

Δ. ΧΟΝΔΡΟΥ

Τ Α Δ Υ Ο
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΑΞΙΩΜΑΤΑ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟΝ ΤΗΣ Β. ΑΥΛΗΣ Α. ΡΑΦΤΑΝΗ
1911

Δ ΧΟΝΔΡΟΥ

Τ Α Δ Υ Ο
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΑΞΙΩΜΑΤΑ

Βιβλιοθήκη
Αναστασίου Σ. Κώνστα
(1897-1992)

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟΝ ΤΗΣ Β. ΑΥΛΗΣ Α. ΡΑΦΤΑΝΗ
1911

ΤΑ ΔΥΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΑΞΙΩΜΑΤΑ ⁽¹⁾

Ἄνυπολόγιστος εἶναι ἡ πνευματικὴ ἐργασία, τὴν ὅποیان ἐπὶ αἰῶνας ἡ ἀνθρωπότης κατηγάλωσεν, ἐπιδιώκουσα μίαν οὐτιοπίαν, τὴν εὐρεσιν τοῦ ἀεικινήτου. Καὶ τὸ πρῶγμα, ἂν ἦτο δυνατόν, θὰ ἤξιζε τῇ ἀληθείᾳ τὸν κόπον, διότι τὸ ἀεικίνητον θὰ ἦτο μία μηχανή, ἡ ὁποία, ἂν ἅπαξ ἐτίθετο εἰς κίνησιν, θὰ ἐξηκολούθει νὰ ἐργάζεται μόνη ἐπ' ἀπειρον καὶ νὰ μᾶς παρέχῃ ἐργασίαν χωρὶς κανέν ἐκ μέρους μας ἀντάλλαγμα. Τὸ ἀεικίνητον θὰ εἶχε λοιπὸν διὰ τὸν εὐτυχή εφευρέτην του τὴν αὐτὴν σημασίαν, τὴν ὅποیان διὰ τὸν ἀλχημιστὴν ἢ εὐρεσις τῆς φιλοσοφικῆς λίθου, ἦτις θὰ μετέτρεπε τὰ ἀγενῆ μέταλλα εἰς χρυσόν, διότι καὶ ἡ ἐργασία χρυσοῦ εἶναι. Ἀτυχεῶς δλοι αἱ προσπάθειαι ἀπέβησαν μάταιαι καὶ τώρα οὐδεὶς πλέον πιστεύει εἰς τὸ δυνατόν τοῦ ἀεικινήτου, ἐὰν ἐννοεῖται ἔχῃ ἔστω καὶ ἐπιπολαίαν γνῶσιν τῶν πορισμάτων τῆς φυσικῆς ἐπιστήμης. Ἐδῶ κι' ἐκεῖ παρουσιάζονται μόνον ἀκόμη τινὰ κροσίσματα εὐρέσεως τοῦ ἀεικινήτου, ἰδίως εἰς νεαροῦς φοιτητὰς ἢ ἐρασιτέχνας, τὰ ὁποῖα πολλάκις ἔχουν καὶ λυπηρὸν τέλος.

Ἐν τούτοις δὲν δύναται τις νὰ εἴπῃ ὅτι τόση ἐργασία ἀπέβη εἰς μάτην διότι, ὅπως ἀπὸ τὰς ἀγόνους προσπαθείας τῶν ἀλχημιστῶν ἔμεινεν ὡς θετικὸν κέρδος εἰς τὴν ἀνθρωπότητα ἡ χημικὴ ἐπιστήμη, οὕτω καὶ ἀπὸ τὰς ματαίας ἀποπειρας τῆς εὐρέσεως τοῦ ἀεικινήτου ἔμεινεν εἰς τὴν φυσικὴν ἐπιστήμην ἓν μέγα κέρδος, ὁ θεμελιώδης νόμος τῆς ἀφθαρσίας τῆς ἐνεργείας.

Τὶ εἶναι ὁμοῦς ἐνέργεια;

Ἐπιθέτωμεν ὅτι ἀνυψῶνομεν βαρὺ τι σῶμα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς εἰς τι ὕψος. Πρὸς τοῦτο θὰ χρειασθῇ νὰ καταβάλωμεν προσπα-

(1) Διάλεξις γενομένη ἐν τῷ Διδασκαλικῷ Συλλόγῳ τὴν 20 Μαΐου 1911.

θειαν, ἡ δὲ ἐργασία μας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μυϊκὴν ἡμῶν δύναμιν καὶ πρὸς τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον ἀνεβιβάσαμεν τὸ σῶμα. Ἐὰν τῶρα τὸ σῶμα αὐτὸ μείνῃ ἐκεῖ, ὅπου τὸ ἀνεβιβάσαμεν, ἔχει τρόπον τινὰ ἐναποταμιευμένην ἐν ἑαυτῷ τὴν ἐργασίαν, τὴν ὁποῖαν ἐξετελέσαμεν, καὶ δύναται εἰς πᾶσαν στιγμήν νὰ μᾶς τὴν ἀποδώσῃ δλόκληρον. Δυνάμεθα π. χ. νὰ τὸ συνδέσωμεν τῇ βοήθειᾳ τροχαλίας μὲ ἐν ἄλλο ἴσον βᾶρος καὶ ἀφήνοντες αὐτὸ νὰ κατέλθῃ ἀναβιβάζομεν εἰς τὸ ἴδιον ὕψος τὸ δεύτερον βᾶρος μὲ ἐλαχίστην προσπάθειαν, καὶ μάλιστα τόσον ὀλιγωτέραν, ὅσον τελειότερα εἶναι ἡ τροχαλία, δηλ. ὅσον ὀλιγωτέραν τριβὴν ἔχει. Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ κινήσωμεν μὲ τὸ πλίπτον βᾶρος μίαν ἠλεκτρικὴν μῆχανὴν καὶ νὰ παραγάγωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ τοῦτο δὲ νὰ ἐκτελέσωμεν διαφόρους ἄλλας ἐργασίας, π. χ. νὰ κινήσωμεν ἠλεκτροκινητήρα, νὰ παραγάγωμεν φῶς ἢ καὶ πάλιν διὰ τοῦ ἠλεκτροκινητήρος νὰ ἀνυψώσωμεν βᾶρος. Παρατηροῦμεν λοιπὸν, ὅτι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἅπας ἐξετελέσαμεν λαμβάνει διαφόρους μορφὰς καὶ τέλος δύναται, ἀπ' οὗ διατρέξῃ κύκλον τινὰ μεταβολῶν, νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν του μορφήν.

Ὅτῳ τὸ βαρὺ σῶμα τὸ ὁποῖον ἀνυψώσαμεν μεταχειριζόμεθα διὰ νὰ κινήσωμεν ἠλεκτρομῆχανὴν καὶ παραγάγωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ τὸ ρεῦμα αὐτὸ κινούμεν ἠλεκτροκινητήρα καὶ μὲ αὐτὸν πάλιν ἀνυψώσωμεν βᾶρος ἴσον πρὸς τὸ πρῶτον εἰς ὠρισμένον ὕψος. Τὸ ὕψος ὁμοίως τοῦτο εἶναι κατώτερον πάντοτε, καθὼς ἡ πείρα δεικνύει, ἀπὸ τὸ ὕψος ἐκ τοῦ ὁποῖου ἐκινήθη τὸ πρῶτον σῶμα· ἀλλ' ὅσον αἱ μῆχαναί μας εἶναι τελειότεραι, τόσον τὸ ὕψος τοῦτο πλησιάζει πρὸς τὸ ἀρχικόν· οὕτως ἀγόμεθα εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἂν εἴχομεν ἰδανικῶς τελείας μῆχανὰς τὸ τελικὸν ἔργον θὰ ἦτο ἀκριβῶς ἴσον πρὸς τὸ ἀρχικόν. Παρατηροῦμεν δηλ. ὅτι καθ' ὅλας τὰς μεταβολὰς κάτι τι μένει ἀφθαρτὸν καὶ ἀμετάβλητον ὑπὸ ἐποψιν ποσότητος· τοῦτο τὸ μένον ἀμετάβλητον ὀνομάζομεν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια λοιπὸν εἶναι ποσόν, διότι μετρεῖται, δὲν δύναται νὰ παραχθῇ ἐκ τοῦ μηδενός, διότι ἡ πείρα τῶν αἰώνων ἔδειξε τὸ ἀδύνατον τοῦ ἀεικινήτου, ἀλλὰ καὶ δὲν καταστρέφεται, διότι εἶδομεν ὅτι ἂν μὲ ἰδανικῶς τελείας μῆχανὰς ἀναγκάσωμεν ποσόν τι ἐνεργείας ὑπὸ μίαν ὠρισμένην μορφήν νὰ διατρέξῃ κύκλον μεταβολῶν καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ

εις τὴν ἀρχικὴν μορφήν, θὰ ἔχωμεν πάλιν ἀκριβῶς τὸ αὐτὸ ποσόν.

