

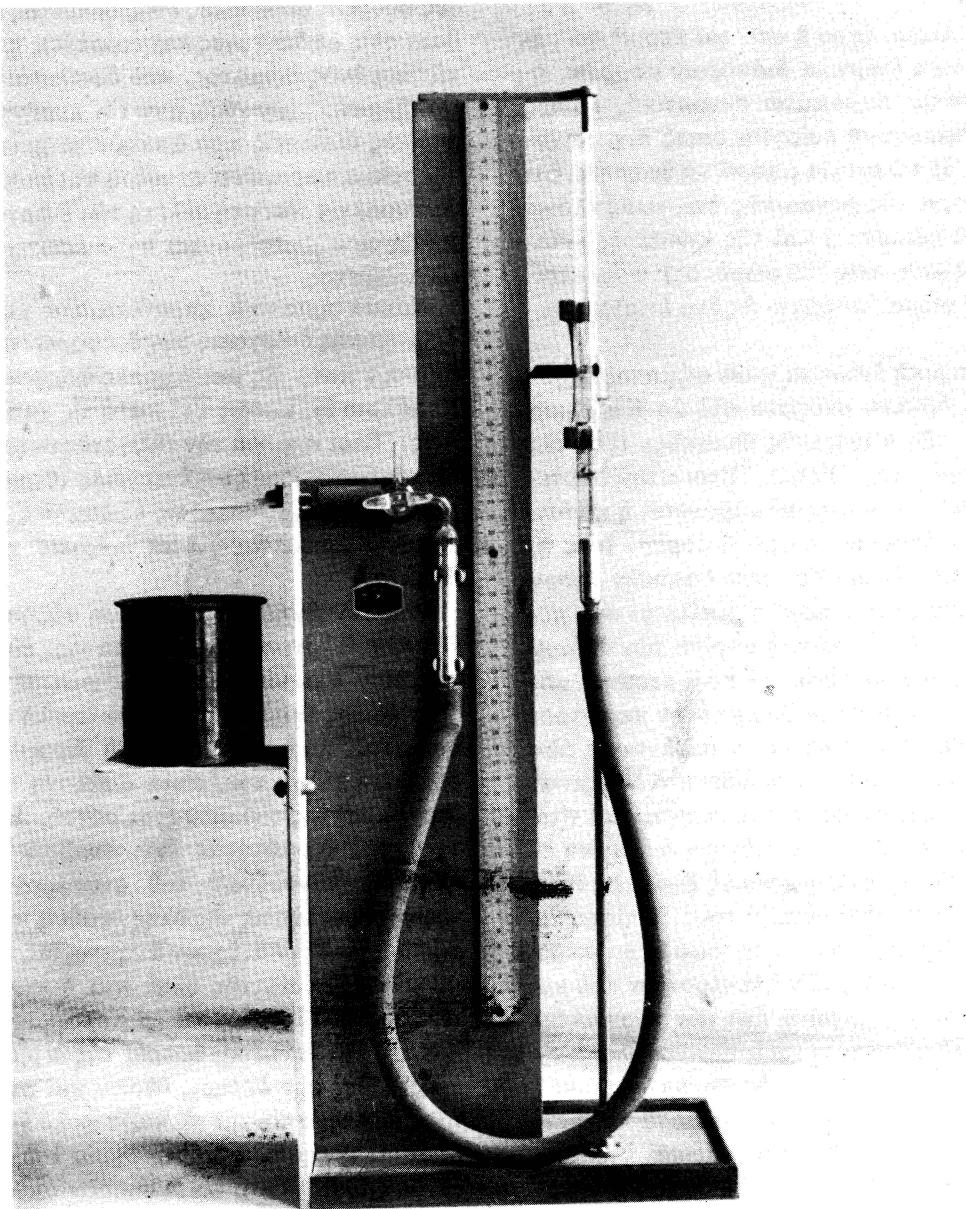
1

Κινητική Θεωρία τῆς Θερμότητας - Θερμοκρασία

1.1. Εἰσαγωγή

1.2. Θερμική Διαστολή

1.3. Μέτρηση τῆς Θερμοκρασίας



Εἰκόνα 1. Θερμόμετρο Αερίου Σταθεροῦ "Ογκου.

1

Κινητική Θεωρία τῆς Θερμότητας - Θερμοκρασία

1.1. Εισαγωγή

Κάθε σώμα (άέριο, ύγρο ή στερεό) περικλείει μέσα του έσωτερική ένέργεια διάφορων μορφῶν, ὅπως ἀναπτύσσεται παρακάτω συνοπτικά, καθώς καὶ ἐπιπλέον ἔξωτερική ένέργεια ὅπως π.χ. μηχανική ένέργεια. Ἡ τελευταία μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὅτι εἶναι τὸ ἄθροισμα τῆς δυναμικῆς ένέργειας (λόγω τῆς θέσεως τοῦ σώματος) καὶ τῆς κινητικῆς ένέργειας (λόγω τῆς κινήσεως τοῦ σώματος)· στὴν περίπτωση αὐτὴ τὸ σώμα θεωρεῖται ώς ἔνα ἑνιαῖο σύνολο.

