

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διδάσκων: Μήτσου Γεώργιος

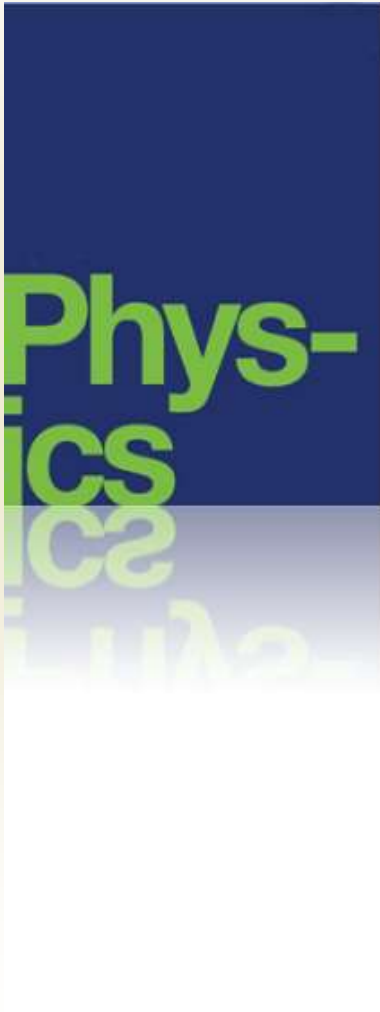
E-mail: gmitsou@uniwa.gr

Γραφείο: K11.103

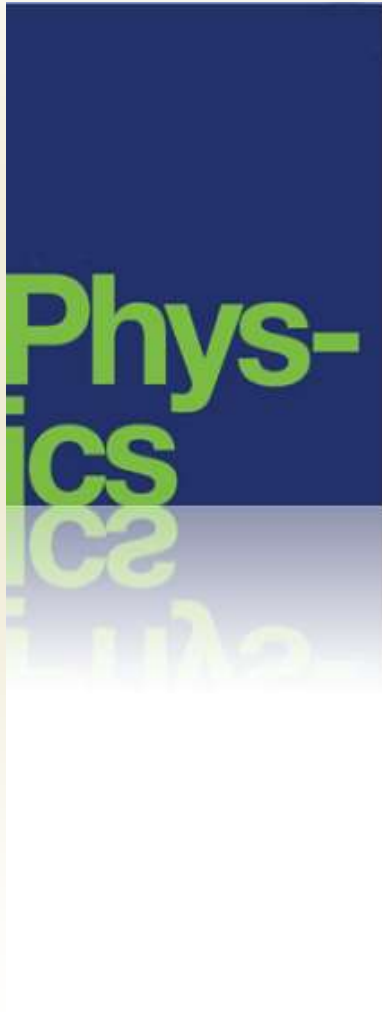
Ιστοσελίδα Μαθήματος:

<https://eclass.teiath.gr/courses/OINO117/>

Εργαστηριακός Χώρος: Εργαστήριο
Φυσικής III



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ



1.Εισαγωγή

2.Πειραματικές Μέθοδοι

3.Ανάλυση Δεδομένων, Σφαλμάτων

(Θεωρία σφαλμάτων, στατιστική περιγραφή μετρήσεων, γραφικές παραστάσεις)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Αξιολόγηση

50% Εργαστηριακές Αναφορές (Παρουσίαση αποτελεσμάτων)

Μέσος όρος από τις αναφορές όλων των εργαστηριακών ασκήσεων

50% Θεωρητική Εξέταση

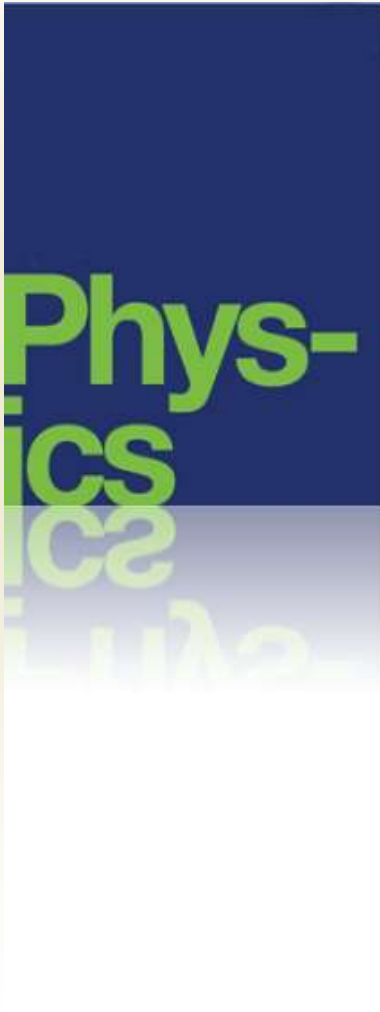
Εξέταση στην διαδικασία εκτέλεσης της εργαστηριακής άσκησης και στην αντίστοιχη θεωρία (γραφτό τεστ ή προφορική εξέταση)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Υποχρεώσεις Μαθήματος