Ἐξετάσωμεν τώρα διὰ τί εἰς τὰς πραγματικὰς μηχανὰς κατὰ τὸν τελικὸν ἰσολογισμόν φαίνεται ἔλλειμμα ἐνεργείας, διατί δηλ. μία μηχανὴ ἀποδίδει πάντοτε ὀλιγωτέραν ἐνέργειαν, ἢ ἔργον, ἀπὸ ὅσων τῆς προσφέρομεν. Αἰτία τούτου εἶναι ἡ τριβὴ καὶ ἡ κατὰ ταύτην ἀναπτυσσομένη θερμότης.

Θεωρήσωμεν ἐν ἀπλοῦν παράδειγμα. Ἄς ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ βαρὸν σῶμα τὸ ὁποῖον πρὸ ὀλίγου ἀνυψώσαμεν. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο συνδέσωμεν μὲ κατάλληλον μηχανήν, μᾶς ἀποδίδει κατὰ τὴν πιῶσίν του μέρος τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον κατὰ τὴν ἀνύψωσιν ἐξετελέσαμεν, τὸ δὲ μέρος τοῦτο τόσῳ περισσώτερον πλησιάζει πρὸς τὸ ὅλον, ὅσῳ τελειοτέρα εἶναι ἡ μηχανή. Ἄν ὁμως τὸ ἀφήσωμεν νὰ πέσῃ ἐλευθέρως καὶ τὸ σῶμα εἶναι ἀρκετὰ στερεὸν ὥστε νὰ μὴ θραυσθῇ, βλέπομεν ὅτι ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν του θέσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς, τὸ δὲ ἔργον τὸ ὁποῖον ἐξετελέσαμεν χάνεται χωρὶς κανὲν ἀντάλλαγμα, ἐκτὸς τοῦ ἤχου ὃ ὁποῖος παράγεται καὶ μιᾶς ἄλλης μικρᾶς κινήσεως τοῦ ἀέρος· τοῦτο ὁμως εἶναι μόνον φαινομενικόν, διότι ἀκριβῆς παρατήρησις μᾶς δεικνύει ὅτι καὶ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον ἔπεσε καὶ τὸ ἔδαφος ὅπου ἔπεσε εἶναι τώρα θερμότερα ἢ πρὶν. Ἄντι λοιπὸν τῆς μορφῆς ἐκείνης τῆς ἐνεργείας ἢ ὁποία φαινομενικῶς ἐξηφανίσθη, παρουσιάσθη ποσὸν τι θερμότητος. Αἱ μετρήσεις δὲ τοῦ Joule πρώτου καὶ πολλῶν ἄλλων μετὰ ταῦτα ἔδειξαν ὅτι, ἂν ὠρισμένον ποσὸν ἐνεργείας, κατὰ οἰονδήποτε τρόπον, μεταβληθῇ εἰς θερμότητα, πάντοτε τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος παράγεται. Μὲ πλήρη βεβαιότητα δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν ὅτι καὶ ἡ θερμότης εἶναι μία τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας. Ὅτι δὲ καὶ ἡ θερμότης μετατρέπεται εἰς ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας δεικνύουν εἰς ἡμᾶς καθημερινῶς αἱ θερμοκαὶ μηχαναί, αἱ ἀτμομηχαναί, γαζομηχαναί κ. λ.

Αὐτὸ λοιπὸν τὸ τί ὅπερ ὀνομάζομεν ἐνέργειαν, δύναται νὰ παρουσιασθῇ ὑπὸ διαφόρων μορφῶν, ἀπὸ τὰς ὁποίας θὰ ἀναφέρωμεν τὰς κυριωτέρας.

Ἐγνωρίσωμεν τὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν ἔχει ἐναποταμιευμένην βαρὸν σῶμα, τὸ ὁποῖον ἀνυψώσαμεν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη κυρίως δὲν περιέχεται μόνον εἰς τὸ σῶμα καθ' ἑαυτὸ, ἀλλὰ εἰς τὸ σύστημα τῆς γῆς καὶ τοῦ

σώματος. Ἐνεκα τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ μεταξὺ τῆς γῆς καὶ τοῦ σώματος, ἀπητήθη ἐργασία διὰ τὰ ἀπομακρυνθῆ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν γῆν. Τὸ ἔργον τοῦτο μένει τώρα ἐναποταμιευμένον εἰς τὸ σύστημα τῆς γῆς καὶ τοῦ σώματος καὶ δυνάμεθα εἰς πᾶσαν οὐγκμὴν τὰ τὸ ἀνακτήσωμεν, ἂν ἀφήσωμεν τὸ σύστημα τὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν κατάστασιν, ἂν δηλ. ἀφήσωμεν τὸ σῶμα τὰ πέση καὶ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν πρῶτην θέσιν. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς ἐνεργείας εἶναι λοιπὸν ἐντελῶς ὅμοιον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν ἀποταμιεύομεν διὰ παραμορφώσωμεν ἐλαστικὸν σῶμα, ὅταν π. χ. χορδίζωμεν ὥρολόγιον. Τὸ ἐλατήριον τοῦ ὥρολογίου, ἐνῶ ἐπιστρέφει εἰς τὴν ἀρχικὴν του μορφήν, μᾶς ἀποδίδει τὸ ἀρχικὸν ἔργον ὑπὸ μορφῆν κινήσεως τῶν τροχῶν καὶ ἤχου, ὁ ὁποῖός εἶναι κίνησις τοῦ ἀέρος, ὅλη δὲ τέλος αὐτὴ ἡ ἐνέργεια ἔνεκα τῶν τριβῶν μεταβάλλεται εἰς θερμότητα. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς ἐνεργείας τὸ ὀνομάζομεν ἐνέργειαν θέσεως ἢ δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ὁ λόγος τῆς πρώτης ὀνομασίας εἶναι αὐτόδηλος, τὴν δευτέραν δὲν εἶναι κατάλληλος ἢ παροῦσα εὐκαιρία τὰ ἐξηγήσωμεν.

*Ἄν ἀφήσωμεν ἓν σῶμα τὰ πέση ἀπὸ τινος ὕψους, παρατηροῦμεν ὅτι ὅσον τοῦτο πλησιάζει πρὸς τὴν γῆν ἢ ταχύτης του ἀξάνεται, συγχρότως ὁμοῦς ἢ δυναμικὴ του ἐνέργεια ἐλαττοῦται διότι αὐτὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ὕψος τοῦ σώματος ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους. Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι ὅταν ἓν σῶμα κινεῖται ἔχει ἐνέργειαν, καὶ μάλιστα ἡ ἐνέργεια εἶναι τόσο μεγαλύτερα ὅσο μεγαλύτερα εἶναι ἢ ταχύτης καὶ ἢ μᾶζα τοῦ σώματος. Ἀκριβέστερον ἢ ἐνέργεια εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος καὶ πρὸς τὴν μᾶζαν. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς ἐνεργείας ὀνομάζομεν κινητικὴν ἐνέργειαν.

*Ἐπίσης πᾶν σῶμα ἠλεκτριζομένον ἢ μαγνητισμένον, ἐγκλείει ἐνέργειαν, οὕτω δ' ἔχομεν διάφορα εἶδη ἠλεκτρικῆς καὶ μαγνητικῆς ἐνεργείας.

Σπουδαιότης μορφῆς τῆς ἐνεργείας εἶναι ἡ χημικὴ ἐνέργεια. Σῶματα σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν τάσιν τὰ ἐνωθῶν χημικῶς, ἢ σῶμα πολυσύνθετον, τὸ ὁποῖον τείνει τὰ ἀποσυντεθῆ, ἐγκλείουν κολλοσιαιὰ ποσὰ ἐνεργείας. Διὰ τὰ ἀποσυνθέσωμεν τὸ διοξειδίον τοῦ ἀνθράκος χρειάζεται τὰ καταναλώσωμεν ἐνέργειαν, ἢ ὁποία μένει ἐναποταμιευμένη εἰς τὸ σύστημα τὸ ἀποτελούμενον ἀπὸ τὸν ἀνθράκα καὶ τὸ ὀξυγόνον. Τοιοῦτοτρόπως τὰ φυτὰ διὰ τῆς χλωροφύλλης χρησιμοποιοῦν

τὴν ἡλιακὴν ἀκτινοβολίαν διὰ τὴν λειτουργίαν τῆς ἀφομοιώσεως, τῆς ὁποίας κύριον στάδιον εἶναι ὁ ἀποχωρισμὸς τοῦ ἀνθρακος καὶ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος τῆς ἀτμοσφαιρας. Ὁ ἀνθραξ ἐναποτίθεται εἰς τὸ φυτὸν ὑπὸ μορφὴν διαφόρων ἐνώσεων, ἡ δὲ καταναλωθεῖσα ἐνέργεια ἀποδίδεται ὅταν αἱ ἐνώσεις αὗται ὑποστῶσι καύσιν, ὅταν δηλ. ὁ ἀνθραξ ἐνωθῇ πάλιν μὲ τὸ ὀξυγόνον τῆς ἀτμοσφαιρας πρὸς παραγωγὴν διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, καὶ δὴ ἀποδίδεται κυρίως ὑπὸ μορφὴν θερμότητος.

