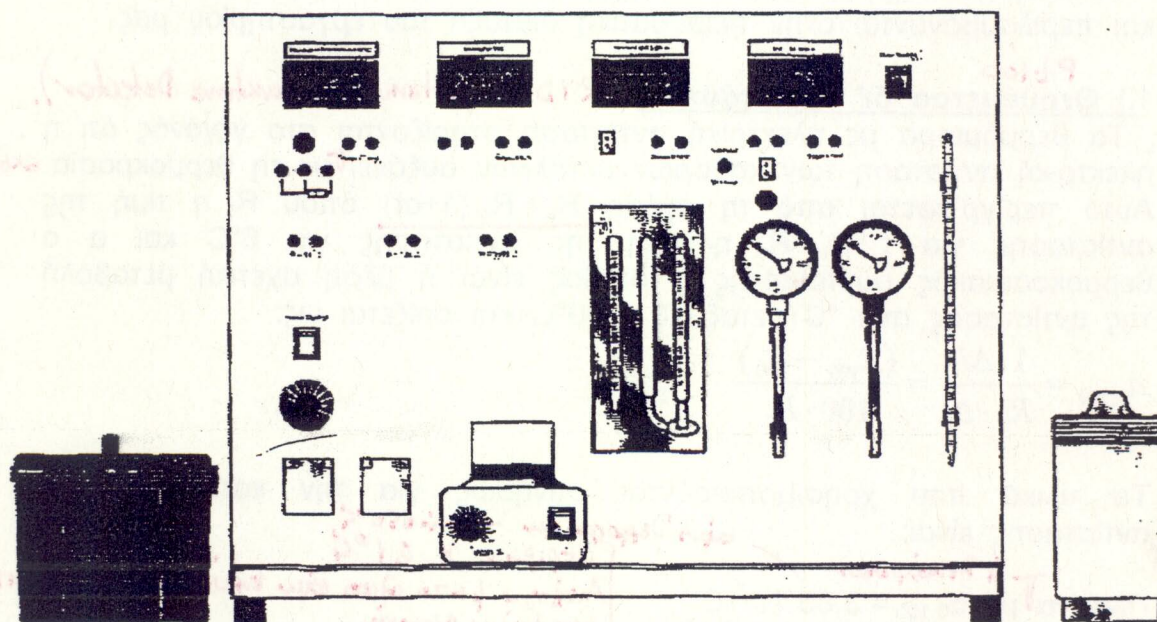


ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΕΔΡΑ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Γ. ΜΑΛΑΧΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ : ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ



ΟΝΟΜ/ΝΥΜΟ:

ΤΜΗΜΑ:

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

Γενικά

Σε όλους τους τομείς ενδιαφέρον παρουσιάζει η τιμή της θερμοκρασίας η οποία επιδρά σε πολλές δραστηριότητες και στα λειτουργικά στοιχεία των διαφόρων εγκαταστάσεων.

Γι' αυτό η τακτική μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να είναι πρώτη στον κατάλογο των ελέγχων μας.

Για την αντικειμενική διαπίστωση της θερμοκρασίας, χρησιμοποιούμε ιδιαίτερα μετρητικά όργανα που ονομάζονται θερμόμετρα. Με τα όργανα αυτά ανάγουμε τη μέτρηση της θερμοκρασίας στη μέτρηση άλλων χαρακτηριστικών, που αφενός μεν εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και αφετέρου μπορούν να μετρηθούν εύκολα, όπως π.χ. το μήκος των ράβδων, η κατ' όγκο διαστολή των υγρών ή των αερίων, η ηλεκτρική αντίσταση των συρμάτων, η ικανότητα των θερμοηλεκτρικών στοιχείων, η μεταβολή της λαμπρότητας κλπ.

Τα είδη των θερμομέτρων που χρησιμοποιούμε αναφέρονται παρακάτω και περιλαμβάνονται στην πειραματική διάταξη του εργαστηρίου μας.

1.) Θερμόμετρα δι' αντιστάσεως (RTD: Resistance Temperature Detector).