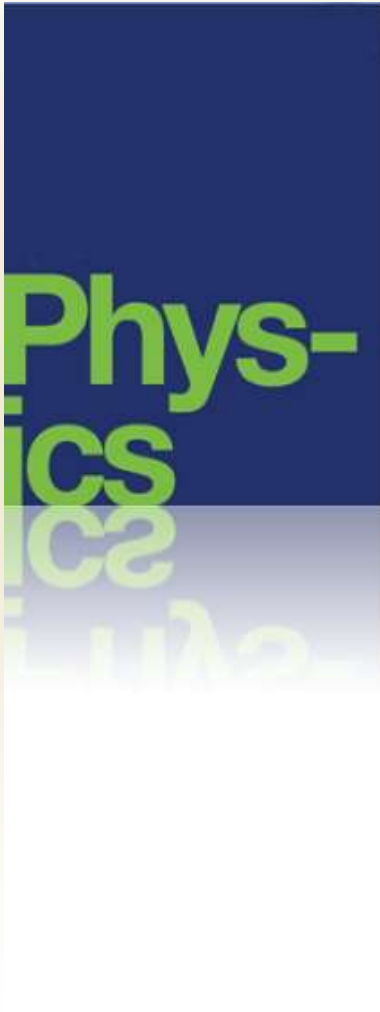
Η παρουσία και συμμετοχή στα εργαστήρια είναι **υποχρεωτική**. Δεν επιτρέπονται απουσίες πέρα από σοβαρούς λόγους και μετά από συνεννόηση. Σε αυτήν την περίπτωση η απουσία αναπληρώνεται με την πρώτη ευκαιρία. **Πέρα της μιας απουσίας ισοδυναμεί με αυτόματη αποτυχία**



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Υποχρεώσεις Μαθήματος

Προετοιμαστείτε για το εργαστήριο. Η προετοιμασία περιλαμβάνει μελέτη των σημειώσεων που σας δίνονται (θεωρία, διατάξεις, μεθοδολογία) αλλά και περαιτέρω προετοιμασία, έρευνα (βιβλιογραφία, internet) και κριτική σκέψη επί του πειράματος.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Υποχρεώσεις Μαθήματος

Κάθε πειραματική ομάδα (3 ατόμων) καλείται να συνεργαστεί και να δουλέψει στο πείραμα **ανεξάρτητα** από τις άλλες ομάδες

Αναμένεται να **σκεφτείτε κριτικά**, να **αυτοσχεδιάσετε** και να **προσπαθήσετε να λύσετε μόνοι σας** πιθανά προβλήματα στην πειραματική διαδικασία.

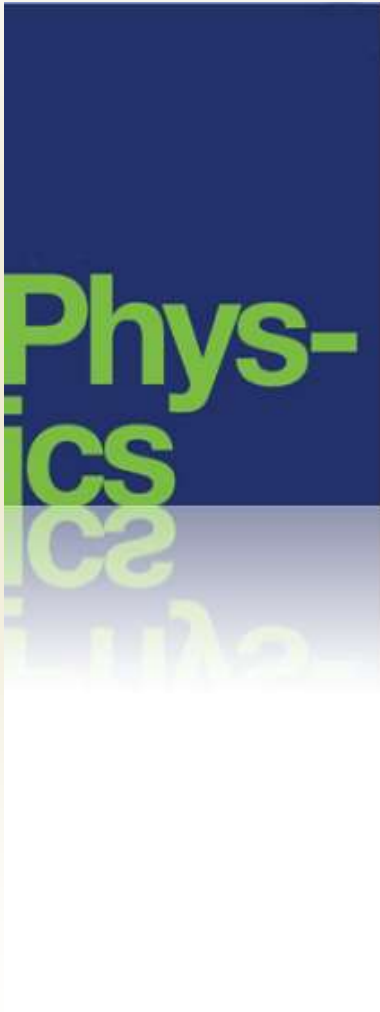


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Υποχρεώσεις Μαθήματος

Το γράψιμο της αναφοράς απαιτεί **συλλογική προσπάθεια** από τα όλα τα άτομα της ομάδος. Αντιγραφή στις αναφορές είναι **ανεπίτρεπτη** και έχει συνέπειες (**μηδενισμός**). Ενθαρρύνεται το γράψιμο της αναφοράς σε **H/Y**.

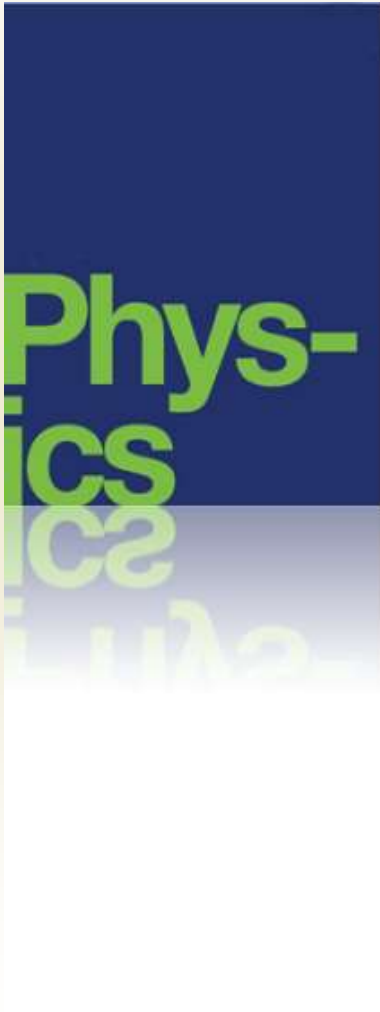
Γραφικές παραστάσεις γίνονται με γραφικό software **εκτός** των περιπτώσεων στις οποίες οι σημειώσεις απαιτούν τον σχεδιασμό και ανάλυση χωρίς την βοήθεια H/Y.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Υποχρεώσεις Μαθήματος

Οι γραπτές αναφορές των εργαστηριακών ασκήσεων θα **παραδίνονται στον διδάσκοντα στο εργαστήριο της επόμενης εβδομάδας**. Οι βαθμολογημένες αναφορές θα επιστρέφονται διορθωμένες στους φοιτητές από τον διδάσκοντα μετά από μία εβδομάδα.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ Δ. ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ ΑΜΠΕΛΟΥ & ΠΟΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΑΣΚΗΣΗ #
ΤΙΤΛΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ #
ΗΜΕΡΑ & ΔΙΩΡΟ (π.χ Τρίτη 11-1)

ΟΝΟΜΑΤΑ ΜΕΛΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Περίληψη (abstract):

Σύντομη παράγραφος στην οποία ορίζονται οι **ποσότητες τις οποίες μετράτε, η μέθοδος που χρησιμοποιήσατε και τα αποτελέσματά σας**

Σκοπός της να περιγράψει την μέθοδο σας ούτως ώστε κάποιος που διαβάζει μόνο τη περίληψη (χωρίς προηγούμενη γνώση αυτών που κάνατε) να έχει κατανόηση του θέματος που θα περιγράψετε.

