

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)

Ε Ν Α Θ Η Ν Α Ι Σ
ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟΝ ΤΗΣ Β. ΑΥΛΗΣ Α. ΡΑΦΤΑΝΗ
1911

ΤΑ ΔΥΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΑΞΙΩΜΑΤΑ ⁽¹⁾

Ἄνυπολόγιστος εἶναι ἡ πνευματικὴ ἐργασία, τὴν ὁποίαν ἐπὶ αἰῶνας ἡ ἀνθρωπότης κατηγάλωσεν, ἐπιδιώκουσα μίαν οὐδιοπλίαν, τὴν εὐρεσίαν 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' ἄπειρον καὶ νὰ μᾶς παρέχῃ ἐργασίαν χωρὶς κανέν ἐκ μέρους μας ἀντάλλαγμα. Τὸ ἀεικίνητον θὰ εἶχε λοιπὸν διὰ τὸν εὐτυχῆ ἐφευρέτην του τὴν αὐτὴν σημασίαν, τὴν ὁποίαν διὰ τὸν ἀλχημιστὴν ἡ εὐρεσίς τῆς φιλοσοφικῆς λίθου, ἥτις θὰ μετέτρεπε τὰ ἀγενῆ μέταλλα εἰς χρυσόν, διότι καὶ ἡ ἐργασία χρυσοῦς εἶναι. Δυστυχῶς ὅλαι 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 καὶ ἐκεῖ παρουσιάζονται μόνον ἀκόμη τινὰ κρούσματα εὐρέσεως τοῦ ἀεικινήτου, ἰδίως εἰς νεαροὺς 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 ἀποπείρας τῆς εὐρέσεως τοῦ ἀεικινήτου ἔμεινεν εἰς τὴν φυσικὴν ἐπιστήμην ἓν μέγα κέρδος, ὁ θεμελιώδης νόμος τῆς ἀφθαρσίας τῆς ἐνεργείας.

Τί εἶναι ὁμως ἐνέργεια;

Ἐποθέσωμεν ὅτι ἀνυψώνομεν βαρὺ τι σῶμα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς εἰς τι ὕψος. Πρὸς τοῦτο θὰ χρειασθῆ νὰ καταβάλωμεν προσπά-

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

θειαν, ἢ 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 τινα ἐναποταμιευμένην ἐν ἑαυτῷ τὴν ἐργασίαν, τὴν ὁποίαν ἐξετελέσαμεν, καὶ δύναται εἰς πᾶσαν στιγμήν νὰ μᾶς τὴν ἀποδώσῃ ὁλόκληρον. Δυνάμεθα π. χ. νὰ τὸ συνδέσωμεν τῇ βοηθείᾳ τροχαλίας μὲ ἐν ἄλλο ἴσον βάρος καὶ ἀφήνοντες αὐτὸ νὰ κατέλθῃ ἀναβιβάζομεν εἰς τὸ ἴδιον ὕψος τὸ δεύτερον βάρος μὲ ἐλαχίστην προσπάθειαν, καὶ μάλιστα τόσον ὀλιγωτέραν, ὅσον τελειότερα εἶναι ἡ τροχαλία, δηλ. ὅσον ὀλιγωτέραν τριβὴν ἔχει. Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ κινήσωμεν μὲ τὸ πίπτον βάρος μίαν ἠλεκτρικὴν μηχανὴν 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 ἀννυψώσωμεν βάρος. Παρατηροῦμεν λοιπόν, ὅτι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἅπαξ ἐξετελέσαμεν λαμβάνει διαφόρους μορφὰς καὶ τέλος δύναται, ἀφ' οὗ διατρέξῃ κύκλον τινα μεταβολῶν, νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν του μορφήν.

Οὕτω τὸ βαρὺ σῶμα τὸ ὁποῖον ἀννυψώσαμεν μεταχειριζόμεθα διὰ νὰ κινήσωμεν ἠλεκτρομηχανὴν καὶ παραγάγωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μὲ τὸ ρεῦμα αὐτὸ κινούμεν ἠλεκτροκινητήρα καὶ μὲ αὐτὸν πάλιν ἀννυψώσωμεν βάρος ἴσον πρὸς τὸ πρῶτον εἰς ὠρισμένον ὕψος. Τὸ ὕψος ὁμῶς τοῦτο εἶναι κατώτερον πάντοτε, καθὼς ἡ πείρα δεικνύει, ἀπὸ τὸ ὕψος ἐκ τοῦ ὁποίου ἐκινήθη τὸ πρῶτον σῶμα· ἀλλ' ὅσον αἱ μηχαναὶ μας εἶναι τελειότεραι, τόσον τὸ ὕψος τοῦτο πλησιάζει πρὸς τὸ ἀρχικόν· οὕτως ἀγόμεθα εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἂν εἴχομεν ἰδανικῶς τελείας μηχανὰς τὸ τελικὸν ἔργον θὰ ἦτο ἀκριβῶς ἴσον πρὸς τὸ ἀρχικόν. Παρατηροῦμεν δηλ. ὅτι καθ' ὅλας τὰς μεταβολὰς κατὰ τι μένει ἀφθαρτον καὶ ἀμετάβλητον ὑπὸ ἔποψιν 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 μηχανὰς ἀναγκάσωμεν ποσόν τι ἐνεργείας ὑπὸ μίαν ὠρισμένην μορφήν νὰ διατρέξῃ κύκλον μεταβολῶν καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ

εἰς 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, διατὶ δηλ. μία μηχανὴ ἀποδίδει πάντοτε ὀλιγωτέραν ἐνέργειαν, ἢ ἔργον, ἀπὸ ὅσον τῆς προσφέρομεν. Αἰτία τούτου εἶναι ἡ τριβὴ καὶ ἡ κατὰ ταύτην ἀναπτυσσομένη θερμότης.