Ἐντελῶς ἀνάλογος εἶναι ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἐγκλείει ἡ πυρίτις. Ἡ πυρίτις ἀποτελεῖται ἀπὸ θειῶν, ἀνθρακα καὶ νιτρον τὰ ὁποῖα τείνουν νὰ λάβουν μίαν ἄλλην χημικὴν μορφὴν, μένουν ὅμως ἐπὶ πολὺν καιρὸν εἰς τὴν κατάστασιν ταύτην τῆς ἀσιαθοῦς ἰσορροπίας, ἕως ὅτου διὰ τῆς θερμότητος, δι' ἑνὸς σπινθῆρος, δάσωμεν μίαν ὄθησιν. Τὸ σύστημα τότε μεταπίπτει εἰς ἄλλην εὐσταθεστέραν μορφὴν, ἀποδίδει δὲ κατὰ τὴν μεταβολὴν ταύτην μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν εἶχεν ἐναποταμιευμένην. Τὴν πυρίτιδα δυνάμεθα νὰ παρομοιώσωμεν μὲ βαρὺ σῶμα τὸ ὁποῖον ἐδρίσκεται εἰς κεκλιμένον ἐπίπεδον, συγκρατεῖται δὲ ἀπὸ λεπτὴν κλωστήν. Ἄν κόψωμεν τὸ νῆμα τὸ σῶμα πίπτει πρὸς τὰ κάτω ἕως ὅτου ἔλθῃ εἰς θέσιν εὐσταθοῦς ἰσορροπίας, δηλ. εἰς ἐπίπεδον μέρος, συγχρόνως δὲ κατὰ τὴν κατάβασιν δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον τὸ ὁποῖον οὔτε κἀν συγκρίνεται πρὸς τὴν μικρὰν προοπάθειαν, ἡ ὁποία ἐχρειάσθη διὰ νὰ κόψωμεν τὸ νῆμα. Καὶ εἰς τὴν πυρίτιδα ὁμοίως, τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀναφλέξεως δὲν συγκρίνονται μὲ τὴν ἐνέργειαν τοῦ σπινθῆρος, ὁ ὁποῖος ἐπέφερε τὴν ἀνάφλεξιν. Ἡ ἐνέργεια ἦτο ἀποταμιευμένη εἰς τὴν πυρίτιδα ἢ εἰς τὸ σύστημα τοῦ βαρέος σώματος καὶ τῆς γῆς, ὁ δὲ σπινθῆρ καὶ ἡ κοπὴ τῆς κλωστῆς ἔδωκαν μόνον τὴν ὄθησιν διὰ νὰ ἐπέλθῃ ἡ μεταβολὴ τῆς καταστάσεως, κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ συστήματα ἀπέδωσαν ἓν μέρος τῆς ἀποταμιευμένης ἐνεργείας.

Ἐπὶ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας προσλαμβάνουν καὶ ὅλα τὰ ζῶα τὴν ἐνέργειαν ἡ ὁποία χρειάζεται διὰ τὴν διατήρησιν τῆς ζωῆς. Πηγὴ πάσης κινήσεως τῶν ζῴων εἶναι ἡ καύσις τῶν τροφῶν ἐντὸς τοῦ σώματος, ἡ δὲ ἐνέργεια, ἡ ὁποία κατὰ τὴν καύσιν ταύτην ἀποδίδεται, μεταβάλλεται σχεδὸν ἐντελῶς εἰς θερμότητα ὅταν τὸ ζῶον ἀναπαύεται καὶ εἰς ἄλλας δὲ μορφάς, π. χ. εἰς μηχανικὸν ἔργον, ὅταν τὸ ζῶον ἐργάζεται.

Ἄλλὰ καὶ δι' ἄλλον λόγον ἡ χημικὴ ἐνέργεια εἶναι πολύτιμος, διότι εἰς ταύτην πρέπει νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν διὰ νὰ τὴν διατηρήσωμεν ἐπὶ πολὺν καιρὸν καὶ τὴν μεταχειρισθῶμεν ἀναλόγως τῆς ἀνάγκης. Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα πρωτογενῆ ἢ δευτερογενῆ, δηλ. τὰ κυρίως ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ πυκνωταὶ (accumulateurs) οὐδὲν ἄλλο εἶναι ἢ συσκευαίαι αἱ ὁποῖαι ἀποταμιεύουν καὶ διαφυλάττουν χημικὴν ἐνέργειαν καὶ δύναται νὰ μᾶς τὴν ἀποδώσουν εἰς δοθεῖσαν στιγμήν ὑπὸ ἠλεκτρικὴν μορφήν.

Ἄν ἐξετάσωμεν μὲ προσοχὴν τὰ περὶ ἡμᾶς φαινόμενα, θὰ εὗρωμεν ὅτι κυρίως πηγὴ τῆς ἐπὶ τῆς γῆς ἐνεργείας εἶναι ἡ θερμότης τοῦ ἡλίου. Διότι καὶ τῶν ἀνέμων ἡ ἐνέργεια καὶ τῶν κυμάτων (ἐκτὸς τῶν κινήσεων τῆς παλιρροίας καὶ ἀμπώτιδος) καὶ τῆς καυσίμου ὕλης, καθὼς καὶ τῶν καταρρακτῶν, εἰς τὴν ἡλιακὴν ἀκτινοβολίαν ὀφείλεται.

Ὅταν ἀνεκαλύφθη τὸ ράδιον καὶ τὰ λοιπὰ ἀκτινεργὰ σώματα ἐνομιόθη κατ' ἀρχὰς ὅτι ἐκινδύνευε τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, διότι γνωστὸν εἶται ὅτι τὰ ἅλατα τοῦ ραδίου εἶναι πάντοτε θερμότερα τοῦ περιβάλλοντος, καὶ ἐπομένως ἀποδίδουν διαρκῶς θερμικὴν ἐνέργειαν, τῆς ὁποίας ἡ προέλευσις ἦτο ἀνεξήγητος. Ἡ προσεκτικὴ ὁμως μελέτη τῶν φαινομένων τῆς ἀκτινεργείας ἔδωκε ἀβίαστον ἐξήγησιν τῆς προελεύσεως τῆς ἐνεργείας τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων διὰ τῆς θεωρίας τῆς ἀποσυνθέσεως τῶν χημικῶν ἀτόμων. Πᾶν χημικὸν ἄτομον κατὰ ταύτην ἀποτελεῖται ἀπὸ πλήθος μικροτέρων στοιχείων, τὰ ὁποῖα κινουῦνται περὶ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας των ἢ εἰς κλειστὰς τροχιάς μὲ μεγίστας ταχύτητας. Τὸ ἄτομον εἶναι λοιπὸν πλανητικὸν σύστημα ἐν μικρογραφίᾳ, ἔχει δὲ μεγίστην ποσότητα ἐνεργείας ἐναποταμιευμένην ὑπὸ μορφήν κινήτικην, πιθανώτατα δὲ καὶ ὑπὸ ἄλλας μορφάς. Ἄν τὸ ἄτομον διασπασθῇ, μέρος τῆς πρὶν λανθανούσης ἐνεργείας ἐμφανίζεται καὶ γίνεται αἰσθητὸν, συγχρόνως δὲ νέα χημικὰ στοιχεῖα παράγονται ἀπὸ τὸ ἀρχικόν.

Ἀναμφαλαϊώσωμεν τώρα ὅσα μέχρι τοῦδε εἶπομεν :

Ἐπάρχει τί εἰς τὴν φύσιν τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια δύναται νὰ παρουσιασθῇ ὑπὸ ποικιλωτάτας μορφάς, αἱ ὁποῖαι ὁμως ἔχουν πρὸς ἀλλήλας ἐντελῶς ὠρισμένας ποσοτικὰς σχέσεις. Ἐν ποσὸν ἐνεργείας ὑπὸ δεδομένην μορφήν δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς ἐντελῶς

ώρισμένον, Ισοδύναμον ποσὸν ἐνεργείας ἄλλης μορφῆς. Εἰς πᾶσαν δὲ φυσικὴν μεταβολὴν τὸ ποσὸν τῶν διαφόρων εἰδῶν ἐνεργειῶν, ἀναγομένων εἰς μίαν οἰανδήποτε κοινὴν μορφήν, μένει ἀπολύτως ἀμετάβλητον.

