

Εργαστηριακή άσκηση 1:
ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ, ΧΡΟΝΟΥ, ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗΣ

Τροποποίηση του εργαστηριακού οδηγού
(Βαγγέλης Δημητριάδης, 4^ο ΓΕΛ Ζωγράφου)

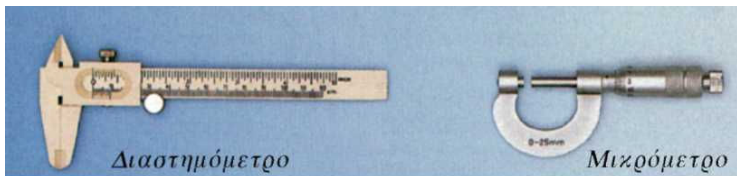
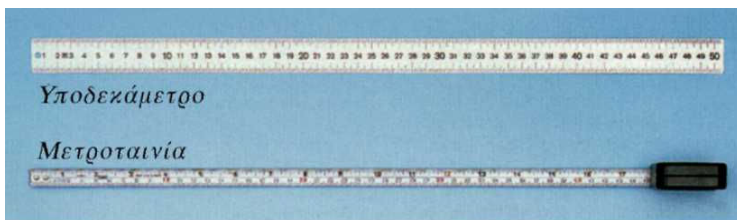
ΣΤΟΧΟΙ

Στόχοι αυτής της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση μηκών, χρησιμοποιώντας κατάλληλα όργανα (υποδεκάμετρο, διαστημόμετρο).
- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση χρονικών διαστημάτων.
- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση μαζών.
- Να εξασκηθείτε στη μέτρηση δυνάμεων.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- **Όργανα μέτρησης μήκους:**



Όταν πρόκειται να μετρήσουμε ένα μήκος, πρέπει να επιλέξουμε εκείνο το όργανο μέτρησης το οποίο είναι κατάλληλο για να μετρήσει το μήκος αυτό και να δώσει την απαιτούμενη ακρίβεια.

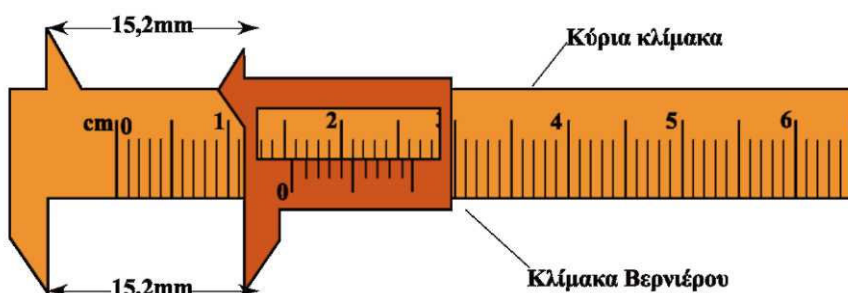
Έτσι, όταν θέλουμε να μετρήσουμε την απόσταση στην οποία έριξε ένας αθλητής τη σφαίρα ή το ακόντιο χρησιμοποιούμε τη **μετροταινία**.

Όταν επιδιώκουμε να μετρήσουμε

το μήκος ενός βιβλίου χρησιμοποιούμε **υποδεκάμετρο** (βαθμολογημένο κανόνα ή χάρακα). Όταν επιθυμούμε να μετρήσουμε τη διάμετρο ενός σύρματος χρησιμοποιούμε **διαστημόμετρο** ή **μικρόμετρο**.