Θεωρήσωμεν ἐν ἀπλοῦν παράδειγμα. Ἄς ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ βαρὺ σῶμα τὸ ὁποῖον πρὸ ὀλίγου ἀννῳάσαμεν. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο συνδέσωμεν μὲ κατάλληλον μηχανήν, μᾶς ἀποδίδει κατὰ τὴν πτώσιν του μέρος τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον κατὰ τὴν ἀνύψωσιν ἐξετελέσαμεν, τὸ δὲ μέρος τοῦτο τόσῳ περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὸ ὅλον, ὅσῳ τελειότερα εἶναι ἡ μηχανή. Ἄν ὅμως 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 ὁ ὁποῖος παράγεται καὶ μιᾶς ἄλλης μικρᾶς κινήσεως τοῦ ἀέρος· τοῦτο ὅμως 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 ἡ ὁποία φαινομενικῶς ἐξηφανίσθη, παρουσιάσθη ποσὸν τι θερμότητος. Αἱ μετρήσεις δὲ τοῦ Joule πρώτου καὶ πολλῶν ἄλλων μετὰ ταῦτα ἔδειξαν ὅτι, ἂν ὀρισμένον ποσὸν ἐνεργείας, κατὰ οἰονδήποτε τρόπον, μεταβληθῇ εἰς θερμότητα, πάντοτε τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος παράγεται. Μὲ πλήρη βεβαιότητα δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν 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 τι ὅπερ ὀνομάζομεν ἐνέργειαν, δύναται νὰ παρουσιασθῇ ὑπὸ διαφόρους μορφάς, ἀπὸ τὰς ὁποίας θὰ ἀναφέρωμεν τὰς κυριώτερας.

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

σώματος. Ἐνεκα τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως, ἣ ὁποία ἐνεργεῖ μεταξὺ τῆς γῆς καὶ τοῦ σώματος, ἀπητήθη ἐργασία διὰ τὰ ἀπομακρυνθῆναι τὸ σῶμα ἀπὸ τῆν γῆν. Τὸ ἔργον τοῦτο μένει τώρα ἐναποταμιευμένον εἰς τὸ σύστημα τῆς γῆς καὶ τοῦ σώματος καὶ δυνάμεθα εἰς πᾶσαν στιγμήν νὰ τὸ ἀνακτήσωμεν, ἂν ἀφήσωμεν τὸ σύστημα νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν κατάστασιν, ἂν δηλ. ἀφήσωμεν τὸ σῶμα νὰ πέσῃ καὶ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν πρώτην θέσιν. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς ἐνεργείας εἶναι λοιπὸν ἐντελῶς ὅμοιον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν ἀποταμιεύομεν διὰ παραμορφώσωμεν ἑλαστικὸν σῶμα, ὅταν π. χ. χορδίζωμεν ὠρολόγιον. Τὸ ἑλατήριον τοῦ ὠρολογίου, ἐνῶ ἐπιστρέφει εἰς τὴν ἀρχικὴν του μορφήν, μᾶς ἀποδίδει τὸ ἀρχικὸν ἔργον ὑπὸ μορφήν κινήσεως τῶν τροχῶν καὶ ἤχου, ὁ ὁποῖος 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 νὰ ἐξηγήσωμεν.

Ἄν ἀφήσωμεν ἐν σῶμα νὰ πέσῃ ἀπὸ τινος ὕψους, παρατηροῦμεν ὅτι ὅσον τοῦτο πλησιάζει πρὸς τὴν γῆν ἢ ταχύτης του ἀξάνεται, συγχρότως ὁμως ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια ἑλαττοῦται διότι αὐτὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ὕψος τοῦ σώματος ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους. Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι ὅταν ἐν σῶμα κινεῖται ἔχει ἐνέργειαν, καὶ μάλιστα ἡ ἐνέργεια εἶναι τόσο μεγαλητέρα ὅσο μεγαλητέρα εἶναι ἡ ταχύτης καὶ ἡ μᾶζα τοῦ σώματος. Ἀκριβέτερον ἡ ἐνέργεια εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος καὶ πρὸς τὴν μᾶζαν. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς ἐνεργείας ὀνομάζομεν κινητικὴν ἐνέργειαν.

Ἐπίσης πᾶν σῶμα ἠλεκτρισμένον ἢ μαγνητισμένον, ἐγκλείει ἐνέργειαν, οὗτω δ' ἔχομεν διάφορα εἶδη ἠλεκτρικῆς καὶ μαγνητικῆς ἐνεργείας.

