

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΙ

### Ο ΜΗΔΕΝΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ

#### § 2.1. Τοιχώματα και διαχωρίσματα

Ἡ διαίρεσις τῶν συστημάτων εἰς ἀνοικτά, κλειστά καὶ ἀπομεμονωμένα ἐκφράζει μίαν γενικὴν διάκρισιν τῶν ἀλληλεπιδράσεων μεταξὺ συστήματος καὶ περιβάλλοντος. Αὕτη στηρίζεται εἰς τὴν ὑπαρξιν *τοιχωμάτων* περιβαλλόντων τὸ σύστημα, μὴ ἀνηκόντων εἰς τοῦτο καὶ μὲ εἰδικὰς ιδιότητας. Τὰ τοιχώματα εἶναι καὶ αὐτὰ φυσικὰ συστήματα, δυνάμενα νὰ ἀπομονώσουν μερικῶς ἢ πλήρως τὸ σύστημα ἀπὸ ἐπιδράσεις τοῦ περιβάλλοντος. Μία πλήρης ἀπομόνωσις τοῦ συστήματος ἀπαιτεῖ τοιχώματα μὲ τὰς ἀκολουθοῦσας ιδιότητας: νὰ διαιροῦν τὸν ὄγκον καὶ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ γενικώτερον τὴν γεωμετρίαν τοῦ συστήματος σταθεράν, νὰ εἶναι ἀδιαπέρατα εἰς ὕλην, νὰ προστατεύουν τὸ σύστημα ἀπὸ ἐπιδράσεις ὀφειλομένας εἰς ἀπλὴν παρουσίαν ἀντικειμένων (διπλότοιχα τοιχώματα μὲ κενὸν χῶρον μεταξὺ τῶν τοιχωμάτων), νὰ μὴ ἐπιτρέπουν τὴν ἐπίδρασιν ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν πεδίων (θωράκισις δι' ὑπεραγωγίμου ὕλικου) ὡς καὶ τὴν δίοδον ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας (προστασία διὰ τελείως ἀνακλωσῶν ἐπιφανειῶν).

Κατὰ τὴν πρώτην φάσιν τῆς ἡ θεωρίας τῆς θερμοδυναμικῆς ἀναπτύσσεται ἐπὶ συστημάτων κλειστῶν, δηλαδὴ περιβαλλομένων μὲ τοιχώματα ἀδιαπέρατα εἰς ὕλην, τὰ δὲ συστατικὰ τοῦ συστήματος θεωροῦνται ὡς μὴ ἀντιδρῶντα χημικῶς. Ἐπομένως εἰς τὴν φάσιν ταύτην δὲν ὑπείσέρχονται ὡς ἀνεξάρτητοι μεταβληταὶ αἱ μᾶζαι ἢ ἔτεραι μεταβληταί, ἐκφράζουσαι ποσότητα οὐσιῶν ἢ σύνθεσιν τοῦ συστήματος.

Πρὸς περαιτέρω ἀπλοποίησιν δεχόμεθα τὴν ἀπουσίαν ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν πεδίων καὶ θεωροῦμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ συστήματος μικρὰν ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τούτου, εἰς τρόπον ὥστε τυχὸν μεταβολαὶ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν νὰ ἔχουν ἀμελητέαν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν ιδιοτήτων τοῦ συστήματος εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τούτου. Ὁ τελευταῖος περιορισμὸς εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὴν ὑπόθεσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὡς ἐπιφάνεια τοῦ συστήματος λαμβά-

νεται ἡ γεωμετρικὴ ἐπιφάνεια, ἡ ὀριζομένη ἀπὸ τὰ κοινὰ περατωτικὰ σημεῖα τοῦ συστήματος καὶ τοῦ τοιχώματος, ἥτοι δὲν παρεμβάλλεται περιοχὴ ἀσυνεχείας· μεταξὺ συστήματος καὶ τοιχώματος.

Τοιχώματα μὲ τὰς ἀναφερθείσας ιδιότητες εἰς ἰδανικὸν βαθμὸν ἀποτελοῦν ὀριακὴν συμπεριφορὰν πραγματικῶν συστημάτων. Ἐν τούτοις εἰς τὴν πρᾶξιν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀνευρεθοῦν φυσικὰ συστήματα πληροῦντα τὰς προαναφερθείσας ιδιότητας τοῦλάχιστον διὰ χρονικὴν διάρκειαν ἱκανὴν πρὸς πειραματικὴν μελέτην τοῦ συστήματος.

Ἡ δυνατότης πλήρους ἀπομονώσεως τοῦ συστήματος εἶναι συνυφασμένη μὲ τὴν δυνατότητα ὑπάρξεως ἰσορροπίας, δεδομένου ὅτι ἡ τελευταία θὰ ἦτο ἄνευ ἐννοίας, ἐὰν τὸ σύστημα εὗρισκετο ἐκτεθειμένον εἰς τὴν ἐπίδρασιν ἐνὸς συνεχῶς μεταβαλλομένου περιβάλλοντος. Ἄφ' ἑτέρου ὅμως σύστημα ἀπομονωμένον καὶ ἐπομένως δυνάμενον νὰ εὗρεθῆ μόνον εἰς καταστάσεις, τὰς ὁποίας ἐπιβάλλει ἡ πλήρης ἀπομόνωσις, παρουσιάζει μικρὸν πρακτικὸν ἐνδιαφέρον. Ἡ μελέτη τοῦ συστήματος ἀπαιτεῖ τὴν δυνατότητα μεταβολῆς τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν του ἐντὸς ὀρισμένων ὀρίων. Τὸ τελευταῖον καθίσταται δυνατὸν διὰ συζεύξεως τοῦ συστήματος μὲ ἄλλα συστήματα, δυνάμενα νὰ ἀποτελέσουν μὲ τὸ πρῶτον ἐν ὑπερσύστημα ἢ σύνθετον σύστημα ἀπομονωμένον ἀπὸ τὸ περιβάλλον ἐν τῷ συνόλῳ του. Ἡ σύζευξις παρέχει τὴν δυνατότητα μερικῆς ἀλληλεπιδράσεως τῶν ἐπὶ μέρους συστημάτων, ὀδηγοῦσα εἰς μίαν ἀνακατανομὴν μιᾶς ἐκτατικῆς ιδιότητος (ὄγκου, ἐνεργείας κλπ.) μεταξὺ τῶν ἐν συζεύξει συστημάτων.

Τὸ σύνθετον σύστημα, ἐκτὸς τῶν τοιχωμάτων τῶν περιβαλλόντων τοῦτο ἐν τῷ συνόλῳ του, περιέχει καὶ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἢ διαχωρίσματα, ἐπιτρέποντα τὴν ἐπιθυμητὴν ἐκάστοτε σύζευξιν. Εἶναι προφανές ὅτι ἐν ἰδανικὸν διαχώρισμα πρέπει νὰ ἐκπληροῖ τὰς ἀκολουθούσας δύο συνθήκας: α) νὰ εἶναι ἀπείρως λεπτὸν καὶ β) ὅταν εἰσάγεται εἰς σύστημα, εὗρισκόμενον ἤδη ἐν ἰσορροπίᾳ, νὰ μὴ μεταβάλῃ τὴν κατάστασιν ἰσορροπίας.

Εἰς τὴν ὑπὸ τοῦ Καραθεοδωρῆ ἀξιωματικὴν θεμελίωσιν τῆς θερμοδυναμικῆς τῶν κλειστῶν συστημάτων, τὴν ὁποίαν θὰ προσπαθήσωμεν ἐν γενικαῖς γραμμαῖς νὰ ἀκολουθήσωμεν, δύο εἶδη τοιχωμάτων καὶ διαχωρισμάτων ἀποτελοῦν ἀπαραίτητα στοιχεῖα, τὸ ἀδιαβατικὸν τοίχωμα καὶ διαχώρισμα καὶ τὸ διαθερμικὸν τοίχωμα καὶ διαχώρισμα.

**Ἄδιαβατικὸν τοίχωμα καὶ διαχώρισμα.** Ἔστω σύστημα περιβαλλόμενον ἀπὸ τοιχώματα ἐξασφαλίζοντα πλήρη ἀπομόνωσιν ἀπὸ τὸ περιβάλλον καὶ εὗρισκόμενον ἐν ἰσορροπίᾳ. Ἐκ πείρας ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ κατάστασις ἰσορροπίας τοῦ συστήματος εἶναι δυνατὸν νὰ διαταραχθῆ μόνον διὰ μηχανικῶν μέσων, δηλαδὴ διὰ συζεύξεως πρὸς μηχανικὸν σύστημα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μεταβάλῃ τὰς παραμορφωτικὰς συντεταγμένας τούτου (π.χ. τὸν ὄγκον) ἢ νὰ θέσῃ εἰς κίνησιν ἀναδευτήμα ἐνσωματωμένον εἰς τὸ σύστημα ἢ

νά επιτρέψη τὴν δίοδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μέσφ ἀντιστάσεως ἔνσωματωμένης εἰς τὸ σύστημα. Εἶναι εὐκόλον νὰ δειχθῇ ὅτι αἱ προαναφερθεῖσαι ἐπιδράσεις δύνανται νὰ ἀναχθοῦν εἰς μεταβολὰς ἑνὸς καθαρῶς μηχανικοῦ συστήματος, π.χ. εἰς τὴν μετακίνησιν σταθμῶν κατὰ τὴν κατακόρυφον, ἢ εἰς συμπίεσιν ἢ ἔκτασιν ἑνὸς ἑλατηρίου καὶ ἐπομένως εἶναι ἀπολύτως δικαιολογημένος ὁ χαρακτηρισμὸς τῆς διαταράξεως τῆς ἰσορροπίας τοῦ συστήματος, ὡς ὀφειλομένης εἰς καθαρῶς μηχανικὴν ἐπίδρασιν. Τοιχώματα καὶ διαχωρίσματα, παρέχοντα τοιαύτην δυνατότητα, πρὸς τούτοις δὲ μὴ ἐπιτρέποντα τὴν δίοδον ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας, καλοῦνται *ἀδιαβατικά*. Διεργασίαι ἐπὶ συστημάτων μὲ τοιχώματα ἀδιαβατικά καλοῦνται *ἀδιαβατικαὶ διεργασίαι*.