Για παράδειγμα έστω ότι κάνατε πείραμα στο οποίο μετράτε τη σχέση μεταξύ των φάσεων της σελήνης και του μήκους ενός φυσικού αντικειμένου:

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Περίληψη

«Διερευνήσαμε τη σχέση μεταξύ των φάσεων της σελήνης και του μήκους μιας δοκού. Μετρήσαμε το μήκος της δοκού κατά τη διάρκεια ενός πλήρους σεληνιακού μήνα. Μέσα στα όρια των αβεβαιοτήτων, η μέτρησή μας έδειξε ότι το μήκος της δοκού είναι σταθερό και ότι δεν υπάρχει συσχετισμός μεταξύ των φάσεων της σελήνης και του μήκους της. Προσδιορίσαμε με βάση τη μέση τιμή των μετρήσεών μας, ότι το μήκος της δοκού είναι $(12.4 \pm 0.6)\text{cm}$ »

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Εισαγωγή/Θεωρία

Βασική Θεωρία

Αναφερθείτε συνοπτικά στο κύριο θεωρητικό υπόβαθρο του πειράματος χωρίς απλή αναπαραγωγή των σημειώσεων που σας δίδονται. Χρησιμοποιήστε παραπομπές για να δηλώσετε ποιες πληροφορίες δεν είναι πρωτότυπες και τις πηγές που χρησιμοποιήσατε.

Περιλάβετε εξισώσεις και γραφικές παραστάσεις που αναφέρονται στην βασική θεωρία του πειράματος. Περιλάβετε ακόμη υπολογισμούς που πιθανά να χρειαστούν για να καταλήξετε σε σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που θέλετε να επαληθεύσετε πειραματικά:

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Όλοι οι υπολογισμοί που δεν υπάρχουν στις πηγές που αναφέρεστε, θα πρέπει να παρουσιάζονται αναλυτικά στην αναφορά σας με τις αντίστοιχες εξηγήσεις

Για παράδειγμα έστω ότι μετράτε τη θέση ενός σώματος που εκτελεί ελεύθερη πτώση συναρτήσεως του χρόνου. Εξηγήστε τον συσχετισμό που υπάρχει μεταξύ της κλίσης του διαγράμματος θέσης – χρόνου με την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Πειραματική Μέθοδος/Διάταξη

Να είστε ξεκάθαροι στις προτάσεις σας σχετικά με την μεθοδολογία που ακολουθήσατε, το λόγο που επιλέξατε να κάνετε κάτι συγκεκριμένο στη διαδικασία της μεθόδου σας και επίσης πως το κάνατε.

Σε οποιαδήποτε πειραματική αναφορά είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός και σχολιασμός της πειραματικής διάταξης που χρησιμοποιήθηκε. Σχεδιάστε **μόνοι σας** (χωρίς αναπαραγωγή των σχημάτων των σημειώσεων) ένα απλό αλλά παραστατικό σχήμα της διάταξης που να περιλαμβάνει:

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

- Όλα τα όργανα/διατάξεις που χρησιμοποιήσατε
- Όλες τις απαραίτητες συνδέσεις (ηλεκτρικές, οπτικές, μηχανικές κλπ) μεταξύ των οργάνων της διάταξης
- Σχολιάστε συνοπτικά την λειτουργία κάθε οργάνου στην διάταξή σας και γιατί επιλέγετε κάποια συγκεκριμένη ρύθμιση σε κάποιο από αυτά

π.χ. για ένα λουξόμετρο που μετρά ένα οπτικό σήμα, γιατί επιλέγετε μια κλίμακα 10^2 αντί για 10^1 ή 10^3 . Ποια η επίδραση στις μετρήσεις σας μιας αρκετά μικρότερης ή μεγαλύτερης τιμής;

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Παρουσίαση και Ανάλυση Μετρήσεων/Σφαλμάτων

Παραθέστε **μετρήσεις** (μη επεξεργασμένα δεδομένα) και **υπολογιζόμενα αποτελέσματα σε πίνακες**. Οι πίνακες θα πρέπει να έχουν τίτλο περιγραφής και όλες οι ποσότητες θα πρέπει να αναφέρονται με τις μονάδες μέτρησής τους και το σφάλμα τους.

Όταν κάνετε στατιστική ανάλυση π.χ. μέση τιμή, αναφέρετε όλες τις μετρήσεις που πήρατε, την υπολογιζόμενη μέση τιμή και την αντίστοιχη αβεβαιότητα.

