

ΠΑΝΗΓΥΡΙΚΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 29ΗΣ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1979

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΑΙΣΑΡΟΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

Η ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΕΔΡΟΥ ΤΗΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ Κ. ΚΑΙΣΑΡΟΣ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

Ὁ Ὄργανισμὸς τῆς Ἀκαδημίας ἐπιτάσσει, ὅπως κατὰ τὴν ἐπίσημον συνεδρίαν τοῦ τέλους τοῦ ἔτους ὁ ἀπερχόμενος Πρόεδρος πραγματεύεται ἀπὸ τοῦ βήματος τούτου ἐν θέμα τῆς εἰδικότητός του. Ἡ εἰδικότης μου ὡς φυσικοῦ εἶναι ἡ θερμοδυναμικὴ τῶν στερεῶν σωμάτων, θέμα ἐκ φύσεως εὐρισκόμενον μακρὰν τοῦ γενικοῦ ἐνδιαφέροντος. Δι' αὐτὸ ἐπέλεξα ἐπέκτασιν τῆς θερμοδυναμικῆς πρὸς τὴν κατεύθυνσιν τῆς βιολογίας — τὸ θέμα τῆς θερμοδυναμικῆς τῶν ἐμβίων ὄντων.

Ἡ θριαμβευτικὴ πορεία τῆς συγχρόνου βιολογίας ἤρχισε πρὸ 25 ἐτῶν, ἐκορυφώθη δὲ μὲ τὴν ἀνακάλυψιν τῆς διπλῆς ἕλικος, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι ἐγγεγραμμένος ὁ γενετικὸς κῶδιξ. Ὅπως ὅλοι αἱ ἐπιστήμαι, ἡ βιολογία ἐρμηνεύεται διὰ νόμων προερχομένων ἀπὸ βασικὰς ἐπιστήμας, ὡς ἡ Χημεία καὶ ἡ Φυσικὴ. Οἱ ζῶντες στοιχειώδεις ὀργανισμοὶ ἀναπτύσσονται καὶ πολλαπλασιάζονται ὑπὸ κατανάλωσιν ἄλλων οὐσιῶν, ταυτοχρόνως δὲ παράγουν διὰ συνθέσεως πολύπλοκα χημικὰ ὑποπροϊόντα. Ὅλα αὐτὰ τὰ βιολογικὰ φαινόμενα εὐρέθη, ὅτι εἰς γενικὰς γραμμὰς ὑπόκεινται εἰς γνωστοὺς νόμους Φυσικῆς καὶ Χημείας. Πολὺ συχνὰ παρουσιάζονται βεβαίως διακνυμάνσεις — ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον

κοινῶς χαρακτηρίζεται ὡς ἰδιοσυγκρασία — ἀλλὰ τοῦτο δὲν ἀποδίδεται εἰς ἔλλειψιν νομοτελείας, ἀλλὰ εἶναι ἀπλῶς ἀποτέλεσμα στατιστικῆς, διότι δὲν γνωρίζομεν μὲ ὅλας τὰς λεπτομερείας τὸν μελετώμενον ζῶντα ὄργανισμόν. Οὗτος ἀπαρτίζεται συνήθως, ἀπὸ μεγάλου ἀριθμὸν κυττάρων μὲ ἀποτέλεσμα αἱ διακνυμάνσεις τῶν πειραματικῶν ἀποτελεσμάτων νὰ εἶναι ἐντελῶς δικαιολογημένοι ἀπὸ ἀπόψεως φυσικῶν ἐπιστημῶν. Εἶναι συνεπῶς γενικῶς ἐδραιωμένη ἡ πεποίθησις, ὅτι τὰ βιολογικὰ φαινόμενα, ὅπως ὅλα τὰ ἄλλα φυσικὰ φαινόμενα, ὑπακούουν εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς νομοτελείας. Βεβαίως προκειμένου περὶ πολυπλόκων συστημάτων μόνον ὁ καλούμενος Δαίμων τοῦ Maxwell εἶναι εἰς θέσιν νὰ γνωρίζῃ ἐπακριβῶς τὴν κατάστασιν τῆς σημερινῆς σιγμῆς. Πάντως — ἐὰν τὴν γνωρίζῃ — δύναται ἐκ ταύτης καὶ νὰ συμπεράνῃ τὸ παρελθὸν καὶ νὰ προβλέψῃ τὸ μέλλον.