Τοῦτο εἶναι τὸ πρῶτον καὶ θεμελιῶδες ἀξίωμα τῆς θερμοδυναμικῆς, τὸ ἀξίωμα τῆς ὑπάρξεως καὶ τῆς ἀφθαρσίας τῆς ἐνεργείας, ὁ μέγας ποσοτικὸς νόμος, ὁ ὁποῖος, μετὰ τοῦ ἐπίσης ποσοτικοῦ νόμου τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης, διέπει ὅλα τὰ φυσικὰ καὶ χημικὰ φαινόμενα.

Ἡ εὐρεσις τοῦ ἀεικινήτου καὶ μετὰ τὴν γνώσιν τοῦ νόμου τούτου δὲν ἀποκλείεται. Ὅχι βεβαίως ἀεικινήτου ὑπὸ τὴν κυρίαν σημασίαν τῆς λέξεως, ἀλλὰ μηχανῆς, ἡ ὁποία θὰ ἠδύνατο οἰονδήποτε ποσὸν θερμότητος νὰ μεταβάλλῃ εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, π. χ. κινητικὴν ἢ ἠλεκτρικὴν.

Ἄν ἦτο δυνατόν νὰ εὐρεθῆ μηχανή, ἡ ὁποία νὰ μεταβάλλῃ τὴν κολλοσοσιαίαν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἥτις εἶναι ἐναποταμιευμένη εἰς τὰς θαλάσσας, εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἠλεκτρικὴν π.χ., ἡ μηχανὴ αὕτη βεβαίως δὲν θὰ ἦτο τὸ κλασσικὸν ἀεικίνητον, διότι δὲν θὰ παρήγε τὴν ἐνέργειαν ἐκ τοῦ μηδενός, διὰ τὰς πρακτικὰς ὁμως ἐφαρμογὰς θὰ εἶχεν ἀκριβῶς τὴν αὐτὴν σημασίαν. Ἀτυχηῶς καὶ αὐτὸ τὸ ψευδοαεικίνητον, τὸ ἀεικίνητον δευτέρου εἴδους, καθὼς ἐπεκράτησεν νὰ ὀνομάζεται, ἀπεδείχθη ἀδύνατον. Καὶ ἀπὸ τοῦτο ὁμως τὸ ἀρνητικὸν ἀποτέλεσμα προέκυψε πάλιν ἐν μέγα θετικὸν κέρδος, ἡ γνώσις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος τῆς θερμοδυναμικῆς.

Τὸ ἀξίωμα τοῦτο, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ πρῶτον, εἶναι ποιοτικόν· ἐνῶ δηλ. τὸ πρῶτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα μᾶς δίδει μόνον τὰς ποσοτικὰς σχέσεις, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται κατὰ τὰς διαφόρους μεταβολὰς τῆς ἐνεργείας, τὸ δευτέρον ἀξίωμα μᾶς δίδει τὴν διεύθυνσιν τῶν φαινομένων.

Τὸ πρῶτον ἀξίωμα μᾶς λέγει ὅτι ποσὸν A ἐνεργείας μιᾶς ὠρισμένης μορφῆς δύναται νὰ μεταβληθῆ εἰς ἀντίστοιχον B μιᾶς δευτέρας μορφῆς, καὶ τἀνάπαλιν ⁽¹⁾. Τὸ δευτέρον ἀξίωμα μᾶς λέγει πότε ἡ πρῶτὴ μορφή μεταβάλλεται εἰς τὴν δευτέραν καὶ πότε ἡ δευτέρα εἰς τὴν πρῶτην.

Ἡ διατύπωσις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος εἶναι τόσῳ διάφορος εἰς τὰ

(1) Οἱ ἀριθμοὶ A , B ἔξαρτῶνται ὑπὸ τὰς μονάδας μὲ τὰς ὁποίας μετροῦμέν τὰ διάφορα εἶδη ἐνεργείας.

διάφορα συγγράμματα, ὥστε εἶναι ἀδύνατον εἰς ἓνα ὁ ὁποῖος δὲν μετα-
λέτησε μὲ μεγάλην προσοχὴν τὴν θερμοδυναμικὴν, τὴν ἀπενεργεσίαν τοῦ
αὐτοῦ ἀξίωμα ὑπὸ τῆς διαφόρου μορφῆς του.

Ἄν ἐξετάσωμεν τὰ διάφορα φυσικὰ καὶ χημικὰ φαινόμενα, βλέπομεν
ὅτι δὲν τελοῦνται ὅλα μὲ τὴν αὐτὴν εὐκολίαν. Ὑπάρχουν φαινόμενα, τὰ
ὁποῖα ἀπαντῶμεν εἰς πᾶν ἡμῶν βῆμα καὶ ἄλλα τὰ ὁποῖα μόνον μὲ πολὺ-
πλοκα μέσα κατορθώνομεν νὰ προκαλέσωμεν. Ἡ εἰς θερμότητα π. χ.
μεταβολὴ τῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἔχει ἐν σῶμα κινούμεταν, γίνεται
πάντοτε καὶ εὐκολώτατα ἕνεκα τῆς τριβῆς. Τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον,
ἢ μεταβολὴ τῆς θερμότητος εἰς ἐνέργειαν κινήσεως, εἶναι τόσον δύσκολον
νὰ προκληθῇ, ὥστε χρειάζονται πρὸς τοῦτο ἰδιαίτεροι πολλῶν πλοκοι μηχαναί,
τὰς ὁποίας ὁ ἄνθρωπος ἐσχάτως μόνον κατασκεύασε. Ἄλλο παράδειγμα
ἔχομεν τὴν μετάβασιν τῆς θερμότητος ἀπὸ ἐν σῶμα εἰς ἄλλο. Ἄν ἔχωμεν
δύο σώματα εἰς διάφορον θερμοκρασίαν ἀρκεῖ νὰ τὰ θέσωμεν εἰς ἐπα-
φὴν διὰ νὰ μεταβῇ θερμότης ἀπὸ τὸ θερμότερον εἰς τὸ ψυχρότερον. Ἄν
ὅμως θέλωμεν τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον νὰ προκαλέσωμεν, νὰ μετα-
φέρωμεν δηλ. θερμότητα ἀπὸ τὸ ψυχρότερον εἰς τὸ θερμότερον σῶμα,
οὕτως ὥστε τὸ μὲν θερμὸν ἀκόμη περισσότερον νὰ θερμανθῇ, τὸ δὲ
ψυχρὸν νὰ ψυχθῇ, χρειάζεται πολὺπλοκος διεργασία, καὶ μάλιστα εἰς
τὸ τέλος θὰ ἴδωμεν ὅτι συγχρότως μὲ τοῦτο τὸ φαινόμενον τελοῦνται
καὶ ἄλλα φαινόμενα, ἐκ τῶν τοῦ εἰκόλου εἶδους.

Πρέπει λοιπὸν νὰ διακρίνωμεν τὰ φαινόμενα ἐν γένει εἰς δύο μεγά-
λας κατηγορίας. Φαινόμενα, τὰ ὁποῖα τελοῦνται εὐκόλως καὶ μόνα των,
δηλ. χωρὶς νὰ τὰ συνοδεύῃ καμμία ἄλλη μεταβολὴ εἰς τὸν κόσμον, καὶ
φαινόμενα, τὰ ὁποῖα τελοῦνται μόνον ὅταν συνοδεύονται ἀπὸ φαινόμενα
τοῦ πρώτου εἶδους. Ἐπειδὴ δὲ τὰ φαινόμενα οὐδὲν ἄλλο εἶναι ἢ μετα-
βολαὶ τῆς ἐνεργείας, ἐρχόμεθα εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι τὰ διάφορα εἶδη
τῆς ἐνεργείας, ἂν ποσοτικῶς εἶναι ἰσοδύναμα, παρουσιάζουν ἐν τούτοις
τὴν ἐξῆς σπουδαίαν ποιοτικὴν διαφορὰν.

