

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 8

ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

8.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Στην παρούσα άσκηση θα μελετηθεί:

- το φαινόμενο της *θερμικής διαστολής* των μετάλλων και
- θα μετρηθεί ο *γραμμικός συντελεστής* θερμικής διαστολής άγνωστης μεταλλικής ράβδου.

Ο σκοπός του πειράματος αυτού είναι η κατανόηση του φαινομένου της θερμικής διαστολής και η σημασία που έχει στις διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές, που προορίζονται να λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

8.2 ΘΕΩΡΙΑ

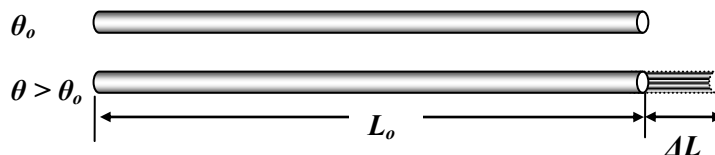
8.2.1 Απαραίτητες Γνώσεις

1. Θερμοκρασία - Μέτρηση Θερμοκρασίας
2. Θερμότητα
3. Θερμική Ισορροπία
4. Αγωγή Θερμότητας
5. Θερμική Διαστολή Στερεών Σωμάτων

Από τη θεωρία της γραμμικής διαστολής μετάλλων προκύπτει ότι, το μήκος L_0 μιας μεταλλικής ράβδου αυξάνεται στο μήκος L όταν η θερμοκρασία της αυξηθεί από θ_0 σε θ (ΣΧΗΜΑ 8.1). Από την ίδια θεωρία προκύπτει επίσης ότι, το μήκος L εξαρτάται από το μήκος L_0 και από τη μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ σύμφωνα με τη σχέση:

$$L = L_0(1 + a \cdot \Delta\theta) \quad (8.1)$$

όπου η σταθερά αναλογίας a αποτελεί τον γραμμικό συντελεστή θερμικής διαστολής της ράβδου (thermal expansion coefficient). Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται κυρίως από τη



ΣΧΗΜΑ 8.1

φύση του υλικού κατασκευής της ράβδου. Όλα τα μέταλλα, με εξαίρεση το κράμα *INVAR*, έχουν θετικό συντελεστή θερμικής διαστολής ($a > 0$).

Στο κράμα *INVAR*, ο συντελεστής a είναι πρακτικά ίσος με μηδέν και για το λόγο αυτό το συγκεκριμένο αυτό κράμα χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή μέτρων και διαστημόμετρων ακριβείας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο σίδηρος και το μπετόν

έχουν ίσους συντελεστές θερμικής διαστολής. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο «μπετόν αρμέ» να συστέλλεται ή να διαστέλλεται, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, σαν συμπαγές υλικό. Αντίθετα με τα μέταλλα, υπάρχουν και υλικά όπως το καουτσούκ και πολλοί τύποι πλαστικών και μονωτικών υλικών, τα οποία έχουν αρνητικό συντελεστή θερμικής διαστολής. Αυτό σημαίνει ότι τα υλικά αυτά συστέλλονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Στον ΠΙΝΑΚΑ 8.1 αναφέρονται τιμές συντελεστών θερμικής διαστολής διαφόρων υλικών

	Υλικό	Γραμμικός συντελεστής θερμικής διαστολής α ($\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ στους 20°C)
υγρά	Βενζίνη	317
	Νερό	69
στερεά	PVC	52
	Μόλυβδος	29
	Αλουμίνιο	23
	Ορείχαλκος	19
	Αργυρος	18
	Ανοξειδωτο ασάλι	12-17.3
	Χαλκός	17
	Χρυσός	14
	Τσιμέντο	12
	Ατσάλι	12
	Σίδηρος	11.1
	Γυαλί	8.5
	Πυρίτιο	3
	INVAR ($\text{Fe}_{64}\text{Ni}_{36}$)	1.2
	Διαμάντι	1
Quartz	0.59	