Σπουδαιότατη μορφή τῆς ἐνεργείας εἶναι ἡ χημικὴ ἐνέργεια. Σύστημα σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν τάσιν νὰ ἐνωθοῦν χημικῶς, ἢ σῶμα πολυσύνθετον, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ ἀποσυντεθῆ, ἐγκλείουν κολοσσιαῖα ποσὰ ἐνεργείας. Διὰ νὰ ἀποσυνθέσωμεν τὸ διοξειδίον τοῦ ἀνθρακος χρειάζεται νὰ καταναλώσωμεν ἐνέργειαν, ἢ ὁποία μένει ἐναποταμιευμένη εἰς τὸ σύστημα τὸ ἀποτελούμενον ἀπὸ τὸν ἀνθρακα καὶ τὸ ὀξυγόνον. Τοιοῦτοτρόπως τὰ φυτὰ διὰ τῆς χλωροφύλλης χρησιμοποιοῦν

τὴν ἡλιακὴν ἀκτινοβολίαν διὰ τὴν λειτουργίαν τῆς ἀφομοιώσεως, τῆς ὁποίας κύριον σιάδιον εἶναι ὁ ἀποχωρισμὸς τοῦ ἄνθρακος καὶ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος τῆς ἀτμοσφαιρας. Ὁ ἄνθραξ ἐναποτίθεται εἰς τὸ φυτὸν ὑπὸ μορφὴν διαφόρων ἐνώσεων, ἡ δὲ καταναλωθεῖσα ἐνέργεια ἀποδίδεται ὅταν αἱ εἰώσεις αὐταὶ ὑποστῶσι καῦσιν, ὅταν δηλ. ὁ ἄνθραξ ἐνωθῇ πάλιν μὲ τὸ ὀξυγόνον τῆς ἀτμοσφαιρας πρὸς παραγωγὴν διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος, καὶ δὴ ἀποδίδεται κυρίως ὑπὸ μορφὴν θερμότητος.

Ἐντελῶς ἀνάλογος εἶναι ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἐγκλείει ἡ πυρίτις. Ἡ πυρίτις ἀποτελεῖται ἀπὸ θείου, ἄνθρακα καὶ νίτρου τὰ ὁποῖα τείνουσιν νὰ λάβουν μίαν ἄλλην χημικὴν μορφὴν, μένουσιν ὁμως ἐπὶ πολλὴν καιρὸν εἰς τὴν κατάστασιν ταύτην τῆς ἀσιαθοῦς ἰσορροπίας, ἕως ὅτου διὰ τῆς θερμότητος, δι' ἐνὸς σπινθῆρος, δάσωμεν μίαν ὄθησιν. Τὸ σύστημα τότε μεταπίπτει εἰς ἄλλην εὐσταθεστέραν μορφὴν, ἀποδίδει δὲ κατὰ τὴν μεταβολὴν ταύτην μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν εἶχεν ἐναποταμειμένην. Τὴν πυρίτιδα δυνάμεθα νὰ παρομοιώσωμεν μὲ βαρὺ σῶμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκειται εἰς κεκλιμένον ἐπίπεδον, συγκρατεῖται δὲ ἀπὸ λεπτὴν κλωστήν. Ἄν κόψωμεν τὸ νῆμα τὸ σῶμα πίπτει πρὸς τὰ κάτω ἕως ὅτου ἐλθῇ εἰς θέσιν εὐσταθοῦς ἰσορροπίας, δηλ. εἰς ἐπίπεδον μέρος, συγχρόνως δὲ κατὰ τὴν κατάβασιν δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον τὸ ὁποῖον οὔτε κἂν συγκρίνεται πρὸς τὴν μικρὰν προσπάθειαν, 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 ἀποταμειμένη 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 ἐν μέρος τῆς ἀποταμειμένης ἐνεργείας.

Ἐπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας προσλαμβάνουσι καὶ ὅλα τὰ ζῶα τὴν ἐνέργειαν ἡ ὁποία χρειάζεται διὰ τὴν διατήρησιν τῆς ζωῆς. Πηγὴ πάσης κινήσεως τῶν ζῴων εἶναι ἡ καῦσις τῶν τροφῶν ἐντὸς τοῦ σώματος, ἡ δὲ ἐνέργεια, ἡ ὁποία κατὰ τὴν καῦσιν 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 πρόπει νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν διὰ νὰ τὴν διατηρήσωμεν ἐπὶ πολλὸν 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 σουσκεναὶ αἱ ὁποῖαι ἀποταμιεύουν καὶ διαφυλάττουν χημικὴν ἐνέργειαν καὶ δύνανται νὰ μᾶς τὴν ἀποδώσουν εἰς δοθεῖσαν στιγμήν ὑπὸ ἠλεκτρικὴν μορφήν.

Ἄν ἐξετάσωμεν μὲ προσοχὴν τὰ περὶ ἡμᾶς φαινόμενα, θὰ εὕρωμεν ὅτι κυρία 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' ἄρχὰς ὅτι ἐκινδύνευε τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, διότι γνωστὸν εἶναι ὅτι τὰ ἄλατα 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 φεωρίας 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 κινητικὴν, πιθανώτατα δὲ καὶ ὑπὸ ἄλλας μορφάς. Ἄν τὸ ἄτομον διασπασθῇ, μέρος τῆς πρὶν λανθανούσης ἐνεργείας ἐμφανίζεται καὶ γίνεται αἰσθητόν, συγχρόνως δὲ νέα χημικὰ στοιχεῖα παράγονται ἀπὸ τὸ ἀρχικόν.

Ἀνακεφαλαιώσωμεν τώρα ὅσα μέχρι τοῦδε εἶπομεν :

Ἐπάρχει τι εἰς τὴν φύσιν τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια δύναται νὰ παρουσιασθῇ ὑπὸ ποικιλιότητας 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 διαφορῶν 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 γνῶσιν τοῦ νόμου τούτου δὲν ἀποκλείεται. Ὅχι βεβαίως ἀεικινήτου ὑπὸ τὴν κυρίαν σημασίαν τῆς λέξεως, ἀλλὰ μηχανῆς, ἣ ὁποία θὰ ἠδύνατο οἰονδήποτε ποσὸν θερμότητος νὰ μεταβάλλῃ εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, π. χ. κινητικὴν ἢ ἠλεκτρικὴν.