Γιὰ τὴν έσωτερική ένέργεια κάθε σώματος ἔχουν ἥδη ἀναφερθεῖ ἀρκετὰ στοιχεῖα στὸ 2ο Κεφάλαιο τοῦ 2ου Τόμου τῆς «Ιατρικῆς Φυσικῆς» (Γενικὲς Φυσικὲς Ἰδιότητες τῆς "Υλῆς"). Ἔτσι στὴν έσωτερική ένέργεια τῶν ἀερίων περιλαμβάνεται ἡ κινητική ένέργεια τῶν ἀτόμων, ἰόντων ἢ μορίων τους ἢ, μὲ μιὰ γενικότερη ἔκφραση, τῶν δομικῶν λίθων τους. Ἡ κινητικὴ αὐτὴ ένέργεια ὀφείλεται στὴ μεταφορικὴ κίνηση τῶν ἀτόμων ἢ μορίων τῶν ἀερίων σωμάτων ἀλλά, ἐπιπρόσθετα στὰ πολυατομικὰ μόρια ἀερίων, ύγρῶν καὶ στερεῶν καὶ στὴν περιστροφική τους κίνηση, καθὼς καὶ στὴν ταλάντωση τῶν μορίων τους, ἢ ὅποια τὸν προσδίδει καὶ δυναμική ένέργεια. Στὰ πραγματικὰ ἀέρια, καθὼς καὶ στὰ στερεὰ καὶ στὰ ὑγρά, τὰ μόρια ἔχουν δυναμική ένέργεια ποὺ ὀφείλεται στὶς μοριακὲς δυνάμεις (van der Waals) ποὺ ἀσκοῦνται μεταξὺ τους. Ἐπίσης τὰ ἀτομα καὶ τὰ μόρια ὅλων τῶν σωμάτων περικλείουν ένέργεια ἔξαιτίας τῶν ἡλεκτρονίων ποὺ κινοῦνται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα καὶ τῶν πυρηνικῶν δυνάμεων ποὺ ἀσκοῦνται μεταξὺ τῶν νουκλεονίων τοῦ πυρήνα (1^{ος} Τόμος Ιατρικῆς Φυσικῆς, Κεφάλαιο 2). Ἐνέργεια περικλείουν καὶ σώματα ποὺ βρίσκονται σὲ κατάλληλα πεδία (μαγνητικό, ἡλεκτρικὸ κ.ἄ.). Θὰ πρέπει νὰ ὑπομνησθεῖ ἐπίσης ὅτι ὑπάρχει μία ἴσοδυναμία μάζας καὶ ένέργειας (2^{ος} Τόμος, Κεφάλαιο 6).

Στὴν πραγματικότητα ὅμως ἴδιαίτερη σημασία ἔχει ἡ μέτρηση ὅχι τῆς έσωτερικῆς ένέργειας ἐνὸς

σώματος, ἀλλὰ τῶν μεταβολῶν τῆς ἐσωτερικῆς ένέργειας τοῦ σώματος αὐτοῦ. Ἔτσι στὶς συνηθισμένες φυσικὲς μεταβολὲς ἐνὸς σώματος (ἀλλὰ ὅχι βέβαια στὶς ραδιενέργεις μετατροπές), ἡ έσωτερικὴ ένέργεια ἐνὸς σώματος, ποὺ ὀφείλεται στὴν κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα καὶ στὶς πυρηνικὲς δυνάμεις ποὺ ἀσκοῦνται μεταξὺ τῶν νουκλεονίων, παραμένει σταθερὴ καὶ ἐπομένως μπορεῖ νὰ παραλείπεται στὴ μελέτη τῶν ένεργειακῶν μεταβολῶν ποὺ ἀναφέρονται στὴν έσωτερικὴ ένέργεια τοῦ σώματος.

Χαρακτηριστικὰ παραδείγματα μεταβολῶν τῆς έσωτερικῆς ένέργειας τῶν διάφορων σωμάτων συμβαίνουν κατὰ τὶς μετατροπὲς φάσεως (Τόμος 2^{ος}, Κεφάλαιο 2), καθὼς καὶ κατὰ τὶς χημικὲς ἀντιδράσεις. Ἔτσι π.χ. γιὰ τὴν τήξη ἐνὸς στερεοῦ σώματος ἀπαιτεῖται πρόσληψη ένέργειας (θερμικῆς) ἀπὸ τὸ σῶμα αὐτό ἐνῶ κατά τὶς ἔξωθερμες χημικές ἀντιδράσεις ἀπελευθερώνεται ένέργεια πρὸς τὸ περιβάλλον.