- **Χρήση του κανόνα:**

Για να μετρήσουμε το μήκος σώματος, λ.χ. το μήκος ενός ξύλινου παραλληλεπίπεδου, φέρνουμε σε σύμπτωση τη χαραγή μηδέν του κανόνα με το ένα άκρο του σώματος. Διαβάζουμε έπειτα την υποδιαίρεση του κανόνα που συμπίπτει με το άλλο άκρο του. Με το βαθμολογημένο κανόνα δεν μπορούμε να μετρήσουμε αποστάσεις με ακρίβεια μεγαλύτερη από 0,5 mm,



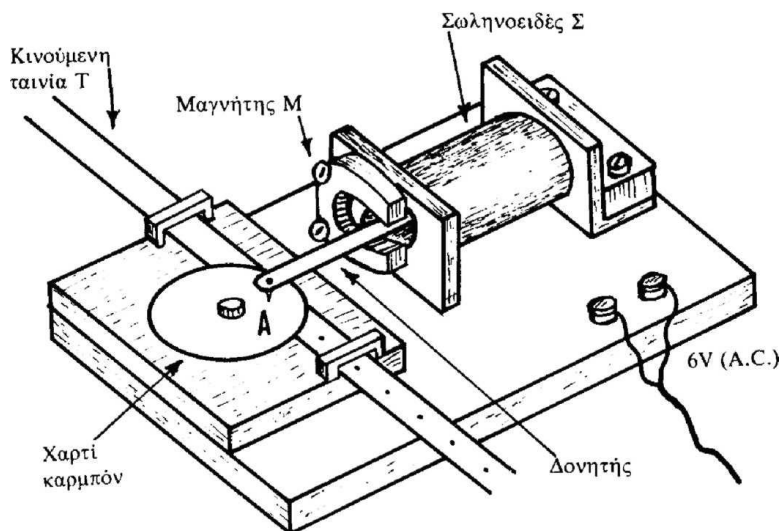
- **Χρήση του διαστημόμετρου:**

Για μετρήσεις μικρών μηκών, μέχρι 25 cm, στις οποίες απαιτείται ακρίβεια περίπου 0,1 mm, χρησιμοποιούμε

Εικόνα 3.2

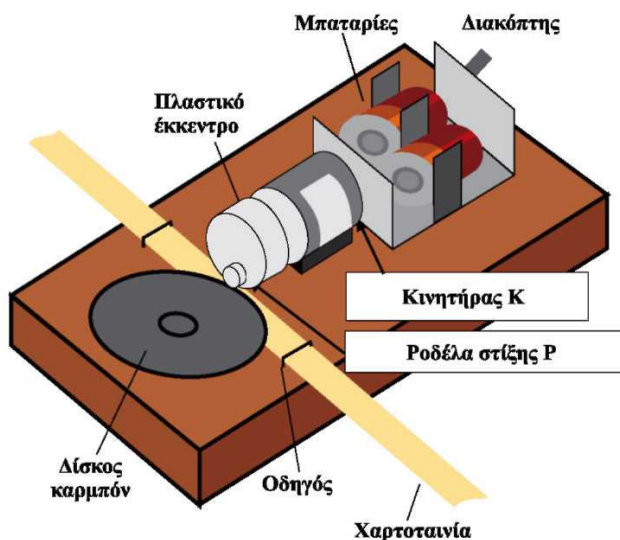
το διαστημόμετρο. Το διαστημόμετρο (Εικ. 3.2) αποτελείται από ένα κανόνα υποδιαιρεμένο σε mm. Το κινητό τμήμα έχει 10 γραμμές που αποτελούν την κλίμακα του βερνιέρου. Ο βερνιέρος είναι υποκλίμακα της κύριας κλίμακας του διαστημόμετρου. Οι γραμμές του βερνιέρου έχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με 0,9 mm. Για να μετρήσουμε π.χ. το πάχος ενός σωλήνα, τον φέρνουμε μεταξύ των δύο σιαγόνων. Στην εικόνα 3.2 η γραμμή της κύριας κλίμακας, αριστερά από τη χαραγή 0 του βερνιέρου, αντιστοιχεί στα 15 mm. Η δεύτερη γραμμή του βερνιέρου συμπίπτει με μία γραμμή της κύριας κλίμακας. Η ένδειξη λοιπόν του οργάνου είναι: $(15,0 + 0,2) \text{ mm} = 15,2 \text{ mm}$ ή 1,52 cm.

