

Άσκηση M1

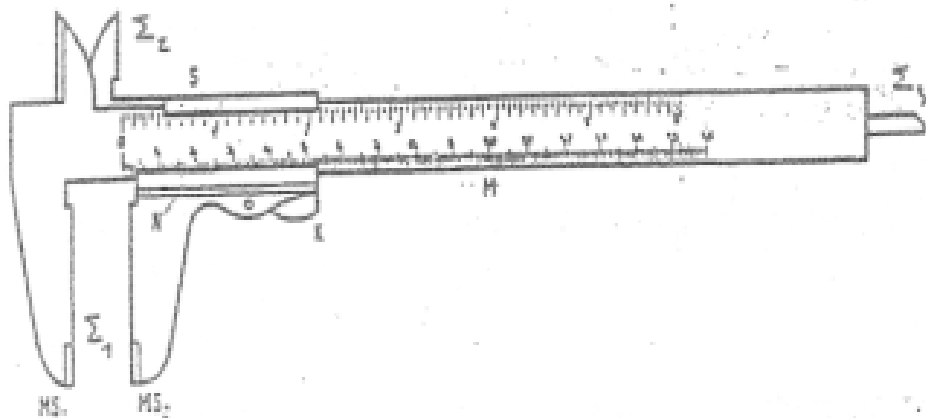
Θεωρητικό μέρος

Μήκος και μάζα (βάρος)

Όργανα μέτρησης μήκους

Διαστημόμετρο

Με το διαστημόμετρο μετράμε μήκη μέχρι και μερικά μέτρα, σε χαμηλές απαιτήσεις ως προς την ακρίβεια. Το κύριο μέρος του διαστημομέτρου είναι η κλίμακα M, η οποία είναι βαθμολογημένη σε χιλιοστά (mm) και στην οποία είναι ορθογώνια τοποθετημένη η σταγόνα μέτρησης MS1. Η κλίμακα χρησιμεύει ταυτόχρονα και ως οδηγός για τον σύρτη S1, ο οποίος συνδέεται συμπαγώς με την σταγόνα μέτρησης MS2. Ο σύρτης φέρει μια δεύτερη δοθητική κλίμακα και στην μορφή αυτή ονομάζεται 'βερνιέρος'.



Σχήμα 1 – Διαστημόμετρο (M – Κύρια κλίμακα, N – Βερνιέρος)

Η κλίμακα του βερνιέρου είναι υποδιαιρεμένη σε 10 ίσα τμήματα, ενώ ολόκληρο το μήκος της ισούται με 9 υποδιαιρέσεις, δηλαδή με 9 χιλιοστά της κύριας κλίμακας.

Με σ το μήκος μιας υποδιαίρεσης της κύριας κλίμακας ($= 1 \text{ mm}$), τ το μήκος μιας υποδιαίρεσης της κλίμακας του βερνιέρου, n τον αριθμό των υποδιαιρέσεων της κλίμακας του βερνιέρου και $n-1$ τον αριθμό των υποδιαιρέσεων της κύριας κλίμακας, προκύπτει

$$(n-1) \cdot \sigma = n \cdot \tau \quad \text{και} \quad \text{επομένως} \quad \delta = \sigma - \tau = \frac{\sigma}{n} =$$

$$(1 - 0.1) \text{ mm} = \frac{1 \text{ mm}}{10} = 0.1 \text{ mm}$$

Το μέγεθος δ ονομάζεται σταθερά του βερνιέρου.

Ως προς την χρήση του δυναμομέτρου, αναφέρονται και αναλύονται μερικά παραδείγματα:

Σε περίπτωση που οι μηδενικές γραμμές της κύριας κλίμακας και της κλίμακας του βερνιέρου συμπίπτουν, η απόσταση της πρώτης γραμμής του βερνιέρου από την πρώτη γραμμή της κύριας κλίμακας είναι 0.1mm, αυτή της δεύτερης γραμμής του βερνιέρου από την δεύτερη γραμμή της κύριας κλίμακας είναι 0.2mm κλπ. Κατά την μετατόπιση του σύρτη, π.χ. κατά 0.4mm, η τέταρτη γραμμή της κλίμακας του βερνιέρου θα πρέπει να συμπίπτει με την τέταρτη γραμμή της κύριας κλίμακας. Αλλά υπάρχει και μια δεύτερη δυνατότητα εξεύρεσης του ίδιου αποτελέσματος: Η τέταρτη γραμμή της κύριας κλίμακας, η οποία συμπίπτει με κάποια γραμμή της κλίμακας του βερνιέρου, είναι ίση με 4mm. Η απόσταση αυτή είναι ίση με την ζητούμενη συν την απόσταση που δείχνει ο βερνιέρος. Στον βερνιέρο αναγνωρίζεται $n = 4$. Επομένως ισχύει:

$$4mm = x + n * 0.9mm \Rightarrow x = 4mm - 4 * 0.9mm = (4 - 3.6)mm = 0.4mm$$

Γενικεύοντας τις παραπάνω περιπτώσεις προκύπτει:

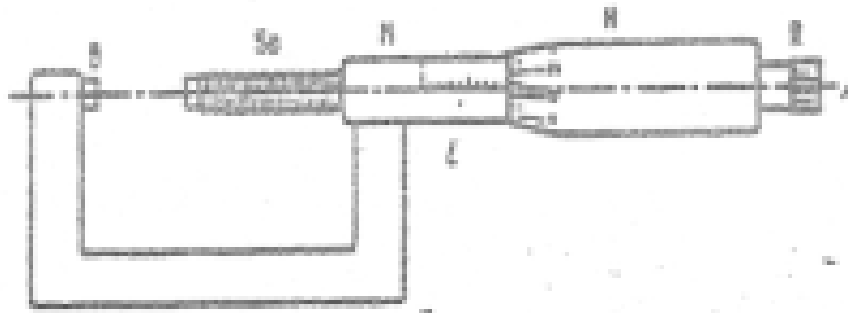
Η ζητούμενη απόσταση ισούται με την ακέραιη υποδιαίρεση της κύριας κλίμακας (η οποία βρίσκεται αριστερά πάνω από την μηδενική γραμμή του βερνιέρου) συν το γινόμενο της σταθεράς του βερνιέρου και την νιοστή υποδιαίρεση του βερνιέρου, δηλαδή $x = x_k + n * \delta$

Υποτίθεται ότι η υποδιαίρεση n του βερνιέρου συμπίπτει με μια υποδιαίρεση της κύριας κλίμακας. Αλλά μεγάλη πιθανότητα σύμπτωσης έχουν και οι υποδιαίρεσεις $(n-1)$ και $(n+1)$. Συνεπώς ως μέγιστο σφάλμα ανάγνωσης μπορεί να θεωρηθεί συν/πλην μια υποδιαίρεση, δηλαδή $\pm \delta$.

Μικρόμετρο

Τα μικρόμετρα, τα οποία προβλέπονται για την μέτρηση εξωτερικών διαστάσεων, έχουν την τυπική μορφή του παρακάτω σχήματος. Ένα πεταλοειδές μεταλλικό τεμάχιο φέρει στο ένα άκρο το κυλινδρικό περικόχλιο M , του οποίου ο άξονας A είναι κάθετος στο σκέλος και ο οποίος βρίσκεται στο επίπεδο του πεταλοειδούς. Μέσα στο περικόχλιο είναι η άτρακτος SP , της οποίας το βήμα συνήθως είναι 0.5mm ή 1mm. Η άτρακτος είναι στερεά συνδεδεμένη με το τύμπανο H , το οποίο περιβάλλει το περικόχλιο M .

Περιστρέφοντας το τύμπανο H κατά μια στροφή, τότε η άτρακτος SP κινείται σύμφωνα με το βήμα του στην διεύθυνση του άξονα. Πάνω στο περικόχλιο M είναι εκτυπωμένη μια κλίμακα, της οποίας η θέση του μηδενός είναι έτσι ρυθμισμένη, ώστε κατά την επαφή της άτρακτος SP με το σημείο B να βρίσκεται στο μετωπικό επίπεδο του τυμπάνου.



Σχήμα 3 – Μικρόμετρο (Sp – άτράκτος, M – περικόχλιο, H – περίβλημα, A – άξονας της ατράκτου)

Μια πλήρης περιστροφή της ατράκτου (κοχλία) σημαίνει την μετατόπιση του τυμπάνου κατά 0.5mm (βήμα 0.5mm) ή κατά 1mm (βήμα 1mm) κατά μήκος του άξονα και επομένως κατά μήκος της κύριας κλίμακας. Αυτό σημαίνει ότι μια μεταβολή της απόστασης κατά 10^{-2} mm μπορεί να παρακολουθηθεί με βεβαιότητα.

Η σταθερά του τυμπάνου δ ισούται με το μήκος, το οποίο διανύει το χείλος του τυμπάνου πάνω στην κύρια κλίμακα. Γι'αυτό ισχύει $\delta = \frac{V}{n}$ όπου ν είναι το βήμα του

κοχλία και n ο αριθμός υποδιαίρέσεων του τυμπάνου. Με $v = 0.5\text{mm}$ και $n = 50$ προκύπτει $\delta = 10^{-2}\text{mm}$. Η ίδια τιμή προκύπτει και με $v = 1.0\text{mm}$ και $n = 100$.