Ἄν ἦτο δυνατὸν νὰ εὐρεθῆ μηχανή, ἣ ὁποία νὰ μεταβάλλῃ τὴν κολοσοσίαν ποσότητα τῆς θερμότητος, ἥτις εἶναι ἐναποταμιευμένη εἰς τὰς θαλάσσας, εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἠλεκτρικὴν π. χ., ἢ 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. Δυστυχῶς καὶ αὐτὸ τὸ ψευδοαεικίνητον, τὸ ἀεικίνητον δευτέρου εἴδους, καθὼς ἐπεκράτησε νὰ ὀνομάζεται, ἀπεδείχθη ἀδύνατον. Καὶ ἀπὸ τοῦτο ὁμως τὸ ἀρηνητικὸν ἀποτέλεσμα προέκυψε πάλιν ἐν μέγα θετικὸν κέρδος, ἣ γνῶσις 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 διαφορῶν μεταβολὰς τῆς ἐνεργείας, τὸ δευτέρον ἀξίωμα μᾶς δίδει τὴν διεύθυνσιν τῶν φαινομένων.

Τὸ πρῶτον ἀξίωμα μᾶς λέγει ὅτι ποσὸν A ἐνεργείας μᾶς ὠρισμένης μορφῆς δύναται νὰ μεταβληθῆ εἰς ἀντίστοιχον B μῆς δευτέρας μορφῆς, καὶ τὰνἀπαλιν ⁽¹⁾. Τὸ δευτέρον ἀξίωμα μᾶς λέγει πότε ἢ πρώτη μορφή μεταβάλλεται εἰς τὴν δευτέραν καὶ πότε ἢ δευτέρα εἰς τὴν πρώτην.

Ἡ διατύπωσις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος εἶναι τόσῳ διάφορος εἰς τὰ

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

διάφορα συγγράμματα, ὥστε εἶναι ἀδύνατον εἰς ἓνα ὁ ὁποῖος δὲν ἐμελέτησε μὲ μεγάλην προσοχὴν τὴν θερμοδυναμικὴν, νὰ ἀναγνωρίσῃ τὸ αὐτὸ ἀξίωμα ὑπὸ τὰς διαφόρους μορφάς 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 πολὺπλοκα μέσα κατορθῶνομεν νὰ προκαλέσωμεν. Ἡ εἰς θερμότητα π. χ. μεταβολὴ τῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἔχει ἓν σῶμα κινούμενον, 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 πολὺπλοκοι μηχαναί, τὰς ὁποίας ὁ ἄνθρωπος ἐσχάτως μόνον κατεσκεύασε. Ἄλλο παράδειγμα ἔχομεν τὴν μετάβασιν τῆς θερμότητος ἀπὸ ἓν σῶμα εἰς ἄλλο. Ἄν ἔχωμεν δύο σώματα εἰς διάφορον θερμοκρασίαν ἀρκεῖ νὰ τὰ θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν διὰ νὰ μεταβῇ θερμότης ἀπὸ τὸ θερμότερον εἰς τὸ ψυχρότερον. Ἄν ὅμως θέλωμεν τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον νὰ προκαλέσωμεν, νὰ μεταφέρωμεν 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 εὐκόλου εἶδους.

Πρέπει λοιπὸν νὰ διακρίνωμεν τὰ φαινόμενα ἐν γένει εἰς δύο μεγάλας 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 μεταβολαὶ 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 μορφῆς B , χωρὶς τὸ φαινόμενον τοῦτο νὰ συνοδεύεται ἀπὸ ἄλλην τινὰ μεταβολὴν εἰς τὸν κόσμον, ἐν ᾧ ἢ ἐνέργεια B δὲν δύναται νὰ μεταβληθῇ εἰς τὴν A χωρὶς ἀντιεπιτάξιμα. Βεβαίως λοιπὸν τὴν μορφὴν A θὰ θεω-

ρήσωμεν πολυτιμότεραν τῆς μορφῆς B, διότι τὴν μὲν A πᾶσαν συγμῆν δυνάμεθα νὰ μεταβάλωμεν εἰς τὴν B, ὄχι ὁμως καὶ ἀντιστρόφως.

Ἡ πολυτιμωτάτη μορφή ἐνεργείας εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια. Διότι αὕτη μὲ τὴν βοήθειαν συσκευῶν καὶ μηχανῶν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἀπλῶν μεταβάλλεται χωρὶς κανὲν ἀντιστάθμισμα εἰς ἄλλας μορφάς, π. χ. θερμότητα ἢ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἐξ ἴσου σχεδὸν πρὸς τὴν κινητικὴν πολυτιμος εἶναι καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, διότι καὶ αὕτη εὐκόλως μεταβάλλεται εἰς κινητικὴν, χημικὴν, θερμικὴν ἐνέργειαν.

Προκειμένου περὶ 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 ἐναποταμιευμένον, εὐρίσκεται 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 μετάβασιν ἐνὸς ποσοῦ θερμότητος ἀπὸ τὸ θερμὸν εἰς τὸ ψυχρὸν σῶμα δυνάμεθα νὰ μεταχειρισθῶμεν ὡς ἀντιστάθμισμα διὰ νὰ προκαλέσωμεν φαινόμενον τοῦ ἄλλου δυσκόλου εἴδους, διὰ νὰ μεταβάλωμεν π. χ. ἐν ἀντίστοιχον ποσὸν θερμότητος εἰς τὴν πολυτιμότεραν μορφήν τῆς κινητικῆς ἐνεργείας. Αὕτη εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν θερμικῶν μηχανῶν.