Ἄς ὀνομάσωμεν A καὶ B δύο εἶδη ἐνεργείας. Ἐν ποσὸν ἐνεργείας
τοῦ εἶδους A εὐκόλως μετατρέπεται εἰς τὸ ἀντίστοιχον ποσὸν τῆς μορ-
φῆς B , χωρὶς τὸ φαινόμενον τοῦτο νὰ συνοδεύεται ἀπὸ ἄλλην τιὰ μετα-
βολὴν εἰς τὸν κόσμον, ἐν ᾧ ἢ ἐνέργεια B δὲν δύναται νὰ μεταβληθῇ εἰς
τὴν A χωρὶς ἀντιστάθμισμα. Βεβαίως λοιπὸν τὴν μορφήν A θὰ θεω-

εξώσωμεν πολυτιμότεραν τῆς μορφῆς B, διότι τὴν μὲν A πᾶσα οὐγιμὴ δυναμέθεα νὰ μεταβάλλωμεν εἰς τὴν B, ὄχι ὅμως καὶ ἀντιστρόφως.

Ἡ πολυτιμότης μορφῆς ἐνεργείας εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια. Διότι αὐτὴ μὲ τὴν βεβαίαν οὐσκευδὴν καὶ μηχανῶν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον ἀπλῶν μεταβάλλεται χωρὶς κανὲν ἀντιστάθμισμα εἰς ἄλλας μορφάς, π. χ. θερμότητα ἢ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἐξ ἴσου σχεδὸν πρὸς τὴν κινητικὴν πολύτιμος εἶναι καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, διότι καὶ αὕτη εὐκόλως μεταβάλλεται εἰς κινητικὴν, χημικὴν, θερμικὴν ἐνέργειαν.

Προκαίμενον πρὸς τῆς θερμικῆς ἐνεργείας τὸ μέτρον τῆς πολυτιμότητος δίδει εἰς ἡμᾶς ἡ θερμοκρασία. Τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος εἶναι τόσῳ πολυτιμότερον ὅσῳ τὸ σῶμα, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐναποταμιευμένοι, ἐθερμαίνεται εἰς ὑψηλότεραν θερμοκρασίαν. Διότι ἀπὸ ἓν πολὺ θερμὸν σῶμα δυνάμεθα πάντοτε καὶ εὐκολώτατα νὰ μεταφέρωμεν θερμότητα εἰς ψυχρότερον σῶμα. Ὅχι δὲ μόνον τοῦτο, ἀλλὰ τὴν μεταβάσιν ἐνὸς ποσοῦ θερμότητος ἀπὸ τὸ θερμὸν εἰς τὸ ψυχρὸν σῶμα δυνάμεθα νὰ μεταχειρισθῶμεν ὡς ἀντιστάθμισμα διὰ νὰ προκαλέσωμεν φαίνόμενον τοῦ ἄλλου δυσκόλου εἶδους, διὰ νὰ μεταβάλλωμεν π.χ. ἐν ἀντίστοιχον ποσὸν θερμότητος εἰς τὴν πολυτιμότεραν μορφήν τῆς κινητικῆς ἐνεργείας. Αὕτη εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν θερμικῶν μηχανῶν.

Εἰς τὴν ἀτμομηχανὴν ἔχομεν ἓν θερμὸν σῶμα, τὸν λέβητα, καὶ ἓν ψυχρὸν, τὸν ψυκτῆρα, ἢ καὶ τὸν ἐξω ἀέρα εἰς τὰς ἀνευ ψυκτῆρος μηχανάς. Θερμότης μεταβαίνει ἀπὸ τὸν λέβητα εἰς τὸν ψυκτῆρα, συγχρόνως δὲ ποσὸν τι θερμότητος μεταβάλλεται εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν καὶ ἡ ἀτμομηχανὴ κινεῖται.

Ἀπαραίτητον λοιπὸν στοιχεῖον διὰ πᾶσαν θερμικὴν μηχανὴν εἶναι ἡ ὑπαρξίς δύο σωμάτων μὲ διάφορον θερμοκρασίαν. Ἐννοεῖται ὅτι ὅσῳ ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τοῦ λέβητος καὶ τοῦ ψυκτῆρος εἶναι μεγαλύτερα, τόσῳ τὸ ἀντιστάθμισμα ἐκ τῆς μεταβάσεως ἐνὸς ὀρισμένου ποσοῦ θερμότητος ἀπὸ τὸν λέβητα εἰς τὸν ψυκτῆρα εἶναι μεγαλύτερον καὶ ἐπομένως τόσῳ μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος δύναται νὰ μεταβληθῇ εἰς ἐνέργειαν κινητικῆς. Μὲ ἄλλους λόγους τόσῳ ἢ ἀπόδοσις μίθς ἀτμομηχανῆς, τὸ μέρος δηλ. τῆς καταναλισκομένης θερμότητος τὸ ὁποῖον μεταβάλλεται εἰς τὴν χρῆσιμον κινητικὴν ἐνέργειαν, εἶναι μεγαλύτερον, τόσῳ ἡ μηχανὴ ἐργάζεται οἰκονομικώτερα. Διὰ τοῦτο οἰκονομικώ-

ταται ἀτιμομηχαναὶ εἶναι αἱ μηχαναὶ ὑψηλῆς πίεσεως με ψυκτικῶρα.

Βλέπομεν λοιπὸν τώρα διατὶ τὸ ἀεικίνητον δευτέρου εἶδους εἶναι ἀδύνατον. Ἡ θερμότης δὲν δύναται νὰ μετατραπῆ εἰς κινήτικὴν ἐνέργειαν, ἂν συγχρόνως ἀνάλογον ποσὸν θερμότητος δὲν μεταβῆ ἀπὸ ἐν αἵμα θερμότερον εἰς ἄλλο ψυχρότερον. Ἡ θερμότης τῆς θαλάσσης εἶναι ἐπομένως ἐντελῶς ἀχρηστος ἐν ὧσφ δὲν ἔχομεν ἄλλο αἶμα ἐξ ἴσου μεγάλης θερμοχωρητικότητος καὶ ψυχρότερον τῆς θαλάσσης.

Τὸ συμπέρασμα εἶναι ὅτι ἐν εἶδος ἐνεργείας ἐπικολώτατα μεταβάλλεται εἰς ἄλλο ὀλιγώτερον πολύτιμον εἶδος ἂν ὅμως θέλωμεν νὰ τὸ μεταβάλωμεν εἰς πολυτιμότερον εἶδος πρέπει νὰ ὀφείωμεν ἀπίστωσον ἀντάλλαγμα, νὰ ἀφήσωμεν δηλ. ἀνάλογον ποσὸν ἐνεργείας τοῦ αὐτοῦ ἢ ἄλλου εἶδους νὰ μεταβληθῆ εἰς ὀλιγώτερον πολύτιμον ἐνέργειαν.

Ἄν ἔχομεν ἰδανικῶς τελείας μηχανὰς τὸ ἀντάλλαγμα θὰ ἦτο ἴσον με τὸ κέρδος, ἐπομένως ἡ μηχανὴ θὰ ἦτο ἀντισρεπτική, δηλ. ἂν ἀφήνωμεν αὐτὴν νὰ ἐργασθῆ ἐπὶ μίαν ὥραν κατὰ τινὰ φορὰν καὶ ἔπειτα ἐπὶ ἄλλην μίαν ὥραν κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν θὰ ἐπανηρχόμεθα εἰς τὴν ἀρχικὴν κατάστασιν, χωρὶς καμμία ἀπολύτως μεταβολὴ νὰ μείη εἰς τὸν κόσμον. Ὅσον τελεία ὅμως καὶ ἂν εἶναι μηχανὴ τις, γνωρίζομεν ὅτι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποφύγωμεν τὰς τριβάς, οἷτε τὴν θερμοκίνη ἀγωγιμότητα, καὶ ἐπομένως πάντοτε ἐν μέρος τῆς πολυτίμου κινήτικῆς ἐνεργείας, μεταβάλλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἑσχάτου εἶδους, τὴν θερμότητα, συγχρόνως δὲ καὶ θερμότης μεταβαίνει, ἔνεκα τῆς κακῆς μονώσεως, ἀπὸ τὰ θερμότερα μέρη εἰς τὰ ψυχρότερα ἄνευ τινὸς ἀνταλλάγματος.

Ὅστε εἰς πᾶν φυσικὸν ἢ χημικὸν φαινόμενον, εἰς πᾶσαν μηχανήν, τὸ τελικὸν ἀποτέλεσμα εἶναι ὅτι ἐνέργεια πολυτιμότερου εἶδους μεταβάλλεται εἰς ἐνέργειαν ὀλιγώτερον πολύτιμον.