Μία συνηθισμένη περίπτωση αὐξήσεως τῆς έσωτερικῆς ένέργειας ἐνὸς σώματος, εἶναι ἡ αὐξηση τῆς θερμοκρασίας του. Σύμφωνα μὲ τὴν **κινητική θεωρία τῆς θερμότητας** ἡ έσωτερικὴ ένέργεια ἐνὸς σώματος, ποὺ ὀφείλεται στὴ θερμικὴ κίνηση τῶν δομικῶν λίθων του, εἶναι ἀνάλογη τῆς ἀπόλυτης θερμοκρασίας τοῦ σώματος αὐτοῦ. Ἡ κινητικὴ θεωρία τῆς θερμότητας ἔχει συμβάλει στὴ μελέτη πολλῶν φαινομένων ποὺ ἀναφέρονται καὶ στὶς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὑλῆς, καθὼς καὶ στὴ μελέτη τῶν ἀερίων. Ἔτσι ἔχουν ἀναπτυχθεῖ, ἀντίστοιχα, ἡ κινητικὴ θεωρία τῆς ὑλῆς καὶ ἡ κινητικὴ θεωρία τῶν ἀερίων (2^{ος} Τόμος, 2^ο Κεφάλαιο).

Κατὰ τὴν κινητικὴ θεωρία τῆς θερμότητας οἱ δομικοὶ λίθοι τῶν ἀερίων, ύγρῶν καὶ στερεῶν σωμάτων, ποὺ βρίσκονται σὲ πάρα πολὺ χαμηλὴ θερμοκρασία, κοντὰ στὴ θερμοκρασία τοῦ ἀπόλυτου μηδενὸς (-273, 16°C), εἶναι σχεδὸν ἀκίνητοι. Καὶ ἀν μποροῦσε νὰ παρατηρηθεῖ ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀπόλυτου μηδενός, τότε θὰ ἔπαινε ἡ κίνηση τῶν δομικῶν λίθων κάθε σώματος ποὺ θὰ βρισκόταν στὴν θερμοκρασία αὐτή. Ἀντίθετα, οἱ δομικοὶ λίθοι κά-

θε σώματος, που βρίσκεται σε ύψηλότερη θερμοκρασία, παρουσιάζουν έντονότερη κίνηση και ταλαντεύονται ατακτα πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Ἡ ταλάντωση αὐτὴ στὰ στερεὰ γίνεται γύρω ἀπὸ ἓνα σταθερὸ σημεῖο ταλαντώσεως, στὰ ὑγρὰ γύρω ἀπὸ μεταβαλλόμενα σημεῖα, ἐνῶ οἱ δομικοὶ λίθοι τῶν ἀερίων βρίσκονται σε συνεχὴ κίνηση καὶ ἔχουν μεγάλη κινητικὴ ἐνέργεια. Ἡ κίνηση αὐτὴ τῶν δομικῶν λίθων χαρακτηρίζεται ὡς θερμικὴ κίνηση.

Ἡ αὔξηση τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν δομικῶν λίθων ἐνὸς σώματος ἐπιφέρει αὔξηση τῆς θερμοκρασίας του. Κάθε σῶμα περικλείει θερμικὴ ἐνέργεια. Ἡ θερμικὴ αὐτὴ ἐνέργεια ἀντιστοιχεῖ στὴ θερμικὴ κίνηση τῶν δομικῶν λίθων τοῦ σώματος αὐτοῦ.

Ἡ θερμοκρασία κάθε σώματος εἶναι ἔνας ἀπλὸς καὶ ἀξιόπιστος δείκτης τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν δομικῶν λίθων του. Εἶναι σαφὲς ὅτι ἡ ἀπευθείας μέτρηση τῆς κινητικῆς ἐνέργειας (ἢ τῆς ταχύτητας) τῶν δομικῶν λίθων ἐνὸς ἀερίου ἢ τοῦ πλάτους τῆς θερμικῆς ταλαντώσεως τῶν στερεῶν σωμάτων δὲν εἶναι δυνατή. Γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ ἡ θερμοκρασία ἐνὸς σώματος μετριέται ἔμμεσα, ὅπως π.χ. συγκριτικὰ πρὸς τὴ θερμοκρασία ἐνὸς ἄλλου σώματος, ἢ ὅποια εἶναι γνωστὴ ἢ μὲ τὴ μεταβολὴ τοῦ δύκου του, ποὺ ὀφείλεται σε μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας του κλπ.