Θέμα τῆς ὀμιλίας μου εἶναι μία ἐξαίρεσις τῆς ντετερμινιστικῆς ταύτης ἀπόψεως, — ἐξαίρεσις ἡ ὁποία ἔχει ἀπὸ ἑκατονταετίας σημειωθῆ. Ἐφορᾷ εἰς τὴν ἐφαρμογὴν τῆς θερμοδυναμικῆς εἰς τὴν βιολογίαν. Ἐὰν ὑπάρχῃ τοιαύτη ἐξαίρεσις τότε ἡ ἐρμηνεία μερικῶν φαινομένων τῆς ζωῆς θὰ πρέπει νὰ μετατεθῆ ἀπὸ τὸ πεδίου τῆς Φυσικῆς εἰς τὴν Μεταφυσικὴν. Ἀπὸ δεκαετίας ὅμως ἀνευρέθη διέξοδος, ἡ ὁποία πιθανῶς νὰ ἐξαλείψῃ τὴν ἀνωμαλίαν ταύτην. Εἶμαι ἀπὸ τοῦδε ἀναγκασμένος νὰ δηλώσω ὅτι τὸ πρόβλημα δὲν ἔχει ἀκόμη λυθῆ ὀριστικῶς οὔτε κατὰ τὴν μίαν οὔτε κατὰ τὴν ἄλλην κατεύθυνσιν. Θὰ παρουσιάσω σήμερον καὶ τὰς δύο ἀπόψεις.

Τὸ ἀμφισβητούμενον τοῦτο θέμα εἶναι ἐνδιαφέρον λόγῳ τοῦ σοβαροῦ φιλοσοφικοῦ ἀντικτύπου ποὺ θὰ ἔχῃ ἢ ἐπίλυσίς του.

Αἱ πρῶται πολύπλοκοι χημικαὶ ἐνώσεις, ἐκ τῶν ὁποίων συγκροτοῦνται τὰ ἔμβια ὄντα, συνετέθησαν πιθανῶς εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀστραπῶν κ.λπ.

Ὡρισμένοι ἐξ αὐτῶν παρουσίασαν τὴν ἰκανότητα ἀναπαραγωγῆς ὥστε νὰ θεωροῦνται ὡς ζῶσα ὕλη. Δὲν θὰ ἀσχοληθῶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ τὰ ὅρια μεταξὺ ζώσης καὶ νεκρᾶς ὕλης, καθ' ὃ ἐντελῶς

ἀναρμόδιος, θέλω ὅμως νὰ τονίσω, ὅτι δι' αὐτὴν ταύτην τὴν ἐμφάνισιν τῆς ζωῆς ἐκ τῆς ἀνοργάνου ὕλης δὲν ὑπάρχει σοβαρὰ ἀντίρρησης, ὅτι εἶναι δυνατόν νὰ ἐξηγηθῇ μὲ τοὺς συνήθεις γνωστούς νόμους τῆς Χημείας καὶ τῆς Φυσικῆς, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐξαίρεσιν τὴν ὁποίαν ἀνέφερα καὶ ἡ ὁποία θέτει ὑπὸ ἀμφισβήτησιν τὴν ἰσχὺν τοῦ 2ου θερμοδυναμικοῦ ἀξιώματος.