**Διαθερμικὸν τοίχωμα καὶ διαχώρισμα.** Ἡ προαναφερθεῖσα δυνατότης διαταράξεως τῆς καταστάσεως ἰσορροπίας (κλειστοῦ) συστήματος δὲν ἀποτελεῖ μοναδικὸν τρόπον. Εἶναι δυνατόν νὰ διαταραχθῇ ἡ ἰσορροπία συστήματος, ἔστω καὶ ἐὰν τὰ τοιχώματα τούτου παραμείνουν ἀμετάθετα ἢ δὲν τεθῇ εἰς κίνησιν ὁ ἀναδευτήρ ἢ δὲν διέλθῃ ρεῦμα διὰ τῆς ἀντιστάσεως καί, γενικῶς, δὲν ὑπάρχῃ σύζευξις μὲ καθαρῶς μηχανικὸν σύστημα. Διατάραξις δυνατόν νὰ σημειωθῇ ἐκ τῆς ἀπλῆς προσεγγίσεως ἐτέρων συστημάτων (π.χ. φλογὸς λύχνου). Τοιχώματα ἢ διαχωρίσματα ἐπιτρέποντα διατάραξιν τῆς καταστάσεως ἰσορροπίας τοῦ συστήματος μὴ δυναμένην νὰ ἀποδοθῇ εἰς μηχανικὴν ἀλληλεπίδρασιν καλοῦνται *διαθερμικά* (π.χ. μεταλλικὰ τοιχώματα). Ἡ διάκρισις τῶν τοιχωμάτων εἰς ἀδιαβατικά καὶ διαθερμικά ἐγένετο κατὰ τρόπον ἀνεξάρτητον τῆς ἐννοίας τῆς θερμότητος, ἢ ὁποῖα ἄλλωστε δὲν ἔχει εἰσέτι εἰσαχθῇ. Ἀντιθέτως ἡ διάκρισις αὕτη θέλει χρησιμοποιοθῇ εἰς τὸν ὄρισμὸν τῆς θερμότητος, μετὰ τὴν εἰσαγωγὴν τῆς ὁποίας, καὶ μόνον τότε, ὁ χαρακτηρισμὸς τῶν ἀδιαβατικῶν τοιχωμάτων ὡς θερμομονωτικῶν εἶναι δικαιολογημένος.

## § 2.2. Θερμικὴ ἀμοιβαία ἰσορροπία

Θεωρήσωμεν δύο ἀνεξάρτητα συστήματα, Α καὶ Β, περιβαλλόμενα ἀπὸ ἀδιαβατικὰ τοιχώματα, μὴ περιέχοντα ἔσωτερικῶς ἀδιαβατικὰ διαχωρίσματα καὶ εὐρισκόμενα εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας. Ἐστώσαν  $x_1, \dots, x_n$  καὶ  $y_1, \dots, y_m$ , ἀντιστοίχως, αἱ ἀνεξάρτητοι μεταβληταὶ τούτων. Ἐκ τούτων, αἱ  $x_1, \dots, x_{n-1}$  καὶ  $y_1, \dots, y_{m-1}$ , ἀνήκουσαι εἰς τὰς παραμορφωτικὰς συντεταγμένας, τηροῦνται σταθεραί. Τὰ δύο συστήματα φέρονται εἰς ἐπαφήν, ἀποτελοῦντα οὕτω σύνθετον σύστημα διαχωριζόμενον εἰς δύο διὰ σταθεροῦ ἀδιαβατικοῦ διαχωρίσματος. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν τοῦ συνθέτου συστήματος εἶναι  $n + m$  ( $n$  ἐκ τῶν  $x$  καὶ  $m$  ἐκ τῶν  $y$ ). Θεωρήσωμεν τὸ ἀδιαβατικὸν διαχώρισμα τροποποιούμενον εἰς διαθερμικόν, παραμένον ὅμως σταθερὸν (καὶ ἀδιαπέρατον εἰς ὕλην). Γενικῶς διαπιστοῦται ὅτι,

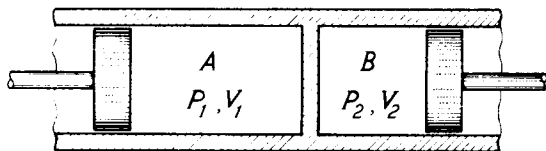
ή ισορροπία αμφοτέρων τῶν τμημάτων τοῦ συνδέτου συστήματος διαταράσσεται, ἀποκαθισταμένης τελικῶς νέας καταστάσεως ισορροπίας, ὀνομαζομένης *θερμικῆς*, μὲ διαφορετικὰς τιμὰς εἰς τὰς μὴ παραμορφωτικὰς συντεταγμένας  $x_n$  καὶ  $y_m$ . Ὡς οὐσιώδης διαπίστωσις, ἐκ πείρας, προκύπτει ὅτι εἰς τὸ σύνδετον σύστημα, μετὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς διαταραχθείσης ισορροπίας ἐκ τῆς τροποποιήσεως τοῦ διαχωρίσματος εἰς διθερμικόν, μειοῦται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν ἀπὸ  $n + m$  εἰς  $n + m - 1$ , δηλαδὴ κατὰ μονάδα. Τοῦτο ὑποδηλοῖ ὅτι μεταξὺ τῶν μεταβλητῶν  $x$  καὶ  $y$  τοῦ συστήματος ὑπάρχει μία σχέσις τῆς μορφῆς :

$$f_{1,2}(x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m) = 0 \quad (2.2.1)$$

Δύναται ἐπομένως νὰ λεχθῆ γενικῶς ὅτι: *δύο συστήματα τιθέμενα εἰς διαθερμικὴν ἐπαφὴν εὐρίσκονται ἀμοιβαίως εἰς θερμικὴν ισορροπίαν, ἐάν, καὶ μόνον ἐάν, αἱ καταστάσεις των ἱκανοποιοῦν μίαν συνθήκην τῆς μορφῆς (1) καὶ ἀντιστρόφως.*

Πρὸς τούτοις, ἡ συνθήκη αὕτη πρέπει νὰ εἶναι μοναδικὴ ὑπὸ τὴν ἀκόλουθον ἔννοιαν. Ἐὰν ὅλαι πλὴν μιᾶς ἐκ τῶν μεταβλητῶν, τῶν ὑπείσερχομένων εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1), εἶναι γνωσταί, ἡ ἄγνωστος μεταβλητὴ δύναται νὰ προσδιορισθῆ μονοτίμως τῇ βοηθείᾳ τῆς ἐξισώσεως ταύτης.

Εἰς τὸ σχῆμα (1) παρίστανται δύο ρευστά, Α καὶ Β, καταλαμβάνοντα δύο τμήματα κυλίνδρου διαχωριζομένου διὰ σταθεροῦ διαχωρίσματος καὶ φρασσομένου ἐκατέρωθεν διὰ κινητῶν ἐμβόλων. Αἱ ἀνεξάρτητοι μεταβληταὶ τῶν δύο συστημάτων εἶναι ἡ πίεσις καὶ ὁ ὄγκος ( $P_1, V_1$  καὶ  $P_2, V_2$  ἀντιστοίχως). Ἀρχικῶς τόσον τὸ διαχώρισμα, ὅσον καὶ τὰ ἐξωτερικὰ τοιχώματα ἦσαν ἀδιαβατικά. Ἐκαστον τῶν συστημάτων ἠδύνατο νὰ ἀχθῆ εἰς τυχούσαν κατάστασιν, δηλαδὴ αἱ μεταβληταὶ  $P, V$  ἠδύνατο νὰ λάβουν οἰασδήποτε τιμὰς, χωρὶς νὰ ἐπηρεασθῆ ἡ κατάστασις τοῦ ἑτέρου συστήματος.



Σχ. 2.2.1 Πειραματικὴ διάταξις πρὸς ἀπόδειξιν τῆς θερμικῆς ισορροπίας.

