

---

# ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΕΡΕΟΥ

## ΠΑΤΡΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2025

---

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

- 1 Σκοπός
- 2 Μέτρηση πυκνότητας στερεού
  - 2.1 Μέτρηση του μήκους
  - 2.2 Διαστημόμετρο
  - 2.3 Βερνιέρος
  - 2.4 Διαδικασία μέτρησης με διαστημόμετρο
  - 2.5 Πυκνότητα
- 3 Πειραματική διάταξη
- 4 Πειραματική διαδικασία
- 5 Πλήρης ατομική έκθεση
- 6 Βιβλιογραφία

## 1 Σκοπός

Στην άσκηση αυτή οι φοιτητές εκπαιδεύονται επάνω στη χρήση οργάνων ακριβείας με τα οποία μπορούν να μετρήσουν διάφορες ποσότητες της μηχανικής. Εξοικειώνονται με τη χρήση του διαστημομέτρου (γνωστού και ως παχυμέτρου) για τη μέτρηση του μήκους και τον ζυγό ακριβείας για τη ζύγιση των μαζών. Με τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται οι τιμές της επιφάνειας, του όγκου και της πυκνότητας διαφόρων στερεών σωμάτων.

### ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

μήκος, βάθος, πάχος, μάζα, επιφάνεια, όγκος, πυκνότητα, διαστημόμετρο – παχύμετρο (Vernier caliper), Βερνιέρος, σταθερά του Βερνιέρου, μετάδοση σφάλματος, ακρίβεια, αβεβαιότητα, απόλυτο σφάλμα, αξιοπιστία