Σύμφωνα μέ τά προηγούμενα θεωρεῖται ὅτι ἔνα μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐνέργειας κάθε σώματος ὀφείλεται στὴ θερμικὴ κίνηση τῶν δομικῶν του λίθων. Ἡ θερμικὴ αὐτὴ ἐνέργεια εἶναι ἀνάλογη τῆς ἀπόλυτης θερμοκρασίας τοῦ σώματος αὐτοῦ καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος εἶναι ἔνας δείκτης τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν δομικῶν λίθων του.

1.2. Θερμικὴ Διαστολὴ

Ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τῶν διαφόρων σωμάτων ἐπιφέρει μεταβολὴ τοῦ δύκου τους ἢ καὶ ἄλλων χαρακτηριστικῶν τους, μπορεῖ δὲ νὰ ἐπιφέρει ἀκόμα καὶ μετατροπὴ τῆς φάσεως τους, ὅπως ἔχει ἀναφερθεῖ ἥδη προηγούμενα (Τόμος 2^{ος}, Κεφάλαιο 2).

Ὡς θερμικὴ διαστολὴ χαρακτηρίζεται ἡ αὔξηση τῶν διαστάσεων ἐνὸς σώματος (ὅπως π.χ. τοῦ μήκους μιᾶς ράβδου ἢ τοῦ δύκου ἐνὸς ἀερίου, κατὰ τὶς ἴσοβαρεῖς μεταβολὲς τῆς καταστάσεώς του) μὲ τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας του. Εἶναι εύνόητο ὅτι ἡ μείωση τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος μπορεῖ νὰ ἐπιφέρει δυτίθετα ἀποτελέσματα. Παρακάτω ἀναγράφονται εἰδικότερες περιπτώσεις θερμικῆς

διαστολῆς διάφορων σωμάτων καὶ διοισμένα σχετικὰ στοιχεῖα.

Ἡ γραμμικὴ διαστολὴ τῶν στερεῶν μπορεῖ νὰ μελετηθεῖ μὲ μιὰ ράβδο, τῆς ὅποιας τὸ μήκος ἔξαρταται ἀπὸ τὴ θερμοκρασία της. "Ετσι μιὰ ράβδος, μήκους 1 m, παρουσιάζει μεταβολὴ τοῦ μήκους της κατὰ dL, μὲ τὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας της, κατὰ dθ, κατὰ τὴ σχέση $dL = \beta \cdot L \cdot d\theta$, ὅπου β εἶναι ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς, ποὺ ἔχει διαστάσεις grad⁻¹, (δηλαδὴ ἀνὰ βαθμὸ θερμοκρασίας),

$$\text{ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὴ σχέση} \quad \beta = \frac{dL}{L \times d\theta} = \frac{1}{L \cdot \alpha}$$

Ὀρισμένες συνηθισμένες τιμὲς συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς ἀναγράφονται στὸν πίνακα 1.1. Ἀξίζει νὰ σημειωθεῖ ὅτι, ὅπως φαίνεται στὸν πίνακα αὐτό, ἡ αὔξηση τῆς θερμοκρασίας ἐπιφέρει πολὺ μικρότερη γραμμικὴ διαστολὴ στὸν υαλο Pyrex ἀπὸ ὅση στὴ συνηθισμένη υαλο καὶ γι' αὐτὸ τὰ οἰκιακὰ σκεύη Pyrex εἶναι πιὸ ἀνθεκτικὰ ἀπὸ τὰ ἄλλα συνηθισμένα υάλινα οἰκιακὰ σκεύη κουζίνας, σὲ ἀπότομες μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας τους, ὅπως π.χ. στὴν ταχεία θέρμανσή τους. "Ετσι ἡ αὔξηση τῆς θερμοκρασίας μιᾶς συνηθισμένης υάλινης ράβδου μήκους 1 m κατὰ 1°C ($\beta = 9 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$) θὰ ἐπιφέρει αὔξηση τοῦ μήκους της κατὰ $9 \times 10^{-6} \text{ m}$ (9 μμ), ἐνῶ ἡ ἴδια αὔξηση τῆς θερμοκρασίας μιᾶς ράβδου pyrex μήκους 1 m κατὰ 1°C ($\beta = 4 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$) θὰ ἐπιφέρει αὔξηση τοῦ μήκους της κατά $4 \times 10^{-6} \text{ m}$ (4 μμ).