(Τὸ γεγονός ὅτι ἀδιαβατικὴ διεργασία δύναται νὰ συνδέσῃ τυχούσας καταστάσεις ἀντανაკλᾶ εἰς τὴν δυνατότητα κινήσεως τοῦ ἐμβόλου μὲ τυχούσαν ταχύτητα, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀνταλλαγὴν διαφόρου ποσοῦ ἔργου διὰ δεδομένην μετακίνησιν τοῦ ἐμβόλου. Πρὸς τούτοις, πρέπει νὰ ληφθῆ ὑπ' ὄψιν ἡ δυνατότης προσφορᾶς μηχανικοῦ ἔργου δι' ἀναταράξεως, ἢ ἠλεκτρικοῦ ἔργου μέσῳ ἀντιστάσεως κλπ., ὡς θὰ καταστῆ τοῦτο σαφέστερον κατὰ τὴν διατύ-

πωσιν τῆς ἀρχῆς Καραθεοδωρῆ). Μετὰ τὴν τροποποίησιν ὅμως τοῦ τοιχώματος εἰς διαθερμικὸν ἢ νέα κατάστασις ἰσορροπίας καθορίζεται πλήρως ἐκ τῶν τιμῶν τριῶν ἐκ τῶν τεσσάρων μεταβλητῶν. Π.χ. ἐὰν αἱ μεταβληταὶ  $P_1$  καὶ  $P_2$  καθορισθοῦν εἰς τυχούσας ἀλλὰ σταθερὰς τιμὰς, ὁ δὲ ὄγκος  $V_1$  ἀκολούθως λάβῃ τυχούσαν τιμὴν π.χ. δι' ἀναταράξεως τοῦ συστήματος τούτου, ἢ διὰ διαβιβάσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἀντίστασιν ἔνσωματωμένην εἰς τὸ τμήμα  $A$ , ἡ τιμὴ τῆς μεταβλητῆς  $V_2$  θὰ καθορισθῇ μονοσημάντως ἀπὸ τὰς τιμὰς  $P_1$ ,  $P_2$  καὶ  $V_1$ , βάσει τῆς ἐξισώσεως (1).

### § 2.3. Μηδενικός νόμος. Θερμοκρασία

Ἐστω, ἐκτὸς τῶν συστημάτων  $A$  καὶ  $B$  τῆς προηγουμένης παραγράφου καὶ τρίτον ἀνεξάρτητον σύστημα  $\Gamma$ , χαρακτηριζόμενον ἀπὸ τὰς ἀνεξαρτήτους μεταβλητὰς  $z_1, \dots, z_l$ . Ἡ θερμοκὴ ἰσορροπία μεταξὺ τῶν  $A$  καὶ  $B$  χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῆς (2.2.1), δηλαδὴ ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως:

$$f_{1,2}(x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m) = 0 \quad (2.3.1)$$

Κατ' ἀνάλογον τρόπον ἡ θερμοκὴ ἰσορροπία μεταξὺ τῶν συστημάτων  $B$  καὶ  $\Gamma$  καὶ  $\Gamma$  καὶ  $A$  χαρακτηρίζεται ἀντιστοίχως ὑπὸ τῶν ἐξισώσεων:

$$f_{2,3}(y_1, \dots, y_m, z_1, \dots, z_l) = 0 \quad (2.3.2)$$

$$f_{3,1}(z_1, \dots, z_l, x_1, \dots, x_n) = 0 \quad (2.3.3)$$

Ἐκ τῆς πείρας ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ θερμοκὴ ἰσορροπία μεταξὺ δύο συστημάτων εἶναι ἰδιότης μεταβατικῆ. Ἐπομένως ὡς γενίκευσις ἐκ τοῦ πειράματος δύνανται νὰ διατυπωθῇ ἡ ἀκόλουθος πρότασις:

*Δύο συστήματα, εὐρισκόμενα εἰς θερμοκὴν ἰσορροπίαν πρὸς τρίτον, εὐρίσκονται καὶ ἀμοιβαίως εἰς θερμοκὴν ἰσορροπίαν.*

Ἡ διατύπωσις αὕτη ἀποτελεῖ τὸ περιεχόμενον τοῦ μηδενικοῦ νόμου τῆς θερμοδυναμικῆς. Ὁ νόμος οὗτος πρέπει νὰ ἐρμηνευθῇ ὡς ἀκολούθως: Ἐστω σύστημα  $A$  εἰς τυχούσαν σταθερὰν κατάστασιν. Αἱ καταστάσεις δὲ συστημάτων  $B$  καὶ  $\Gamma$  ἔχουν ἐπιλεγῆ κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ἐὰν ταῦτα ἔλθουν διαδοχικῶς εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ  $A$ , νὰ διαπιστοῦται ὅτι ὑφίσταται ἤδη θερμοκὴ ἰσορροπία. Ἐὰν ἀκολούθως τὰ  $B$  καὶ  $\Gamma$  ἔλθουν εἰς θερμοκὴν ἐπαφὴν ἀμοιβαίως, πρέπει ἀναγκαίως νὰ ὑφίσταται ἤδη θερμοκὴ ἰσορροπία μεταξὺ τούτων.

Ὡς συνέπεια τοῦ μηδενικοῦ νόμου προκύπτει ὅτι ἐκ τῶν τριῶν ὡς ἄνω ἐξισώσεων δύο μόνον εἶναι ἀνεξάρτητοι, δεδομένου ὅτι ἡ ὑπαρξὶς θερμοκῆς ἰσορροπίας μεταξὺ  $A$  καὶ  $B$  ἀφ' ἑνὸς καὶ  $B$  καὶ  $\Gamma$  ἀφ' ἑτέρου, δηλαδὴ ἡ ὑπαρξὶς τῶν συνθηκῶν τῶν ἐκφραζομένων διὰ τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (2), καθιστᾷ ἀναγκαίαν τὴν ὑπαρξὶν θερμοκῆς ἰσορροπίας μεταξὺ  $\Gamma$  καὶ  $A$  καὶ ἐπομέ-

ως την εξίσωσιν (3). Έκ τούτων συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἐξισώσεις θερμοκῆς ἰσορροπίας πρέπει νὰ δύνανται νὰ γραφοῦν ὡς διαφορὰ δύο συναρτήσεων, ἐκάστη τῶν ὁποίων νὰ περιέχῃ μεταβλητὰς τοῦ ἑνὸς συστήματος μόνον. Π.χ. ἡ (1) νὰ δύναται νὰ γραφῆ ὑπὸ τὴν μορφήν  $f_1(x_1, \dots, x_n) - f_2(y_1, \dots, y_m) = 0$ . Οὕτω τὸ σύστημα τῶν ἐξισώσεων (1-3) πρέπει νὰ εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς τὸ σύστημα ἐξισώσεων τῆς μορφῆς :

$$f_1(x_1, \dots, x_n) = f_2(y_1, \dots, y_m) = f_3(z_1, \dots, z_l) \quad (2.3.4)$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δικαιολογεῖται ὡς ἀκολούθως: Μία τῶν ἐξισώσεων (1-3), ἔστω ἡ (3), δὲν εἶναι ἀνεξάρτητος καὶ ἐπομένως πρέπει νὰ προκύπτῃ ἐκ τῶν (1) καὶ (2). Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι αἱ (1) καὶ (2) περιέχουν μεταβλητὰς  $y$ , τὰς ὁποίας δὲν περιέχει ἡ (3). Ἐκάστη δὲ μεταβλητὴ  $y$ , περιεχομένη εἰς τὴν (1), πρέπει ἀναγκαστικῶς νὰ περιέχεται καὶ εἰς τὴν (2), διότι ἄλλως θὰ ἦτο ἀδύνατος ἡ ἀπαλοιφὴ ταύτης μεταξὺ τῶν (1) καὶ (2). Περαιτέρω ἡ διαδικασία ἀπαλοιφῆς μιᾶς ἐκ τῶν  $y$  πρέπει νὰ ὀδηγῆ εἰς ἀπαλοιφὴν ὅλων τῶν μεταβλητῶν  $y$ . Ἐπομένως αἱ μεταβληταὶ  $y_1, \dots, y_m$  πρέπει νὰ ὑπεσέρχωνται εἰς τὰς (1) καὶ (2) ὑπὸ τὸν αὐτὸν ἀλγεβρικὸν συνδυασμὸν, ὥστε νὰ δύνανται νὰ γραφοῦν :

$$f_{1,2}(x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m) = \varphi_{1,2}[x, f_2(y)] = 0 \quad (2.3.5)$$

$$f_{2,3}(y_1, \dots, y_m, z_1, \dots, z_l) = \varphi_{2,3}[f_2(y), z] = 0 \quad (2.3.6)$$

Οὕτως, ἐνῶ ἡ  $f_{1,2}$  εἶναι συνάρτησις  $n + m$  μεταβλητῶν, ἡ  $\varphi_{1,2}$  εἶναι συνάρτησις  $n + 1$  μεταβλητῶν [ $n$  μεταβληταὶ τοῦ συστήματος  $A$  καὶ μιᾶς τῆς συναρτήσεως  $f_2(y)$ ]. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν ἐξίσωσιν (6). Λύοντες τὰς ἐξισώσεις (5) καὶ (6) ὡς πρὸς τὴν συνάρτησιν  $f_2(y)$  [ἢ  $f_2(y)$  συνοπτικῶς ἀποδίδει τὴν συνάρτησιν  $f_2(y_1, \dots, y_m)$ ], λαμβάνομεν τὰς ἐξισώσεις (4).