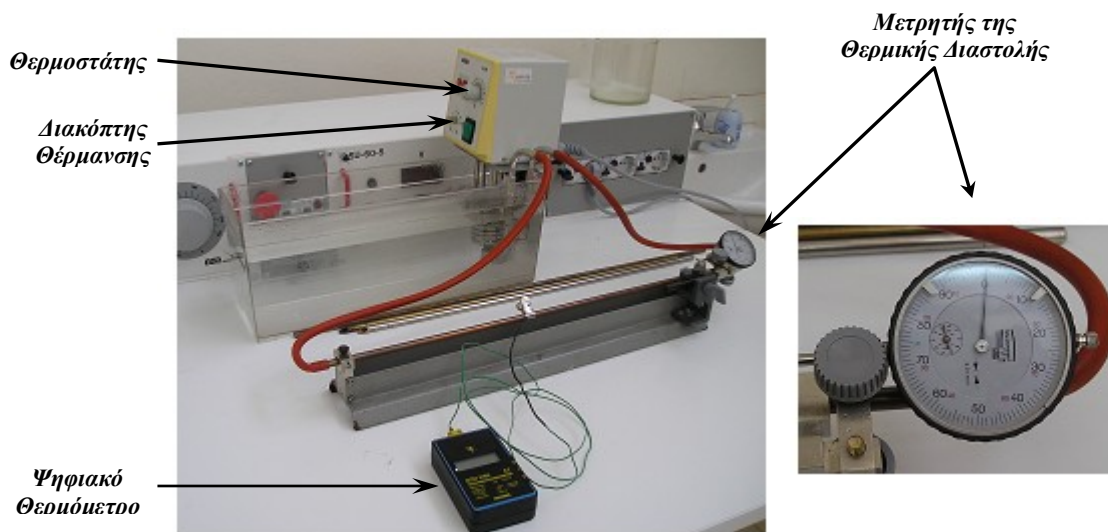
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1

8.2.2 Βιβλιογραφία.

1. Φυσική για Επιστήμονες και Μηχανικούς, Τόμος ΙΑ, R. Knight, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2008, Κεφ. 15-17
2. Physics for Scientists and Engineers, Τόμος ΙΙΙ -Θερμοδυναμική, (3^η εκδ.) R.A. Serway, 1990, σελ.78-88
3. Φυσική (Μέρος Α), R.D. Halliday, R. Resnick, Εκδόσεις Γ.Α. Πνευματικού, 1976
4. Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α, H. D. Young, Εκδόσεις Παπαζήση, 1994
5. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thexp.html>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_expansion

8.3 ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Για την πραγματοποίηση της άσκησης αυτής απαιτείται ο παρακάτω εξοπλισμός (βλ. ΣΧΗΜΑ 8.1):



ΣΧΗΜΑ 8.2

1. Μια ειδική βάση στήριξης των μεταλλικών ράβδων που θα χρησιμοποιηθούν για την θερμική διαστολή. Στη βάση αυτή είναι προσαρμοσμένο και μικρόμετρο ακίδας (τύπου ρολογιού) για τη μέτρηση της διαστολής, (ΣΧΗΜΑ 8.2).
2. Μεταλλικοί σωλήνες από αλουμίνιο, χαλκό ή ορείχαλκο και από χάλυβα με μικρή διατομή.
3. Ένα θερμοζεύγος μαζί με το αντίστοιχο όργανο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της ράβδου που μελετάμε.
4. Ένα σύστημα παροχής ζεστού νερού μέσα από το σωλήνα που μελετάμε (ΣΧΗΜΑ 8.2).

8.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Με την πειραματική διάταξη που υπάρχει στο Εργαστήριο Φυσικής μπορούμε να μετράμε σε κάθε θερμοκρασία θ την αντίστοιχη επιμήκυνση ΔL της μεταλλικής ράβδου, η οποία οφείλεται στο φαινόμενο της θερμικής διαστολής. Η επιμήκυνση αυτή αντιστοιχεί στη διαφορά:

$$\Delta L = L - L_0 \quad (8.2)$$

όπου L και L_0 είναι το μήκος της ράβδου στην τελική θερμοκρασία θ και στην αρχική θερμοκρασία θ_0 , αντίστοιχα. Στο πείραμά μας ως αρχικό μήκος θεωρούμε το μήκος L_0 που έχει η ράβδος στη θερμοκρασία θ_0 του περιβάλλοντος ενώ ως τελικό μήκος θεωρούμε το μήκος L που έχει η ράβδος στη θερμοκρασία θ . Για το λόγο αυτό παίρνουμε ως αρχικές και

τελικές συνθήκες τα ζεύγη τιμών (θ_0, L_0) και (θ, L) . Οπότε από τις ΣΧΕΣΕΙΣ (8.1) και (8.2) θα έχουμε:

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_0 \cdot \alpha \cdot (\theta - \theta_0) \quad \Rightarrow \\ \frac{\Delta L}{L_0} &= \alpha \cdot (\theta - \theta_0) \quad \Rightarrow \\ \boxed{\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \cdot \Delta\theta} & \qquad \qquad \qquad (8.3) \end{aligned}$$

όπου $\Delta\theta = \theta - \theta_0$. Παρατηρούμε ότι η σχέση (8.3) συνιστά εξίσωση ευθείας της μορφής $y = a \cdot x$. Συνεπώς σχεδιάζοντας τη γραφική παράσταση $\frac{\Delta L}{L_0} = f(\Delta\theta)$ αναμένεται ότι θα είναι *ευθεία γραμμή* με κλίση *ίση* με το γραμμικό συντελεστή θερμικής διαστολής της μεταλλικής ράβδου (μονάδες $^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Δύναται να χρησιμοποιηθεί και δεύτερη μεταλλική ράβδος από άλλο υλικό.