Πρὶν προχωρήσω εἰς τὴν περιγραφὴν τοῦ ἐπιμάχου σημείου θὰ ἀναπτύξω δι' ὀλίγων τὸ περιεχόμενον τῆς θερμοδυναμικῆς καὶ εἰδικώτερον τὰ ἀξιώματα αὐτῆς. Ἡ θερμοδυναμικὴ ἀσχολεῖται μόνον μὲ νόμους γενικωτάτης φύσεως χωρὶς ποτὲ νὰ ὑπεισέρχεται εἰς λεπτομερείας. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρω τὰς ἐννοίας πίεσις - ὄγκος - θερμοκρασία, τὰς ὁποίας παρατηρεῖ καὶ μελετᾷ ὀφθαλμὸς εὐρισκόμενος ἔξω τοῦ μελετωμένου σώματος χωρὶς νὰ ἐνδιαφέρεται διὰ τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σώματος, εἰς εἶναι στερεὸν ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Μεταξὺ τῶν νόμων τῆς θερμοδυναμικῆς ὑπάρχουν δύο ἢ τρεῖς οἱ ὁποῖοι χαρακτηρίζονται ὡς ἀξιώματα. Ἡ διαφορὰ μεταξὺ νόμων καὶ ἀξιωμάτων συνίσταται εἰς τὸ ὅτι ἐνῶ οἱ νόμοι ἀποδεικνύονται διὰ παρατηρήσεων καὶ πειραμάτων, τὰ ἀξιώματα δὲν ἐπιδέχονται ἀπόδειξιν. Ἡ ἐπιστήμη ὅμως τῆς Φυσικῆς τὰ παραδέχεται ὡς ὀρθὰ διότι μέχρι στιγμῆς οὐδεμία παράβασις αὐτῶν ἔχει παρατηρηθῆ. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρω τὴν ἀρχὴν διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀποκαλεῖται καὶ 1ον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα. Τὸ ἀξίωμα αὐτὸ εἶναι εἰς ὅλους γνωστόν. Ἡ ἐνέργεια δύναται μὲν νὰ μεταβάλλῃ μορφήν ἀλλὰ οὐδέποτε νὰ παράγεται ἢ νὰ ἐξαφανίζεται. Ἐπαναλαμβάνω ὅτι πρόκειται περὶ ἀξιώματος, διότι δὲν ὑπάρχει τρόπος νὰ ἀποδείξωμε ὅτι ἰσχύει πάντοτε καὶ ὅτι δὲν θὰ παρατηρηθῇ παράβασις.

Ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀξιώματος αὐτοῦ εἰς τὴν βιολογίαν οὐδόλως ἀμφισβητεῖται. Ὅλοι π.χ. γνωρίζομεν, ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τῆς τροφῆς μεταβάλλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὴν ζωὴν καὶ ὅτι αἱ δύο ποσότητες εἶναι ἴσαι.

Τὸ 2ον ἀξίωμα — καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ ἐν προκειμένῳ ἀμφισβητούμενον — ἀσχολεῖται μὲ ἐν μέγεθος, καλούμενον ἐντροπία, τὸ ὁποῖον ὁμως εἶναι δύσκολον νὰ περιγραφῆ χωρὶς μαθηματικά. Δι' αὐτὸ θὰ προσπαθῆσω νὰ ἀποδώσω τὴν ἔννοιαν αὐτὴν περιγραφικῶς. Ὡς ἐντροπία ἐνὸς σώματος εἶναι δυνατόν νὰ θεωρηθῆ ὁ βαθμὸς ἀταξίας, τῆς ἐπικρατούσης εἰς τὸ σῶμα. Θὰ ἐξηγήσω μὲ διάφορα παραδείγματα τὴν ἔννοιάν μου μὲ τοὺς ὄρους τάξις καὶ ἀταξία, διότι ἐπ' αὐτῶν στηρίζονται ὅλοι οἱ ἐν συνεχείᾳ συλλογισμοί. Ἐὰν θεωρήσωμεν ἐν μέταλλον εἰς συνήθη θερμοκρασίαν. Ὅλα τὰ ἄτομα εἶναι κανονικῶς διατεταγμένα εἰς τὰς θέσεις των καὶ συνεπῶς ἐπικρατεῖ μεγάλη τάξις εἰς τὸ σῶμα. Δὲν χρειάζομαι πολλὰς πληροφορίας διὰ νὰ γνωρίζω ποῦ εὐρίσκονται τὰ ἄτομα, διότι ἕκαστον εὐρίσκεται εἰς τὴν προβλεπομένην θέσιν. Ὁ ἀναγκαῖος ἀριθμὸς πληροφοριῶν εἶναι μικρὸς καὶ συνεπῶς ἡ ἀταξία — ἢ ἄλλως ἢ ἐντροπία εἶναι μικρὴ. Ἐὰν ὁμως θερμάνωμεν τὸ μέταλλον καὶ τακῆ, τὰ ἄτομα καταλαμβάνουν τυχαίας θέσεις εἰς τὸ ὑγρὸν ὁπότε αἱ ἀναγκαῖαι πληροφορίαι θὰ ἔχουν ἀυξηθῆ. Ἡ ἀταξία ἐμεγάλωσε.