Ὀρισμένα όλικὰ ἔχουν ἀρνητικὸ συντελεστὴ γραμμικῆς διαστολῆς καὶ ἐπομένως ἡ αὔξηση τῆς θερμοκρασίας μιᾶς ράβδου, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ τέτοιο ύλικο, ἐπιφέρει μείωση τοῦ μήκους της. Τέτοιο χαρακτηριστικὸ παράδειγμα εἶναι τὸ καουτσούκ. Σὲ μία ράβδο ἀπὸ καουτσούκ ἡ αὔξηση τῆς

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1. Ὁ Συντελεστὴς Γραμμικῆς Διαστολῆς Ορισμένων Υλικῶν

Υλικό	Συντελεστὴς Γραμμικῆς Διαστολῆς (grad ⁻¹)
Μόλυβδος	29×10^{-6}
Άλουμίνιο	24×10^{-6}
Χαλκός	17×10^{-6}
Σίδηρος	12×10^{-6}
Συνηθισμένη "Υαλος"	9×10^{-6}
"Υαλος Pyrex	4×10^{-6}
Χαλαζίας	Περίπου 0

4 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Θερμοκρασίας έπιφέρει μείωση τοῦ μήκους της έπειδὴ ἀλλάζει ἡ χωροταξικὴ κατανομὴ τῆς ἀλύσου τῶν δομικῶν λίθων τοῦ καουτσούκ, ἐνῶ στὰ ὄλικὰ ποὺ ἀναγράφονται στὸ πίνακα 1.1., ἡ αὔξηση τοῦ μήκους, μὲ τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας, ὀφείλεται στὴν αὔξηση τῶν ἀποστάσεων ποὺ παρεμβάλλονται μεταξὺ τῶν δομικῶν λίθων τῶν ὄλικῶν αὐτῶν.

Μία ράβδος, ποὺ ἔχει μῆκος l_0 σὲ θερμοκρασία 0°C , σὲ θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$ ἔχει μῆκος l_θ , καὶ μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν μηκῶν ἴσχύει ἡ σχέση $l_\theta = l_0(1 + \beta\theta)$, ὅπου β εἶναι ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς καὶ θ ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας σὲ βαθμοὺς Κελσίου (grad).

Ο συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς δὲν εἶναι σταθερὸς σὲ δλες τὶς θερμοκρασίες. Σὲ πολὺ χαμηλὲς θερμοκρασίες ὁ συντελεστὴς αὐτὸς μειώνεται καὶ σὲ θερμοκρασίες ποὺ πλησιάζουν τῇ θερμοκρασίᾳ τοῦ ἀπόλυτου μηδενὸς τείνει νὰ μηδενισθεῖ.

Στὴν περίπτωση κατὰ τὴν δόπια μία ράβδος θερμαίνεται μὲ ἀποτέλεσμα τὴν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας της κατὰ $d\theta$ καὶ τὴν ἀναμενόμενη αὔξηση τοῦ μήκους της κατὰ dl , ἀλλὰ ἡ ράβδος αὐτὴ δὲν μπορεῖ νὰ αὐξήσει τὸ μῆκος τῆς, γιατὶ βρίσκεται σὲ ἀμεση ἐπαφὴ μὲ ἀλλὰ ἀκίνητα σώματα καὶ κατὰ τὰ δύο ἄκρα τῆς, ἀναπτύσσεται ἴσχυρὴ τάση. Η τάση αὐτὴ εἶναι ἵση μὲ τὴν τάση ποὺ θὰ χρειαζότανε γιὰ νὰ αὐξήσει ἡ ράβδος τὸ μῆκος τῆς κατὰ dl . Η τάση αὐτὴ (T) ὑπολογίζεται, σύμφωνα μὲ τὸ Νόμο τοῦ Hooke (20°C Τόμος, 2° Κεφάλαιο) ὡς ἔξης:

$$dl = F/S \times 1 \times 1/E = T \times 1 \times 1/E, \text{ ἀλλὰ, } \text{ὅπως } \text{ἀναφέρθηκε } \text{προηγούμενα, } dl = b.l.d\theta, \text{ ἀρα } \beta.l.d\theta = T.1 \times 1/E \text{ ἢ } T = E.\beta.d\theta, \text{ ὅπου } E \text{ εἶναι } \text{τὸ } \text{μέτρο } \text{ἐλαστικότητας } \text{τοῦ Young} \text{ καὶ } \beta \text{ ὁ } \text{γραμμικός } \text{συντελεστὴς } \text{διαστολῆς.} \text{ "Οπως } \text{φαίνεται } \text{ἀπὸ } \text{τὰ } \text{προηγούμενα } \text{ἡ } \text{ἀναπτυσσόμενη } \text{τάση } \text{εἶναι } \text{ἀνεξάρτητη } \text{τοῦ μήκους } \text{τῆς } \text{ράβδου.}$$