Διαρκῶς λοιπὸν, ἐν ᾧ κατὰ τὸ πρῶτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα τὰ ὀλικὸν ποσὸν τῆς ἐνεργείας μένει ἀμετάβλητον, τὰ ποσὸν τῆς ἐνεργείας ἢ ὁπεῖα δύναται νὰ μεταβληθῆ εἰς ἄλλας μορφάς ἑλαττοῦται καὶ θὰ ἔλθῃ οὕτω σιγμὴ κατὰ τὴν ὁποῖαν ὀλη ἢ ἐν τῷ κόσμῳ ἐνέργεια θὰ μεταβληθῆ εἰς θερμότητα, καὶ μάλιστα θερμότητα τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας. Τότε δὲν θὰ εἶναι δυνατὸν νὰ λάβῃ καμμία πλέον μεταβολὴ καὶ κανὲν φαινόμενον εἰς τὸν κόσμον, ὁ κόσμος θὰ εἶναι νεκρὸς θὰ ἔχωμεν

οὕτω τὸν θερμικὸν θάνατον τοῦ κόσμου, καθὼς ὁ Boltzmann ὠνόμασεν αὐτόν.

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἔχει μεγίστην σημασίαν ὄχι πλὴν διὰ τὴν φυσικὴν ἐπιστήμην μόνον, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ πολλῶν γενικωτέρας ἀπόψεως. Καὶ πράγματι ἂν τὸ δεύτερον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα ἰσχύη μὲν ὅλα τὰ πορίσματα αὐτοῦ, βεβαίως ὁ κόσμος θὰ ἔχη τὸ θερμοικὸν τέλος, τὸ ὁποῖον ἀναφέραμεν. Γενῆται ὁμως τὸ ζήτημα κατὰ πόσον δικαιοῦμεθα νὰ παραδεχθῶμεν αὐτὸ τὸ συμπέρασμα. Διότι ἂν παραδεχθῶμεν ὅτι ὁ κόσμος, δηλ. τὰ φαινόμενα τοῦ κόσμου θὰ ἔχουν τέλος, τότε κατ' ἀνάγκην πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἔχουν καὶ ἀρχήν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον διόλου δὲν συμβιβάζεται μὲ τὴν εἰκόνα τὴν ὁποίαν συνειθίσαμεν νὰ ἔχωμεν τοῦ κόσμου ὡς ἀνάρχον καὶ αἰώνιον.

Δὲν εἶναι δὲ αὕτη ἡ μόνη δυσκολία, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ δεύτερον ἀξίωμα μᾶς φέρει, ἀλλὰ καὶ ἄλλη ἐπίσης ἀξία προσοχῆς. Ὡς γνωστὸν ἡ τάσις τῆς φυσικῆς ἐπιστήμης εἶναι ἡ μηχανικὴ ἐξήγησις ὅλων τῶν κοσμικῶν φαινομένων. — Προσπαθοῦμεν δηλ. νὰ ἐξηγήσωμεν ὅλα τὰ φαινόμενα, διὰ μηχανισμῶν, οἱ ὁποῖοι εἶναι τόσοι λεπτοί, ὥστε διαφεύγουν τὴν παρατήρησιν μόνον δὲ τὰ ὁλοκληρωτικὰ ἀποτελέσματα αὐτῶν εἶναι ἀντιληπτὰ εἰς τὰ αἰσθητήρια καὶ τὰ ὄργανά μας. Καὶ τὴν παραγωγὴν τῆς θερμότητος διὰ τριβῆς τὴν ἐξηγοῦμεν διὰ τοιούτων μηχανισμῶν, γνωστῶν δὲ εἶναι ὅτι ἡ κίνησις τοιούτων μηχανισμῶν ἀκολουθοῦντων τοὺς νόμους τῆς θεωρητικῆς μηχανικῆς εἶναι τελείως ἀντιστρέπτῃ. Ἀγόμεθα λοιπὸν εἰς τὴν ἐξῆς ἀντίφασιν. Ὅλα τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν εἰς τὸν ἔξω κόσμον εἶναι τὰ ὁλοκληρωτικὰ ἀποτελέσματα πλήθους φαινομένων, τῶν ὁποίων τὰ καθέκαστα εἶναι ἀπρόσιτα εἰς τὰ αἰσθητήριά μας. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ φαινόμενα εἶναι τελείως ἀντιστρέπτα καὶ ὁμως κανὲν ἀπὸ τὰ φυσικὰ φαινόμενα δὲν εἶναι ἀντιστρέπτον, διότι εἰδόμεν ὅτι κάθε φαινόμενον ὀργανοῦται ἀπὸ τριβᾶς κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἥτιον μεγάλας, δηλ. ἀπὸ μεταβολὴν ἐνεργείας πολυτιμωτέρας μορφῆς εἰς θερμότητα, καὶ ἡ μεταβολὴ αὕτη δὲν ἀντιστρέφεται.

Τὴν ἀντίφασιν ταύτην ἔλυσεν ἡ στατιστικὴ θεωρία τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν φαινομένων, τῆς ὁποίας μέρος εἶναι ἡ μηχανικὴ θεωρία τῆς θερμότητος. Κατὰ ταύτην ἡ θερμότης εἶναι κίνησις τῶν μορίων, ἀπὸ

τὰ ὅποια κατὰ τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν ἀποτελεῖται πᾶν σῶμα, κίνησις ἀτακτος ἐντελῶς, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα δὲν κινεῖται ὡς ὅλον. Τὸ μόνον τὸ ὁποῖον μὲ τὰ ὄργανα ἢ μὲ τὰ αἰσθητήριά μας δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν εἶναι ἡ ἐνέργεια τῆς ἀοράτου ταύτης μοριακῆς κινήσεως, καὶ ἐπειδὴ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν καὶ τὸ τετραγώνον τῆς ταχύτητος τοῦ κινουμένου σώματος, ἐκείνο τὸ ὁποῖον ἀντιλαμβανόμεθα, π. χ. διὰ τοῦ θερμομέτρου, εἶναι ὁ μέσος ὄρος τοῦ γινόμενου τούτου τῆς μᾶζης ἐπὶ τὸ τετραγώνον τῆς ταχύτητος τῶν μορίων. Ἡ θερμοκρασία λοιπὸν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τοῦτον τὸν μέσον ὄρον. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ταχύτητα ἐνὸς ἐκάστου μορίου, ταύτην ποτὲ δὲν θὰ δυνηθῶμεν νὰ τὴν παρατηρήσωμεν, ἀλλ' ἐπειδὴ τὸ πλῆθος τῶν μορίων ἐνὸς σώματος εἶναι πολὺ μέγα, ἐφαρμόζομεν εἰς αὐτὸ τοὺς νόμους τῆς πιθανότητος, καὶ παραδεχόμεθα δι' ἀπὸ ὅλας τὰς δυνατὰς διατάξεις τῆς ταχύτητος ἡ πιθανωτέρα εἶναι ἐκείνη ἡ ὁποία καὶ πράγματι ὑφίσταται, καὶ ἀγόμεθα οὕτω εἰς τὸν περιφημον νόμον τοῦ Maxwell. Ἡ εἴρεσις τῆς πιθανωτέρας διατάξεως εἶναι ἀκριβῶς ἐν ἀπὸ τὰ σπουδαιότατα προβλήματα τῶν σταιιστικῶν θεωριῶν καὶ ἀνάγεται εἰς τὸν λογισμόν τῶν πιθανοτήτων. Ἐννοεῖται δι' ὅλην ἡ θερμικὴ ἐνέργεια τῶν σωμάτων δὲν εἶναι ταύτης τῆς μορφῆς· μέρος αὐτῆς ὑφίσταται ὑπὸ μορφήν κινήσεως τῶν ἀτόμων, ἀπὸ τὰ ὅποια ἀποτελεῖται τὸ μόριον καὶ ἄλλων ἐδομοριακῶν κινήσεων. Τὸ θερμομέτρον μᾶς δεικνύει μόνον τὸ πρῶτον μέρος τῆς θερμικῆς ἐνεργείας καὶ βλέπομεν ἀμέσως δι' ἐπειδὴ ὁ λόγος τοῦ πρῶτου μέρους, τῆς μοριακῆς κινητικῆς ἐνεργείας, πρὸς τὸ δεύτερον, τὴν ἐνδομοριακὴν ἐνέργειαν, ποικίλλει εἰς τὰ διάφορα σώματα, τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος θὰ ἐπιφέρῃ εἰς τὰ διάφορα σώματα διάφορον ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας· Ἐχομεν λοιπὸν ἀβίαστον τὴν ἐξήγησιν τῆς διαφορῆς θερμοχωρητικότητος τῶν σωμάτων.