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Όταν σας ζητάται να συγκρίνετε πειραματική τιμή M με μια γενικώς αποδεκτή (αναμενόμενη) τιμή μεγέθους A υπολογίστε την **επί τοις εκατό απόκλισή της από την A :**

$$(M-A)/A * 100\%$$

Θυμηθείτε η **Φυσική είναι ποσοτική επιστήμη!**

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Παρουσίαση και Ανάλυση Μετρήσεων/Σφαλμάτων

Ένα σχήμα ή μια φωτογραφία ισοδυναμεί πολλές φορές με χίλιες λέξεις:

Γραφικές παραστάσεις γίνονται με το χέρι σε αντίστοιχο χαρτί (χιλιοστομετρικό, (ημι)λογαριθμικό) ή ηλεκτρονικά με γραφικό πακέτο Η/Υ

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Σχολιασμός Μετρήσεων/Αποτελεσμάτων

Κάθε πείραμα έχει συγκεκριμένους στόχους και θα πρέπει να περιγράψετε στην αναφοράς σας **μέχρι ποιο σημείο τους επιτύχατε.**

Π.χ. Αν μετρούσατε τη τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας θα πρέπει να δώσετε την καλύτερη εκτίμηση της τιμής που μετρήσατε καθώς και την εκτιμούμενη αβεβαιότητα της

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Συμπεράσματα

Η ενότητα όπου γίνεται επισκόπηση των σημαντικών σημείων του πειράματος, δίνονται αναφορές και συσχετίσεις μεταξύ των δικών σας ευρημάτων και των θεωρητικών ή αυτών άλλων πειραμάτων που είναι γνωστά από τη βιβλιογραφία.

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.**

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Αποφύγετε γενικά και μη τεκμηριωμένα σχόλια του τύπου «η απόκλιση της μέτρησης σας και της αναμενόμενης τιμής οφείλεται στο όργανο μέτρησης ή σε ανθρώπινο λάθος»

Προσπαθήστε να εκθέσετε επιχειρήματα σας, όπου δυνατόν ποσοτικά, με αποδείξεις, λογική ή παραπομπές από την βιβλιογραφία και δείξτε πως συγκρίνονται τα δεδομένα σας με αυτό που αναμένατε

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Προτάσεις για Βελτίωση του Πειράματος

Εφόσον επισημάνετε τις κύριες πηγές σφαλμάτων στο πείραμα (τυχαία ή συστηματικά) παραθέστε προτάσεις με τις οποίες η πιστότητα και ακρίβεια του πειράματος μπορεί να βελτιωθεί είτε χρησιμοποιώντας μια βελτιωμένη πειραματική διαδικασία είτε με χρήση της ίδιας μεθοδολογίας αλλά προτείνοντας την αντικατάσταση συγκεκριμένων οργάνων που θεωρείτε ότι ευθύνονται σημαντικά για πειραματικά σφάλματα στις μετρήσεις σας

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Βιβλιογραφία

Η αναφορά σας θα πρέπει να περιέχει όλες τις πηγές που χρησιμοποιήσατε κατά την συζήτηση της πειραματικής σας διάταξης, μεθόδου και θεωρητικού υπόβαθρου. Συνήθως οι πηγές που θα χρησιμοποιήσετε είναι βιβλία, ωστόσο ενδεχομένως να χρησιμοποιήσετε και το internet και δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά.

Ειδικά για την περίπτωση πηγών από το internet φροντίστε να ελέγξετε μεθοδικά την εγκυρότητα της πηγής σας. ιστοτιούτων κλπ.

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Βιβλιογραφία

Αν ακολουθείτε την απόδειξη που παρουσιάζεται σε κάποιο βιβλίο τότε θα πρέπει να δώσετε το τίτλο του βιβλίου, όνομα συγγραφέα, εκδότη και ημερομηνία έκδοσης. Οτιδήποτε επιχείρημα παραθέτετε αν δεν έχει ανάλογη παραπομπή τότε θεωρείται ότι είναι καθαρά προσωπικό και προέρχεται από προσωπική σας εργασία.

Είναι αντικανονικό να αντιγράψετε χωρίς να δίνετε την αρχική πηγή

Εισαγωγικά

Εργαστηριακή Αναφορά

Βιβλιογραφία

Παραδείγματα

Ένας καλός τρόπος γραφής των παραπομπών σε βιβλία είναι ο παρακάτω:

1. H. Young and D. Freedman, “University Physics”, 8η έκδοση, σελ. 5-9, εκδόσεις χ, (2018).

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

2. J. Smith, Phys. Rev. Lett. **101**, 2932, (2001)

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

1. Η Μέτρηση

Συστατικό στοιχείο και τελικός σκοπός του πειράματος είναι η μέτρηση, δηλαδή η σύγκριση κάποιου μεγέθους με κάποιο άλλο "πρότυπο" που διαθέτει η συσκευή που χρησιμοποιούμε στο πείραμά μας. Έτσι όταν μετρούμε το μήκος συγκρίνουμε το μήκος που μετράμε με ένα "πρότυπο" μέτρο, όταν μετρούμε την τάση ή την ένταση του ρεύματος τη συγκρίνουμε με γνωστές τάσεις ή εντάσεις που μας βοήθησαν να βαθμονομήσουμε το βολτόμετρο ή το αμπερόμετρο κ.τ.λ.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

2. Τα Σφάλματα

Ας υποθέσουμε ότι πρέπει να μετρήσουμε το ύψος ενός κουφώματος για να βάλουμε μια πόρτα. Αυτή η μέτρηση μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

α) Ένας έμπειρος ξυλουργός κοιτάζοντας το κούφωμα (χρησιμοποιώντας δηλαδή σαν όργανο μέτρησης το μάτι του σε συνδυασμό με την εμπειρία που έχει) λέει ότι το ύψος είναι περίπου 210 cm. Ύστερα όμως από λίγη σκέψη προσθέτει ότι το ύψος της βρίσκεται ανάμεσα στα 205 cm και τα 215 cm. Δηλαδή έχουμε :

$$205 \text{ cm} \leq h_1 \leq 215 \text{ cm} \quad \text{ή αλλιώς} \quad h_1 = (210 \pm 5) \text{ cm}.$$