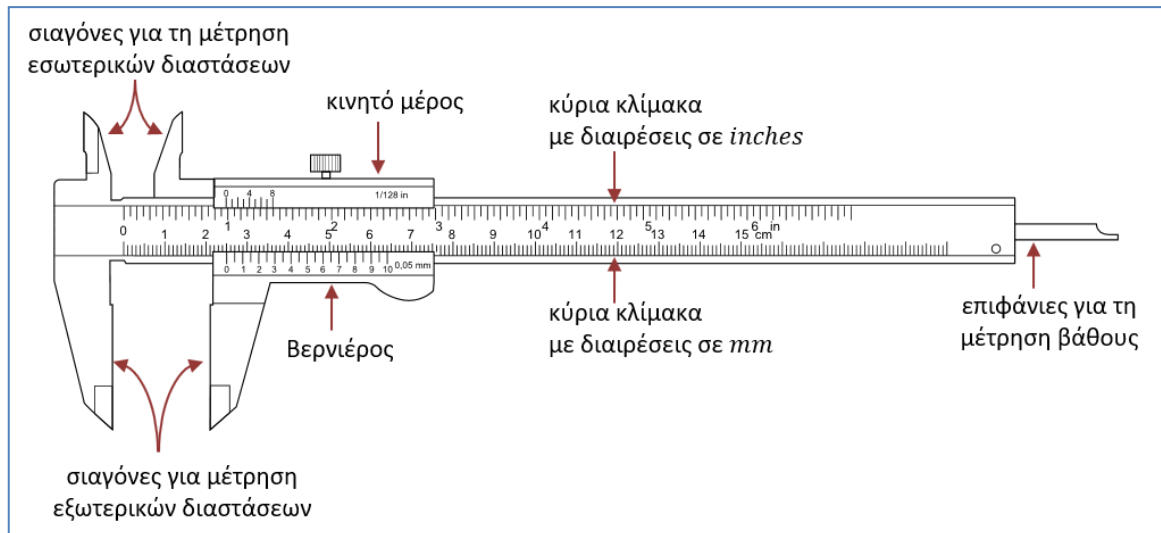
## 2 Μέτρηση πυκνότητας στερεού

### 2.1 Μέτρηση του μήκους

Το μήκος είναι ένα θεμελιώδες φυσικό μέγεθος και αποτελεί βασικό στοιχείο των διαστάσεων των σωμάτων. Μονάδα μήκους στο SI είναι το μέτρο ( $m$ ) και στο σύστημα CGS το εκατοστόμετρο ( $cm$ ) αλλά στο Αγγλικό σύστημα μονάδων χρησιμοποιείται και η ίντσα ( $in$ ) με αντιστοιχία  $1\ in = 2.54\ cm$ . Έχουν αναπτυχθεί αρκετά όργανα μέτρησης του μήκους με πιο κοινό την μετροταινία με ελάχιστη υποδιαίρεση το χιλιοστό  $0.001\ m$ . Όταν οι μετρήσεις απαιτούν μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρηση του μήκους, τότε χρησιμοποιούμε όργανα που φέρουν την κλίμακα του Βερνιέρου, όπως το διαστημόμετρο και το μικρόμετρο.

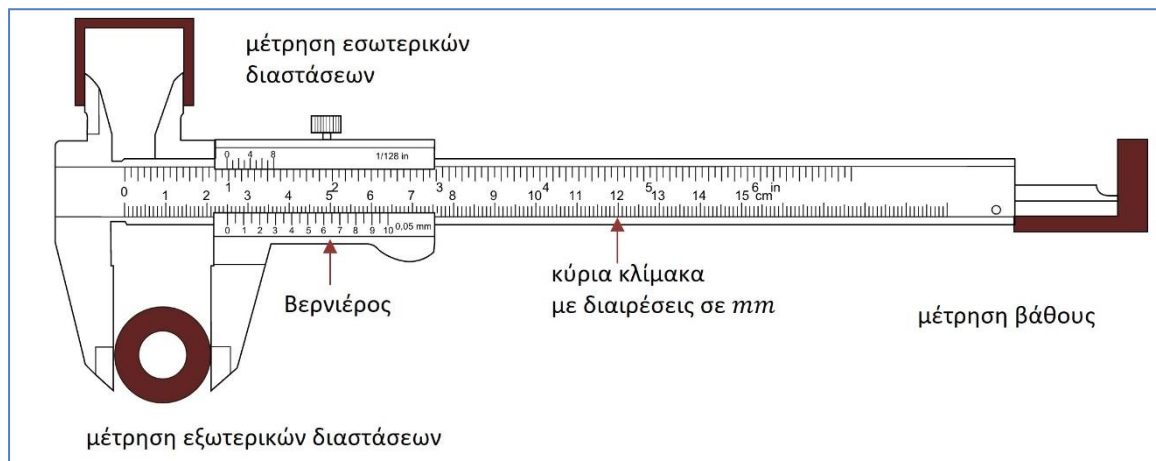
### 2.2 Διαστημόμετρο

Το διαστημόμετρο είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του μήκους μέχρι περίπου τα  $20\ cm$ . Όπως φαίνεται στο Σχ. 1, το διαστημόμετρο αποτελείται από ένα κανόνα που φέρει την κύρια κλίμακα με υποδιαιρέσεις σε  $mm$  (ή και σε ίντσες).. Στον κανόνα είναι προσαρμοσμένος ένας άλλος μικρότερος κανόνας (κινητό μέρος) που καλείται "Βερνιέρος" και κινείται παράλληλα με την κύρια κλίμακα (Σχήμα 1). Η ελάχιστη υποδιαίρεση της κλίμακας του κινητού μέρος είναι μια υποδιαίρεση της κύριας κλίμακας (συνήθως  $1/10$ ,  $1/20$  ή  $1/50$  του  $mm$ ). Αυτή είναι και η ελάχιστη υποδιαίρεση του οργάνου η οποία ονομάζεται και "**σταθερά του Βερνιέρου**".