• Ηλεκτρικός χρονομετρητής



Εικόνα 7.3.1

από μαλακό σίδηρο Ε, στερεωμένο στο ένα άκρο του. Το έλασμα βρίσκεται μεταξύ των πόλων ισχυρού πεταλοειδούς μαγνήτη Μ και στο ελεύθερο άκρο του φέρει ακίδα Α. Όταν μία χαμηλή εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50 Hz τροφοδοτεί το σωληνοειδές, τότε το σιδερένιο έλασμα πάλλεται με την ίδια συχνότητα και η ακίδα χτυπά ένα δίσκο "καρμπόν" Δ που βρίσκεται από κάτω της. Κάτω από το δίσκο "καρμπόν" δια μέσου των οδηγών σε σχήμα Π παρασύρεται η χαρτοταινία Τ από το σώμα του οποίου μελετούμε την κίνηση (π.χ. αμαξάκι). Έτσι επάνω στην κινούμενη χαρτοταινία καταγράφονται σημεία (στιγμές, κουκίδες) ανά ίσα χρονικά διαστήματα,



Εικόνα 7.3.3

Ένας άλλος τύπος ηλεκτρικού χρονομετρητή (Εικ. 7.3.3) λειτουργεί με μία ή δύο μπαταρίες (1,5V, μεγέθους D). Ο χρονομετρητής αυτός συνίσταται από ένα ηλεκτρικό κινητήρα Κ, ο οποίος στο άκρο του άξονά του έχει στερεωμένο ένα πλαστικό δίσκο (έκκεντρο). Στη βάση του έκκεντρου κοντά στην περιφέρειά του είναι βιδωμένη χαλαρά μία μεταλλική ροδέλα Ρ (ροδέλα στίξης). Κάτω από το έκκεντρο, επάνω στην ξύλινη βάση της συσκευής, μεταξύ δύο οδηγών σε σχήμα Π υπάρχει μεταλλικό έλασμα. Επίσης στην ξύλινη βάση του χρονομετρητή δίπλα στο έλασμα είναι κολλημένος ένας δίσκος από φελλό.

• Μέτρηση μάζας:

Τη μάζα σώματος (αντικειμένου) μετράμε

με τη βοήθεια ζυγού. Κάθε ζυγός χαρακτηρίζεται από το ανώτατο όριο φόρτισής του (δηλαδή την αντοχή του) και την ευαισθησία του (δηλαδή τη μικρότερη μάζα με την οποία φορτιζόμενος ο ζυγός μπορεί να αντιδράσει και να παρουσιάσει ένδειξη). Οι ζυγοί είναι γενικώς λεπτά και ευπαθή όργανα και γι' αυτό πρέπει να τους χρησιμοποιούμε με προσοχή. Να αποφεύγουμε την υπερφόρτωση ενός ζυγού γιατί υπάρχει κίνδυνος βλάβης. Ποτέ η μάζα που πρόκειται να ζυγίσουμε να μη ξεπερνά το ανώτατο όριο της κλίμακας του οργάνου.