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

2. Τα Σφάλματα

β) Φυσικά ο ξυλουργός δεν είναι ικανοποιημένος μόνο από αυτό. Με το μέτρο του μετράει τώρα το κούφωμα και βρίσκει 211.3 cm. Εμείς όμως παίρνουμε υπ' όψη μας ότι στη μέτρηση αυτή μπορούν να επιδράσουν διάφοροι παράγοντες (π.χ. θερμική διαστολή, κατασκευή και τοποθέτηση του μέτρου, το γεγονός ότι ένα συνηθισμένο μέτρο δεν έχει υποδιαίρέσεις πιο συχνές από 0.1 cm κ.τ.λ.) και γι' αυτό για μεγαλύτερη σιγουριά γράφουμε:

$$211.25 \text{ cm} \leq h_2 \leq 211.35 \text{ cm} \quad \text{ή} \quad h_2 = (211.30 \pm 0.05) \text{ cm}.$$

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

2. Τα Σφάλματα

γ) Ιδιοκτήτης όμως του διαμερίσματος είναι ένας φυσικός που θέλει να πάρει μια καλύτερη απάντηση στο ερώτημα του πόσο είναι το ύψος του κουφώματος. Χρησιμοποιεί μια συσκευή ακριβείας (π.χ. ένα συμβολόμετρο) και κάνοντας μια μέτρηση βρίσκει ότι το ύψος είναι 211.300158 cm. Αλλά και πάλι δεν μπορεί να είναι σίγουρος για το τι συμβαίνει με τα επόμενα δεκαδικά ψηφία, γι' αυτό γράφει:

$$211.3001575 \text{ cm} \leq h_3 \leq 211.3001585 \text{ cm} \quad \text{ή} \quad h_3 = (211.3001580 \pm 0.0000005) \text{ cm}.$$

Εισαγωγικά

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

2. Τα Σφάλματα

Έχουμε 3 μετρήσεις:

$$205 \text{ cm} \leq h_1 \leq 215 \text{ cm} \quad \text{ή αλλιώς} \quad h_1 = (210 \pm 5) \text{ cm}.$$

$$211.25 \text{ cm} \leq h_2 \leq 211.35 \text{ cm} \quad \text{ή} \quad h_2 = (211.30 \pm 0.05) \text{ cm}.$$

$$211.3001575 \text{ cm} \leq h_3 \leq 211.3001585 \text{ cm} \quad \text{ή} \quad h_3 = (211.3001580 \pm 0.0000005) \text{ cm}.$$

Ποια είναι λοιπόν η σωστή μέτρηση; Προφανώς σωστές είναι και οι τρεις. Μόνο που διαφέρουν ως προς την ακρίβειά τους, ή όπως αλλιώς λέμε, ως προς το "σφάλμα" τους (δηλ. την ποσότητα που είναι μετά το \pm).

Εισαγωγικά

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

2. Τα Σφάλματα

Έστω τώρα ότι ερώτηση τίθεται διαφορετικά: Ποιο είναι το ύψος του κουφώματος; Εδώ και πάλι από μια άποψη θα μπορούσαμε να απαντήσουμε : Και το h_1 και το h_2 και το h_3 . Όμως η ερώτηση αυτή αποκτά συγκεκριμένο νόημα αν ξέρουμε για ποιο λόγο χρειαζόμαστε το ύψος αυτό. Έτσι π. χ. στη συγκεκριμένη περίπτωση, για την τοποθέτηση της πόρτας αρκεί να ξέρουμε το h_2 . Αν μας έχει δοθεί μόνο το h_1 είναι πιθανόν η πόρτα που θα φτιάξουμε να μην ταιριάζει, ενώ το h_3 περιέχει πολλές πληροφορίες που για τον ξυλουργό είναι περιττές πολυτελείες πολύ δε περισσότερο επειδή είναι σίγουρο πως με τα εργαλεία που διαθέτει είναι αδύνατο να πετύχει τέτοια ακρίβεια στην κατασκευή της πόρτας.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

2. Τα Σφάλματα

Συνοψίζοντας λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι ο όρος "σφάλμα"* στην επιστημονική γλώσσα σημαίνει την αναπόφευκτη, αριθμητικά εκφρασμένη, έλλειψη ακρίβειας που υπάρχει στη μέτρηση ενός μεγέθους σ' όλα τα πειράματα καθώς και τις τυχόν ατέλειες ή ελαττωματικότητας των οργάνων και των μεθόδων μας.

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

1. Συστηματικά Σφάλματα

Εμφανίζονται όταν μέτρηση δίνει αποτελέσματα **συστηματικά** μεγαλύτερα (ή μικρότερα) από την πραγματική (αληθινή) τιμή του μετρούμενου μεγέθους.

Πιθανές Πηγές Συστηματικών Σφαλμάτων:

- Όργανα Μέτρησης (π.χ. κακή βαθμονόμηση οργάνου)
- Συνθήκες Περιβάλλοντος (Θερμοκρασία, Πίεση, Μαγνητικό Πεδίο Γης...)
- Σφάλματα Θεωρητικής Φύσης (Μη ακριβές Μοντέλο, Προσέγγιση)
- Σφάλματα Παρατήρησης

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Τα συστηματικά σφάλματα σε ένα πείραμα δεν αναγνωρίζονται γενικά εύκολα και ο προσδιορισμός τους είναι πολλές φορές επίπονος