**Σχήμα 1:** Τα μέρη του διαστημομέτρου.

Το διαστημόμετρο είναι κατασκευασμένο κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούμε να μετρήσουμε εξωτερικές διαστάσεις, εσωτερικές διαστάσεις και βάθος. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, η κύρια κλίμακα του διαστημομέτρου διαθέτει δύο σταθερές σιαγόνες (η πάνω αριστερά και η κάτω αριστερά στο σχήμα) αλλά και το στέλεχος του Βερνιέρου διαθέτει δύο αντίστοιχες κινητές σιαγόνες (η πάνω δεξιά και η κάτω δεξιά στο σχήμα). Οι δύο κάτω σιαγόνες (μια σταθερή και μια κινητή) χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των εξωτερικών διαστάσεων ενός σώματος ενώ οι αντίστοιχες δυο πάνω σιαγόνες για την μέτρηση των εσωτερικών διαστάσεων (π.χ. κοιλοτήτων). Επίσης ο άξονας που προεξέχει στο τέλος του στελέχους της κύριας κλίμακας στα δεξιά, χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του βάθους.



**Σχήμα 2:** Τρόποι μέτρησης με το διαστημόμετρο.

## 2.3 Βερνιέρος

Ο Βερνιέρος είναι μια ιδιαίτερη κλίμακα που χρησιμοποιείται σε πολλά όργανα και βελτιώνει την ακρίβεια του αντιστοίχου οργάνου κατά 10 έως 1000 φορές. Η λειτουργία του Βερνιέρου στηρίζεται στο ότι οι υποδιαίρεσεις του είναι μικρότερες από τις υποδιαίρεσεις της κύριας κλίμακας κατά  $1/x$  όπου  $x$

είναι ένα πολλαπλάσιο του 10 π.χ.  $1/10$ ,  $1/100$  ή  $1/1000$ , ανάλογα με την ακρίβεια του διαστημομέτρου. Η κλίμακα αυτή κινείται πάνω στην κύρια κλίμακα του οργάνου.

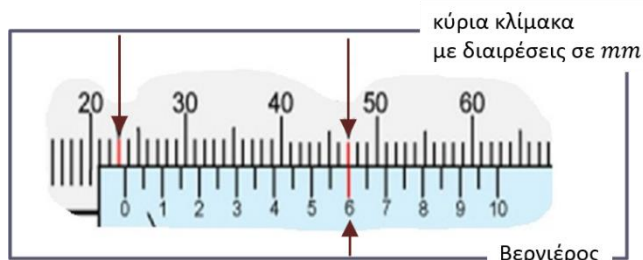
Η ακρίβεια ενός οργάνου που φέρει Βερνιέρο προσδιορίζεται από το λόγο της ελάχιστης υποδιαίρεσης της κύριας κλίμακας δια του αριθμού των χαραγών του Βερνιέρου. Ο λόγος αυτός λ ονομάζεται **σταθερά του Βερνιέρου** η οποία πρέπει να είναι γνωστή πριν το όργανο χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένη μέτρηση:

$$\lambda \text{ (σταθερά του Βερνιέρου)} = \frac{\text{ελάχιστη υποδιαίρεση της κύριας κλίμακας}}{\text{αριθμός των χαραγών του Βερνιέρου}}.$$

## 2.4 Διαδικασία μέτρησης με διαστημόμετρο

Για τη μέτρηση των εξωτερικών διαστάσεων ενός σώματος, πιέζουμε την ασφάλεια του Βερνιέρου ώστε αυτός να απελευθερωθεί και απομακρύνουμε μεταξύ τους τις σιαγόνες ώστε να τοποθετηθεί το αντικείμενο ανάμεσά τους.. Αφού το αντικείμενο βρεθεί ανάμεσα από τις σιαγόνες, αντιστρέψουμε την πορεία τους και τις πλησιάζουμε μεταξύ τους μέχρι να έλθουν σε επαφή με το σώμα, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.2. Προσδιορίζουμε τις ακέραιες υποδιαίρεσεις της κύριας κλίμακας που είναι πριν από το μηδέν του Βερνιέρου και καταγράφουμε αυτό το νούμερο ως  $x_0$ . Επίσης καταγράφουμε το νούμερο  $m$  το οποίο περιγράφει την  $m$  –οστή ένδειξη της κλίμακας του Βερνιέρου που συμπίπτει με μια και μοναδική γραμμή της κύριας κλίμακας. Το μετρούμενο μήκος τότε ισούται με  $x = x_0 + m\lambda$  σε χιλιοστά. Χρησιμοποιώντας το άλλο ζεύγος των σιαγόνων ή τον προεξέχοντα άξονα αναλόγως και με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, μετράμε εσωτερικές διαστάσεις και βάθη, πάντα στην ίδια κλίμακα.