- **Μέτρηση δύναμης:**

Τις δυνάμεις μετρούμε με τα δυναμόμετρα. Τα δυναμόμετρα είναι βαθμολογημένα σε



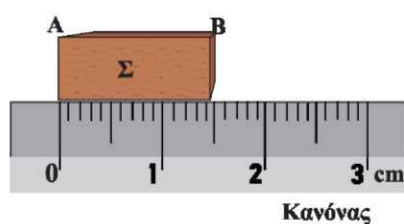
Εικόνα 6.3

Newton (N). Η λειτουργία τους βασίζεται στην ελαστική παραμόρφωση των σωμάτων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι δυναμόμετρων με ποικίλες κλίμακες μέτρησης ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο προορίζονται. Τα συνηθισμένα δυναμόμετρα με σπειροειδές ελατήριο (κανταράκι) χρησιμεύουν για τη μέτρηση σχετικά μικρών δυνάμεων. Τα δυναμόμετρα αυτά λειτουργούν είτε με τάση είτε με συμπίεση. Στην εικόνα 6.3 φαίνεται μια σειρά δυναμόμετρων με κλίμακες λειτουργίας από 0 έως 1N, 2N, 5N, 10N κλπ. Όταν το δυναμόμετρο είναι αφόρτιστο πρέπει η ένδειξή του να είναι μηδέν. Σε αντίθετη περίπτωση χαλαρώνουμε τη βίδα, ρυθμίζουμε τη

θέση του μηδενός και σφίγγουμε έπειτα τη βίδα. Κατά τη χρήση του δυναμόμετρου θα πρέπει να μη μετρούμε δυνάμεις που ξεπερνούν το ανώτερο όριο της κλίμακας του (όριο αντοχής).

- **Σφάλμα μέτρησης:**

Καμία μέτρηση φυσικού μεγέθους δεν είναι απόλυτα ακριβής. Το αριθμητικό αποτέλεσμα κάθε μέτρησης είναι πάντοτε μια προσέγγιση. Η διαφορά (απόκλιση) του αριθμητικού αποτελέσματος μιας μέτρησης από την πραγματική τιμή που έχει το μέγεθος ονομάζεται **αβεβαιότητα (ή σφάλμα) της μέτρησης**. Για να γίνουν ευκολότερα κατανοητά τα



Εικόνα 8.1

παραπάνω, ας θεωρήσουμε το σώμα Σ, του οποίου θέλουμε να βρούμε το μήκος (Εικ. 8.1). Για το σκοπό αυτό τη μία άκρη Α του σώματος τη φέρνουμε σε επαφή με τη χαραγή μηδέν (0) του κανόνα και επιζητούμε να εκτιμήσουμε τη θέση κατά μήκος του κανόνα της άλλης άκρης Β. Η τεχνική της μέτρησης ενός μήκους καταλήγει πάντοτε στην εύρεση της θέσης μιας χαραγής κατά μήκος μιας υποδιαιεμένης κλίμακας. Είναι φανερό ότι για να είναι η μέτρηση ακριβής πρέπει α) η μία άκρη Α να έρθει σε τέλεια σύμπτωση με το μηδέν της κλίμακας και β) η θέση της άκρης Β κατά μήκος του κανόνα να βρεθεί με τέλεια ακρίβεια. Είναι προφανές ότι και τα δύο δεν επιτυγχάνονται ακριβώς, άρα εισάγεται σφάλμα στη μέτρηση του μήκους του σώματος. Το μήκος του σώματος βρίσκεται ίσο με 14,5 mm χωρίς όμως να είμαστε βέβαιοι γι' αυτό. Εκείνο για το οποίο είμαστε βέβαιοι είναι ότι η ακριβής θέση της άκρης Β βρίσκεται μεταξύ 14 και 15 mm. Αλλά δεν γνωρίζουμε, αν είναι 14,1 ή 14,2 ή 14,3 κτλ. Γι' αυτό είναι πιο σωστό να γράφουμε ως αποτέλεσμα το: $(14,5 \pm 0,5)$ mm.