Καὶ τώρα θὰ διατυπώσω τὸ περιεχόμενον τοῦ 2ου ἀξιώματος : Εἰς πᾶσαν αὐτόματον μεταβολὴν ἢ ἀταξία ἀυξάνεται. Ὡς παράδειγμα αὐτομάτου ἀυξήσεως τῆς ἀταξίας θὰ περιγράψω τὸ τί θὰ συμβῆ εἰς ἐν κιβώτιον, τὸ ὁποῖον χωρίζεται εἰς τὸ μέσον μὲ ἓνα σύρτην καὶ τὸ ὁποῖον περιέχει ἀέριον εἰς ἓνα ἐκ τῶν δύο χώρων. Ἐπειδὴ γνωρίζω περίπου ποῦ εὐρίσκονται τὰ ἄτομα, δηλαδὴ εἰς ἓνα ἐκ τῶν δύο χώρων χαρακτηρίζω τὴν κατάστασιν ὡς σχετικῶς μεγάλης τάξεως. Ἐὰν ὁμως ἀνασύρω τὸν σύρτην τὰ ἄτομα θὰ καταλάβουν αὐτομάτως τὸν ὅλον ὅλον καὶ θὰ ἔχω μεγαλυτέραν δυσκολίαν νὰ καθορίσω τὰς θέσεις των. Ἡ ἀταξία θὰ ἔχη ἀυξηθῆ.

Θὰ δώσω καὶ δεύτερον παράδειγμα αὐτομάτου μεταβολῆς κατὰ τὴν ὁποίαν ἀυξάνεται ἢ ἀταξία : Θεωρῶ κιβώτιον περιέχον ἀέρα καὶ ἀνημμένον κηρίον. Ἡ καῶσις θὰ γίνῃ αὐτομάτως καὶ κατὰ τὸ 2ον ἀξίωμα ἢ ἀταξία θὰ ἀυξάνεται μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου. Παρατηρῶ ὅτι,

τὸ ἀπομεμονωμένον σύστημα κηρίον - ἀὴρ ἐξειλίχθη ἀφ' ἑαυτοῦ πρὸς κατάστασιν μεγαλυτέρας ἀταξίας. Μετεχειρίσθη τὸν ὄρον «αὐτομάτως» διότι δὲν προσεφέρθη εἰς τὸ κιβώτιον θερμότης ἐκ τῶν ἔξω. Σημειώνω ὅτι ἡ θερμοδυναμικὴ κατορθώνει νὰ ὑποδείξῃ μόνον τὴν φορὰν τῆς ἐξελικτικῆς διεργασίας, παρέχει δηλαδή μόνον ἓνα βέλος πρὸς τὰ ποῦ κατευθύνεται ἡ μεταβαλλομένη κατάσταση.