Για παράδειγμα το Σχήμα 3 δείχνει σε μεγέθυνση μια μέτρηση με διαστημόμετρο. Ο συγκεκριμένος Βερνιέρος έχει 20 υποδιαίρεσεις (προσέξτε και τα μισά ανάμεσα από τα 10 νούμερά του) ενώ η κύρια κλίμακα έχει ελάχιστη υποδιαίρεση το  $1 \text{ mm}$  και έτσι η σταθερά του Βερνιέρου ισούται με  $\lambda = 1 \text{ mm}/20 = 0,05 \text{ mm}$ . Από την κύρια κλίμακα διαβάζουμε  $x_0 = 23,00 \text{ mm}$  ενώ στον Βερνιέρο βλέπουμε ότι συμπίπτει η  $m = 12$  υποδιαίρεση (το 6). Επομένως η μέτρηση στο σχήμα αυτό αντιστοιχεί σε μήκος  $L = x_0 + m\lambda = 23 + 12 \times 0,05 = 23,60 \text{ mm}$ .



**Σχήμα 3:** Μια μέτρηση με διαστημόμετρο (ένδειξη  $23,60 \text{ mm}$  ( $= 23,00 + 12 \cdot 0,05$ )).

## 2.5 Μέτρηση της μάζας

Την μάζα ενός σώματος την μετράμε με τη βοήθεια του ζυγού ακριβείας ο οποίος συνήθως έχει ελάχιστη υποδιαίρεση το 1/100 του γραμμαρίου. Είναι σημαντικό να μηδενίζουμε πάντοτε την ένδειξη του οργάνου πριν από κάθε μέτρηση (πιέζοντας το κουμπί με την ένδειξη «TARE»). Όταν ζυγίζουμε υγρά, μηδενίζουμε το ζυγό έχοντας επάνω του άδειο το δοχείο που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε. Ακολούθως γεμίζουμε το δοχείο με το υγρό ώστε να μετρήσουμε μόνο τη μάζα του υγρού και όχι του υγρού μαζί με το δοχείο του. Ο ζυγός βασίζεται στην απόκλιση ενός πολύ ευαίσθητου μικροελατηρίου και έτσι πάντοτε προσέχουμε να τοποθετούμε με φροντίδα τα διάφορα σώματα επάνω του ώστε να μην καταστραφεί το ελατήριο.

## 2.6 Πυκνότητα

Ο ορισμός της πυκνότητας  $\rho$  ενός σώματος μάζας  $m$  και όγκου  $V$  είναι ο εξής

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Η πυκνότητα είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα των υλικών. Τυπικές τιμές πυκνότητας για διάφορα σώματα σε  $g \cdot cm^{-3}$  και  $kg \cdot m^{-3}$  δίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1. Ο φοιτητής πρέπει να θυμάται ότι το νερό έχει πυκνότητα  $1,0 g \cdot cm^{-3}$  και συγκρινόμενο με αυτό ο αέρας είναι περίπου 1000 φορές αραιότερος ενώ το ελαφρύτερο μέταλλο, το αλουμίνιο, είναι 2,7 φορές πυκνότερο.