Ἄς ἐλθωμεν τώρα εἰς ἐν ἀπὸ τὰ ἀρχικά μας παραδείγματα. Βαρὺ σῶμα εἶναι στηριγμένον εἰς ὕψος τ , ἔχει λοιπὸν ἐναποταμειυμένην ἐνέργειαν, δυναμικὴν ἐνέργειαν, (κυρίως καθὼς εἶδομεν ἡ ἐνέργεια εἶναι ἐναποταμειυμένη εἰς τὸ σύστημα τοῦ σώματος καὶ τῆς γῆς, ἀλλὰ διὰ τὴν ἀπλοποίησιν τῆς ἐμφράσεως θεωροῦμεν τώρα τὴν γῆν ὡς ἐντελῶς ἀκίνητον). Ὅταν ἀφήσωμεν τὸ σῶμα νὰ πέσῃ, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἐλαττοῦται καθ' ὅσον αὐτὸ πλησιάζει πρὸς τὴν γῆν, ἀναφαίνεται δὲ ἰσοδύνα-

μον ποσόν κινήσεως ἐνεργείας. Ἄν ἐξαιρέσωμεν μὲν φέροντα κίνησιν τὴν διάταξιν τῆς κινήσεως ἐνεργείας, ἢ ὅποια τὴν κίνησιν ἐκτελεῖ εἰς τὸ σῶμα, θὰ εἴπωμεν διὰ τοῦτο εἶναι πάρα πολὺ ἀπίθανον. Διότι ἡ ταχύτης διαταξὶς τῶν πολυπληθῶν μορίων τοῦ σώματος εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ ἔχει καὶ τὴν ἴδιαν διαύθυνσιν, ἢ ταχύτης ἐννοεῖται ἢ ὅποια ἀναλογεῖ εἰς τὴν κινήσεως ἐνεργείαν, διότι ἐκτὸς ταύτης τὰ μόρια ἔχουν καὶ τὴν θερμικὴν τῶν κινήσεων, τὴν ὅποιαν εἶχον καὶ πρὶν ἀκόμη τὸ σῶμα ἀρχίσῃ τὴν κίνησιν. Βεβαίως ἀπίθανωτέρα διάταξις τῶν ταχυτήτων δὲν δύναται νὰ νοηθῇ.

Ἄν ἀναγκάσωμεν τὸ σῶμα ἐνῶ πίπτει νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον, ἢ δυναμικὴν αὐτοῦ ἐνεργείαν μεταβάλλεται εἰς τὸ ἔργον ἐκείνο, καὶ ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς μὲ ταχύτητα μηδέν, ἔχει χάσῃ τὴν δυναμικὴν αὐτοῦ ἐνεργείαν καὶ ἔχει πλέον μόνον τὴν μοριακὴν κινήσεως ἐνεργείαν, δηλ. τὴν θερμότητα, τὴν ὅποιαν εἶχε καὶ εἰς τὴν ὑψηλότεραν θέσιν.

Ἄν ὅμως τὸ σῶμα πέσῃ ἐλευθέρως, ἢ ταχύτης αὐτοῦ ἀξάνει διαρκῶς, ὅταν δὲ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, δὲν δύναται πλέον νὰ ἐξακολουθήσῃ κινούμενον ὡς ὅλον. Ἡ ἐνεργεία ὅμως τῆς κινήσεως δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ χαθῇ θὰ ἀρχίσουν λοιπὸν τὰ μόρια τοῦ σώματος νὰ συγκρούωνται πρὸς ἀλλήλα καὶ πρὸς τὰ μόρια τοῦ ἐδάφους καὶ ἡ πρὶν ὁμοιόμορφος κίνησις θὰ γίνῃ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀτακτος, ἐν ᾧ ἕν μέρος αὐτῆς μεταβαίνει καὶ εἰς τὰ μόρια τοῦ ἐδάφους, ἕως οὗ φθάσῃ τέλος εἰς τὸν μέγιστον βαθμὸν τῆς ἀταξίας, λάβῃ δηλ. τὴν πιθανωτάτην διάταξιν συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Maxwell. Τότε ὅλη ἡ ὁρατὴ κινήσεως ἐνεργεία ἔχει μεταβληθῇ εἰς θερμικὴν.

Βλέπομεν τώρα εὐκόλως διατί, ἂν καὶ τὰ στοιχειώδη φαινόμενα τὰ ὅποια ἔχομεν, αἱ προσκρούσεις τῶν μορίων, εἶναι τελείως ἀντιστρέπτὰ, τὸ ὁλοκληρωτικὸν ὅμως φαινόμενον, ἢ μεταβολὴ τῆς κινήσεως ἐνεργείας εἰς θερμικὴν, δὲν εἶναι ἀντιστρέπτον. Ἡ ὁμοιόμορφος κίνησις τῶν μορίων μὲ τὴν παραμικρὰν ἀφορμὴν μεταβάλλεται ἐνεκα τῶν συγκρούσεων τῶν μορίων εἰς ἀτακτον, εἶναι ὅμως πολὺ ἀπίθανον διὰ τοῦτο ἀκριβῶς αὐτῶν τῶν ἰδίων συγκρούσεων εἶναι δυνατὸν μίαν ἀκριβῶς ἀτακτος κίνησιν νὰ μεταβληθῇ εἰς ὁμοιόμορφον. Τόσον ἀπίθανον, ὥστε διὰ τὸν πεπερασμένον χρόνον καὶ χώρον τῶν παρατηρήσεών μας βεβαίως πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι εἶναι ἀδύνατον. Ἀκριβῶς ὅπως διὰ νὰ τεθῇ ἐν πλῆθος

ἀνθρώπων εἰς τακτικὴν σειρὰν πορείας χρειάζεται κόπος πολὺς, ἀρκεῖ δὲ νὰ παρουσιασθῇ εἰς τὸν δρόμον ἐν ἐμπόδιον καὶ τὰ παύση διὰ μίαν στιγμὴν ἢ ἐπιβλεψίς τοῦ ἀρχηγοῦ, καὶ ἡ ὁμοιόμορφος πορεία μεταβάλλεται εἰς ἀτακτον καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις κίνησιν.

Ἐπειδὴ θεωροῦμεν ἀκόμη τὸ φαινόμενον τῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος. Τὸ σῶμα *A* εἶναι θερμότερον τοῦ σώματος *B*. Εἰξεύρομεν πλέον διὰ αὐτὸ σημαίνει, ὅτι ἡ μέση κινητικὴ ἐνέργεια τῶν μορίων τοῦ *A* εἶναι μεγαλύτερα τῆς μέσης ἐνεργείας τῶν μορίων τοῦ *B*. Ἐάν θέσωμεν τὰ δύο σῶματα εἰς ἐπαφήν, τὰ συγκρούοντα μόρια τοῦ *A* καὶ τοῦ *B* συγκρούονται καὶ ἐπειδὴ τὰ μόρια τοῦ *A* κατὰ μέσον ὄρον ἔχουν μεγαλύτεραν κινητικὴν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ *B*, ἐν μέρος τῆς ἐνεργείας τοῦ *A* μεταβαίνει διὰ τῶν συγκρούσεων εἰς τὸ *B*, με ἄλλους λόγους ἢ δὴ κινητικὴ μοριακὴ ἐνέργεια τείνει νὰ διαμοιρασθῇ ὁμοιομερῶς κατὰ μέσον ὄρον εἰς ὁλόκληρον τὸ σύστημα *AB*, ἤτοι τὰ δύο σῶματα τείνουν νὰ λάβουν τὴν ἴδιαν θερμοκρασίαν. Τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον εἶναι πολὺ ἀπίθανον. Ἐάν ἔχωμεν ἐν σῶμα με ὁμοιομερῆ θερμοκρασίαν, εἰς τὸ ὁποῖον δηλ. ὁ μέσος ὄρος τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τῶν μορίων εἶναι παντὸς ὁ ἴδιος, εἶναι πολὺ ἀπίθανον, διὰ ἕνεκα τῶν συγκρούσεων τῶν μορίων ἡ ἐνέργεια θὰ συγκεντρωθῇ εἰς ἐν μέρος τοῦ σώματος ὥστε ἐκεῖ μὲν νὰ ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία, εἰς τὰ ἄλλα δὲ μέρη νὰ κατέλθῃ. Ἐννοεῖται δὲ ἀπιθανώτερον εἶναι νὰ μεταβῇ θερμότης ἀπὸ ψυχρότερον σῶμα εἰς θερμότερον. Ἐννοεῖται δὲν ἀποκλείεται τὸ νὰ ἔχωμεν διὰ μίαν στιγμὴν τοπικὴν συγκέντρωσιν τῆς ἐνεργείας καὶ ἀπόκλισιν ἀπὸ τὴν ὁμοιόμορφον διανομήν, ἀλλὰ ἀμέσως ἕνεκα τῶν συγκρούσεων ἢ ἀρχικὴ ἀταξία καὶ ὁμοιομορφία ἐπανέρχεται, καὶ ἡ παρέκκλισις αὕτη διαφεύγει τὴν παρατήρησίν μας.