Αὐτὰ ὡς πρὸς τὴν νεκρὰν ὕλην. Ἐὰν ἔλθωμεν τώρα εἰς τὴν ἐφαρμογὴν τοῦ 2ου ἀξιώματος εἰς τὰς μεταβολὰς τῆς ζωῆς ὕλης. Ὡς ἀνέφερα προηγουμένως, ἡ θερμοδυναμικὴ δὲν ἀσχολεῖται μὲ λεπτομερείας. Δὲν ἐνδιαφέρεται διὰ τὴν ἀρχιτεκτονικὴν τῶν κυττάρων καὶ τὸν γενετικὸν κώδικα οὔτε διὰ λειτουργικὰς ἀντιδράσεις, καίτοι πρόκειται περὶ οὐσιωδῶν φαινομένων τῆς ζωῆς. Ἀσχολεῖται μόνον μὲ τὴν βιολογικὴν τάξιν καὶ ἀταξίαν. Καὶ ἂς μελετήσωμεν τὰς μεταβολὰς τάξεως καὶ ἀταξίας ἐνὸς κυττάρου εὕρισκομένου ἐντὸς θρεπτικοῦ ὑγροῦ. Τὸ κύτταρον θὰ ἀρχίσῃ πολλαπλασιαζόμενον αὐτομάτως εἰς βάρους τοῦ ὑγροῦ — καὶ μὲ τὴν λέξιν αὐτομάτως ἐννοῶ χωρὶς νὰ προσθέσω θερμότητα ἢ νὰ τὸ ἐγγίξω. Τὰ κύτταρα ὅμως εἶναι ὠργανωμένη μορφή ὕλης καὶ συνεπῶς μορφή σχετικῶς μικρῆς ἀταξίας ἐναντι τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸ ὁποῖον τὰ μόρια κεῖνται ἀτάκτως. Ἐὰν θεωρήσω τὸ σύνολον — κύτταρα καὶ ὑγρὸν — ὡς ἓνα σύστημα, ἡ αὔξησης τοῦ ἀριθμοῦ τῶν κυττάρων καὶ ἡ ἀντίστοιχος ἐλάττωσις τῆς ποσότητος τοῦ ὑγροῦ ἀποτελεῖ ἐλάττωσιν τῆς ἀταξίας. Ἐχομεν ἐδῶ περίπτωσιν αὐτομάτου ἐλαττώσεως τῆς ἀταξίας ἐν σαφεῖ ἀντιθέσει πρὸς τὰς ἀπαιτήσεις τοῦ 2ου ἀξιώματος. Κατὰ ταῦτα ἓνας σημαντικὸς νόμος τῆς νεκρᾶς φύσεως δὲν ἰσχύει διὰ τὴν ζῶσαν ὕλην.

Καὶ τώρα ἔρχομαι εἰς τὴν δυνατότητα νὰ ὑπάρχῃ ἀντίθετος ἀποψις — καὶ αὐτὸ ἀποτελεῖ τὸ δεύτερον μέρος τῆς ὁμιλίας μου. Ἡ κλασσικὴ θερμοδυναμικὴ, ὅπως τὴν γνωρίζομεν ἀπὸ ἑκατονταετίας ἀναφέρεται εἰς τὴν ἐξέλιξιν συστημάτων εὕρισκομένων πολὺ πλησίον καταστάσεως ἰσορροπίας. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρω ἐν σύστημα πολλῶν ἐκκρεμῶν. Ἐὰν τὰ ἐκτρέψωμεν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας ἢ κίνησιν

των θὰ ἐξελιχθῆ κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ τείνουν νὰ ἐπιστρέφουν εἰς τὴν κατακόρυφον θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Ἡ ἐξέλιξις αὐτὴ εἶναι καθαρῶς ντετερμινιστικὴ καὶ δυνάμεθα μετὰ βεβαιότητος νὰ γνωρίζωμεν τὴν κατευθύνσιν τῆς ἐπερχομένης μεταβολῆς. Κατὰ τὰ τελευταῖα ὅμως 10 ἔτη ἀνεπτύχθη ἕνας νέος κλάδος τῆς θερμοδυναμικῆς, ὁ ὁποῖος μελετᾷ φαινόμενα εὐρισκόμενα πολὺ μακρὰν ἀπὸ τὴν ἰσορροπίαν. Ἡ θεωρία αὐτὴ εἶναι πολὺ περισσότερον πολὺπλοκος ἀπὸ τὴν κλασσικὴν θερμοδυναμικὴν. Τὴν μεγαλυτέραν ὥθησιν εἰς τὸ θέμα ἔδωκε ὁ ρῶσος *Plya Prigogine*, καθηγητῆς εἰς τὸ Βέλγιον, μέλος πολλῶν ἀκαδημιῶν, ὁ ὁποῖος κατὰ τὸ παρελθὸν ἔτος ἔλαβε τὸ βραβεῖον *Nobel* διὰ τὰς ἐργασίας του. Οἱ ὑπολογισμοὶ του, εἰς τοὺς ὁποίους συμμετέσχεν καὶ ὁ Ἕλλην Γρηγόριος Νίκολης ἔδειξαν, ὅτι ὑπὸ ὠρισμένας προϋποθέσεις ὑπάρχει δυνατότης ἐντελῶς ἀπροβλέπτων ἐξελίξεων. Συγκεκριμένως εἰς ἕνα σύστημα ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ σωματῖα καὶ αἱ ἀπομακρύνσεις του ἀπὸ τὴν ἰσορροπίαν εἶναι ἀρκετὰ μεγάλαι, τὸ σύστημα τοῦτο δύναται νὰ ἐξελιχθῆ ὑπὸ ἐνίσχυσιν τῶν διακυμάνσεων καὶ νὰ καταλήξῃ τελικῶς εἰς κατάστασιν μικροτέρας ἀταξίας — ἀποτέλεσμα ἀκριβῶς ἀντίθετον ἀπὸ τὰς προβλέψεις τῆς κλασσικῆς θερμοδυναμικῆς. Ἐνῶ λοιπὸν αἱ μικραὶ ἀπομακρύνσεις ἐπιστρέφουν κατὰ τρόπον ντετερμινιστικὸν ὀπίσω εἰς τὴν ἰσορροπίαν, αἱ μεγάλαι ἐξελίσσονται πρὸς ἀπροβλέπτους κατευθύνσεις. Αἱ προϋποθέσεις διὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς θερμοδυναμικῆς τοῦ *Prigogine* εἶναι τρεῖς, 1ον τὸ σύστημα νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ σωματῖα, 2ον νὰ μὴν εἶναι εἰς κατάστασιν ἰσορροπίας ὥστε νὰ ἐμφανίζονται διακυμάνσεις καὶ 3ον αἱ διακυμάνσεις νὰ εἶναι μεγάλαι. Οἱ δύο πρῶτοι ὅροι ἐκπληροῦνται εἰς τὰ βιολογικὰ φαινόμενα.