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΣΟΧΗ: Υπάρχει η σύγχυση να αποδίδεται κάθε σφάλμα οργάνου ως συστηματικό. **Αυτό είναι λάθος.** Ο χαρακτηρισμός συστηματικό αναφέρεται στο γεγονός ότι το σφάλμα εκτρέπει συστηματικά προς την ίδια φορά ένα αποτέλεσμα και δεν αφορά την πηγή του. Γενικά ένα συστηματικό σφάλμα μπορεί να μην είναι σταθερό αλλά έχει την «ίδια φορά» πάντα.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

2. Τυχαία ή Στατιστικά Σφάλματα

Σφάλματα που επιδρούν σε μέτρηση με τυχαίο τρόπο: Μπορεί η μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους να δώσει τιμή μεγαλύτερη της αναμενόμενης ενώ η επανάληψη της μέτρησης να δώσει τιμή μικρότερη της αναμενόμενης

Τα τυχαία σφάλματα είναι **αναπόφευκτα** και μπορούν να ληφθούν υπόψη μόνο **στατιστικά**. Εμφανίζονται και όταν απαλειφτεί τα συστηματικά.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

2. Τυχαία ή Στατιστικά Σφάλματα

Παράδειγμα τυχαίων σφαλμάτων σε πείραμα δειγματοληψίας:

Έστω ότι μελετάμε ραδιενεργό διάσπαση σε δείγμα με 1000 ραδιενεργές διασπάσεις/sec τότε ο αναμενόμενος αριθμός διασπάσεων σε 5sec είναι 5000.

Αν πάρουμε μια μέτρηση σε 5sec, οι τιμές των διασπάσεων που θα μετρήσουμε πιθανότατα θα διαφέρει από την αναμενόμενη τιμή 5000 κατά το τυχαίο σφάλμα της μέτρησης (μετρούμενη τιμή διασπάσεων μεγαλύτερη ή μικρότερη του 5000)

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

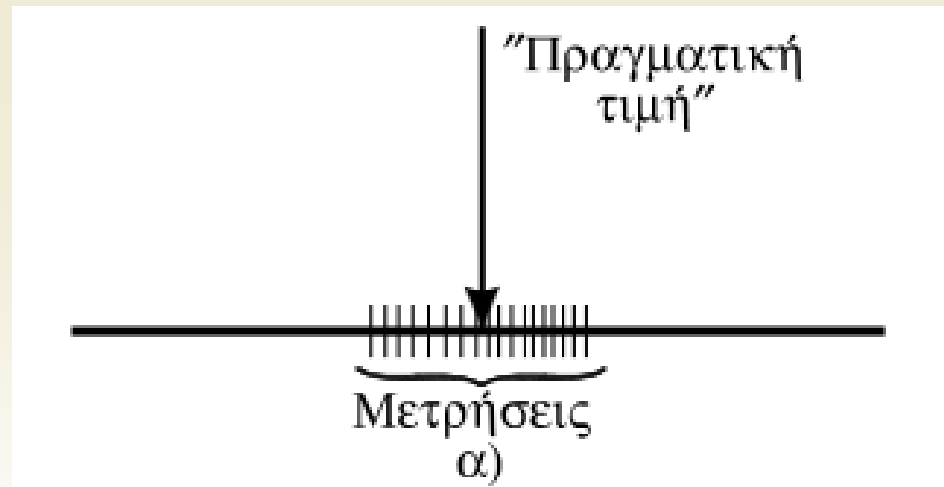
Γίνεται κατανοητό ότι το συστηματικό σφάλμα μένει σχεδόν πάντα σταθερό σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Το τυχαίο σφάλμα μεταβάλλεται και μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό.

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

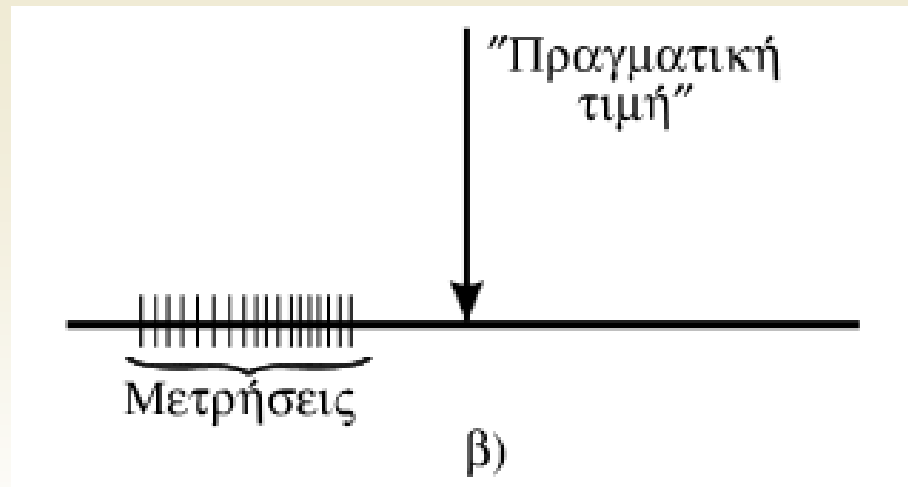
Τα τυχαία σφάλματα υπάρχουν πάντα στο πείραμα.
Αν δεν υπάρχουν συστηματικά σφάλματα οι μετρήσεις μας
βρίσκονται γύρω από την πραγματική τιμή



Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Αν υπάρχουν συστηματικά σφάλματα οι μετρήσεις μας είναι όλες μετατοπισμένες και διασκορπισμένες προς μια κατεύθυνση, θετική ή αρνητική, σε σχέση με την πραγματική τιμή



ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Τα **τυχαία σφάλματα** μπορούν να υπολογισθούν με τη βοήθεια στατιστικών μεθόδων, που έχουν τη βάση τους στη θεωρία των πιθανοτήτων.