**Πίνακας 1:** Πυκνότητα διάφορων υλικών

| Υλικό – Ουσία      | Πυκνότητα<br>( $kg \cdot m^3$ ) | Πυκνότητα<br>( $g \cdot cm^{-3}$ ) |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Αέρας              | 1,2                             | 0,0012                             |
| Πάγος              | 920                             | 0,92                               |
| Νερό               | 1000                            | 1,0                                |
| Pyrex (ύαλος)      | 2230                            | 2,23                               |
| Αλουμίνιο Al       | 2700                            | 2,7                                |
| Αλούμινα $Al_2O_3$ | 3980                            | 3,98                               |
| Ζιρκόνια $ZrO_2$   | 5960                            | 5,96                               |
| Χάλυβας            | 7800                            | 7,8                                |
| Μπρούτζος          | 8400 – 8730                     | 8,50 – 8,73                        |
| Πλατίνα            | 21400                           | 21,4                               |

### 3 Πειραματική διάταξη

Χρησιμοποιούνται χάρακας και διαστημόμετρο για τις μετρήσεις του μήκους και ζυγός για τη ζύγιση των μαζών. Μελετώνται σώματα από διάφορα υλικά.

### 4 Πειραματική διαδικασία

**Μέτρηση μήκους διαφορετικών σωμάτων με τη χρήση χάρακα και διαστημομέτρου - Υπολογισμός της επιφάνειας, του όγκου και της πυκνότητας.**

1. Θα σας δοθούν στο εργαστήριο δυο σώματα σε μορφή δακτυλίου (σωλήνας μικρού μήκους). Σχεδιάστε στο φύλλο μετρήσεων ένα σκαρίφημα ενός δακτυλίου (είτε τρισδιάστατο είτε στην μορφή κάτοψης και πλαϊνής όψης) και αποτυπώστε επάνω σε αυτό τις απαραίτητες διαστάσεις για τον υπολογισμό του όγκου του (με βέλη και μεταβλητές).
2. Προσδιορίστε την σταθερά του διαστημομέτρου σας και καταγράψτε την (στο φύλλο μετρήσεων).
3. Προσδιορίστε το απόλυτο σφάλμα της μέτρησης με τον χάρακα και με το διαστημόμετρο και καταγράψτε τα.
4. Μετρήστε τις απαιτούμενες διαστάσεις των διαφορετικών αντικειμένων με τον χάρακα και με το διαστημόμετρο και καταγράψτε τις τιμές.
5. Μετρήστε επίσης το πάχος του δακτυλίου με τον χάρακα και με το διαστημόμετρο και καταγράψτε τις τιμές.
6. Αφού πρώτα προσδιορίσετε την ακρίβεια του ζυγού και το αντίστοιχο σφάλμα της μάζας, ζυγίστε τα δυο δακτυλίδια και καταγράψτε τα όλα στο φύλλο μετρήσεων.

### 5 Πλήρης ατομική έκθεση

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ -**

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ -ΣΥΜΒΟΛΑ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-**

**ΠΑΡΑΤΗΜΑ (φύλλο μετρήσεων)**

Κάθε φοιτητής/φοιτήτρια παραδίδει μια έκθεση. Η τελική μορφή της έκθεσής θα πρέπει να ακολουθεί πιστά τις οδηγίες συγγραφής που δίνονται στα «Έγγραφα» στις [ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΡΓ 2024](#).

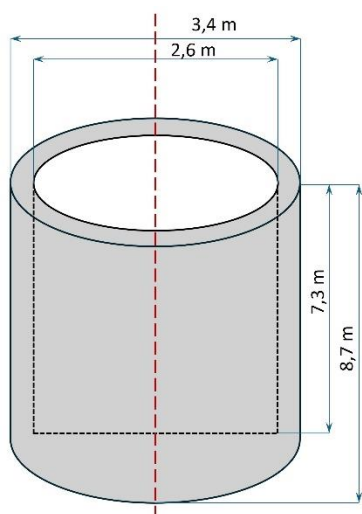
Κάθε έκθεση ελέγχεται για λογοκλοπή με το πρόγραμμα [Turnitin](#). Σε περίπτωση [λογοκλοπής](#) άνω του 30%, η έκθεση θα αξιολογηθεί με 0/10.