Τα σφάλματα (αβεβαιότητες) μπορεί να οφείλονται είτε στη χρησιμοποιούμενη μέθοδο, είτε στην ατέλεια των οργάνων, είτε στην αδεξιότητα του παρατηρητή. **Τα σφάλματα**

διακρίνονται σε συστηματικά και τυχαία. Τα συστηματικά σφάλματα οφείλονται σε μόνιμη αιτία και επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης πάντοτε κατά τον ίδιο τρόπο. Συνήθως οφείλονται σε ατέλειες ή βλάβες των οργάνων μέτρησης. Τα **τυχαία σφάλματα** προέρχονται από όχι μόνιμη αιτία και επηρεάζουν το αποτέλεσμα ακανόνιστα (τυχαία). Αυτά οφείλονται είτε στην περιορισμένη ακρίβεια των οργάνων μέτρησης είτε στην αστάθεια των εξωτερικών συνθηκών που μπορούν να επηρεάσουν το πείραμα (όπως π.χ. η απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας στην διάρκεια του πειράματος) είτε στον παρατηρητή.

Σε μια εργαστηριακή άσκηση μπορούμε να περιορίσουμε τα τυχαία σφάλματα στη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους, αν το μετρήσουμε πολλές φορές και κατόπιν υπολογίσουμε τη μέση τιμή του (το μέσο όρο των τιμών του). Η μέση τιμή υπολογίζεται με την πρόσθεση όλων των τιμών των μετρήσεων και τη διαίρεση του αθροίσματος δια του αριθμού των μετρήσεων. Η μέση τιμή που υπολογίζουμε με τον τρόπο αυτό δεν είναι η πραγματική (η ακριβής) τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Είναι όμως μία πολύ καλή προσέγγισή της. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μετρήσεων τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να βρίσκεται η μέση τιμή πλησιέστερα στην πραγματική τιμή.

• **Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία**

Η ακρίβεια κάθε μέτρησης περιορίζεται από την ακρίβεια του οργάνου μέτρησης, που δεν είναι ποτέ απόλυτα ακριβές (αξιόπιστο). Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι μετράμε με βαθμολογημένο χάρακα το μήκος μιας μεταλλικής ξύστρας μολυβιών. Ο χάρακας έχει υποδιαίρεσεις ανά 1/10 του εκατοστόμετρου (δηλαδή ανά ένα χιλιοστόμετρο). Με το χάρακα αυτό δεν μπορούμε να παρατηρήσουμε αποστάσεις μικρότερες από ένα χιλιοστόμετρο. Η ακρίβεια που μας δίνει είναι 0,1cm. Βρίσκουμε έτσι, ότι η ξύστρα έχει μήκος 2,6 cm. Με ένα διαστημόμετρο μπορούμε να μετρήσουμε το μήκος ενός μικρού αντικειμένου με ακρίβεια 0,01 cm. Χρησιμοποιώντας λοιπόν διαστημόμετρο βρίσκουμε ότι το μήκος της ξύστρας είναι 2,58 cm. Λέμε ότι η τιμή 2,6 έχει δύο σημαντικά ψηφία (2 και 6) ενώ η τιμή 2,58 έχει τρία σημαντικά ψηφία (2,5 και 8). Τα ψηφία του αριθμητικού αποτελέσματος μιας μέτρησης, για τα οποία είμαστε απόλυτα βέβαιοι (ότι είναι σωστά) ονομάζονται **σημαντικά ψηφία**.