Τα θερμόμετρα με ηλεκτρική αντίσταση στηρίζονται στο γεγονός ότι η ηλεκτρική αντίσταση των καθαρών μετάλλων αυξάνει με τη θερμοκρασία. Αυτό περιγράφεται από τη σχέση $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ όπου R_t η τιμή της αντίστασης για t °C, R_0 η τιμή της αντίστασης για 0°C και α ο θερμοκρασιακός συντελεστής ο οποίος είναι η μέση σχετική μεταβολή της αντίστασης ανά °C μεταξύ 0 - 100°C και ορίζεται ως:

$$\alpha_{0,100} = \frac{1 \cdot \Delta R}{R_0 \cdot \Delta t} = \frac{(R_{100} - R_0)}{100 \cdot R_0} \quad [C^{-1}]$$

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή της αντίστασης είναι:

Πλατίνα με $\alpha_{0,100} = 3,85 \cdot 10^{-3} C^{-1}$
 Νικέλιο με $\alpha_{0,100} = 6,17 \cdot 10^{-3} C^{-1}$

Στην εργαστηριακή άσκηση χρησιμοποιούμε το Pt-100 (Πλατίνα).

2.) Θερμόμετρα με θερμίστορς

Τα θερμίστορς κατασκευάζονται από ημιαγωγούς οι οποίοι με την αύξηση της θερμοκρασίας η ηλεκτρική αντίσταση μειώνεται. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι τέτοιων θερμομέτρων:

1. Ο NTC θερμίστορ (Negative temperature Coefficient) $\rightarrow R \downarrow$ όταν $\uparrow T$
2. Ο PTC θερμίστορ (Positive Temperature Coefficient) $\rightarrow R \uparrow$ όταν $\uparrow Temp.$

Η σχέση των αντιστάσεων με τη θερμοκρασία δίνεται από τον τύπο:

$$R_{T1} = R_{T2} e^{b \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

όπου b είναι μια σταθερά υλικού που η τιμή της κυμαίνεται από 2000-6000 °C.

Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ως μέτρα πρόσταξης ευσταθείς από υπερδύναμη.

Το NTC χρειαζ. για μέτρηση θερμοκρασίας στο -50°C έως 200°C

Στο εργαστήριο προτιμάται για ακριβή μέτρηση στο 20-55°C. Άρα επί του τόπου είναι θερμόμετρα NTC

Στην εργαστηριακή άσκηση χρησιμοποιούμε NTC θερμίστορ με $b=3560^{\circ}\text{C}$ και η περιοχή μετρήσεων του είναι $0-55^{\circ}\text{C}$.

3.) Θερμόμετρα με υγρό

Το βασικό θερμόμετρο είναι το υδραργυρικό το οποίο αποτελείται από γυάλινο σωλήνα μικρής διατομής που καταλήγει σε μια διευρυμένη βάση στην οποία τοποθετείται ο Υδράργυρος.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας περιορίζεται από -30°C έως 300°C δεδομένου ότι το σημείο πήξης του υδραργύρου στην κανονική ατμοσφαιρική πίεση είναι $-38,7^{\circ}\text{C}$ ενώ το σημείο ζέσης είναι $356,6^{\circ}\text{C}$. Στηρίζεται στη μεταβολή του όγκου του υδραργύρου και ισχύει ο τύπος $V_T = V_0(1+\gamma\Delta t)$ όπου V_T ο όγκος σε θερμοκρασία T , V_0 ο όγκος σε 0°C Δt η διαφορά θερμοκρασίας και γ ο συντελεστής διαστολής ο οποίος για τον υδράργυρο είναι $0,17 \cdot 10^{-3} (1^{\circ}\text{C})$.

4.) Θερμόμετρα διμεταλλικά

Η λειτουργία των διμεταλλικών θερμομέτρων στηρίζεται στη διαφορετική διαστολή των δύο υλικών του θερμομέτρου.

Δύο ελάσματα από διαφορετικά υλικά τοποθετούνται μαζί και ανάλογα με το είδος της εφαρμογής διαμορφώνονται σε διάφορα σχήματα. Κατά την αύξηση της θερμοκρασίας τα ελάσματα υφίστανται γραμμική διαστολή σύμφωνα με τον τύπο $L=L_0(1+\alpha\Delta t)$ όπου α ο συντελεστής γραμμικής διαστολής.

Στην εργαστηριακή άσκηση το διμεταλλικό θερμόμετρο μετράει από 0°C έως 200°C .

Δεν είναι κατάλληλο αερίων. Σε μετρήσεις θερμοκρασιών είναι μη ακριβές.

5.) Θερμόμετρα αερίου

Η λειτουργία του θερμομέτρου δι' αερίου στηρίζεται στη μεταβολή της πίεσης ή του όγκου ενός αερίου που μετράται σε συνάρτηση της θερμοκρασίας σύμφωνα με την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων $PV=nRT$.

Ως αέρια χρησιμοποιούνται συνήθως Ήλιο, Άζωτο, Αργό.

Η σχέση περιγράφεται από το τύπο:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Στην εργαστηριακή άσκηση χρησιμοποιείται θερμόμετρο με αέριο άζωτο και η περιοχή μετρήσεων είναι 0°C έως 200°C .