Εἰς τὴν ἀτμομηχανὴν ἔχομεν ἐν θερμὸν σῶμα, τὸν λέβητα, καὶ ἐν ψυχρὸν, τὸν ψυκτῆρα, ἢ καὶ τὸν ἕξω 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 ὑπαρξὶς 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 ὄρισμένου ποσοῦ θερμότητος ἀπὸ τὸν λέβητα εἰς τὸν ψυκτῆρα εἶναι μεγαλύτερον καὶ ἐπομένως τόσῳ μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος δύναται νὰ μεταβληθῇ εἰς ἐνέργειαν κινητικὴν. Μὲ ἄλλους λόγους τόσον ἢ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς, τὸ μέρος δηλ. τῆς καταναλισκομένης θερμότητος τὸ ὁποῖον μεταβάλλεται εἰς τὴν χρήσιμον κινητικὴν ἐνέργειαν, εἶναι μεγαλύτερον, τόσον ἢ μηχανὴ ἐργάζεται οἰκονομικώτερα. Διὰ τοῦτο οἰκονομικώ-

ταται ἀτμομηχαναὶ εἶναι αἱ μηχαναὶ ὑψηλῆς πίεσεως μὲ ψυκτῆρα.

Βλέπομεν λοιπὸν τώρα διατὶ τὸ ἀεικίνητον δευτέρου εἴδους εἶναι ἀδύνατον. Ἡ θερμότης δὲν δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν, ἂν συγχρόνως ἀνάλογον ποσὸν θερμότητος δὲν μεταβῇ ἀπὸ ἓν σῶμα θερμότερον εἰς ἄλλο ψυχρότερον. Ἡ θερμότης τῆς θαλάσσης εἶναι ἐπομένως ἐντελῶς ἄχρηστος ἐν ὅσῳ δὲν ἔχομεν ἄλλο σῶμα ἐξ ἴσου μεγάλης θερμοχωρητικότητος καὶ ψυχρότερον τῆς θαλάσσης.

Τὸ συμπέρασμα εἶναι ὅτι ἐν εἶδος ἐνεργείας εὐκολώτατα μεταβάλλεται εἰς ἄλλο ὀλιγότερον πολυτίμον εἶδος· ἂν ὁμως θέλωμεν νὰ τὸ μεταβάλωμεν εἰς πολυτιμότερον εἶδος· πρέπει νὰ δώσωμεν ἀντίστοιχον ἀντάλλαγμα, νὰ ἀφήσωμεν δηλ. ἀνάλογον ποσὸν ἐνεργείας τοῦ αὐτοῦ ἢ ἄλλου εἴδους νὰ μεταβληθῇ εἰς ὀλιγότερον πολυτίμον ἐνέργειαν.

Ἄν εἴχομεν ἰδανικῶς τελείας μηχανὰς τὸ ἀντάλλαγμα θὰ ἦτο ἴσον μὲ τὸ κέρδος, ἐπομένως ἡ μηχανὴ θὰ ἦτο ἀντιστρέπτῃ, δηλ. ἂν ἀφήνομεν αὐτὴν νὰ ἐργασθῇ 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 μείνῃ εἰς τὸν κόσμον. Ὅσον τελεία ὁμως καὶ ἂν εἶναι μηχανή τις, γνωρίζομεν ὅτι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποφύγωμεν τὰς τριβάς, οὔτε τὴν θερμοκίνητην ἀγωγιμότητα, καὶ ἐπομένως πάντοτε ἐν μέρος τῆς πολυτίμου κινητικῆς ἐνεργείας, μεταβάλλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἐσχάτου εἴδους, 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 πολυτιμοτέρου εἴδους μεταβάλλεται εἰς ἐνέργειαν ὀλιγότερον πολυτίμον.

Διαρκῶς λοιπὸν, ἐν ᾧ κατὰ τὸ πρῶτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα τὸ ὀλικὸν ποσὸν τῆς ἐνεργείας μένει ἀμετάβλητον, τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας ἢ ὅπῃα δύναται νὰ μεταβληθῇ εἰς ἄλλας μορφὰς ἐλαττοῦται καὶ θὰ ἔλθῃ οὔτω σιγμῇ κατὰ τὴν ὁποίαν ὅλη ἢ ἐν τῷ κόσμῳ ἐνέργεια θὰ μεταβληθῇ εἰς θερμότητα, καὶ μάλιστα θερμότητα τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας. Τότε δὲν θὰ εἶναι δυνατὸν νὰ λάβῃ καμμία πλέον μεταβολὴ καὶ κανὲν γαινόμενον εἰς τὸν κόσμον, ὁ κόσμος θὰ εἶναι νεκρὸς· θὰ ἔχομεν

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

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἔχει μερίστην σημασίαν ὄχι πλέον διὰ τὴν φυσικὴν ἐπιστήμην μόνον, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ πολλῶν γενικωτέρας ἀπόψεως.

Καὶ πράγματι ἂν τὸ δεύτερον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα ἰσχύη μὲ ὅλα τὰ πορίσματα αὐτοῦ, βεβαίως ὁ κόσμος θὰ ἔχη τὸ θερμικὸν τέλος, τὸ ὁποῖον ἀναφέραμεν. Γεγῆται ὅμως τὸ ζήτημα κατὰ πόσον δικαιούμεθα 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, πρῶγμα τὸ ὁποῖον διόλου δὲν συμβιβάζεται μὲ τὴν εἰκόνα τὴν ὁποίαν συνειδίσαμεν νὰ ἔχωμεν τοῦ κόσμου ὡς ἀνάρχον καὶ αἰώνιον.