Η κυβικὴ διαστολὴ τῶν στερεῶν ἀναφέρεται στὴ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου τοὺς μὲ τὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τοὺς, σύμφωνα μὲ τὴ σχέση $dV = \gamma.V.d\theta$, ὅπου dV εἶναι ἡ μεταβολὴ τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος, $d\theta$ ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας, V ὁ ὄγκος τοῦ σώματος καὶ γ ἡ γραμμικὴ διαστολὴ ποὺ ἔχει αριθμηταὶ ἀπὸ τὸ ὄλικὸ ἀπὸ τὸ δόποιο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σῶμα ποὺ μελετᾶται καὶ χαρακτηρίζεται ὡς συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς καὶ ἔχει διαστάσεις grad^{-1} . Οἱ συντελεστὲς κυβικῆς διαστολῆς δρισμένων οὐσιῶν ἀναγράφονται στὸν πίνακα 1.2.

Ἐνα στερεὸ σῶμα ποὺ ἔχει ὄγκο V_0 σὲ θερμοκρασία 0°C , ἔχει ὄγκο V_θ σὲ θερμοκρασία $\theta^\circ\text{C}$, σύμφωνα μὲ τὴ σχέση $V_\theta = V_0(1 + \gamma\theta)$, ὅπου γ εἶναι

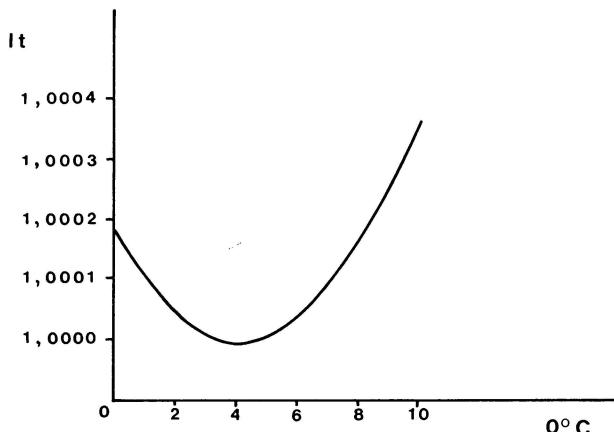
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. Ο συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς ὅρισμένων Ὅλικῶν

Ὅλικό	Συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς (grad^{-1})
Αἰθυλική Ἀλκοόλη	1100×10^{-6}
"Υδωρ (στοὺς 20°C)	207×10^{-6}
Σίδηρος	36×10^{-6}
Αέρας	$3363 \times 10^{-6} = \frac{1}{273,2}$

ὁ συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος αὐτοῦ.

Η κυβικὴ διαστολὴ τῶν ὄγρων ἀναφέρεται στὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τοὺς, σύμφωνα μὲ τὴ σχέση $dV = \gamma.V.d\theta$, ὅπου γ εἶναι ὁ απόλυτος συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ ὄγρου. Αντίστοιχα μὲ ὅσα ἴσχύουν στὰ στερεά, ὁ ὄγκος ἐνὸς ὄγρου σὲ θερμοκρασία 0°C , (V_0) παρέχεται ἀπὸ τὴ σχέση $V\theta = V_0(1 + \gamma\theta)$. Ο ἀπόλυτος συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς τῶν ὄγρων δὲν εἶναι σταθερός, ἀλλὰ μεταβάλλεται μὲ τὴ θερμοκρασία, ὥστε χαρακτηριστικὰ παρουσιάζεται στὸ σχῆμα 1.1 γιὰ τὸ ὄγρο.

Η διαστολὴ τῶν ἀερίων μελετᾶται μὲ διατήρηση σταθερῆς πιέσεως (ἰσοβαρῆς μεταβολῆς), ἀφοῦ, σύμφωνα μὲ τὸ Νόμο Boyle – Mariotte, ὁ ὄγκος ἐνὸς ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς πιέσεως του (20°C Τόμος, 2° Κεφάλαιο). Σύμφωνα μὲ τὸ Νόμο τοῦ Charles, ἀν ἡ πίεση ἐνὸς ἀερίου παραμένει



Σχῆμα 1.1. Ο ὄγκος ποὺ καταλαμβάνουν 1000 g. Ὁδατος σὲ θερμοκρασίες κυμαινόμενες ἀπὸ 0° - 10°C . Στὴ θερμοκρασίᾳ τῶν 4°C ἡ πυκνότητα τοῦ ὄγρου εἶναι 1,0000 καὶ ὁ ὄγκος μιᾶς μάζας μᾶς Ὁδατος εἶναι ὁ μικρότερος δυνατός. Ἐπομένως σὲ θερμοκρασίες 0 - 4°C , ὁ συντελεστὴς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ ὄγρου εἶχε ἀρνητικὲς τιμές.