Ὡς συμπέρασμα ἐκ τοῦ μηδενικοῦ νόμου προκύπτει ὅτι εἶναι δυνατόν νὰ συνδυασθοῦν μὲ δύο συστήματα  $A$  (συντεταγμέναι  $x$ ) καὶ  $B$  (συντεταγμέναι  $y$ ) συναρτήσεις  $f_1(x)$  καὶ  $f_2(y)$  τοιαῦται, ὥστε ἡ συνθήκη θερμοκῆς ἰσορροπίας καὶ λαμβάνῃ τὴν μορφήν :

$$f_1(x) = f_2(y) \quad (2.3.7)$$

Μὲ ἄλλας λέξεις μὲ ἕκαστον σύστημα εἶναι συνυφασμένη μία συνάρτησις τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν (συντεταγμένων) του, ὀνομαζομένη *συνάρτησις ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας*, ἡ τιμὴ τῆς ὁποίας εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ἕκαστας τὰς καταστάσεις δύο συστημάτων, τὰς ὁποίας ταῦτα λαμβάνουν, ὅταν μεταξὺ τούτων ἀποκατασταθῇ θερμοκῆ ἰσορροπία. Ἡ τιμὴ τῆς συναρτήσεως τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας εἰς τὰς καταστάσεις ταύτας ὀνομάζεται *ἐμπει-*

*ρικὴ θερμοκρασία*, σημειοῦται δὲ διὰ τοῦ  $\theta$ . Δύναται, οὕτως, ἡ συνθήκη θερμοκτικῆς ἰσορροπίας μεταξὺ δύο σωμάτων  $A$  καὶ  $B$  νὰ γραφῆ ὑπὸ τὴν μορφήν:

$$\theta_A = \theta_B \quad (2.3.8)$$

Ἡ συνάρτησις τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας ἔχει φυσικὴν σημασίαν εἰς ἐκάστην κατάστασιν θερμοκτικῆς ἰσορροπίας, ὡς αὕτη ἐκφράζεται ὑπὸ ἐξισώσεως τῆς μορφῆς (7).

Πρέπει νὰ τονισθῆ ὅτι, ἂν καὶ αἱ ἐξισώσεις (1) καὶ (7) ἐκφράζουσι ἐξ ἴσου ἱκανοποιητικῶς τὴν συνθήκην θερμοκτικῆς ἰσορροπίας μεταξὺ δύο σωμάτων, *μόνον* διὰ τῆς συνθήκης ὑπὸ τὴν μορφήν (7), εἰσαχθείσης διὰ τοῦ μηδενικοῦ νόμου, ἐπετεύχθη ἡ εἰσαγωγή τῆς συναρτήσεως τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας, ὡς συναρτήσεως χαρακτηριστικῆς *μόνον* τῶν μεταβλητῶν τοῦ συστήματος.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ συνάρτησις τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας συστήματος δὲν ὀρίζεται κατὰ τρόπον μοναδικόν, δεδομένου ὅτι ἡ συνθήκη (7) δύναται ἰσοδυνάμως νὰ γραφῆ ὑπὸ τὴν μορφήν:

$$\varphi [f_1(x)] = \varphi [f_2(y)] \quad (2.3.9)$$

ὅπου  $\varphi$  ἡ αὐτὴ συνάρτησις τῶν  $f_1$  καὶ  $f_2$ .

Ἡ ἀπαίτησις, ὅπως ἡ κατάσταση τῆς θερμοκτικῆς ἰσορροπίας καθορίζεται μονοσημάντως ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως (1), ἐπιβάλλει ὠρισμένας προσθέτους συνθήκας εἰς τὴν συνάρτησιν τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας. Θεωρήσωμεν σύστημα  $A$  μὲ ἀνεξαρτήτους μεταβλητὰς  $x_1, \dots, x_n$ , εὐρισκόμενον εἰς θερμοκτικὴν ἰσορροπίαν πρὸς  $B$  μὲ συντεταγμένας  $y_1, \dots, y_m$ . Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ τιμὴ μιᾶς τῶν μεταβλητῶν του, π.χ. τῆς  $x_1$ , μετεβλήθη εἰς  $x'_1$ , χωρὶς νὰ μεταβληθῆ ἡ ἐμπειρικὴ θερμοκρασία. Ἐπομένως δεχόμεθα ὅτι ἰσχύει ἡ ἐξίσωσις:

$$f_1(x_1, \dots, x_n) = f_1(x'_1, \dots, x_n) \quad (2.3.10)$$

Διὰ συνδυασμοῦ τῶν ἐξισώσεων (10) καὶ (7) λαμβάνομεν:

$$f_1(x'_1, \dots, x_n) = f_2(y_1, \dots, y_m) \quad (2.3.11)$$

Ἐπομένως τὸ σύστημα  $A$  καὶ μετὰ τὴν μεταβολὴν τῆς τιμῆς μιᾶς τῶν μεταβλητῶν του ἔξακολουθεῖ νὰ πληροῖ τὴν συνθήκην ἰσορροπίας πρὸς τὰς ἀρχικὰς καταστάσεις τῶν  $A$  καὶ  $B$ . Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ συνθήκη ἰσορροπίας  $f_{1,2}(x, y) = 0$  (1) ἐπιτρέπει δύο σύνολα τιμῶν δηλαδὴ  $x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m$  καὶ  $x'_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_m$ , πρᾶγμα τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίθετον πρὸς τὴν ἀπαίτησιν τοῦ μονοσημάντου καθορισμοῦ τῆς καταστάσεως τῆς θερμοκτικῆς ἰσορροπίας. Ἐπομένως ἡ ἐξίσωσις (10) ὑπονοεῖ ὅτι  $x_1 = x'_1$ . Ὁμοίως, ἐὰν διὰ δεδομένον σύνολον τιμῶν  $x$  προκύπτουν δύο διάφοροι ἐμπειρικαὶ θερμοκρασίαι  $\theta$  καὶ  $\theta'$  (ὑπὸ τὰς αὐτὰς προϋποθέσεις ὀρισμοῦ τῆς θερμομετρικῆς κλίμακος, βλέπε κατωτέρω), ἡ συνθήκη τοῦ μονοσημάντου τῆς θερμοκτικῆς ἰσορ-

ροπίας παραβιάζεται, ἐκτὸς ἐὰν ἰσχύη  $\theta = \theta'$ . Ἐπομένως ἡ ἐμπειρική θερμοκρασία συστήματος μεταβάλλεται, ἐὰν ἡ τιμὴ μιᾶς τῶν μεταβλητῶν μεταβληθῇ, ἔστω καὶ ἐὰν αἱ τιμαὶ τῶν ὑπολοίπων παραμένουν σταθεραί. Ἀντιστρόφως, ἐὰν δύο καταστάσεις τοῦ συστήματος ἔχουν δύο διαφόρους ἐμπειρικούς θερμοκρασίας, τοῦλάχιστον μία ἐκ τῶν μεταβλητῶν τοῦ συστήματος ἔχει διάφορον τιμὴν εἰς τὰς δύο καταστάσεις.

Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ ἐμπειρική θερμοκρασία εἶναι συνεχῆς συνάρτησις τῶν μεταβλητῶν της. Ἐκ τῶν λεχθέντων προκύπτει ὅτι ἡ συνάρτησις αὕτη δὲν δύναται νὰ ἔχῃ σημεῖα καμπῆς ἢ πεπερασμένα μήκη μηδενικῆς κλίσεως, θεωρουμένη ὡς συνάρτησις μιᾶς ἐκ τῶν μεταβλητῶν της, τῶν ὑπολοίπων μεταβλητῶν τηρουμένων σταθερῶν. Τοιαῦται συναρτήσεις ὀνομάζονται αὐστηρῶς αὔξουσαι ἢ αὐστηρῶς φθίνουσαι. Ἐν συμφωνίᾳ πρὸς τὰ ἀνωτέρω καὶ οἰαδήποτε συνάρτησις  $\varphi$  τῆς ἐξίσωσως (7) πρέπει κατ' ἀνάγκην νὰ εἶναι αὐστηρῶς αὔξουσα ἢ φθίνουσα ὡς πρὸς τὴν συνάρτησιν  $f$ , λαμβανομένην ὡς μίαν μεταβλητὴν.

