικής σύνδεσης που περιέχεται στο υλικό του κειμένου.

2. “Η βαρυτητική επιτάχυνση, μια από τις θεμελιώδεις σταθερές της φυσικής...”

Εδώ δεν υπάρχει οτιδήποτε χρήσιμο και σημαντικό. Όπως αναφέρθηκε, απλά παραμένετε στα γεγονότα και αποφύγετε γενικότητες και αερολογίες. Ακόμα, η βαρύτητα δεν επιταχύνει. Κανονικά θα έπρεπε να λέει “η επιτάχυνση που προσδίδετε σε ένα σώμα λόγω της βαρυτικής δύναμης έλξης”.

3. “Σε αυτό το πείραμα αποδείξαμε το αληθές του νόμου $F=ma$ και μετρήσαμε τη τιμή της επιτάχυνσης”.

Η παραπάνω πρόταση χρησιμοποιεί τις λέξεις “απόδειξη” και “αληθές” με περίεργο τρόπο. Αφήστε τις αποδείξεις για αποδείξεις μαθηματικών θεωρημάτων. Αποφύγετε τη χρήση της λέξης “αληθές” σε επιστημονική έκθεση. Ένα πείραμα

μπορεί να δείξει ότι κάποιος νόμος δεν ισχύει αλλά καμιά σειρά από πειράματα δεν έχουν αποδείξει ποτέ ότι ένας νόμος είναι απόλυτα αληθής. Η πρόταση αφήνει επίσης κάτι άλλο ασαφές: “Επιτάχυνση **αλλά ποιου**;”

4. “Βρήκαμε τη συσκευή στο βορειοδυτική πτέρυγα του εργαστηρίου πάνω σε ένα σκονισμένο τραπέζι μισό μέτρο δίπλα από το νεροχύτη και μπροστά από κάποια ενδιαφέροντα βιβλία.”

Πάρα πολλές άχρηστες και ενοχλητικές λεπτομέρειες. Θα πρέπει να συμπεριλάβετε μόνο εκείνες τις λεπτομέρειες που έχουν κάποια συνάφεια με το πείραμά σας και το επηρεάζουν. Στο logbook σας μπορείτε να γράψετε τη πληροφορία αυτή αλλά στη τελική σας έκθεση δεν έχει καμιά σημασία.

5. “Μου άρεσε αυτό το πείραμα πάρα πολύ και είχα ευχάριστο χρόνο”

Αποφύγετε προσωπικά σχόλια για άλλες περιπτώσεις.

6. “Εξαιτίας των μη τέλειων οργάνων δεν πήραμε καλές μετρήσεις και αποτελέσματα”.

Δεν υπάρχει επιστήμονας με τις τέλειες συσκευές μέτρησης. Ο πειραματιστής θα πρέπει να μάθει τις ατέλειες και περιορισμούς της συσκευής που χρησιμοποιεί και πως αυτή επηρεάζει την ποιότητα της μέτρησής του. Υπάρχουν πειράματα τα οποία παρόλο που χρησιμοποιούσαν πρωτόγονες συσκευές μπόρεσαν να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν μια αρχή ή θεωρία.

7. “Το αποτέλεσμα μας συμφωνεί πλήρως με τη τιμή του βιβλίου οπότε θεωρούμε το πείραμα επιτυχημένο”.

Ακόμα και με τη χειρότερη συσκευή μέτρησης κάποιος μπορεί κάποτε να πάρει μηδενική διαφορά. Αυτό και μόνο δεν είναι ενδεικτικό της ποιότητας του πειράματος. Τα όρια της αβεβαιότητας είναι αυτά που μας δίνουν την ποιότητα του πειράματος.

8. “Μια δύναμη 9Kg επιμήκυνε το ελατήριο 5cm, επομένως παράγαγε έργο $(8)(0.05)(9.8)/2 = 22.05 \text{ Nt}$. Από αυτό υπολογίσαμε την απόδοση του ελατηρίου από...”

Μη χρησιμοποιείτε μη απαραίτητους υπολογισμούς. Ακόμα η πρόταση είναι λάθος, αφού φυσικά παραβλέψουμε το γεγονός ότι δεν υπάρχει δύναμη 9kg. Προφανώς ο συγγραφέας ήθελε να γράψει “Μια δύναμη ίση με το βάρος ενός σώματος μάζας 9kg στην επιφάνεια της γης ...”