6.) Θερμοηλεκτρικά θερμόμετρα (Thermocouples) (Θερμοζεύξη).

Η λειτουργία τους στηρίζεται στην αρχή του θερμοηλεκτρικού φαινομένου κατά το οποίο όταν ^{εξασκηθεί σε επαφή} τα άκρα δυο διαφορετικών συρμάτων και φέρουμε αυτά σε διαφορετικές θερμοκρασίες τότε παράγεται μια (θερμοηλεκτρική) τάση. Με τη βοήθεια της θερμοηλεκτρικής τάσης μετράμε τη θερμοκρασία. Ανάλογα με τα μέταλλα μπορούμε να μετρήσουμε διάφορες περιοχές θερμοκρασίας. Στην πράξη επιλέγεται προς χρήση ο τύπος «K» ο οποίος είναι κατασκευασμένος από Ni - NiCr.

→ Η τάση μεταβάλλεται γραμμικά με την θερμοκρασία μέχρι το σημείο μεταφοράς (εύρος)

→ Πλεονεκτήματα: Χαμηλό κόστος, Μεγάλη ακριβεία, Ταχεία απόκριση (τάση mVsec)

Μειονεκτήματα: Ακρίβεια $\approx 1^{\circ}\text{C}$. Υπερτερούν των RTD για την μέτρηση πολύ χαμηλών θερμοκρασιών.

T_0 K

Στην εργαστηριακή άσκηση θα χρησιμοποιήσουμε το τύπου K του οποίου η περιοχή μετρήσεων είναι από 0°C έως 1000°C . $(-270 \div 1300^{\circ}\text{C})$
Είναι ελαστικό αδιαφανό στην επιφάνεια

7.) Ψυχρόμετρο

Επειδή στον κλιματισμό διακρίνουμε δυο είδη θερμοκρασιών, τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου και τη θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου για να τις μετρήσουμε χρησιμοποιούμε το ψυχρόμετρο.

Αυτό αποτελείται από δυο υδραργυρικά θερμομέτρα τα οποία στερεώνονται σε μια ξύλινη βάση. Το ένα θερμομέτρο είναι το κοινό υδραργυρικό θερμομέτρο την ένδειξη του οποίου ονομάζουμε θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου. Στο άλλο θερμομέτρο (υγρό θερμομέτρο) περιτυλίσσουμε το βολβό με ένα κομμάτι ύφασμα το οποίο διαβρέχουμε με νερό.

Περιστρέφουμε το ψυχρόμετρο για ορισμένο χρόνο μέσα στο χώρο πραγματοποιώντας συνήθως κυκλική τροχιά με μικρή ταχύτητα.

Τότε παίρνουμε συγχρόνως τις θερμοκρασίες $t_{\text{ξηρου}}$ και $t_{\text{υγρου}}$.

Στο εμπόριο όλα τα ψυχρόμετρα συνοδεύονται από έναν πίνακα όπως φαίνεται παρακάτω.

Στην πρώτη κάθετη στήλη του πίνακα βρίσκουμε τη τιμή της θερμοκρασίας του ξηρού θερμομέτρου. Στη συνέχεια στην πρώτη οριζόντια γραμμή σημειώνουμε τη διαφορά των δυο θερμοκρασιών. Το κοινό σημείο των δύο νοητών γραμμών μας δίνει τη τιμή της σχετικής υγρασίας του χώρου εκείνη τη στιγμή.

Εκτέλεση πειράματος

Η εργαστηριακή πειραματική διάταξη περιλαμβάνει τα παρακάτω θερμόμετρα:

- 1) Θερμόμετρο υδραργύρου
- 2) Θερμόμετρο διμεταλλικό
- 3) Θερμόμετρο αερίου
- 4) Θερμόμετρο με αντίσταση $PT-100$
- 5) Θερμόμετρο θερμίστορ τύπου NTC
- 6) Θερμόμετρο θερμοηλεκτρικό τύπου «K»

Η διάταξη συμπληρώνεται με μια εστία ρυθμιζόμενης θερμοκρασίας, ένα δοχείο με άμμο, μια θερμαντική αντίσταση νερού και ένα δοχείο για νερό.

Βήμα 1ο

Με τη θερμαντική αντίσταση θερμαίνουμε το νερό μέχρις ότου το υδραργυρικό θερμόμετρο δείξει 40°C . (Δεν παίρνουμε υψηλότερη θερμοκρασία για να χρησιμοποιήσουμε και το θερμόμετρο τύπου NTC θερμίστορ.

