

Αισθητήρια Θερμοκρασίας

i. Γενικά.

Θερμοκρασία ονομάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσο είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Όταν μετρούμε τη θερμοκρασία συγκρίνουμε το βαθμό θερμότητας με κάποιο άλλο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς χρησιμοποιώντας κάποιες θερμοκρασιακές κλίμακες. Η θερμοδυναμική κλίμακα Κέλβιν χρησιμοποιεί το απόλυτο μηδέν ως σημείο αναφοράς. Απόλυτο μηδέν είναι η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία στην οποία μπορεί να φθάσει κάποια ουσία. Τότε τα μόρια της ουσίας δεν περιέχουν καθόλου θερμική ενέργεια. Η κλίμακα Κελσίου χρησιμοποιεί ως πρώτο σημείο αναφοράς το σημείο πήξης του νερού (0°C) και ως δεύτερο σημείο αναφοράς το σημείο βρασμού του νερού (100°C).

Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι σημαντική επειδή σε διαφορετικές θερμοκρασίες οι φυσικές ιδιότητες των ουσιών είναι διαφορετικές και έτσι αυτές εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά. Οι συσκευές που μετρούν τη θερμοκρασία ονομάζονται θερμόμετρα (thermometers) και κάποιες φορές αναφέρονται ως πυρόμετρα (pyrometers), εάν μετρούν υψηλές θερμοκρασίες.

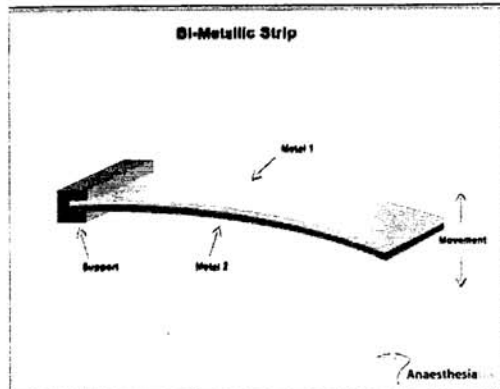
Υπάρχουν πολλά είδη θερμομέτρων. Τα κύρια είδη είναι αυτά που μετρούν τη θερμοκρασία στηριζόμενα:

- στη διαστολή ενός υγρού
- στη διαστολή ενός μετάλλου
- στην ηλεκτρική αντίσταση
- στο φαινόμενο του θερμοηλεκτρισμού
- στην ακτινοβολία θερμότητας

ii. Διμεταλλικός θερμοστάτης.

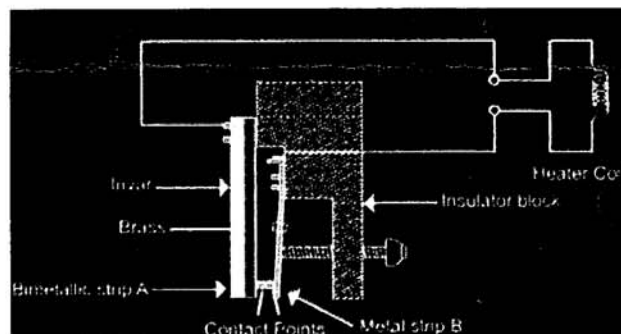
Το διμεταλλικό έλασμα (bimetallic strip) είναι μία κατασκευή που αποτελείται από δύο ανόμοια ελάσματα ίδιου μήκους, στερεωμένα ακλόνητα το ένα με το άλλο με τη βοήθεια καρφώματος, συγκόλλησης ή δεσίματος, τα οποία έχουν διαφορετικούς συντελεστές γραμμικής διαστολής.

Το ένα άκρο του ελάσματος είναι στερεωμένο και ακίνητο και όταν υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας το ευθύγραμμο αρχικά έλασμα κάμπεται και λαμβάνει καμπύλο σχήμα. Αυτό οφείλεται στο διαφορετικό ρυθμό διαστολής των δύο μετάλλων. Το μέταλλο με το μεγαλύτερο συντελεστή διαστέλλεται περισσότερο ώστε να έχει μεγαλύτερο μήκος από το άλλο έλασμα. Η μετατόπιση του εξαρτάται από την μεταβολή της θερμοκρασίας.



Σχ. 1. Διμεταλλικό έλασμα.

Το διμεταλλικό έλασμα μπορεί να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε τις στιγμές που θερμαίνεται, και επομένως κάμπτεται, ή τις στιγμές που ψύχεται, και επομένως ευθυγραμμίζεται, να συνδέει ή να αποσυνδέει κάποιους ακροδέκτες ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Αποτέλεσμα αυτού του κυκλώματος θα κλείνει ή θα ανοίγει. Οι θερμοστάτες (thermostats) εκμεταλλεύονται το φαινόμενο αυτό για να ελέγχουν τη θερμότητα που παράγει ένα σύστημα θέρμανσης.



Σχ. 2. Θερμοστάτης που στηρίζεται σε διμεταλλικά ελάσματα.