Σε ένα αριθμητικό αποτέλεσμα που προέκυψε από τη μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους δεν πρέπει να γράφουμε περισσότερα ψηφία από όσα μας παρέχει η ακρίβεια του οργάνου (ή της μεθόδου). Πρέπει να αναγράφουμε μόνο εκείνα για τα οποία είμαστε βέβαιοι ότι είναι σωστά, δηλαδή τα σημαντικά ψηφία. Είναι προφανές ότι η αναγραφή πρόσθετων ψηφίων πέρα από τα σημαντικά δεν έχει καμία σημασία. Τα επιπλέον ψηφία όχι μόνο συνιστούν απώλεια χρόνου αλλά μπορούν να οδηγήσουν και σε παραπλάνηση εκείνους που τα χρησιμοποιούν και τα εμπιστεύονται. Αυτό πρέπει να το έχουμε ιδιαίτερα υπόψη μας, όταν εκτελούμε αριθμητικές πράξεις με την αριθμομηχανή (υπολογιστή τσέπης ή κομπιουτεράκι). Στην οθόνη εμφανίζονται τότε 8 ή περισσότερα ψηφία, από τα οποία τα τελευταία δεξιά είναι χωρίς αξία. Είναι ανάγκη τέτοια αριθμητικά αποτελέσματα να τα στρογγυλοποιούμε στο πλησιέστερο δεκαδικό ψηφίο, ώστε όλα τα ψηφία να είναι σημαντικά στην απάντησή μας. Όταν πραγματοποιούμε προσθέσεις (ή αφαιρέσεις) πρέπει μετά την εκτέλεση της πράξης να στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα. Κατά την πρόσθεση (ή την αφαίρεση) πρέπει το άθροισμα (ή η διαφορά) να διατηρήσει τόσα δεκαδικά ψηφία όσα ο αριθμός με τα λιγότερα δεκαδικά ψηφία. Όταν πραγματοποιούμε πολλαπλασιασμούς ή διαιρέσεις, το αποτέλεσμα πρέπει να στρογγυλοποιείται έτσι, ώστε να περιέχει μόνο όσα σημαντικά ψηφία έχει ο λιγότερο ακριβής αριθμός, π.χ. στον πολλαπλασιασμό 8,37 cm x 2,3 cm, το αποτέλεσμα πρέπει να δοθεί με δύο σημαντικά ψηφία. Είναι $8,37 \text{ cm} \cdot 2,3 \text{ cm} = 19,251 \text{ cm}^2$ και μετά τη στρογγυλοποίηση το εξαγόμενο γράφεται 19 cm^2 .

ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Υποδεκάμετρο (βαθμολογημένος χάρακας).
- Διαστημόμετρο.

- Χρονόμετρο (ως χρονόμετρο θα χρησιμοποιηθεί κινητό τηλέφωνο).
- Ηλεκτρικός χρονομετρητής με τα συνοδευτικά του (δίσκος καρμπόν, χαρτοταινία).
- Σφικτήρας τύπου G.
- Ζυγός ηλεκτρονικός.
- Δυναμόμετρο.
- Βαράκια μάζας 50 g και 100 g.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