Βήμα 2ο

Στη συνέχεια τοποθετούμε με τη σειρά τα άλλα θερμόμετρα που έχουμε στη διάθεσή μας και σημειώνουμε στον παρακάτω πίνακα I τη τιμή της θερμοκρασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

| A/A | ΕΙΔΟΣ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ | $^{\circ}\text{C}$ |
|-----|----------------------------|--------------------|
| 1 | Υδραργυρικό θερμόμετρο | |
| 2 | Διμεταλλικό θερμόμετρο | |
| 3 | Θερμόμετρο αερίου | |
| 4 | Θερμόμετρο δι' αντιστάσεως | |
| 5 | Θερμόμετρο τύπου NTC | |
| 6 | Θερμόμετρο τύπου K | |

Βήμα 3ο

Προσδιορίσατε την απόκλιση των τιμών της θερμοκρασίας των διαφόρων θερμομέτρων.

Βήμα 4ο

Θερμαίνουμε την άμμο μέχρι κάποια τιμή θερμοκρασίας. Την βγάζουμε από την εστία και ταυτόχρονα τοποθετούμε τα παρακάτω θερμόμετρα και σημειώνουμε τις ενδείξεις τους στον Πίνακα II.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

| A/A | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ | $^{\circ}\text{C}$ |
|-----|----------------------------|--------------------|
| 1 | Υδραργυρικό θερμόμετρο | |
| 2 | Θερμόμετρο δι' αντιστάσεως | |
| 3 | Διμεταλλικό θερμόμετρο | |

| | | |
|---|--------------------|--|
| 4 | Θερμόμετρο τύπου K | |
| 5 | | |

Βήμα 5ο

Μελετήσατε την απόκλιση των παραπάνω μετρήσεων της θερμοκρασίας.

Βήμα 6ο

Μετρούμε με το ψυχρόμετρο τις θερμοκρασίες ξηρού και υγρού θερμομέτρου του χώρου και προσδιορίζουμε από τον πίνακα τη σχετική υγρασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ III

| | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΞΗΡΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΥΓΡΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ | ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ % |
| | | |