Το κύκλωμα θέρμανσης συνδέεται με το διμεταλλικό έλασμα (Bimetallic strip A) και ένα μεταλλικό έλασμα (metallic strip B). Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία και ξεπερνά την επιθυμητή τιμή, το διμεταλλικό έλασμα κάμπτεται, και έτσι οι επαφές ανοίγουν, οπότε το σύστημα θέρμανσης απενεργοποιείται. Όταν πέσει η θερμοκρασία και οι επαφές ξανακλείσουν, κλείνει το κύκλωμα που ενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Τυπικές εφαρμογές του θερμοστάτη είναι:

- έλεγχος οικιακής θερμοκρασίας.
- ηλεκτρικά σίδερα.
- θερμοσίφωνες.
- ενυδρεία.

- φούρνοι.
- ηλεκτρικά τζάκια.

iii. Θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης.

Στα περισσότερα μέταλλα η αντίσταση αυξάνει με τη θερμοκρασία. Η σχέση ανάμεσα στην αντίσταση και τη θερμοκρασία είναι σχεδόν γραμμική και δίνεται από τη σχέση:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

όπου:

- R_0 : είναι η αντίσταση του αγωγού σε θερμοκρασία 0°C (σε Ω).
- R_t : είναι η αντίσταση του αγωγού σε θερμοκρασία $t^\circ \text{C}$ (σε Ω).
- α είναι ο θερμικός συντελεστής της αντίστασης, σε $^\circ \text{C}^{-1}$.

Τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης (electrical resistance thermometers) χρησιμοποιούν τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου και τη θερμοκρασία του.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα θερμόμετρα αυτά είναι συνήθως σύρματα χαλκού, νικελίου ή πλατίνας. Για πολύ μικρές θερμοκρασίες (κάτω από 50°C) χρησιμοποιούνται αντιστάτες άνθρακα. Τα θερμόμετρα αντιστάσεως από πλατίνα είναι τα πιο ακριβά και έχουν περιοχή μετρήσεως από -250°C μέχρι $+1200^\circ \text{C}$.

Τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης διατίθενται σε πολλές μορφές και έχουν πολλά πεδία εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται για:

- να μετρούν τη θερμοκρασία αερίων και υγρών.
- την επιφανειακή θερμοκρασία των περισσοτέρων στερεών.
- την εσωτερική θερμοκρασία μερικών μαλακών στερεών.
- στην χημική βιομηχανία για τη μέτρηση της θερμοκρασίας διαβρωτικών υγρών και λυμάτων.
- στην βιομηχανία τροφίμων για να μετρά τις θερμοκρασίες τροφών, όπως το κρέας.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
⊕ ακρίβεια.	⊖ βραδεία απόκριση. ⊖ μεγάλο σχήμα. ⊖ υψηλό κόστος.

iv. Thermistor.

Τα thermistor χρησιμοποιούν την ίδια αρχή λειτουργίας, όπως τα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης, δηλαδή την αλλαγή της αντίστασης με τη θερμοκρασία. Αντί για μέταλλα όμως, τα thermistor είναι ημιαγωγοί.

Οι ημιαγωγοί εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερες αλλαγές αντίστασης για δεδομένες μεταβολές θερμοκρασίας. Διατίθενται σε πολλές μορφές όπως δισκίδια, κάψουλες και στυλίσκοι.



Σχ. 3. Διάφορες μορφές thermistor.

Η αντίσταση των thermistor κανονικά μειώνεται με τη θερμοκρασία. Η σχέση ανάμεσα στις δύο ποσότητες είναι εκθετική, σε αντίθεση με τη γραμμική σχέση που υπάρχει στα θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης. Η αντίσταση ενός thermistor δίνεται από τη σχέση:

$$R_t = R_0 \cdot e^{\beta \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

όπου:

- R_t : είναι η αντίσταση του thermistor σε θερμοκρασία T βαθμών Κέλβιν (σε Ω)
- T είναι η απόλυτη θερμοκρασία (σε K)
- R_0 : είναι η αντίσταση του thermistor στη θερμοκρασία αναφοράς T_0 βαθμών Κέλβιν (σε Ω)
- β είναι η σταθερά του thermistor, σε K. Η σταθερά αυτή είναι διαφορετική για κάθε είδος thermistor και εξαρτάται από το υλικό και τη διαδικασία κατασκευής. Τυπικά έχει τιμές από 3000 K έως 5000 K.

Κύρια χαρακτηριστικά των αισθητηρίων θερμοκρασίας που βασίζονται στα thermistor είναι:

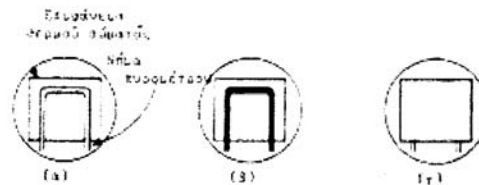
- πολύ μικρό μέγεθος.
- ταχεία απόκριση στις μεταβολές θερμοκρασίας.
- μεγάλο εύρος θερμοκρασίας όπου μπορούν να λειτουργήσουν.
- υψηλή διακριτική ικανότητα σε μικρές περιοχές θερμοκρασίας και έτσι χρησιμοποιούνται σε ιατρικές εφαρμογές.
- μέτρηση θερμοκρασίας σε ηλεκτρονικά κυκλώματα.
- μπορούν να ενσωματωθούν επάνω σε στερεά σώματα και να μετρούν την επιφανειακή τους θερμοκρασία.