Δὲν εἶναι δὲ αὐτὴ 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 τόσοσιν λεπτοί, ὥστε διαφεύγουν τὴν παρατήρησιν μόνον δὲ τὰ δλοκληρωτικὰ ἀποτελέσματα αὐτῶν εἶναι ἀντιληπτὰ εἰς τὰ αἰσθητήρια καὶ τὰ ὄργανά μας. Καὶ τὴν παραγωγὴν τῆς θερμότητος διὰ τριβῆς τὴν ἐξηγοῦμεν διὰ τοιούτων μηχανισμῶν, γνωστὸν δὲ εἶναι ὅτι ἡ κίνησις τοιούτων μηχανισμῶν ἀκολουθούτων τοὺς νόμους τῆς θεωρητικῆς μηχανικῆς εἶναι τελείως ἀντιστρεπτή. Ἀγόμεθα λοιπὸν εἰς τὴν ἐξῆς ἀντίφασιν. Ὅλα τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν εἰς τὸν ἔξω κόσμον εἶναι τὰ δλοκληρωτικὰ ἀποτελέσματα πλήθους φαινομένων, τῶν ὁποίων τὰ καθέκαστα εἶναι ἀπρόσιτα εἰς τὰ αἰσθητήριά μας. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ φαινόμενα εἶναι τελείως ἀντιστρεπτά καὶ ὁμως κανὲν ἀπὸ τὰ φυσικὰ φαινόμενα δὲν εἶναι ἀντιστρεπτόν, διότι εἶδόμεν ὅτι κάθε φαινόμενον συνοδεύεται ἀπὸ τριβᾶς κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἥττον 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 ὁποῖα κατὰ τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν ἀποτελεῖται πᾶν σῶμα, κίνησις ἄτακτος 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 κινήσις ἐνέργεια εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν καὶ τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος τοῦ κινουμένου σώματος, ἐκείνο τὸ ὁποῖον ἀντιλαμβανόμεθα, π. χ. διὰ τοῦ θερμομέτρου, εἶναι ὁ μέσος ὄρος τοῦ γινόμενου τούτου τῆς μάξης ἐπὶ τὸ τετράγωνον 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 παραιρήσωμεν, ἀλλ' ἐπειδὴ τὸ πλῆθος τῶν μορίων ἐνὸς σώματος εἶναι πολὺ μέγα, ἐφαρμόζομεν εἰς αὐτὸ τοὺς νόμους τῆς πιθανότητος, καὶ παραδεχόμεθα ὅτι ἀπὸ ὅλας τὰς δυνατὰς διατάξεις τῆς ταχύτητος ἡ πιθανωτέρα εἶναι ἐκείνη ἡ ὁποία καὶ πράγματι ὑφίσταται, καὶ ἀγόμεθα οὕτω εἰς τὸν περίφημον νόμον τοῦ Maxwell. Ἡ εὐρεια τῆς πιθανωτέρας διατάξεως εἶναι ἀκριβῶς ἐν ἀπὸ τὰ σπουδαιότατα προβλήματα τῶν σιαιτιστικῶν θεωριῶν καὶ ἀνάγεται εἰς τὸν λογισμὸν τῶν πιθανοτήτων. Ἐννοεῖται ὅτι ὅλη ἡ θερμοκίνη ἐνέργεια τῶν σωμάτων δὲν εἶναι ταύτης τῆς μορφῆς· μέρος αὐτῆς ὑφίσταται ὑπὸ μορφήν κινήσεως τῶν ἀτόμων, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ μόριον καὶ ἄλλων ἐνδομοριακῶν κινήσεων. Τὸ θερμόμετρον μᾶς δεικνύει μόνον τὸ πρῶτον μέρος τῆς θερμοκίνη ἐνεργείας καὶ βλέπομεν ἀμέσως ὅτι ἐπειδὴ ὁ λόγος τοῦ πρώτου μέρους, τῆς μοριακῆς κινήσις ἐνεργείας, πρὸς τὸ δεύτερον, τὴν ἐνδομοριακὴν ἐνέργειαν, ποικίλλει εἰς τὰ διάφορα σώματα, τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος θὰ ἐπιφέρει 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 τι, ἔχει λοιπὸν ἐναποταμιευμένην ἐνέργειαν, δυναμικὴν ἐνέργειαν, (κυρίως καθὼς εἶδομεν ἡ ἐνέργεια εἶναι ἐναποταμιευμένη εἰς τὸ σύστημα τοῦ σώματος καὶ τῆς γῆς, ἀλλὰ διὰ τὴν ἀπλοποίησιν τῆς ἐκφράσεως 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 ποσὸν κινητικῆς ἐνεργείας. Ἐὰν ἐξετάσωμεν μὲ ὀλίγην προσοχὴν τὴν διάταξιν τῆς κινητικῆς ἐνεργείας, ἢ ὅποια τὴν πρῶτα προσειεῖθη εἰς τὸ σῶμα, θὰ εὐρωμεν ὅτι εἶναι πάρα πολὺ ἀπίθανος. Διότι ἡ ταχύτης ὄλων τῶν πολυπληθῶν μορίων τοῦ σώματος εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ ἔχει καὶ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν, ἢ ταχύτης ἐννοεῖται ἢ ὅποια ἀναλογεῖ εἰς τὴν κινητικὴν ἐνεργείαν, διότι ἐκτὸς ταύτης τὰ μόρια ἔχουν καὶ τὴν θερμοκίνησιν τῶν κινήσεων, τὴν ὁποίαν εἶχον καὶ πρὶν ἀκόμη τὸ σῶμα ἀρχίσῃ νὰ κινήται. Βεβαίως ἀπιθανωτέρα διάταξις τῶν ταχυτήτων δὲν δύναται νὰ νοηθῇ.