Για την μέτρηση το αντικείμενο μέτρησης τοποθετείται και στερεώνεται ανάμεσα στο σημείο B και στην άτράκτο SP. Μετά, πάνω στην κλίμακα του περικοχλίου, αναγνωρίζεται ο αριθμός X_k των συμπληρωμένων περιστροφών, ενώ πάνω στην κλίμακα του τυμπάνου ο αριθμός m του κλάσματος της περιστροφής. Δι'αυτού για την τιμή της μέτρησης προκύπτει $x = x_k + m \cdot \delta$

Στην παραπάνω σχέση, έγινε η υπόθεση ότι το κλάσμα της υποδιαίρεσης του τυμπάνου είναι m. Αλλά μεγάλη πιθανότητα ορθής ανάγνωσης έχουν και οι υποδιαίρεσεις (m-1) και (m+1). Άρα το μέγιστο δυνατό σφάλμα είναι $\pm \delta$. Δι'αυτού το τελικό αποτέλεσμα θα πρέπει να σημειωθεί ως εξής:

$$x = (x_k + m \cdot \delta) \pm \delta \Rightarrow$$

$$x = (2.10 + 49 \cdot 10^{-2})\text{mm} \pm 0.01\text{mm} \Rightarrow$$

$$(2.59 \pm 0.01)\text{mm}$$

Οι κλίμακες παλαιών και κακώς χειριζομένων μικρομέτρων, παρότι ο κοχλίας εφάπτεται με το σημείο B, δεν βρίσκονται στην θέση του μηδενός. Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε μέτρηση υπάρχει ένα συστηματικό σφάλμα. Άρα 'η θέση του μηδενός' θα πρέπει να καθοριστεί ξεχωριστά. Για αυτό, ο κοχλίας περιστρέφεται μέχρι την επαφή B και αναγνωρίζονται τόσο το Xκο όσο και Mo. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται 'μετατόπιση του μηδενός'. Η μετατόπιση αυτή μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική και αυτό είναι κάτι το οποίο θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν από τον πειραματιστή.

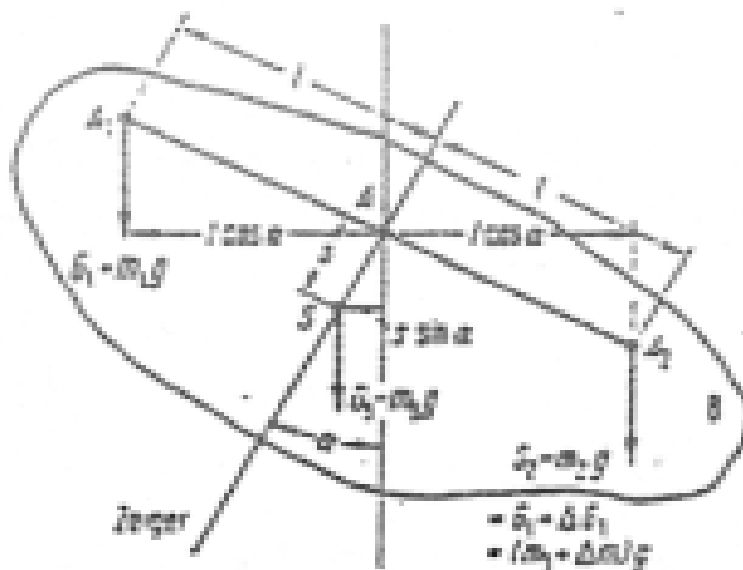
Η αιτία για το φαινόμενο της 'μετατόπισης του μηδενός' είναι ο κακός χειρισμός του μικρομέτρου. Για την αποφυγή βλαβών, στο αξιώτατο άκρο του τυμπάνου της ατράκτου μέτρησης, η οποία είναι κατασκευασμένη με μεγάλη ακρίβεια, έχει προστεθεί από τον κατασκευαστή η ροκάνα R. Αν η ροπή στρέψης στην ροκάνα R υπερβεί ένα ορισμένο όριο, τότε η ροκάνα R περιστρέφεται, αλλά δεν είναι σε θέση να μεταδώσει την κίνησή της στο τύμπανο H. Για τον λόγο αυτό, η άτρακτος (κοχλίας) μέτρησης δεν θα πρέπει ποτέ να ρυθμίζεται με βάση το τύμπανο H, αλλά μόνο με βάση την ροκάνα R. Μόνο έτσι αποφεύγεται η καταστροφή του κοχλίου και αποτρέπεται η μετατόπιση του μηδενός.

Μέτρηση μήκους

Η μέτρηση του μήκους είναι ένα από τα παλαιότερα προβλήματα μέτρησης. Η μονάδα του μήκους είναι το μέτρο (1m), και ορίζεται ως το μήκος εκείνης της απόστασης, η οποία διανύεται από το φως στο κενό στην διάρκεια των $\frac{1}{299792458}$ δευτερολέπτων. Άρα το μέτρο εξαρτάται μετρολογικά από την ταχύτητα του φωτός.