ν. Οπτικό πυρόμετρο.

Είναι διατάξεις οι οποίες μας δίνουν τη θερμοκρασία θερμών σωμάτων μετρώντας την ορατή ακτινοβολία που εκπέμπουν .

Το οπτικό πυρόμετρο νήματος (disappearing filament optical pyrometer) χρησιμοποιεί την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορεί να δει ανθρώπινο μάτι για να μετρά τη θερμοκρασία. Το οπτικό πυρόμετρο συγκρίνει την ορατή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που αποβάλλεται από ένα θερμό σώμα με το φως που εκπέμπεται από ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως. Ο λαμπτήρας είναι βαθμονομημένος, έτσι ώστε η λαμπρότητα του νηματιδίου του να αντιστοιχεί σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες.

Στο πυρόμετρο νήματος , το νήμα θερμαίνεται διαρρέομενο από ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν η θερμοκρασία του νήματος έχει την ίδια τιμή με τη θερμοκρασία του σώματος το νήμα “εξαφανίζεται” (Σχ. 4) . Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται σε αντιστοιχία με την τιμή του ρεύματος που διαρρέει το νήμα . Με το πυρόμετρο αυτό μετρώνται θερμοκρασίες από 775C (θερμοκρασία στην οποία ένα σώμα αρχίζει να εκπέμπει ορατή ακτινοβολία) μέχρι περίπου 4200C .



Σχ. 4. Αρχή λειτουργίας του οπτικού πυρομέτρου νήματος .(α) Το νήμα διαρρέεται από περισσότερο ρεύμα και η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του σώματος (β) Νήμα πολύ ψυχρό . Δεν διαρρέεται από αρκετό ρεύμα . (γ) Το νήμα “εξαφανίζεται” όταν η θερμοκρασία του γίνει ίδια με τη θερμοκρασία του σώματος .

vi. Πυρόμετρο υπέρυθρου.

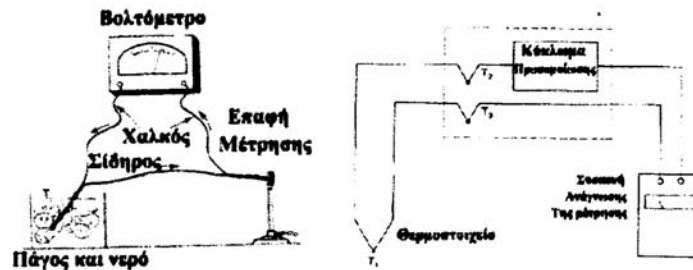
Τα πυρόμετρα υπέρυθρου (infra – red pyrometers) επιτρέπουν τη μέτρηση θερμοκρασίας από απόσταση χρησιμοποιώντας την υπέρυθη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα σώμα και μετρούν την ένταση της με τη βοήθεια μίας συσκευής όπως το θερμοζεύγος.

Τα υπέρυθρα πυρόμετρα μπορούν να μετρήσουν μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών από τα οπτικά πυρόμετρα νήματος. Το κύκλωμα του θερμοζεύγους επιτρέπει την ανάγνωση από απόσταση αλλά επιπλέον προσθέτει στο σύστημα τις ανακρίβειες και τα σφάλματα που εμφανίζουν τα θερμοζεύγη.

4.5.4 Θερμοστοιχεία

Ένα άλλο αισθητήριο θερμοκρασίας είναι το θερμοστοιχείο του οποίου η αρχή λειτουργίας είναι γνωστή από παλιά και είναι το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο : Όταν δύο συρματίδια από διαφορετικά υλικά ενώνονται σε δύο διαφορετικά σημεία (επαφές) έτσι που να σχηματίζεται βρόχος μεταξύ των επαφών αυτές δε έχουν διαφορετική θερμοκρασία, αναπτύσσεται τάση μεταξύ τους που είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας τους . Στο σχήμα 4.14 φαίνεται όλη η διάταξη.

Οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι της τάξης των μιλιβόλτς (mV) και συνεπώς απαιτούνται ευαίσθητα ηλεκτρονικά για τη σωστή μέτρηση τους . Ακόμη για να είναι δυνατή η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να υπάρχει μια άλλη θερμοκρασία αναφοράς - αφού το θερμοστοιχείο μόνο διαφορές θερμοκρασίας αντιλαμβάνεται . Η θερμοκρασία αυτή - που συνήθως είναι το 0° - προσομοιώνεται ηλεκτρονικά . Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρονικό κύκλωμα του αισθητηρίου παράγει την τάση που θα παρήγαγε η κρύα επαφή. Έτσι το όργανο διαθέτει μόνο μια επαφή που χρησιμοποιείται απ' ευθείας για την μέτρηση της θερμοκρασίας όπως σχηματικά φαίνεται στο σχήμα .



Σχήμα 3.10

Το θερμοστοιχείο χρησιμοποιείται πλατιά στη βιομηχανία λόγω του χαμηλού του κόστους και της αξιοπιστίας του.