σταθερή και μεταβάλλεται ή θερμοκρασία του, δύγκος του είναι άναλογος της άπόλυτης θερμοκρασίας του. Τέλος, σύμφωνα με τὸ Γενικὸ Νόμο τῶν Ἰδανικῶν Ἀερίων, δύγκος ἐνὸς ἴδανικου ἀερίου είναι άντιστρόφως άναλογος τῆς πιέσεώς του, άναλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μορίων (ἢ γραμμομορίων) ἀπὸ τὰ ὅποια ἀποτελεῖται καὶ άναλογος τῆς άπόλυτης θερμοκρασίας του.

Ἡ διαστολὴ τῶν ἀερίων παρουσιάζει τὸ χαρακτηριστικὸ γνώρισμα ὅτι παρατηρεῖται μεγάλη μεταβολὴ τοῦ δύγκου τους μὲ σχετικὰ μικρὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τους (πάντα βέβαια μὲ σταθερὴ πίεση). Ἡ μεταβολὴ τοῦ δύγκου τῶν ἀερίων, μὲ τὴν αὗξηση τῆς θερμοκρασίας τους, παρέχεται ἀπὸ τὴ σχέση $dV = a \cdot V_t d\theta$, ὅπου dV είναι ἡ μεταβολὴ τοῦ δύγκου, V_t είναι ὁ ἀρχικὸς δύγκος τοῦ ἀερίου σὲ μία καθορισμένη θερμοκρασία, $d\theta$ είναι ἡ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας καὶ α είναι ἔνας συντελεστὴς ποὺ χαρακτηρίζεται ως θερμικὸς συντελεστὴς δύγκου ἀερίων σὲ σταθερὴ πίεση. Στὴν παραπάνω σχέση χρησιμοποιεῖται ὁ δύγκος σὲ μία καθορισμένη θερμοκρασία καὶ ὅχι σὲ ὅποιαδήποτε θερμοκρασία, γιατὶ μικρὲς μεταβολὲς τῆς θερμοκρασίας τῶν ἀερίων ἐπιφέρουν μεγάλες σχετικὰ μεταβολὲς τοῦ δύγκου τους.

“Οπως προκύπτει ἀπὸ τὴν παραπάνω σχέση, ὁ συντελεστὴς α ὑπολογίζεται ως ἔξῆς:

$$\alpha = \frac{1}{V_t} \times \frac{dV}{d\theta}$$

Στὸν ὑπολογισμὸ αὐτὸν θεωρεῖται ὅτι $t = 0^{\circ}\text{C}$ καὶ ἐπομένως $V_t = V_0$. Στὰ περισσότερα ἀέρια ἡ τιμὴ τοῦ συντελεστὴ α είναι περίπου $1/273 \text{ grad}^1$ ($3663 \times 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$) γιὰ σχετικὰ εὐρεία περιοχὴ θερμοκρασιῶν.

Ο δύγκος ἐνὸς ἀερίου σὲ θερμοκρασία θ (V_θ) παρέχεται ἀπὸ τὴ σχέση $V_\theta = V_0 (1 + \alpha\theta)$, ὅπου V_0 είναι ὁ δύγκος του σὲ θερμοκρασία 0°C , α ὁ θερμικὸς συντελεστὴς δύγκου τοῦ ἀερίου καὶ θ ἡ θερμοκρασία του σὲ βαθμοὺς Κελσίου. Ἀπὸ τὰ παραπάνω προκύπτει ὅτι, ἐφόσον ἡ τιμὴ τοῦ α παραμένει σταθερὴ γιὰ εὐρεία περιοχὴ θερμοκρασιῶν, ἡ σχέση μεταξὺ δύγκου καὶ θερμοκρασίας ἐνὸς ἀερίου είναι ἀναλογικὴ στὴν παραπάνω περιοχὴ θερμοκρασιῶν.

1.3. Μέτρηση τῆς Θερμοκρασίας

Ο καθορισμὸς τῆς θερμοκρασίας ἐνὸς σώματος ἡ ἀκόμα καὶ μιᾶς δλόκληρης θερμομετρικῆς κλίμακας, μπορεῖ νὰ στηριχθεῖ εἴτε σὲ ἔνα σταθερὸ

θερμομετρικὸ σημεῖο (δηλαδὴ σὲ μία σταθερὴ θερμοκρασία στὴν ὥποια ἀποδίδεται μιὰ τιμὴ), εἴτε σὲ δύο σταθερὰ θερμομετρικὰ σημεῖα, ώς ἔξῆς:

(α) Ἐνα σταθερὸ θερμομετρικὸ σημεῖο. Θεωρεῖται ὅτι ἡ παράμετρος X ἐνὸς σώματος είναι μιὰ παράμετρος τῆς ὥποιας ἡ τιμὴ ἔχει ταταὶ ἀπὸ τὴ θερμοκρασία τοῦ σώματος (ὅπως π.χ. ἡ πίεση μιᾶς μάζας ἀερίου ἡ τὸ μῆκος μιᾶς ράβδου). Θεωρεῖται ἀκόμα ὅτι μεταξὺ τῆς θερμοκρασίας T τοῦ σώματος καὶ τῆς παραμέτρου X ὑπάρχει γραμμικὴ συνάρτηση, κατὰ τὴ σχέση $T = a \cdot X$, ὅπου a είναι ἔνας συντελεστής. Τότε δύο διαφορετικὲς θερμοκρασίες, ἡ T_1 καὶ ἡ T_2 , ἀπὸ τὶς ὥποιες ἡ μία είναι γνωστὴ καὶ σταθερή, ὅπως π.χ. ἡ T_1 , θὰ ἔχουν μεταξὺ τους τὴν ἔξῆς σχέση: $T_1 / T_2 = X_1 / X_2$. Στὴ σχέση αὐτὴ ἡ τιμὴ T_1 είναι σταθερὴ καὶ γνωστὴ καὶ οἱ τιμὲς X_1 καὶ X_2 μποροῦν νὰ μετρηθοῦν. Ἐπομένως μπορεῖ εύκολα νὰ ὑπολογισθεῖ καὶ ἡ τιμὴ T_2 , ποὺ είναι μιὰ τυχαία τιμὴ θερμοκρασίας, καθὼς καὶ ἄλλη τιμὴ θερμοκρασίας ποὺ ζητεῖται.

(β) Δύο σταθερὰ θερμομετρικὰ σημεῖα. Σὲ δύο σταθερὰ θερμομετρικὰ σημεῖα (ὅπως π.χ. στὴν πήξη καὶ στὴ ζέση τοῦ ὕδατος, σὲ πίεση 1 atm) προσδίδονται σταθερὲς τιμές, ὅπως π.χ. 0°C καὶ 100°C , στὴν κλίμακα τοῦ Κελσίου ἡ 32°F καὶ 212°F στὴν κλίμακα Fahrenheit. Τὸ διάστημα μεταξὺ τῶν δύο σταθερῶν σημείων διαιρεῖται σὲ ἕσσα μέρη, 100 στὴν κλίμακα Κελσίου καὶ 180 (212-32) στὴν κλίμακα Fahrenheit.

Εἶναι σαφὲς ὅτι στὴν περίπτωση (α) μπορεῖ νὰ ἀκολουθηθεῖ παρόμοια διαδικασία, δηλαδὴ νὰ προσδιορισθεῖ ἔνα δεύτερο σταθερὸ θερμομετρικὸ σημεῖο καὶ μετὰ τὸ διάστημα ποὺ παρεμβάλλεται ἀνάμεσα στὰ δύο θερμομετρικὰ σημεῖα νά διαιρεθεῖ στὸν ἐπιθυμητὸ ἀριθμὸ ἴσων μερῶν.

Οι θερμομετρικὲς κλίμακες ποὺ προσδιορίζονται κατὰ τὸν τρόπο ποὺ περιγράφηκε μποροῦν νὰ ἐπεκταθοῦν ἀναλογικὰ καὶ νὰ καλύψουν θερμοκρασίες πέραν τῶν δύο σταθερῶν σημείων.

Σταθερὰ σημεῖα είναι τὰ κανονικὰ σημεῖα τήξεως (ἢ πήξεως) καὶ ζέσεως τοῦ ὕδατος (σὲ πίεση μιᾶς ἀτμόσφαιρας), καθὼς καὶ τὸ σταθερὸ σημεῖο ποὺ είναι γνωστὸ ὡς τριπλὸ σημεῖο τοῦ ὕδατος. Τὸ τριπλὸ σημεῖο τοῦ ὕδατος θεωρεῖται σταθερότερο καὶ γι' αὐτὸν χρησιμοποιεῖται τὰ τελευταῖα χρόνια γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τῶν θερμομετρικῶν κλιμάκων. Ἀντιστοιχεῖ σὲ θερμοκρασία $0,010^{\circ}\text{C}$ ἡ $273,17^{\circ}\text{C}$. Στὸ σχῆμα 1.2 παρουσιάζεται σχηματικὰ τὸ τριπλὸ σημεῖο τοῦ ὕδατος, (καθὼς καὶ τὰ σημεῖα τήξεως καὶ βρασμοῦ τοῦ ὕδατος). Ἐνα τέτοιο διάγραμμα πιέσεως-θερμοκρασίας χαρακτηρίζεται ως