Ἡ ἐξίσωσις:

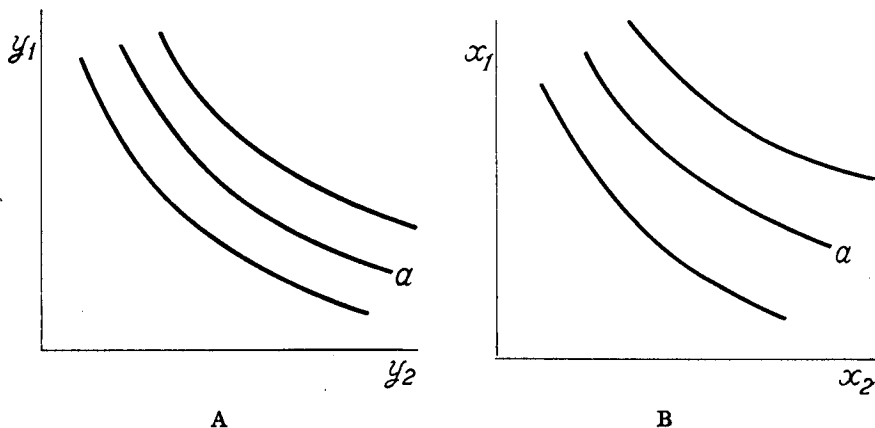
$$f(x) = \theta \quad (2.3.12)$$

τῆς  $\theta$  θεωρουμένης ὡς μεταβλητῆς παραμέτρου, ὀρίζει μίαν μονοπαραμετρικὴν οἰκογένειαν ὑπερεπιφανειῶν εἰς τὸν θερμοδυναμικὸν ἢ φασικὸν χῶρον τῶν  $n$  διαστάσεων. (Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν  $n=2$ , ὀρίζει οἰκογένειαν ἰσοθέρμων καμπυλῶν, ὡς τῶν τοῦ σχήματος (1)). Ἡ ἰσοδύναμος ἐξίσωσις  $\varphi[f(x)] = \varphi(\theta)$  ἀφήνει τὰς ἰσοθέρμους αὐτὰς καθ' ἑαυτὰς ἀνεληρεάστους. Ἀπλῶς ἀντιστοιχεῖ εἰς διάφορον τρόπον ἀριθμῆσεως τῶν ὑπερεπιφανειῶν, χωρὶς ὅμως νὰ διαταράξῃ τὴν διάταξιν τούτων (ἡ  $\varphi$  ἔχει ἐπιλεγῆ ὡς αὐστηρῶς αὔξουσα ἢ φθίνουσα). Ἡ ἐλευθερία εἰς τὴν ἐκλογὴν τῆς συναρτήσεως  $\varphi$  (δηλαδὴ τῆς ἀριθμῆσεως τῶν ὑπερεπιφανειῶν) δικαιολογεῖ τὴν ὑπαρξιν πολλῶν κλιμάκων θερμοκρασίας. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς ὀφείλεται καὶ ὁ χαρακτηρισμὸς τῆς οὕτως ὀριζομένης θερμοκρασίας ὡς ἐμπειρικῆς.

Ἴσως δὲν εἶναι ἄσκοπον νὰ προσπαθήσωμεν νὰ καταλήξωμεν εἰς τὰ αὐτὰ ὡς ἄνω ἀποτελέσματα ἐπὶ τῇ βάσει ὄρισμένων ἀπλῶν πειραμάτων, καθιστῶντες οὕτω τὴν φυσικὴν σημασίαν τῶν ἀποτελεσμάτων περισσότερον διανυγῆ. Ἐστῶσαν δύο ἀπλᾶ συστήματα  $A$  καὶ  $B$  (π.χ. δύο ρευστά), περιγραφόμενα μὲ μεταβλητὰς  $y_1, y_2$  καὶ  $x_1, x_2$  (π.χ. τὴν πίεσιν καὶ τὸν ὄγκον). Τοῦ πρώτου, χρησιμεύοντος ὡς προτύπου συστήματος, ἡ κατάστασις διατηρεῖται σταθερά, ἀντιστοιχοῦσα εἰς τυχούσας σταθερὰς τιμὰς τῶν μεταβλητῶν  $y_1$  καὶ  $y_2$ . Τὸ δεύτερον σύστημα φέρεται εἰς θερμοκὴν ἐπαφὴν πρὸς τὸ πρότυπον, τηρουμένης σταθερᾶς μιᾶς τῶν δύο μεταβλητῶν του, π.χ. τῆς  $x_1$ , καὶ μετρεῖται ἡ τιμὴ τῆς  $x_2$  μετὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἰσορροπίας. Αἱ μετρήσεις ἐπαναλαμβάνονται μὲ διαφόρους σταθερὰς τιμὰς τῆς  $x_1$ . Δεδομένου ὅτι ἐκ τῶν



τεσσάρων μεταβλητῶν  $y_1, y_2, x_1, x_2$  μία μόνον εἶναι ἀνεξάρτητος (ὡς προκύπτει ἐκ τῆς σταθερότητος τῶν τιμῶν  $y_1$  καὶ  $y_2$  ἀφ' ἑνὸς καὶ τῆς ἐξισώσεως τῆς μορφῆς (1) ἀφ' ἑτέρου), δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν μίαν σχέσιν μεταξύ τῶν μεταβλητῶν  $x_1$  καὶ  $x_2$  τοῦ συστήματος B, ἀποδιοδομένην γραφικῶς εἰς τὸ σχῆμα (1B) διὰ μιᾶς *ισοθέρμου*, χαρακτηριζομένης οὕτως ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι ἕκαστον σημεῖον ταύτης ἀντιστοιχεῖ πρὸς μίαν κατάστασιν τοῦ συστήματος, εὕρισκομένου εἰς θερμοκίνητην ἰσορροπίαν πρὸς τὴν αὐτὴν κατάστασιν τοῦ προτύπου συστήματος. Ἐπομένως ὅλαι αἱ καταστάσεις, αἱ ἀπεικονιζόμεναι ἀπὸ σημεῖα τῆς αὐτῆς ἰσοθέρμου, εἶναι καὶ ἀμοιβαίως εἰς θερμοκίνητην ἰσορροπίαν κατὰ τὸν μηδενικὸν νόμον. Διὰ μεταβολῆς τῆς καταστάσεως τοῦ προτύπου συστήματος A εἰς ἑτέραν, τηρουμένην ἐπίσης σταθερὰν κατὰ τὴν διεξαγωγὴν ἀναλόγων πειραμάτων, λαμβάνεται νέα ἰσόθερμος κ.ο.κ. Οὕτω δύναται νὰ ληφθῆ ἡ οἰκογένεια καμπυλῶν τοῦ σχήματος (1B). Θὰ δεῖξωμεν ὅτι, βάσει τοῦ μηδενικοῦ νόμου, ἡ μορφή τῶν ἰσοθερμῶν ἑνὸς συστήματος εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως τοῦ προτύπου συστήματος, τὸ ὁποῖον ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν λήψιν τούτων. Ἐστω δεύτερον πρότυπον σύστημα Γ, εὕρισκόμενον εἰς θερμοκίνητην ἰσορροπίαν πρὸς τὸ πρότυπον A κατὰ τὴν λήψιν μιᾶς ἰσοθέρμου ( $\alpha$ ) τοῦ συστήματος B. Δι' οἰανδήποτε κατάστασιν τοῦ συστήματος B, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τι σημεῖον τῆς ἰσοθέρμου  $\alpha$ , θὰ ἔχωμεν τὸ σύστημα A εἰς θερμοκίνητην ἰσορροπίαν πρὸς τὸ B καὶ Γ συγχρόνως. Ἐπομένως ἡ ἰσόθερμος  $\alpha$  τοῦ συστήματος B, προσδιοριζομένη διὰ τοῦ προτύπου Γ, ἀντὶ τοῦ προτύπου A, θὰ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου τούτου.



Σχ. 2.3.1. Ἴσόθερμοι δύο διαφόρων συστημάτων.

Τοῦτο σημαίνει ὅτι αἱ ἰσόθερμοι ἑνὸς σώματος ἐξαρτῶνται μόνον ἀπὸ τὴν φύσιν τούτου, εἶναι δὲ ἀνεξάρτητοι τῆς φύσεως τοῦ συστήματος, τὸ

ὁποῖον ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν λήψιν τούτων. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δὲν εἶναι διάφορον ἀπὸ τὸ κατ' ἄλλον τρόπον ἤδη ἐπιτευχθέν, συμφώνως πρὸς τὸ ὁποῖον ἡ ἐμπειρική συνάρτησις θερμοκρασίας συστήματος περιέχει μόνον μεταβλητὰς ἀναφερομένας εἰς τὸ σύστημα τοῦτο [βλέπε ἐξίσωσιν (12)]. Πρὸς τούτοις ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ συνάρτησις τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας δὲν εἶναι μοναδική. Δυνάμεθα νὰ ἐκλέξωμεν οἰονδήποτε σύστημα ὀριθμῆσεως τῶν ἰσοθέρμων, λαμβάνοντες ἀπλῶς πρόνοιαν ὥστε νὰ μὴ διαταραχθῇ ἡ διάταξις τούτων. Δηλαδή ἐὰν τὸ ἐπιλεγέν σύστημα ἀνταποκρίνεται πρὸς ἀναλυτικὴν συνάρτησιν, τότε αὕτη πρέπει νὰ εἶναι ἀυστηρῶς φθίνουσα ἢ αὔξουσα καὶ τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀντανακλᾶ εἰς τὴν δυνατότητα ἐκφράσεως τῆς συνθήκης (7) διὰ τῆς (9), ὅπου ἡ ἐλευθερία εἰς τὴν ἐκλογὴν τῆς συναρτήσεως  $\varphi$  (ἐντὸς τῶν ἐκτεθέντων περιορισμῶν) ἐκφράζει ἀκριβῶς τὴν ἐλευθερίαν εἰς τὴν ἀρίθμωσιν τῶν ἰσοθέρμων. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ συνάρτησις  $\varphi$  ὀρισθῇ ἢ, τὸ αὐτό, ἐφ' ὅσον ὁ τρόπος ἀριθμῆσεως τῶν ἰσοθέρμων δι' ἓν σύστημα ἔχη ἐπιλεγῇ, ἡ αὕτη συνάρτησις πρέπει νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν ἐκφρασίαν τῆς θερμοκτικῆς ἰσορροπίας δι' οἰονδήποτε ἄλλο σύστημα, αἱ δὲ συζυγεῖς ἰσοθέρμοι, δηλαδή ἰσοθέρμοι συστημάτων ἀντιστοιχοῦσαι πρὸς τὴν αὐτὴν κατάστασιν προτύπου τινὸς συστήματος, θὰ χαρακτηρισθοῦν μὲ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν (σχ. 1 A, B).