| Psychrometer-Tafel | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|---|
| Trockenes Thermo- meter °C | Temperaturdifferenz zwischen nassem und trockenem Thermometer | | | | | | | | | | | °C | |
| | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | | 6 |
| 0 | 88 | 76 | 66 | 56 | 47 | 39 | 32 | 25 | 18 | 11 | 5 | - | % |
| 1 | 89 | 77 | 68 | 57 | 49 | 41 | 34 | 28 | 21 | 15 | 9 | 3 | % |
| 2 | 89 | 78 | 69 | 59 | 51 | 43 | 37 | 30 | 24 | 18 | 12 | 7 | % |
| 3 | 90 | 79 | 70 | 61 | 53 | 45 | 39 | 32 | 27 | 21 | 15 | 10 | % |
| 4 | 90 | 80 | 71 | 62 | 54 | 47 | 41 | 34 | 29 | 24 | 18 | 13 | % |
| 5 | 91 | 81 | 72 | 64 | 56 | 49 | 42 | 36 | 31 | 26 | 21 | 15 | % |
| 6 | 91 | 82 | 73 | 65 | 57 | 51 | 44 | 38 | 33 | 28 | 23 | 18 | % |
| 7 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 52 | 46 | 40 | 35 | 30 | 25 | 21 | % |
| 8 | 92 | 83 | 75 | 67 | 61 | 54 | 48 | 42 | 37 | 32 | 27 | 23 | % |
| 9 | 92 | 84 | 76 | 68 | 62 | 55 | 49 | 44 | 39 | 34 | 29 | 25 | % |
| 10 | 93 | 85 | 77 | 69 | 63 | 57 | 51 | 45 | 40 | 36 | 31 | 27 | % |
| 11 | 93 | 85 | 78 | 70 | 64 | 58 | 52 | 47 | 42 | 38 | 33 | 29 | % |
| 12 | 93 | 86 | 78 | 71 | 65 | 60 | 53 | 48 | 44 | 40 | 35 | 31 | % |
| 13 | 93 | 86 | 79 | 72 | 66 | 61 | 55 | 50 | 45 | 41 | 37 | 32 | % |
| 14 | 94 | 87 | 80 | 73 | 67 | 62 | 56 | 51 | 47 | 42 | 38 | 34 | % |
| 15 | 94 | 87 | 80 | 74 | 68 | 63 | 57 | 52 | 48 | 43 | 40 | 36 | % |
| 16 | 94 | 87 | 81 | 75 | 69 | 63 | 58 | 54 | 49 | 45 | 41 | 38 | % |
| 17 | 94 | 88 | 81 | 75 | 70 | 64 | 59 | 55 | 50 | 46 | 42 | 39 | % |
| 18 | 94 | 88 | 82 | 76 | 71 | 65 | 60 | 56 | 52 | 47 | 44 | 40 | % |
| 19 | 95 | 88 | 83 | 76 | 72 | 66 | 61 | 57 | 53 | 49 | 45 | 41 | % |
| 20 | 95 | 89 | 83 | 77 | 72 | 67 | 62 | 58 | 54 | 50 | 46 | 42 | % |
| 21 | 95 | 89 | 84 | 77 | 73 | 68 | 63 | 59 | 55 | 51 | 47 | 44 | % |
| 22 | 95 | 89 | 84 | 78 | 73 | 69 | 64 | 60 | 55 | 52 | 48 | 45 | % |
| 23 | 95 | 90 | 85 | 78 | 74 | 69 | 64 | 61 | 56 | 53 | 49 | 46 | % |
| 24 | 95 | 90 | 85 | 79 | 74 | 70 | 65 | 62 | 57 | 54 | 50 | 47 | % |
| 25 | 96 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 66 | 62 | 58 | 54 | 51 | 48 | % |
| 26 | 96 | 91 | 86 | 80 | 75 | 71 | 66 | 63 | 58 | 55 | 52 | 49 | % |
| 27 | 96 | 91 | 86 | 81 | 76 | 71 | 67 | 63 | 59 | 56 | 53 | 49 | % |
| 28 | 96 | 91 | 86 | 81 | 76 | 72 | 68 | 64 | 60 | 56 | 53 | 50 | % |
| 29 | 96 | 92 | 87 | 82 | 77 | 72 | 69 | 64 | 60 | 57 | 54 | 51 | % |
| 30 | 96 | 92 | 87 | 82 | 77 | 73 | 69 | 65 | 61 | 58 | 55 | 52 | % |
| 31 | 96 | 92 | 87 | 83 | 78 | 73 | 70 | 65 | 62 | 58 | 55 | 53 | % |
| 32 | 96 | 92 | 87 | 83 | 78 | 74 | 70 | 66 | 62 | 59 | 56 | 53 | % |
| 33 | 96 | 92 | 88 | 83 | 79 | 74 | 71 | 66 | 63 | 60 | 57 | 54 | % |
| 34 | 96 | 93 | 88 | 84 | 79 | 75 | 71 | 67 | 63 | 61 | 57 | 55 | % |
| 35 | 96 | 93 | 88 | 84 | 79 | 75 | 72 | 68 | 64 | 61 | 58 | 55 | % |
| °C | relative Feuchte der Luft in Prozenten ausgedrückt | | | | | | | | | | | | |

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - Εφαρμογών Ακρίβειας Θερμομέτρων.

1. Δύο θερμοκρασιακές μετρήσεις γαβανάρται με θερμομέτρο που ~~είναι~~ έχει βαθμονομηθεί στον κλίμακα Celsius. Να αποδειχτεί ότι η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων θα ήταν η ίδια εάν οι θερμοκρασίες μετατρέπατο στον κλίμακα Kelvin.

2. Για ένα θερμομέτρο αντίστασης ισχύει:

$$R = R_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$

Για το συγκεκριμένο θερμομέτρο έχουν ληφθεί τα

| ακρότητα: | $T (^{\circ}\text{C})$ | $R (\Omega)$ |
|-----------|------------------------|---------------|
| Test 1 | 0 | 51,39 = R_0 |
| Test 2 | 91 | 51,72 |

Να υπολογιστεί η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε αντίσταση $R = 51,47 \Omega$.

3. Για θερμομέτρο με θερμοστοπ ισχύει:

$$R = R_0 \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

$$R_0 = 2,2 \Omega \text{ at } T_0 = 310 \text{ K}$$

Από calibration test βρέθηκε $R = 0,31 \Omega$ at $T = 422 \text{ K}$

Να υπολογιστεί η σταθερά (β) του νηκίου του θερμοστοπ και να γίνει η γραφ. παράσταση. $R = f(T)$

4. ~~Αναγράψτε~~ Αναγράψτε όσο το δυνατόν πιο αναλυτικά τη μεθοδολογία και στοιχεία ~~για~~ τα διάφορα είδη θερμομέτρων που χρησιμοποιούνται σήμερα. (χρησιμ. βιβλίων - διαδικτύου).

5. Αναγράψτε και σχολιαστείτε τις βασικές κλίμακες μετρήσεων