Ἐὰν ἀναγκάσωμεν τὸ σῶμα ἐνῶ πίπτει νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον, ἢ δυναμικὴ αὐτοῦ ἐνεργεία μεταβάλλεται εἰς τὸ ἔργον ἐκεῖνο, 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 κινητικὴν ἐνεργείαν, δηλ. τὴν θερμοκίνησιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ εἰς τὴν ὑψηλοτέραν θέσιν.

Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα πέσῃ ἐλευθέρως, ἢ ταχύτης αὐτοῦ ἀυξάνει διαρκῶς, ὅταν δὲ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, δὲν δύναται πλέον νὰ ἐξακολουθήσῃ κινούμενον ὡς ὄλον. Ἡ ἐνεργεία ὅμως τῆς κινήσεως δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ χαθῇ· θὰ ἀρχίσουν λοιπὸν τὰ μόρια τοῦ σώματος νὰ συγκρούωνται πρὸς ἄλληλα καὶ πρὸς τὰ μόρια τοῦ ἐδάφους καὶ ἡ πρὶν ὁμοιόμορφος κίνησις θὰ γίνῃ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἄτακτος, ἐν ᾧ ἐν μέρος αὐτῆς μεταβαίνει καὶ εἰς τὰ μόρια τοῦ ἐδάφους, ἕως ὅτου φθάσῃ τέλος εἰς τὸν μέγιστον βαθμὸν τῆς ἀταξίας, λάβῃ δηλ. τὴν πιθανωτάτην διάταξιν συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Maxwell. Τότε ὅλη ἡ ὁρατὴ κινητικὴ ἐνεργεία ἔχει μεταβληθῆ εἰς θερμοκίνησιν.

Βλέπομεν τὴν πρῶτα εὐκόλως διατί, ἂν καὶ τὰ στοιχειώδη φαινόμενα τὰ ὁποῖα ἔχομεν, αἱ προσκρούσεις τῶν μορίων, εἶναι τελείως ἀντιστρέπτα, τὸ ὁλοκληρωτικὸν ὅμως φαινόμενον, ἢ μεταβολὴ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμοκίνησιν, δὲν εἶναι ἀντιστρέπτον. Ἡ ὁμοιόμορφος κίνησις τῶν μορίων μὲ τὴν παραμικρὰν ἀφορμὴν μεταβάλλεται ἕνεκα τῶν συγκρούσεων τῶν μορίων εἰς ἄτακτον, εἶναι ὅμως πολὺ ἀπίθανον ὅτι ἕνεκα ἀκριβῶς αὐτῶν τῶν ἰδίων συγκρούσεων εἶναι δυνατὸν μία ἀρχικῶς ἄτακτος κίνησις 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 πλήθος

ἀνθρώπων εἰς τακτικὴν σειρὰν πορείας χρειάζεται κόπος πολὺς, ἀρκεῖ δὲ νὰ παρουσιασθῇ εἰς τὸν δρόμον ἐν ἐμπόδιον καὶ νὰ παύσῃ διὰ μίαν στιγμὴν ἢ ἐπίβλεψις τοῦ ἀρχηγοῦ, καὶ ἢ ὁμοίομορφος πορεία μεταβάλλεται εἰς ἄτακτον καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις κινήσῃ.

Ἐπειδὴ θεωρήσωμεν ἀκόμη τὸ φαινόμενον τῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος. Τὸ σῶμα *A* εἶναι θερμότερον τοῦ σώματος *B*. Εἰξεύρομεν πλέον ὅτι αὐτὸ σημαίνει, ὅτι ἡ μέση κινητικὴ ἐνέργεια τῶν μορίων τοῦ *A* εἶναι μεγαλύτερα τῆς μέσης ἐνεργείας τῶν μορίων τοῦ *B*. Ἐάν θέσωμεν τὰ δύο σώματα εἰς ἐπαφήν, τὰ συνορεύοντα 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*, μὲ ἄλλους λόγους ἢ ὅλην κινητικὴν μοριακὴν ἐνέργειαν τείνει νὰ διαμοιρασθῇ ὁμοιομερῶς κατὰ μέσον ὄρον εἰς ὁλόκληρον τὸ σύστημα *AB*, ἤτοι τὰ δύο σώματα τείνουν νὰ λάβουν τὴν ἴδιαν θερμοκρασίαν. Τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον εἶναι πολὺ ἀπίθανον. Ἐάν ἔχωμεν ἐν σῶμα μὲ ὁμοιομερῆ θερμοκρασίαν, εἰς τὸ ὁποῖον δηλ. ὁ μέσος ὄρος τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τῶν μορίων εἶναι παντοῦ ὁ ἴδιος, εἶναι πολὺ ἀπίθανον, ὅτι ἕνεκα τῶν συγκρούσεων τῶν μορίων ἢ ἐνέργεια θὰ συγκεντρωθῇ εἰς ἐν μέρος τοῦ σώματος ὥστε ἐκεῖ μὲν νὰ ὑψωθῇ ἢ θερμοκρασία, εἰς τὰ ἄλλα δὲ μέρη νὰ κατέλθῃ. Ἀκόμη δὲ ἀπιθανότερον εἶναι νὰ μεταβῇ θερμοότης ἀπὸ ψυχρότερον σῶμα εἰς θερμότερον. Ἐννοεῖται δὲν ἀποκλείεται τὸ νὰ ἔχωμεν διὰ μίαν στιγμὴν τοπικὴν συγκέντρωσιν τῆς ἐνεργείας καὶ ἀπόκλισιν ἀπὸ τὴν ὁμοίομορφον διανομήν, ἀλλὰ ἁμέσως ἕνεκα τῶν συγκρούσεων ἢ ἀρχικὴ ἀταξία καὶ ὁμοιομορφία ἐπανέρχεται, καὶ ἡ παρέκκλισις αὕτη διαφεύγει τὴν παρατήρησίν μας.