Πρῶτον, τὰ βιολογικὰ συστήματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ σωματῖα. Δεύτερον, ἡ ζωὴ εἶναι διαρκῆς ἀλληλουχία ἀπὸ διεργασίας καὶ συνεπῶς δὲν εἶναι στατικὸν φαινόμενον ἰσορροπίας. Ἐὰν λοιπὸν γίνῃ ἀκόμη ἢ παραδοχὴ, ὅτι τὰ βιολογικὰ συστήματα ἀπομακρύνονται ἐνίοτε ἀρκετὰ μακρὰν τῆς ἰσορροπίας, ἐκπληροῦνται καὶ οἱ τρεῖς ὅροι. Ἡ

ἐξέλιξις λοιπὸν ἀνοργανώτου βιολογικοῦ συστήματος πρὸς ὠργανωμένον εἶναι δυνατή, ἀρκεῖ νὰ ὑπάρξῃ τυχαία διακύμανσις μεγάλης ἐντάσεως. Διὰ νὰ μεταχειρισθῶ τὴν γνωστὴν ἔκφρασιν τοῦ *Jacques Monod* — ὑπὸ ὄλως ἀντίστροφον, ὅμως, ἔννοιαν — ἡ δημιουργία ζωῆς ἀπαιτεῖ ἀναγκαιότητα μὲν ὡς πρὸς τὸ ὄριον ἀπομακρύνσεως καὶ τύχην ὡς πρὸς τὸ βέλος τῆς ἀπροβλέπτου ἐξελίξεως, ὡς πρὸς τὴν κατεύθυνσιν δηλαδὴ τοῦ ἀποτελέσματος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ εἶναι βιώσιμον. Εἰς τὴν θερμοδυναμικὴν λοιπὸν τοῦ *Prigogine*, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν *Monod*, ἡ τύχη δὲν ἀντιμάχεται τὴν ἀναγκαιότητα.

Τὸ ὄριον μεταξὺ μικρᾶς καὶ μεγάλης ἀπομακρύνσεως τὸ καθορίζον τὸ κατώφλιον τῆς ἰσχύος τοῦ ντετερμινισμοῦ ἴσως παρέχει ποσοτικὴν διαχωριστικὴν γραμμὴν μεταξὺ ἐμβίων καὶ νεκρᾶς ὕλης. Ἐφθάσαμε ἤδη εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἐὰν οἱ ὑπολογισμοὶ τοῦ *Prigogine* ἔχουν ἐφαρμογὴν καὶ εἰς τὴν βιολογίαν, ἡ τελευταία ἐπαναφέρεται εἰς τὰς ἐπιστήμας τὰς ἀκολουθοῦσας ὄλους τοὺς νόμους τῆς νεκρᾶς ὕλης.