- ✓ Το όνομα του αρχείου περιέχει μόνο το αντίστοιχο τμήμα και τον αριθμό μητρώου του φοιτητή, για παράδειγμα τμήμα Α1 και ΑΜ = 1020875 -> Α1-1020875.pdf.
- ✓ Η εργασία θα παραδίνεται αυστηρά μέχρι μια εβδομάδα μετά την εκτέλεση της άσκησης ηλεκτρονικά μέσω του eclass «Εργασίες» στο πλαίσιο της σχετικής άσκησης.
- ✓ Κατά προτίμηση, οι εργασίες πρέπει να ανεβαίνουν σε μορφή PDF αφού πρώτα συνταχθεί σε WORD. Τα σχόλια του βαθμολογητή μπορούν να φανούν μόνο σε υπολογιστή με εφαρμογή που

ανοίγει τέτοιου είδους αρχεία, όπως το Adobe Reader και όχι σε φυλλομετρητές του διαδικτύου ή σε κινητά. Εκεί τα σχόλια δεν εμφανίζονται ορθά.

**Ζητούνται τα ακόλουθα στο κεφάλαιο «θεωρητικός μέρος»:**

- (1) Έστω ο δακτύλιος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Να υπολογιστεί ο κενός όγκος που παγιδεύει ο δακτύλιος στο μέσο του. Πόσο **βάρος** σε μονάδες  $mg$ ,  $g$  και  $kg$  από τα παρακάτω υλικά α, β και γ θα ζύγιζε αυτός ο όγκος εάν τον γεμίζαμε με αυτά τα υλικά; Να χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχες πυκνότητες από τον Πίνακα 2.



- Αέριο (Επιλέξτε το αέριο που αντιστοιχεί στο τελευταίο ψηφίο του ΑΜ σας σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.)
- $H_2O$  (πάγος,  $0^\circ C$ ,  $101325 Pa$ ) και  $H_2O$  (ρευστό,  $4^\circ C$ ,  $101325 Pa$ , και
- $Hg$  (στερεό,  $-40^\circ C$ ,  $101325 Pa$ )  $Hg$  (ρευστό,  $20^\circ C$ ,  $101325 Pa$ ).

Να δοθούν τα αποτελέσματα σε μονάδες  $mg$ ,  $g$  και  $kg$  και να καταγραφτούν σε πίνακα

- (2) Φανταστείτε δυο όμοια κυλινδρικά δοχεία με την ίδια χωρητικότητα, ασκέπαστα τα οποία είναι πλήρως, γεμισμένα μέχρι το χείλος τους το ένα με νερό ενώ το δεύτερο δεύτερη με υγρό υδράργυρο αρχικά και τα δυο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα δυο αυτά δοχεία αφήνονται για ένα χρονικό διάστημα σε βιομηχανικό ψυγείο ( $-40^\circ C$ ) ώστε να στερεοποιηθούν τα ρευστά. Τι διαφορά θα παρατηρήσετε στη συμπεριφορά των δυο στερεών. Τι θα γινόταν εάν είχαμε τοποθετήσει καπάκι και στα δυο δοχεία; Εξηγήστε σύντομα.

**Πίνακας 2:** Πυκνότητα διάφορων υλικών σε συνθήκες NTP - Normal Temperature and Pressure  $20^\circ C$  ( $293.15 K$ ) και  $1 atm$  ( $101325 Pa$ )

| Υλικό – Ουσία | Πυκνότητα<br>( $g cm^{-3}$ ) | Τελευταίο<br>ψηφίο του ΑΜ |
|---------------|------------------------------|---------------------------|
| $CH_4^{(1)}$  | 0.000668                     | 0 ή 1                     |
| $O_2^{(1)}$   | 0.00133                      | 2 ή 3                     |
| $N_2^{(1)}$   | 0.00116                      | 4 ή 5                     |
| $He^{(1)}$    | 0.000166                     | 6 ή 7                     |
| $Ar^{(1)}$    | 0.00166                      | 8 ή 9                     |