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

τάς 20 σφαίρας τὰς θέσωμεν εἰς ἓν δοχεῖον καὶ χωρὶς νὰ βλέπωμεν χωρίσωμεν τὰς 10, τὸ πιθανώτερον εἶναι, ὅτι ἀπ' αὐτὰς 5 θὰ εἶναι λευκαὶ καὶ 5 μαῦραι, δυνατὸν ὅμως νὰ τύχουν 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 νὰ εἶναι ὀλιγότεραι ἀπὸ 50 αἱ λευκαὶ ἢ καὶ περισσότεραι, ἢ σχετικῆ ὅμως 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 χιλίας ἢ σχετικῆ πιθανῆ διαφορά τῶν λευκῶν ἀπὸ τὰς 500 θὰ εἶναι ἀκόμη μικροτέρα.

Καὶ ὅσον περισσοτέρας σφαίρας ἔχομεν, πάντοτε τόσας λευκὰς ὄσας 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 ἐνὸς σώματος, τότε ἔχομεν ὄχι πλέον πιθανότητα ἀλλὰ ἀπόλυτον 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 ἀξιωματος, ἃς ἴδωμεν πῶς συμβιβάζεται τοῦτο μὲ τὴν ὑπαρξιν φαινομένων εἰς τὸν κόσμον.

*Ἡ πιθανωτέρα ἐξήγησις εἶναι ἡ ἐξῆς.

Ὁ κόσμος διατελεῖ ἀπὸ ἀπείρου χρόνου εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ θερμοικοῦ θανάτου. Εἰς τὸν ἄπειρον χρόνον καὶ χῶρον ὅμως εἰς τὸν ὁποῖον ἐκτείνεται ὁ κόσμος, εἶναι δυνατὸν, ὅσον ὀλίγον πιθανὸν καὶ ἂν εἶναι, εἰς ἓν χρονικὸν σημεῖον καὶ εἰς ὄρισμένον μέρος τοῦ χώρου νὰ ἔχωμεν συσώρευσιν ἐνεργείας, καὶ ἐπομένως διατάραξιν τῆς ἰσορροπίας τοῦ θερμοικοῦ θανάτου. Ἡ διατάραξις αὕτη τείνει ἀμέσως νὰ ἐκλείψῃ, ἢ ὁμοιομορφία ζητεῖ νὰ ἐπανέλθῃ καὶ ἡ ἐπάνοδος αὕτη εἶναι ἡ ἐξέλιξις ἐνὸς 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 ἄπειρον διάρκειαν τῆς ἠρεμίας τοῦ σύμπαντος, τοῦ αἰωνίου θανάτου.

Ἄς ἀφήσωμεν ὁμως τὰς μεταφυσικὰς ταύτας θεωρίας καὶ ἄς ἐπα-
νέλθωμεν πάλιν εἰς τὸ ἀσφαλὲς ἔδαφος τῆς θετικῆς ἐπιστήμης.

Ἐγνωρίσαμεν τὸ πρῶτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα, τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, τοῦ ὁποίου στοιχειώδης, ἀλλ' ὄχι πλήρης διατύπωσις εἶναι ὅτι τὸ ἀεικίνητον εἶναι ἀδύνατον. Τὸ ἀξίωμα τοῦτο φαίνεται ἀκλόνητον, πιθανὸν μόνον νὰ τροποποιηθῇ ὀλίγον συγχωνευόμενον μὲ τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς μάζης.

Ἡ κατανόησις τοῦ δευτέρου ἀξιώματος εἶναι ὀλίγον δυσκολωτέρα, προσεπάθησα ἐν τούτοις νὰ τὸ καταστήσω ὅσον τὸ δυνατὸν σαφὲς καὶ νὰ καταδείξω τὸν σύνδεσμον τῶν διαφορῶν 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 σειρὰν πιθανότητος, δηλ. πιθανωτέρα κατάστασις διαδέχεται πάντοτε ἄλλην ὀλιγώτερον πιθανήν.

Ἐλπίζω δὲ ὅτι κατώρθωσα νὰ καταδείξω τὴν ταυτότητα τῶν προ-
τάσεων τούτων.

Τὸ δευτέρον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα εἶδομεν ὅτι εἶναι ἀξίωμα πιθανότητος, διὰ τὰς παρατηρήσεις ὁμως ἡμῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι περασμένα ἐν χώρῳ καὶ χρόνῳ καὶ ἀναφέρονται εἰς σῶματα συγκείμενα ἀπὸ παμμέγιστον ἀριθμὸν στοιχείων ἢ πιθανότης εἶναι τόσοον μεγάλη, ὥστε ἰσοδυναμεῖ μὲ ἀπόλυτον βεβαιότητα.

Διὰ τοῦτο τὰ δύο θερμοδυναμικὰ ἀξιώματα ἀποτελοῦν τὰς ἀκλονή-
τους βάσεις, ἐπὶ τῶν ὁποίων στηρίζεται πᾶσα περὶ τῆς φύσεως θετικῆ
ἡμῶν γνῶσις.