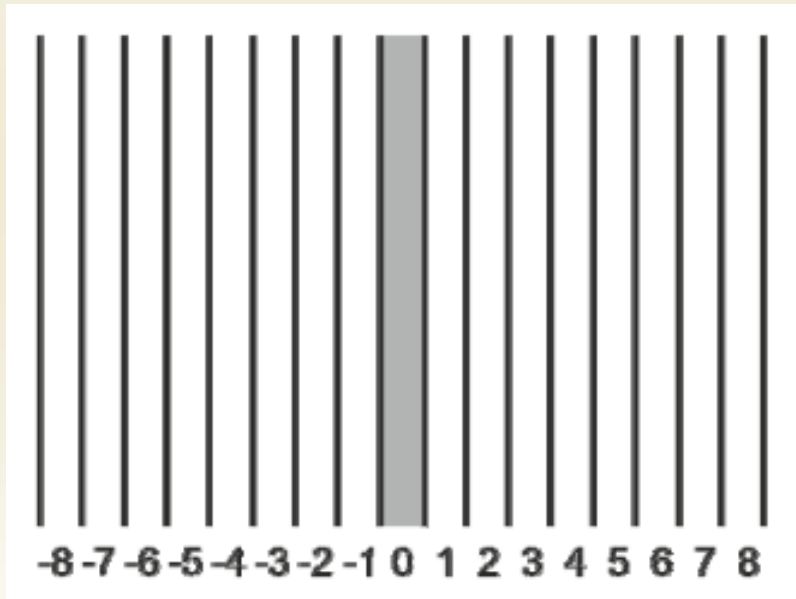
Αυτό δεν μπορεί να γίνει για τα **συστηματικά σφάλματα**

.

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Βασικές αρχές της θεωρίας των τυχαίων σφαλμάτων

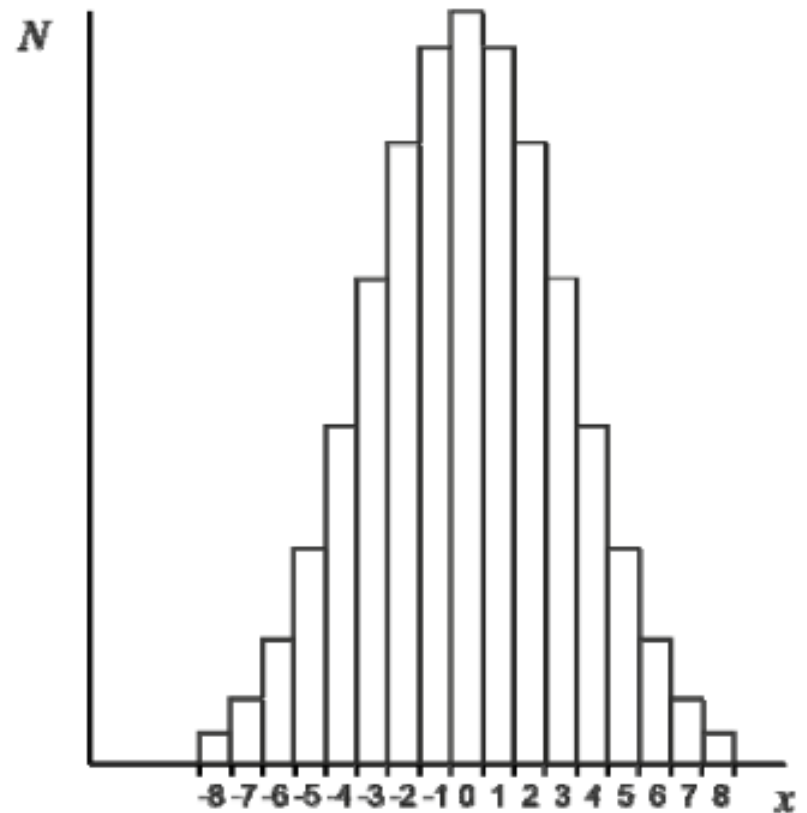
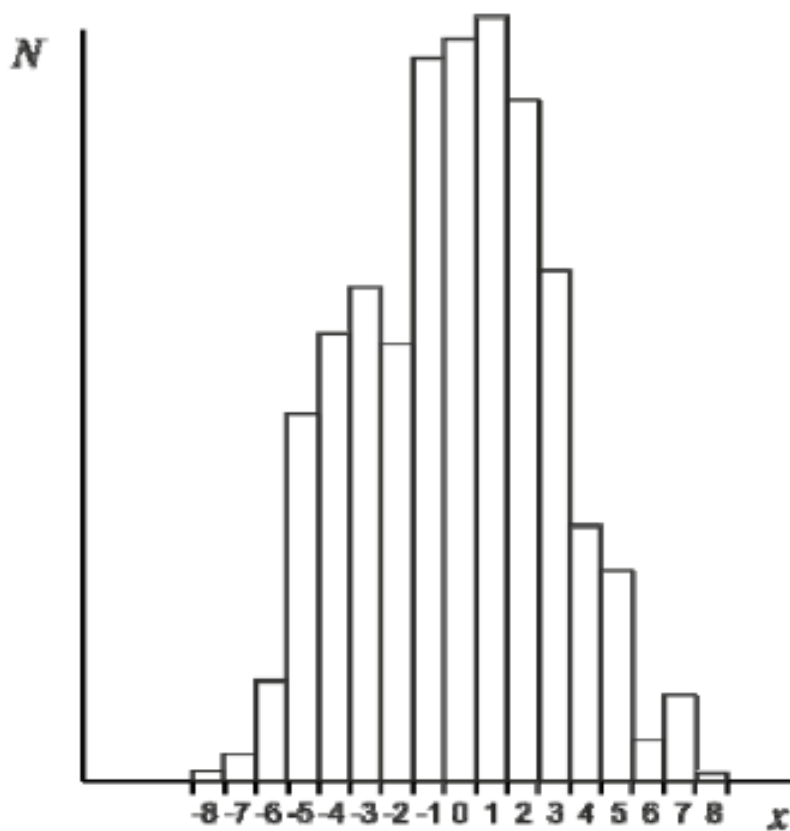


Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε τη διαδικασία της μέτρησης με το εξής «πείραμα»: Τοποθετούμε ένα στόχο, όπως αυτός του σχήματος 2 σε απόσταση μερικών μέτρων και προσπαθούμε με ένα βελάκι να πέσουμε στην κεντρική στήλη με την ένδειξη 0. Είναι σίγουρο, πως όσο κι εύστοχοι αν είμαστε αν ρίξουμε το βελάκι πολλές φορές είναι αδύνατον να πετυχαίνουμε πάντα το στόχο μας. Πολλές βολές θα έπεφταν στις στήλες που βρίσκονται δεξιά και αριστερά του στόχου μας.

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

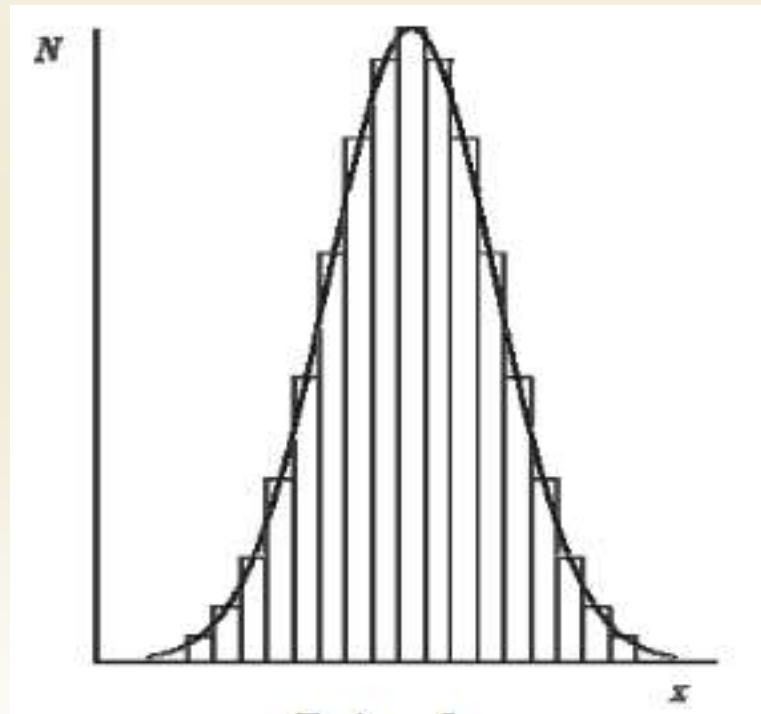
Βασικές αρχές της θεωρίας των τυχαίων σφαλμάτων



Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Βασικές αρχές της θεωρίας των τυχαίων σφαλμάτων



Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Σφάλματα σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

Μέση τιμή

Έστω λοιπόν ότι μετράμε την ίδια ποσότητα N φορές και βρίσκουμε τις τιμές $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$. Τότε σύμφωνα με τη θεωρία των πιθανοτήτων θεωρούμε ότι η τιμή που βρίσκεται πιο κοντά στην "πραγματική", είναι η μέση τιμή που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Σφάλματα σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

Μέση τιμή

Και σ' αυτή την περίπτωση όμως δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το αποτέλεσμα μας συμπίπτει με την "πραγματική" τιμή. Πρέπει λοιπόν να υπολογίσουμε το σφάλμα, δηλαδή μια περιοχή τιμών του x μέσα στην οποία βρίσκεται αυτή η πραγματική τιμή. Δηλαδή

$$x = \bar{x} \pm \delta x$$

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Σφάλματα σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

Απόλυτο σφάλμα

$$\delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}$$

απόλυτο σφάλμα της μέσης τιμής.

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Σφάλματα σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

Παράδειγμα Ας υποθέσουμε ότι κατά τη μέτρηση κάποιου μήκους l πήραμε τις εξής τιμές (σε mm)

24.25 24.26 24.22 24.28 24.24 24.25 24.22 24.26 24.23 24.24

Φτιάχνουμε τότε τον πίνακα.

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

l_i mm	$l_i - \bar{l}$ mm	$(l_i - \bar{l})^2$ $\text{mm}^2 \times 10^5$
24.25	-0.005	2.5
24.26	0.015	22.5
24.22	-0.025	62.5
24.28	0.035	122.5
24.24	-0.005	2.5
24.25	0.005	2.5
24.22	-0.025	62.5
24.26	0.015	22.5
24.23	-0.015	22.5
24.24	-0.005	2.5
$\sum_{i=1}^{10} l_i = 242.45 \text{ mm}$	$\sum_{i=1}^{10} (l_i - \bar{l}) = 0$	$\sum_{i=1}^{10} (l_i - \bar{l})^2 = 3.25 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Σφάλματα σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

$$\bar{\ell} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ell_i = \frac{242.45 \text{ mm}}{10} = 24.245 \text{ mm}$$

$$\delta\ell = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\ell_i - \bar{\ell})^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{3.25 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2}{10 \cdot 9}} = 0.00600925 \text{ mm}$$

$$\ell = (24.245 \pm 0.006) \text{ mm}$$

Εισαγωγικά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Σφάλματα σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

Σχετικό σφάλμα

$$\eta = \frac{\overline{\delta x}}{\bar{x}}$$

Είναι καθαρός αριθμός και δίνεται %