Ζυγός

Ο πιο απλός ζυγός είναι ένας μοχλός με τρεις βραχίονες. Ο βραχίονας B (ο οποίος θα μπορούσε να έχει μια οποιαδήποτε μορφή με μικρή μάζα σε μεγάλη αντοχή κάμψης) μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα A, ο οποίος δεν περνά από το κέντρο βάρους S.



Σχήμα 4 – Ο ζυγός ως μοχλός με τρεις βραχίονες A-A1, A-A2 και A-S

Καθόσον το κέντρο βάρους S βρίσκεται κάτω από τον άξονα A, η φάλαγγα ισορροπεί. Το σημείο S τοποθετείται κάτω από τον άξονα A (θέση μηδενός). Εφόσον η φάλαγγα περιστραφεί κατά μια γωνία α , δρά μια ροπή επαναφοράς η οποία προκαλεί μια ταλάντωση γύρω από την θέση του μηδενός. Η απόσταση AS είναι ο τρίτος βραχίονας της φάλαγγας. Στους άξονες περιστροφής A_1 και A_2 (οι οποίοι έχουν ίση απόσταση L από τον άξονα A και μαζί του σχηματίζουν μια ευθεία) είναι τοποθετημένοι οι δίσκοι. Άρα τα σημεία A1 και A2 είναι τα σημεία εφαρμογής των δυνάμεων G_1 και G_2 . Η φάλαγγα ισορροπεί εφόσον το άθροισμα των ροπών στρέψης είναι μηδέν ή εφόσον το άθροισμα των αριστερόστροφων ροπών ισούται με το άθροισμα των δεξιόστροφων ροπών. Από την παραπάνω ισότητα, φαίνεται ότι σε περίπτωση που οι δύο μάζες είναι ίσες, η ένδειξη α του ζυγού είναι μηδέν, δηλαδή η φάλαγγα βρίσκεται σε θέση ισορροπίας.

Αναγωγή της δύναμης βαρύτητας στο κενό

Ένα σώμα όγκου V, το οποίο περιβάλλεται από ένα αέριο ή από ένα υγρό πυκνότητας ρ , δέχεται την επίδραση μιας δύναμης, η οποία έχει αντίθετη φορά από αυτή της βαρύτητας και ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας επί τον όγκο επί την επιτάχυνση της βαρύτητας g. Για τον λόγο αυτόν, οι δυνάμεις οι οποίες εφαρμόζονται στα σημεία A_1 και A_2 του ζυγού δεν είναι το πραγματικό βάρος ούτε του σώματος ούτε του αντίβαρου. Τα βάρη αυτά είναι ελαττωμένα κατά την τιμή της άνωσης. Η συνθήκη ισορροπίας μεταξύ των δεξιόστροφων και των αριστερόστροφων ροπών τροποποιείται σχετικά.

Πρακτικό μέρος

Μήκος

Διαστημόμετρο

Αναγνώριση διαστημομέτρου – Εύρεση της σταθεράς του βερνιέρου (δ), του σφάλματος ανάγνωσης ($\sigma = \pm \delta$) και της μετάθεσης του μηδενός

Καταχωρήστε τα αποτελέσματα σε πίνακα

Βρείτε, χρησιμοποιώντας το διαστημόμετρο, το μήκος ενός διαστήματος εξωτερικά, ενός διαστήματος εσωτερικά και ενός διαστήματος εις βάθος, διαφόρων αντικειμένων. Διατυπώστε τις μετρήσεις σας στην μορφή της σχέσης $x = x_k + n * \delta$ και αποδώστε τα τελικά αποτελέσματα.

Εξάσκηση με διαστημόμετρο σε τυχαίες μετρήσεις δική σας επιλογής.

Μικρόμετρο

Αναγνώριση μικρομέτρου – Εύρεση της σταθεράς του μικρομέτρου (δ), του σφάλματος ανάγνωσης ($\sigma = \pm \delta$) και της μετάθεσης του μηδενός (μ). Καταχωρείστε τα αποτελέσματα σε πίνακα.

Βρείτε, χρησιμοποιώντας το μικρόμετρο, το μήκος δύο διαστημάτων δική σας επιλογής διατυπώστε τις μετρήσεις σας στην μορφή της σχέσης $x = x_k + m * \delta$ και αποδώστε τα τελικά αποτελέσματα.

Εξάσκηση με μικρόμετρο σε τυχαίες μετρήσεις δική σας επιλογής.

Ζυγός

Μέτρηση των μαζών τριών αντικειμένων δική σας επιλογής

Υπολογισμός των βαρών των αντικειμένων