Βλέπομεν λοιπὸν διὰ τὸ δεύτερον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα εἶναι ἀξίωμα πιθανότητος. Ἐν μᾶς λέγει δηλ. διὰ ἐν φαινόμενον δύναται νὰ λάβῃ χώραν καὶ ἄλλο φαινόμενον ὄχι, ἀλλὰ διὰ πολὺ πιθανὸν εἶναι τὸ πρῶτον φαινόμενον νὰ συμβῇ καὶ τὸ δεύτερον ὄχι. Ἐπειδὴ δὲ τὰ σῶματα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν, ἀποτελοῦνται ἀπὸ μέγιστον ἀριθμὸν μορίων, ἡ πιθανότης ἰσοδυναμεῖ με πλήρη βεβαιότητα. Ἐν παράδειγμα θὰ καταστήσῃ σαφέστερον αὐτὸ τὸ ὁποῖον λέγω. Ἐάν ὑποθέσωμεν διὰ ἔχωμεν 10 σφαῖρας λευκὰς καὶ 10 μαύρας, κατὰ τὰ ἄλλα ἐντελῶς ὁμοίας. Ἐάν αὐτὰς

τὰς 20 σφαίρας τὰς θέσωμεν εἰς ἓν δοχεῖον καὶ χωρὶς γὰρ βλέπομεν χωριστομέναι τὰς 10, τὸ πιθανώτερον εἶναι, ὅτι ἂν ἀπ' αὐτὰς 5 θὰ εἶναι λευκαὶ καὶ 5 μαῦραι, δυνατόν δὲ μὴ εἶναι τύχον 4 καὶ 6 ἢ καὶ ἀκόμη 3 καὶ 7. Ἄν ἔχωμεν 100 σφαίρας λευκὰς καὶ 100 μαύρας καὶ λάβωμεν τυχαίως τὰς 100 τὸ πιθανώτερον εἶναι πάλιν ὅτι θὰ εἶναι ἀπὸ αὐτὰς 50 λευκαὶ καὶ 50 μαῦραι. Δυνατὸν γὰρ εἶναι ὀλιγώτεραι ἀπὸ 50 αἱ λευκαὶ ἢ καὶ περισσότεραι, ἢ σχετικῆ δὲ ἀπόκλισις ἀπὸ τὰς 50 δὲν θὰ εἶναι τόσον μεγάλη ὅσον πρὶν εἰς τὰς 10 σφαίρας.

Ἄν ἔχωμεν 1000 σφαίρας λευκὰς καὶ 1000 μαύρας καὶ λάβωμεν πάλιν τυχαίως τὰς χίλλιας ἢ σχετικῆ πιθανῆ διαφορά τῶν λευκῶν ἀπὸ τὰς 500 θὰ εἶναι ἀκόμη μικροτέρα.

Καὶ ὅσον περισσοτέρας σφαίρας ἔχομεν, πάντοτε τόσας λευκὰς θάσας καὶ μαύρας, τόσον μεγαλητέρα εἶναι ἡ πιθανότης ὅτι ἀπὸ τὰς σφαίρας, τὰς ὁποίας τυχαίως θὰ λάβωμεν, τὸ ἥμισυ θὰ εἶναι λευκαὶ καὶ τὸ ἥμισυ μαῦραι. Καὶ ἂν ὁ ἀριθμὸς τῶν σφαιρῶν πλησιάζει τὸν ἀριθμὸν τῶν μορίων ἑνὸς σώματος, τότε ἔχομεν ὄχι πλέον πιθανότητα ἀλλὰ ἀπλύτον βεβαιότητα, ὅτι τὸ ἥμισυ τῶν σφαιρῶν τὰς ὁποίας θὰ λάβωμεν θὰ εἶναι λευκαὶ καὶ τὸ ἥμισυ μαῦραι, διότι ἡ διαφορά συγκρινομένη πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σφαιρῶν θὰ εἶναι ἐντελῶς μηδαμινή.

Καὶ τώρα, ὅτε ἐνοήσαμεν καλήτερα τὴν φύσιν τοῦ δευτέρου ἀξιώματός, ὡς ἴδωμεν πῶς συμβιβάζεται τοῦτο μὲ τὴν ὑπαρξίν φαινομένων εἰς τὸν κόσμον.

Ἡ πιθανώτερα λέξησις εἶναι ἡ ἐξῆς.

Ὁ κόσμος διατελεῖ ἀπὸ ἀπείρου χρόνου εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ θερμοῦ θανάτου. Εἰς τὸν ἀπείρου χρόνον καὶ χωρὶς ὅμως εἰς τὸν ὁποῖον ἐκτείνεται ὁ κόσμος, εἶναι δυνατόν, ὅσον ὀλίγον πιθανόν καὶ ἂν εἶναι, εἰς ἓν χρονικὸν σημεῖον καὶ εἰς ὠρισμένον μέρος τοῦ χώρου γὰρ ἔχωμεν συσώρευσιν ἐνεργείας, καὶ ἐπομένως διατάραξιν τῆς ἰσορροπίας τοῦ θερμοῦ θανάτου. Ἡ διατάραξις αὕτη τείνει ἀμέσως γὰρ ἐκλείψῃ, ἢ ὁμοιομορφία ζητεῖ γὰρ ἐπανέλθῃ καὶ ἡ ἐπάνοδος αὕτη εἶναι ἡ ἐξέλιξις ἑνὸς ἀστρικοῦ κόσμου, ὅπως π. χ. τοῦ κοσμικοῦ συστήματος εἰς τὸ ὁποῖον ἡμεῖς ἀνήκομεν.

Ἡ ζωὴ τῶν κόσμων λοιπὸν εἶναι κατὰ τὴν ὑπόθεσιν ταύτην ἀπλοῦν

ἐπεισόδιον, χρονικὸν καὶ τοπικὸν σημεῖον εἰς τὴν ὑπείρου διάρκειαν τῆς ἡρεμίας τοῦ σύμπαντος, τοῦ αἰώνιου θανάτου.

Ἄς ἀφήσωμεν ὁμῶς τὰς μεταφυσικὰς τὰς θεωρίας καὶ ἄς ἐπιβλέθωμεν πάλιν εἰς τὸ ἀσφαλές ἔδαφος τῆς θετικῆς ἐπιστήμης.

Ἐγνωρίσαμεν τὸ πρῶτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα, τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, τοῦ ὁποῖου αἰτιχαιώδης, ἀλλ' ὄχι πλήρης διατύπωσις εἶναι ὅτι τὸ ἀεικίνητον εἶναι ἀδύνατον. Τὸ ἀξίωμα τοῦτο φαίνεται ἀκλόνητον, πιθανὸν μόνον νὰ τροποποιηθῇ ἄλλῃσιν συγχανουόμενον μὲ τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς μάζης.

Ἡ κατανόησις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος εἶναι ἄλλῃσιν δυνατωτέρα, προσεπάρθησα ἐν τούτοις νὰ τὸ καταστήσω ὅσον τὸ δυνατόν σαφέστατον καὶ νὰ καταδείξω τὸν σύνδεσμον τῶν διαφόρων μορφῶν ὑπὸ τὰς ὁποίας τὸ ἀπαντῶμεν.

Αἱ κυριώτεραι διατυπώσεις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος εἶναι αἱ ἑξῆς:

Θερμότης δὲν δύναται νὰ μεταβῇ ἀφ' ἑαυτῆς ἀπὸ ψυχρότερον σῶμα εἰς θερμότερον.

Τὸ ἄεικίνητον δευτέρου εἶδους εἶναι ἀδύνατον.

Αἱ καταστάσεις τῶν συστημάτων διαδέχονται ἀλλήλας κατὰ σειράν πιθανότητος, δηλ. πιθανωτέρα κατάστασις διαδέχεται πάντοτε ἄλληλῃ ὀλιγώτερον πιθανήν.

Ἐλπίζω δὲ ὅτι κατώρθωσα νὰ καταδείξω τὴν ταυτότητα τῶν προτάσεων τούτων.

Τὸ δεύτερον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα εἶδομεν ὅτι εἶναι ἀξίωμα πιθανότητος, διὰ τὰς παρατηρήσεις ὁμῶς ἡμῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι περασμέναι ἐν χώρῳ καὶ χρόνῳ καὶ ἀναφέρονται εἰς σῶματα συγκεκριμένα ἀπὸ πημμέγιστον ἀριθμὸν στοιχείων ἢ πιθανότης εἶναι τόσοσιν μεγάλη, ὥστε ἰσοδυναμεῖ μὲ ἀπόλυτον βεβαιότητα.

Ἀπὸ τοῦτο τὰ δύο θερμοδυναμικὰ ἀξιώματα ἀποτελοῦν τὰς ἀκλόνητους βάσεις, ἐπὶ τῶν ὁποίων στηρίζεται πᾶσα περὶ τῆς φύσεως θετικῆς ἡμῶν γνῶσις.