Δέον νὰ σημειωθῇ ὅτι, ἐκ τῶν μέχρι τοῦδε λεχθέντων, δὲν προκύπτει δυνατότης συσχετίσεως τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας σώματος πρὸς τὸ ψυχρὸν ἢ θερμὸν τούτου. Δὲν δύναται νὰ δικαιολογηθῇ ἀπαίτησις, ὅτι σῶμα ὑψηλοτέρας τιμῆς θερμοκρασίας πρέπει ἀναγκαίως νὰ εἶναι θερμότερον ἀπὸ σῶμα χαμηλοτέρας θερμοκρασίας, δεδομένου ὅτι ἡ κλίμαξ θερμοκρασίας εἶναι τελειῶς ἀνθαίρετος. Ὅταν ἡ ἔννοια τοῦ θερμοῦ ἢ ψυχροῦ ὀρισθῇ ἐπὶ ἀντικειμενικῆς βάσεως (ἀντὶ τῆς συνήθους ὑποκειμενικῆς), ὡς τοῦτο θὰ δευχθῇ μετὰ τὴν εἰσαγωγὴν τῆς ἐννοίας τῆς θερμότητος, θὰ ἐπιτευχθῇ ἡ συσχέτισις μεταξὺ θερμοκρασίας καὶ τῆς ἐννοίας τοῦ θερμοῦ κατὰ τρόπον ἀντικειμενικόν.

Ἡ ἐμπειρική συνάρτησις θερμοκρασίας, ὡς συνάρτησις τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν τοῦ συστήματος, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς μία τῶν ἰδιοτήτων τῆς καταστάσεως τοῦ συστήματος, ἀντικαθιστῶσα μίαν τῶν συντεταγμένων τούτου, ἀφ' ἧς στιγμῆς ἔχει ὀρισθῇ μία κατάλληλος θερμομετρικὴ κλίμαξ.

Τέλος, διὰ τοῦ δευτέρου νόμου τῆς θερμοδυναμικῆς θὰ ἐπιτευχθῇ, ὡς θὰ ἴδωμεν, ἡ ἐπιλογή μιᾶς κλίμακος, τῆς θερμοδυναμικῆς, ὡς μοναδικῆς, δηλαδή ἀνεξαρτήτου τῆς οἰασδήποτε χρησιμοποιηθείσης διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας κλίμακος.

## § 2.4. Θερμόμετρα

Ἡ μέτρησις τῆς θερμοκρασίας ἑνὸς σώματος προϋποθέτει τὴν ἀποκατάστασιν θερμοκῆς ἰσορροπίας πρὸς σύστημα, τοῦ ὁποῦ αἱ ἰσόθερμοι ἔχουν ἤδη χαραχθῆ εἰς κατάλληλον διάγραμμα τῶν ἀνεξαρτήτων του μεταβλητῶν καὶ ἔχουν ἀριθμηθῆ ἢ ἔχει ὀρισθῆ ἢ συνάρτησις ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας τούτου. Μετὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἰσορροπίας θὰ μετρηθοῦν αἱ τιμαὶ τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν τοῦ συστήματος καὶ βάσει τοῦ διαγράμματος θὰ ἀναζητηθῆ ἢ ἰσόθερμος, ἢ τιμὴ τῆς ὁποίας θὰ χαρακτηρίσῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος, ἢ ἐκ τῆς γνωστῆς συναρτήσεως ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας τοῦ συστήματος θὰ ὑπολογισθῆ ἐκ τῶν τιμῶν τῶν ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν ἢ τιμὴ τῆς θερμοκρασίας. Τὸ σύστημα τοῦτο θὰ ἀποτελέσῃ τὸ ὄργανον μετρήσεως θερμοκρασίας δηλαδὴ τὸ *θερμόμετρον*. Ἐν πρώτοις κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν θερμοκῆς ἰσορροπίας μεταξὺ τοῦ σώματος καὶ τοῦ θερμομέτρου διαταράσσεται γενικῶς ἡ ἰσορροπία ἀμφοτέρων. Δεδομένου ὅτι ἐνδιαφέρει ἢ θερμοκρασία τοῦ σώματος πρὸ τῆς διατάραξως τῆς καταστάσεώς του, πρέπει νὰ προβλεφθῆ ὥστε ἢ διατάραξις τῆς θερμοκῆς ἰσορροπίας τοῦ σώματος νὰ εἶναι πρακτικῶς ἀμελητέα. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται ἐὰν ἢ μᾶζα τοῦ θερμομέτρου εἶναι πολὺ μικροτέρα τῆς τοῦ σώματος. Αἱ σχέσεις δηλαδὴ μαζῶν πρέπει νὰ εἶναι τοιαῦται ὥστε τὸ σῶμα πρέπει νὰ παίξῃ τὸν ρόλον ἀποθήκης θερμότητος (βλέπε § 3.5).

Τὸ θερμόμετρον ὡς σύστημα ἐκλέγεται μεταξὺ τῶν ἀπλουστερῶν, δηλαδὴ μεταξὺ συστημάτων τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ χαρακτηρισθοῦν μὲ δύο μόνον ἀνεξαρτήτους μεταβλητάς (π.χ. ρευστῶν). Περαιτέρω ἀπλοποιήσις εἶναι δυνατή, ἐὰν ἐκ τῶν δύο ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν ἢ μία τηρῆται εἰς δεδομένην σταθερὰν τιμὴν. Οὕτως, ἢ συνάρτησις τῆς ἐμπειρικῆς θερμοκρασίας θὰ περιέχῃ μίαν μόνον ἀνεξάρτητον μεταβλητὴν, τὴν ὁμοίαν καὶ ὀνομάζομεν *θερμομετρικὴν ιδιότητα* τοῦ συστήματος. Σημειοῦντες τὴν παραμένουσαν ἀνεξάρτητον μεταβλητὴν διὰ  $x$  δυνάμεθα νὰ γράψωμεν διὰ τὴν ἐμπειρικὴν συνάρτησιν θερμοκρασίας:

$$\theta = \varphi[f(x)] \quad (2.4.1)$$

Περαιτέρω δυνάμεθα νὰ ἐπιλέξωμεν τὴν συνάρτησιν  $\varphi$  εἰς τρόπον ὥστε  $\theta = x$ . Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται ἐὰν ἢ  $\varphi$  ἐκλεγῆ ὡς ἀντίστροφος συνάρτησις τῆς  $f$ . Ἐὰν δ. ἀφορα συστήματα ἐπιλεγοῦν, διὰ νὰ χρησιμεύσουν ὡς θερμόμετρα κατὰ τὸν ἐκτεθέντα τρόπον, εἶναι προφανὲς ὅτι τότε μόνον ἢ δι' αὐτῶν μετρουμένη θερμοκρασία σώματος θὰ ἔχῃ τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἐὰν ἢ αὐτὴ συνάρτησις  $\varphi$ , ἢ χρησιμοποιοῦνται εἰς ἓν τῶν θερμομέτρων, χρησιμοποιοῦνται καὶ δι' ὅλα τὰ ὑπόλοιπα θερμόμετρα, ἐν συμφωνίᾳ πρὸς τὴν ἐξίωσιν (2.3.9). Πρὸς τούτοις, τὸ μέγεθος τοῦ βαθμοῦ θερμοκρασίας πρέπει νὰ εἶναι

τὸ αὐτὸ δι' ὅλα τὰ θερμομέτρα. Αἱ συνθῆκαι αὐταὶ εἰς τὴν πράξιν δὲν ἔχουν τηρηθῆ καὶ ἀπαιτεῖται ἡ πειραματικὴ ἀνεύρεσις καμπυλῶν ἢ ἐξισώσεων μετατροπῆς τῶν ἐνδείξεων ἑνὸς θερμομέτρου εἰς ἐνδείξεις ἑτέρου.