| Υλικό – Ουσία                                            | Πυκνότητα<br>( $g\ cm^{-3}$ ) | Τελευταίο<br>ψηφίο του AM |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Πάγος ( $H_2O$ , στερεό, $0^{\circ}C$ , $101325\ Pa$ )   | 0.9195                        |                           |
| Νερό ( $H_2O$ , ρευστό, $4^{\circ}C$ , $101325\ Pa$ )    | 0.9996                        |                           |
| Υδράργυρος( Hg, στερεό, $101325\ Pa$ )                   | 14.18                         |                           |
| Υδράργυρος ( Hg, ρευστό, $25^{\circ}C$ , $101325\ Pa$ ). | 13.53                         |                           |

**Ζητούνται τα ακόλουθα στο κεφάλαιο «αποτελέσματα»:**

- (1) Να σχεδιαστούν τα δυο γεωμετρικά στερεά σε ένα σκαρίφημα και να απεικονιστούν επάνω σε αυτό όλες οι μετρούμενες διαστάσεις που λάβατε στο εργαστήριο.
- (2) Να δοθούν όλα τα απόλυτα σφάλματα μέτρησης.
- (3) Να δοθεί η εξίσωση για τον όγκο ένας σώματος σε μορφή δακτυλίου.
- (4) Από τη θεωρία μετάδοσης σφάλματος, να δοθεί η θεωρητική εξίσωση για το σφάλμα του όγκου συναρτήσει των σφαλμάτων των μετρούμενων διαστάσεων (δώστε κατάλληλα σύμβολα όπως π.χ.  $\delta x$ ,  $\delta y$ ...).
- (5) Να υπολογιστεί ο όγκος και κατόπιν η πυκνότητα για τα δυο γεωμετρικά στερεά που μετρήσατε με χάρακα και με διαστημόμετρο. Να καταγραφτούν τα τελικά αποτελέσματα στην μορφή του παρακάτω πίνακα.
- (6) Να ταυτοποιηθεί το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα, χρησιμοποιώντας τον Πίνακα 1.
- (7) Να συγκριθούν τα αποτελέσματά μεταξύ χάρακα και διαστημομέτρου. Ποια μέτρηση θα προτιμούσατε; Εξηγήστε την επιλογή σας.

| Μέτρηση με χάρακα        |               |                |                                    |                                    |                        |                                      |                                      |
|--------------------------|---------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| A/A                      | βάρος ( $g$ ) | βάθος ( $mm$ ) | εξωτερική<br>διάμετρος<br>( $mm$ ) | εσωτερική<br>διάμετρος<br>( $mm$ ) | όγκος<br>$V$ ( $m^3$ ) | πυκνότητα<br>$\rho$ ( $kg\ m^{-3}$ ) | πυκνότητα<br>$\rho$ ( $g\ cm^{-3}$ ) |
| 1                        |               |                |                                    |                                    |                        |                                      |                                      |
| 2                        |               |                |                                    |                                    |                        |                                      |                                      |
| Μέτρηση με διαστημόμετρο |               |                |                                    |                                    |                        |                                      |                                      |
| 1                        |               |                |                                    |                                    |                        |                                      |                                      |
| 2                        |               |                |                                    |                                    |                        |                                      |                                      |

- (8) Να επιλεγεί **ένα** από τα τελικά αποτελέσματα του όγκου και να ξαναγραφτεί σε μονάδες  $mm^3$ , cubic inches, cubic foot, Barrel και Gallon.
- (9) Να δοθεί μια εξίσωση για το συνολικό εμβαδό των δυο βάσεων του δακτυλίου.