1. **Μέτρηση μήκους με υποδεκάμετρο:** Μετρήστε τη διάμετρο της βάσης και το ύψος ενός κυλίνδρου (βαράκι 100 g) με το υποδεκάμετρο. Επαναλάβετε τις μετρήσεις τέσσερις φορές και συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ 1. Υπολογίστε τις μέσες τιμές της διαμέτρου της βάσης και του ύψους του κυλίνδρου. Γιατί είναι αναγκαία η πολλαπλότητα των μετρήσεων και η εύρεση μετά της μέσης τιμής;
2. **Μέτρηση μήκους με διαστημόμετρο:** Επαναλάβετε τις μετρήσεις της διαδικασίας 1 για τον κύλινδρο, χρησιμοποιώντας όμως αντί για υποδεκάμετρο ένα διαστημόμετρο. Συμπληρώστε τον ΠΙΝΑΚΑ II.
3. Συγκρίνετε τις τιμές (μέσες τιμές) της διαμέτρου της βάσης και του ύψους του κυλίνδρου, που προέκυψαν από τη χρησιμοποίηση του υποδεκάμετρου και του διαστημόμετρου. Σε ποια περίπτωση οι μετρήσεις είναι περισσότερο ακριβείς; Ποιο από τα δυο όργανα μέτρησης μήκους είναι καταλληλότερο, για να μετρήσετε το πάχος ενός κέρματος;
4. **Μέτρηση της χρονικής μονάδας του ηλεκτρικού χρονομετρητή:** Στερεώστε στη μία άκρη του τραπεζιού πειραμάτων τον ηλεκτρικό χρονομετρητή, με τη βοήθεια του σφικτήρα. Κόψτε δύο μέτρα περίπου χαρτοταινίας και περάστε τη μέσα από τους δύο οδηγούς, κατά μήκος του ελάσματος και κάτω από τη μελανωμένη όψη του δίσκου καρμπόν. Προσπαθήστε έπειτα να συνεργαστείτε με συγχρονισμό. Ένας από την ομάδα σας θα χειρίζεται τον διακόπτη του ηλεκτρικού χρονομετρητή και το χρονόμετρο. Ένας άλλος θα σύρει την χαρτοταινία. Εκείνος που θα σύρει την χαρτοταινία θα δώσει το σύνθημα (μετρώντας ένα, δύο, τρία) στο συνεργάτη του να κλείσει τον διακόπτη του χρονομετρητή για 2 δευτερόλεπτα ακριβώς. Μετρήστε κατόπιν τον αριθμό των κουκίδων στην χαρτοταινία. Διαιρέστε τέλος το χρόνο των 2 δευτερολέπτων με τον αριθμό των κουκίδων, για να βρείτε το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών κουκίδων, δηλαδή τη χρονική μονάδα του χρονομετρητή (1 "τικ").
5. **Μέτρηση μάζας:** Ζυγίστε το σιδερένιο κύλινδρο (βαράκι 100 g) με το ζυγό. Ζυγίστε επίσης ένα κέρμα, λ.χ. του ενός Ευρώ.
6. Έχετε ένα κουτάκι με 100 συνδετήρες και θέλετε να βρείτε τη μάζα ενός συνδετήρα. Όταν όμως βάλετε ένα συνδετήρα επάνω στον ένα δίσκο του ζυγού, δεν παρατηρείτε ένδειξη άλλη από το μηδέν. Πώς θα εργαστείτε με τον ζυγό αυτό, για να βρείτε τη μάζα ενός συνδετήρα;
7. **Μέτρηση δύναμης:** Μετρήστε με τη βοήθεια του δυναμόμετρου το βάρος που έχει μάζα 50 g. Μετρήστε επίσης το βάρος που έχουν δύο μάζες των 50 g.

Φυσική Α΄ Λυκείου - Εργαστηριακή άσκηση 1:
ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΗΚΟΥΣ, ΧΡΟΝΟΥ, ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗΣ
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΝΟΜΑ
ΟΜΑΔΑ ΕΠΩΝΥΜΟ

1. Μέτρηση μήκους με υποδεκάμετρο:

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Μετρήσεις	1	2	3	4	5	Μέση τιμή
Διάμετρος (mm)						
Ύψος (mm)						

Η πολλαπλότητα των μετρήσεων είναι αναγκαία, γιατί

.....

.....

.....

.....

2. Μέτρηση μήκους με διαστημόμετρο:

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Μετρήσεις	1	2	3	4	5	Μέση τιμή
Διάμετρος (mm)						
Ύψος (mm)						

3. Οι μετρήσεις είναι περισσότερο ακριβείς, όταν χρησιμοποιείται το.....
και λιγότερο ακριβείς, όταν χρησιμοποιείται το.....

Για να μετρήσουμε το πάχος ενός κέρματος, καταλληλότερο όργανο είναι το.
..... επειδή η τιμή βρίσκεται με μεγαλύτερη.....

4. Μέτρηση χρονικής μονάδας ηλεκτρικού χρονομετρητή:

αριθμός κουκίδων=

αντίστοιχος χρόνος=..... s

χρονική μονάδα χρονομετρητή= s

5. Μέτρηση μάζας:

Μάζα σιδερένιου κυλίνδρου=..... g

Μάζα νομίσματος = g

6. Για να βρούμε τη μάζα ενός συνδετήρα,

.....
.....
.....
.....

7. Μέτρηση δύναμης:

Βάρος ενός βαριδιού (50 g)=N

Βάρος δύο βαριδιών (100 g)=N