Εἶναι ἀπαραίτητος προϋπόθεσις, ὅπως τὸ σύστημα τὸ χρησιμοποιηθῆ-σόμενον ὡς θερμομέτρον μὴ περιέχῃ ἀδιαβατικὰ διαχωρίσματα, δεδομένου ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἕκαστον τμήμα θὰ ἀποτελῆ ἀνεξάρτητον θερμομέτρον. Ἐπίσης τὸ ὕδωρ ἢ ἀνάλογα συστήματα δὲν δύνανται νὰ χρησιμεύσουν ὡς θερμομέτρα. Ὡς γνωστόν, δύο δείγματα ὕδατος ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν καὶ τὸν αὐτὸν εἰδικὸν ὄγκον δύνανται νὰ ἔχουν διαφόρους θερμοκρασίας. Οὕτως εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην παραβιάζεται ἡ μοναδικότης τῆς συνθήκης (2.2.1). Βεβαίως τοῦτο συμβαίνει εἰς ὥρισμένην περιοχὴν θερμοκρασιῶν, ἐκτὸς τῆς ὁποίας τὸ ὕδωρ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῆ ὡς θερμομετρικὸν σύστημα. Διὰ τὴν περιοχὴν ἐπικαλύψεως τῶν ἰσοθέρων πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ πίεσις καὶ ὁ ὄγκος δὲν ἐπαρκοῦν διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τῆς καταστάσεως τοῦ ὕδατος. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ θερμοκρασία συμπεριληφθῆ μετὰξὺ τῶν συντεταγμένων, ἡ κατάστασις τοῦ ὕδατος καθορίζεται πλήρως διὰ τῶν τιμῶν δύο ἀνεξαρτήτων μεταβλητῶν.

## § 2.5. Θερμομετρικαὶ κλίμακες

Ὡς θερμομετρικαὶ ιδιότητες ἀπλοῦ συστήματος ἐπιλέγονται συνήθως ὁ ὄγκος ὑγροῦ ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, ὁ ὄγκος δεδομένης μάζης ἀερίου ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, ἡ πίεσις ἀερίου ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον, ἡ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις σύρματος μετάλλου ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν (ἀτμοσφαιρικὴν), τὸ μῆκος μεταλλικῆς ράβδου ὑπὸ ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ζεύγους μετάλλων, τὸ χρῶμα τεμαχίου μετάλλου κλπ.

Ἡ θερμομετρικὴ κλίμαξ ὀρίζεται συνήθως διὰ γραμμικῶν ἐξισώσεων τῆς μορφῆς :

$$\theta = b + ax \quad \text{ἢ} \quad \theta = ax \quad (2.5.1)$$

Διὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς πρώτης ἐξισώσεως ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τῶν δύο σταθερῶν,  $a$  καὶ  $b$ . Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦνται συστήματα εὐρισκόμενα εἰς καταστάσεις δυναμένας νὰ ἀναπαραχθοῦν εὐκόλως. Τὰς καταστάσεις ταύτας ὀνομάζομεν *σταθερὰ σημεῖα*. Ὡς τοιαῦτα ἐπελέγησαν, πρὸ τοῦ ἔτους 1954, α) ἡ κατάστασις εἰς τὴν ὁποίαν καθαρὸς πάγος εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς ὕδωρ κεκορησμένον δι' ἀέρος ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαιρας (ἡ ἐντατικὴ κατάστασις τοῦ συστήματος τούτου εἶναι πλήρως καθωρισμένη, ὡς προκύπτει ἐκ τοῦ νόμου τῶν φάσεων) καὶ β) ἡ κατάστασις εἰς τὴν ὁποίαν καθαρὸν ὕδωρ καὶ ἀτμὸς τούτου εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαιρας, κατάστασις ἐπίσης πλήρως καθωρισμένη. Ἡ πρώτη τούτων ὀνο-

μάζεται σημείον πάγου, ἡ δὲ δευτέρα σημείον ἀτμῶν. Εἰς τὴν πρώτην κατάστασιν ἀντιστοιχεῖται αὐθαιρέτως εἰς τὴν οὕτως ὀνομαζομένην ἑκατονταβάθμιον κλίμακα ἢ κλίμακα Κελσίου ἡ τιμὴ τῶν 0 βαθμῶν, εἰς δὲ τὴν δευτέραν ἡ τιμὴ τῶν 100 βαθμῶν θερμοκρασίας. Χρησιμοποιοῦντες τὰς ἀνωτέρω τιμὰς εἰς τὴν πρώτην τῶν ἐξισώσεων (1) ἔχομεν :

$$ax_1 + b = 100 \quad \text{καὶ} \quad ax_2 + b = 0 \quad (2.5.2)$$

ὅπου  $x_1$  καὶ  $x_2$  ἡ τιμὴ τῆς θερμομετρικῆς ιδιότητος  $x$  τοῦ θερμομετρικοῦ συστήματος, ὅταν τοῦτο εὑρίσκειται εἰς θερμοκινὴν ἰσορροπίαν μὲ τὸ σημείον ἀτμῶν καὶ τὸ σημείον πάγου ἀντιστοίχως. Λύοντες τὰς ἐξισώσεις (2) ὡς πρὸς  $a$  καὶ  $b$  καὶ ἀντικαθιστῶντες τὰς τιμὰς τούτων εἰς τὴν πρώτην τῶν ἐξισώσεων (1) λαμβάνομεν :

$$\theta = -\frac{100}{x_1 - x_2} x_2 + \frac{100}{x_1 - x_2} x \quad (2.5.3)$$

Ἐπομένως ἡ θερμοκρασία  $\theta$  σώματος εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ διὰ μετρήσεως τῆς τιμῆς τῆς ιδιότητος  $x$ , ὅταν τὸ θερμόμετρον ἀποκαταστήσῃ θερμοκινὴν ἰσορροπίαν πρὸς τὸ σῶμα καὶ ἐκ τῶν  $x_1$  καὶ  $x_2$ , αἱ ὁποῖαι ἀνταποκρίνονται πρὸς τὰς μετρηθείσας τιμὰς, ὅταν τὸ θερμόμετρον εὑρίσκειτο ἐν θερμοκινῇ ἰσορροπίᾳ πρὸς τὰ σταθερὰ σημεία ἀτμοῦ καὶ πάγου ἀντιστοίχως.

Δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν δευτέραν τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ νὰ προσδιορίσωμεν τὴν σταθερὰν  $a$  βάσει τῶν αὐτῶν ὡς ἄνω σταθερῶν σημείων. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἀρκεῖ νὰ καθορισθῇ αὐθαιρέτως ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας τῶν δύο σταθερῶν σημείων. Διὰ νὰ διατηρηθῇ τὸ μέγεθος τοῦ βαθμοῦ τὸ αὐτὸ ὡς εἰς τὴν κλίμακα Κελσίου ἡ διαφορὰ  $\theta_1 - \theta_2$  λαμβάνεται ἴση πρὸς  $100^\circ\text{C}$  ἀκριβῶς. Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς θερμοκρασίας ἀπαιτεῖ, ὡς καὶ προηγουμένως, τὴν μέτρησιν τῶν τιμῶν  $x$ ,  $x_1$  καὶ  $x_2$  τῆς ιδιότητος, ὅταν τὸ θερμόμετρον εὑρίσκειται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ σῶμα τοῦ ὁποῖου τὴν θερμοκρασίαν θέλομεν νὰ μετρήσωμεν, τὸ σημείον ἀτμοῦ καὶ τὸ σημείον πάγου ἀντιστοίχως. Οὕτω, δι' ἐφαρμογῆς τῆς ἐξισώσεως δύο φορές ἔχομεν :

$$\frac{\theta_1}{\theta} = \frac{x_1}{x} \quad \text{καὶ} \quad \frac{\theta_2}{\theta} = \frac{x_2}{x}$$

Ἐκ τούτων καὶ δεδομένου ὅτι  $\theta_1 - \theta_2 = 100$  προκύπτει :

$$\theta = \frac{100}{x_1 - x_2} x \quad (2.5.4)$$

Δυσκολίαι συννυφασμένα μετὰ τὴν δυνατότητα ἀκριβοῦς ἀναπαραγωγῆς τῶν σταθερῶν σημείων πάγου καὶ ἀτμοῦ ὠδήγησαν εἰς τὴν ἐγκατάλειψιν χρησιμοποίησεως τούτων ὡς προτύπων εἰς τὴν θερμομετρίαν. Ἄντ' αὐτῶν χρησιμοποιεῖται ὡς πρότυπον σταθερὸν σημείον εἰς τὴν θερμομετρίαν ἡ κα-

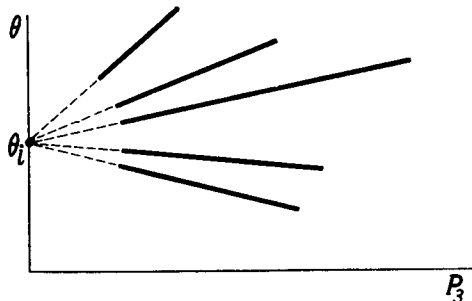
τάστασις συνυπάρξεως πάγου, υγρού και ατμών φυσικού ύδατος. Ἡ πλήρως καθοριζομένη κατάσταση αὕτη ὀνομάζεται *τριπλοῦν σημεῖον* τοῦ ὕδατος, ἡ δὲ θερμοκρασία ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ταύτην καθωρίσθη αὐθαίρετως εἰς 273.16 ἀκριβῶς. Ἡ τιμὴ ἀνταποκρίνεται περίπου εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τριπλοῦ σημείου, μετρηθεῖσαν βάσει τῆς κλίμακος τῆς ἐξισώσεως (4) και με θερμομετρικὴν ἰδιότητα τὴν πίεσιν (ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον) ἀερίου, με τεχνικὴν δὲ ἀνάλογον πρὸς τὴν περιγραφησομένην κατωτέρω εἰς τὴν κλίμακα ἰδανικοῦ ἀερίου. Βάσει τῆς ὀρισθείσης τιμῆς τῆς θερμοκρασίας τῆς καταστάσεως τοῦ τριπλοῦ σημείου τοῦ ὕδατος (τῆς τελευταίας λαμβανομένης ὡς προτύπου εἰς τὴν θερμομετρίαν) ἔχομεν ἐκ τῆς δευτέρας τῶν ἐξισώσεων (1) :

$$\theta = 273.16 \frac{x}{x_3} \quad (2.5.5)$$

Οὕτως ἡ θερμοκρασία  $\theta$  σώματος ὑπολογίζεται ἐκ μετρήσεως τῶν τιμῶν  $x$  και  $x_3$  τῆς θερμομετρικῆς ἰδιότητος, ὅταν τὸ θερμομέτρον εὑρίσκειται εἰς ἰσορροπίαν πρὸς τὸ σῶμα και τὴν κατάστασιν τοῦ τριπλοῦ σημείου τοῦ ὕδατος ἀντιστοιχῶς.