- (10) Να υπολογιστεί αυτό το εμβαδό  $A$  για τα δυο γεωμετρικά στερεά που μετρήσατε με χάρακα  $A\chi$  και με διαστημόμετρο  $A\delta$  με τους εξής δυο τρόπους:
- (α) χρησιμοποιώντας την μέτρηση της εξωτερικής και εσωτερικής διαμέτρου και
  - (β) χρησιμοποιώντας την μέτρηση της εσωτερικής διαμέτρου και του πάχους του δακτυλίου.
- (11) Να δοθεί η εξίσωση για το σφάλμα του εμβαδού εφαρμόζοντας την εξίσωση της μετάδοσης σφάλματων για τις δυο περιπτώσεις του ερωτήματος 10(α) και 10(β) .και για τα δυο γεωμετρικά στερεά (συνολικά τέσσερις περιπτώσεις).
- (12) Να καταγραφτούν τα τελικά αποτελέσματα στην μορφή του παρακάτω πίνακα. Συγκρίνετε τα αποτελέσματά μεταξύ τους. Ποια μέτρηση θα προτιμούσατε; Πια μέτρηση φέρνει το μεγαλύτερο σφάλμα;

| 10(α) χρησιμοποιώντας την μέτρηση της εξωτερικής και εσωτερικής διαμέτρου του δακτυλιδιού |                             |                             |                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|
| Μέτρηση με χάρακα                                                                         |                             |                             |                                                       |
|                                                                                           | εξωτερική<br>διάμετρος (mm) | εσωτερική<br>διάμετρος (mm) | εμβαδόν της επιφάνειας<br>$E \pm \delta \text{ mm}^2$ |
| $A\chi 1$                                                                                 |                             |                             |                                                       |
| $A\chi 2$                                                                                 |                             |                             |                                                       |
| Μέτρηση με διαστημόμετρο                                                                  |                             |                             |                                                       |
| $A\delta 1$                                                                               |                             |                             |                                                       |
| $A\delta 2$                                                                               |                             |                             |                                                       |
| 10(β) χρησιμοποιώντας την μέτρηση της εσωτερικής διαμέτρου και του πάχους του δακτυλιδιού |                             |                             |                                                       |
| Μέτρηση με χάρακα                                                                         |                             |                             |                                                       |
|                                                                                           | πάχος (mm)                  | εσωτερική<br>διάμετρος (mm) | εμβαδόν της επιφάνειας<br>$E \pm \delta \text{ mm}^2$ |
| $B\chi 1$                                                                                 |                             |                             |                                                       |
| $B\chi 2$                                                                                 |                             |                             |                                                       |
| Μέτρηση με διαστημόμετρο                                                                  |                             |                             |                                                       |
| $B\delta 1$                                                                               |                             |                             |                                                       |
| $B\delta 2$                                                                               |                             |                             |                                                       |

Δείξτε μόνο μια φορά αναλυτικά τον υπολογισμό του εμβαδού και την μετάδοση σφάλματος στο εμβαδόν. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα υπολογιστικό πρόγραμμα όπως το Excel.

Να εφαρμοστεί σε κάθε τελικό αποτέλεσμα ότι έχει διδαχθεί για τα σημαντικά ψηφία, την επιστημονική γραφή και την στρογγυλοποίηση.

## 6 Βιβλιογραφία

- [1] [Διαδικτυακό διαστημόμετρο \(Vernier Caliper Demo\)](#)
- [2] [ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ 2024](#)

- [3] Δ. Κουζούδης «Εργαστήριο Φυσικής, Μηχανική-Θερμοδυναμική-Κυματική», Γενικό τμήμα Πολυτεχνικής Σχολής, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2011 (eclass, έγγραφα)
- [4] Μ. Πηλακούτα «Μετρήσεις-Αβεβαιότητα Μετρήσεων, Εργαστήριο Φυσικής», ([http://ikaros.teipir.gr/phycche/Subjects/Varsamis/ergastiria/askisi\\_1.pdf](http://ikaros.teipir.gr/phycche/Subjects/Varsamis/ergastiria/askisi_1.pdf) )
- [5] [Gases - density](#)