Ἡ θερμοκρασία σώματος εἰς δεδομένην κατάστασιν μετρομένη βάσει τῆς κλίμακος (5) και με θερμομετρικὰς ἰδιότητας τὰς ἀναφερομένας εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς παραγράφου διαφοροποιεῖται, ὡς ἄλλωστε ἀνεμένετο, εὐρύτατα (με ἐξαιρέσιν βεβαίως τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τριπλοῦ σημείου ὕδατος).

Οὕτως ἡ θερμοκρασία τοῦ κανονικοῦ σημείου ζέσεως τοῦ ὕδατος μετρομένη διὰ συνήθους ὑδραργυρικοῦ θερμομέτρου και διὰ θερμοστοιχείου ἐκ χαλκοῦ - νικελίου δίδει τιμὰς διαφερούσας ἄνω τῶν 100 βαθμῶν. Τοῦτο, ὡς ἤδη ἐτονίσθη, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἰσόθερμοι τῶν διαφόρων συστημάτων, ἐκ τῶν χρησιμοποιηθέντων ὡς θερμομετρικῶν, δὲν ἠριθμήθησαν κατὰ τὸ σύστημα ἀριθμήσεως ἐνὸς ἀλλὰ κατὰ αὐθαίρετον ἑκάστοτε σύστημα. Ἐπομένως δὲν ἀνεμένετο σύμπτωσις τιμῶν θερμοκρασίας μετρομένων διὰ θερμομετρικῶν συστημάτων, τῶν ὁποίων αἱ ἐμπειρικαὶ συναρτήσεις δὲν ὑπακούουν εἰς τὴν συνθήκην (2.3.9).



Σχ. 2.5.1. Ἐξάρτησις τῆς θερμοκρασίας σώματος ἀπὸ τὴν τιμὴν τῆς πίεσεως τοῦ θερμομέτρου εἰς τὸ τριπλοῦν σημεῖον διὰ διάφορα ἀέρια.

Ἐν τούτοις, θερμοκρασίαι, μετρηθεῖσαι με θερμομετρικὰ συστήματα ἀέρια και με θερμομετρικὴν ἰδιότητα τὴν πίεσιν (ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον) ἢ τὸν ὄγκον (ὑπὸ

σταθεράν πίεσιν), προσεγγίζουν τόσον ίκανοποιητικώτερον ὅσον ἀραιότερα εἶναι ἡ κατάστασις τούτων. Μετρήσεις θερμοκρασίας γινόμεναι ἐπὶ τῆς αὐτῆς καταστάσεως συστήματος (π.χ τοῦ σημείου ζέσεως τοῦ ὕδατος) διὰ χρησιμοποίησεως διαφόρων ἀερίων καὶ εἰς πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, παρίστανται εἰς τὸ σχῆμα (1).

Εἰς τοῦτο παρίσταται ἡ θερμοκρασία σώματος, εὐρισκομένου εἰς σταθεράν δεδομένην κατάστασιν, μετρηθεῖσα διὰ χρησιμοποίησεως ὡς θερμομέτρου ἀερίου καὶ ὡς θερμομετρικῆς ιδιότητος τῆς πίεσεως τούτου (ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον), ὑπολογισθεῖσα δὲ βάσει τῆς ἐξισώσεως :

$$\theta = 273.16 \frac{P}{P_3}, \quad V = \text{σταθερὸν} \quad (2.5.6)$$

Αἱ διάφοροι τιμαὶ  $P_3$  ἀντιστοιχοῦν εἰς διάφορον ποσὸν ἀερίου. Ἦτοι μεθ' ἐκάστην μέτρησιν ἀφαιρεῖται ἐκ τοῦ θερμομέτρου ποσότης ἀερίου. Χαρακτηριστικὸν τοῦ διαγράμματος εἶναι ὅτι, ἐνῶ εἰς πεπερασμένας πιέσεις ἡ μετρομένη θερμοκρασία διαφοροποιεῖται μεταξὺ τῶν χρησιμοποιηθέντων ὡς θερμομετρικῶν συστημάτων ἀερίων, ἡ ὄριακὴ τιμὴ τῆς θερμοκρασίας διὰ  $P_3 \rightarrow 0$ , συμπίπτει ἀπολύτως. Ἐπομένως ἡ ἐκ προεκβολῆς ἐπὶ τοῦ ἄξονος  $\theta$  ὑπολογιζομένη τιμὴ  $\theta_i$  εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς πίεσεως καὶ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου. Δυνάμεθα οὕτω νὰ γράψωμεν ἀντὶ τῆς ἐξισώσεως (6) τὴν ἐξίσωσιν :

$$\theta_i = 273.16 \lim_{P_3 \rightarrow 0} \left( \frac{P}{P_3} \right), \quad V = \text{σταθερὸν} \quad (2.5.7)$$

Ἡ κλίμαξ, ἡ βασιζομένη ἐπὶ τῆς ἐξισώσεως ταύτης, ὀνομάζεται *κλίμαξ ἰδανικοῦ ἀερίου*. Ὡς θὰ δειχθῇ κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ δευτέρου νόμου, ἡ κλίμαξ αὕτη συμφωνεῖ ἀπολύτως πρὸς τὴν ὑπὸ τοῦ νόμου τούτου εἰσαγομένην θερμοδυναμικὴν ἢ ἀπόλυτον κλίμακα, ἐφ' ὅσον βεβαίως ὀρισθῇ εἰς ἀμφοτέρας ἡ αὐτὴ ἀυθαίρετος τιμὴ τῶν 273.16 διὰ τὴν κατάστασιν τοῦ τριπλοῦ σημείου τοῦ ὕδατος. Ἡ τιμὴ τῶν 273.16 ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τριπλοῦ σημείου τοῦ ὕδατος, μετρομένην ὡς πρὸς κλίμακα βασιζομένην ἐπὶ δύο σταθερῶν σημείων (πάγου καὶ ἀτμῶν) καὶ ἐπιλεγείσαν οὕτως ὥστε νὰ μὴ μεταβληθῇ αἰσθητῶς τὸ μέγεθος τοῦ βαθμοῦ εἰς τὰς δύο κλίμακας. Ἡ θερμοδυναμικὴ θερμοκρασία σημειοῦται διὰ τοῦ  $T$ , μονὰς δὲ ταύτης, συμβολιζομένη διὰ τοῦ  $K$ , εἶναι ὁ βαθμὸς Kelvin. Ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν κλίμακα Κελσίου, σημειουμένη διὰ τοῦ  $t$ , ὀρίζεται διὰ τῆς ἐξισώσεως :

$$t = (T - 273.16) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.5.8)$$

Μὲ τὴν πρόβλεψιν τῆς συμπτώσεως τῆς κλίμακος ἰδανικοῦ ἀερίου πρὸς τὴν θερμοδυναμικὴν, θὰ χρησιμοποιηθῇ ἀπὸ τοῦδε ἡ τελευταία. Αἱ διαστά-

σεις τῆς θερμοκρασίας δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ὀρισθοῦν πρὶν ἢ εἰσαχθῆ ἢ συνάρτησις τῆς ἔντροπίας. Ἐπίσης τὸ ἀπόλυτον μηδὲν τῆς κλίμακος θὰ παραμείνη πρὸς τὸ παρὸν ἀκαθόριστον.

Ἡ ἐμπειρικὴ θερμοκρασία, ἀποτελοῦσα καθαρῶς θερμοδυναμικὴν ιδιότητα, δὲν εἰσῆχθη ὡς πρωτογενὴς ιδιότης, ὡς π.χ. τὸ μῆκος κλπ., ἀλλὰ ὡς συνάρτησις τῶν μηχανικῶν συντεταγμένων ἑνὸς συστήματος καὶ ἐπομένως ὡς ιδιότης δυναμένη νὰ ὀρισθῆ ἐξ ἑτέρων φυσικῶν ποσοτήτων.