Ἐξετάσωμε τώρα τὰς φιλοσοφικὰς προεκτάσεις τῶν δύο ἀπόψεων. Ἀπὸ τῆς ἐποχῆς τῶν ἀρχαίων Αἰγυπτίων ὁ ἄνθρωπος θεωρεῖται ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο τελείως καθωρισμένα μέρη, τὸ πνεῦμα καὶ τὸ σῶμα. Κατὰ ταῦτα αἱ ἐπιστῆμαι τῆς ζωῆς θὰ πρέπει νὰ ἔχουν δὺ ἀνεξαρτήτους προσανατολισμούς. Καὶ ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὰ νοητικὰ φαινόμενα, τὴν συνείδησιν καὶ τὴν ἐν γένει σχέσιν νοῦ καὶ ἐγκεφάλου, φαίνεται ὅτι ἤρχισαν τελευταίως νὰ θεωροῦνται ἀπὸ πολλοὺς ὡς ἀποκλειστικῶς ἠλεκτροχημικαὶ ἀντιδράσεις. Ἐν τούτοις, ἄλλοι διατείνονται, ὅτι διὰ τὴν περιγραφὴν ψυχικῶν φαινομένων δὲν ἀρκεῖ ὁ χῶρος τῶν Φυσικῶν ἐπιστημῶν ἀλλὰ πέραν τούτου ἀπαιτοῦνται πρόσθετα συστήματα ἀξόνων ἀναφορᾶς. Ἐπ' αὐτῶν, ὅμως, τῶν θεμάτων εἶμαι ἐντελῶς ἀναρμόδιος καὶ δι' αὐτὸ ἐπανέρχομαι εἰς τὸ ζήτημα τοῦ σῶματος τῶν ἐμβίων ὄντων. Κατὰ τὸν *Descartes* τὸ σῶμα ἀνήκει εἰς τὸν φυσικὸν κόσμον χωρὶς διαφορᾶς ἀπὸ τὰ ἄλλα ἀντικείμενα. Ἐν τούτοις ὑπὸ τὸ φῶς τῆς παλαιότερας δηλαδὴ τῆς κλασσικῆς θερμοδυναμικῆς ἢ φιλοσοφίας τοῦ ἐγκυκλοπαιδισμοῦ κατέρρευσε. Κατὰ τὴν

μέχρι πρό τινος λοιπὸν ἐπικρατοῦσαν ἄποψιν τὰ ἔμβια ὄντα καὶ ἐν ἐπεκτάσει τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου δὲν ὑπάγεται ἐξ ὀλοκλήρου εἰς τοὺς φυσικοὺς νόμους ἀλλὰ εἰς ἄλλας δυνάμεις εὐρισκομένας ἔξω τῆς φυσικῆς τάξεως.

Ἐπανερχόμενος εἰς τὸ ἰδιαίτερον θέμα τοῦ μυστικοῦ τῆς ζώσης ὕλης τονίζω, ὅτι τοῦτο δὲν εἶναι ὁ μηχανισμὸς τῆς δημιουργίας τοῦ πρώτου κυττάρου οὔτε τοῦ πολλαπλασιασμοῦ του. Καίτοι τὰ δυὸ δὲν ἔχουν ἀκόμη λυθῆ πλήρως, δὲν φαίνεται πουθενὰ νὰ ὑπάρχη φαινόμενον, τὸ ὁποῖον νὰ ἀντιφάσκη ρητῶς μὲ ἄλλους νόμους τῆς φύσεως. Τὸ ἐπίμαχον πρόβλημα εἶναι τὸ ἐὰν ὑπάρχη καταστρατήγησις τῆς θερμοδυναμικῆς. Ἐξέθεσα καὶ τὰς δυὸ ἀντιμαχομένας ἀπόψεις ἐν σχέσει μὲ τὸ 2ον θερμοδυναμικόν. Ἀνποῦμαι διατὶ δὲν δύνανται νὰ ἐπιλέξω μεταξὺ τῶν δύο, τοῦ ἐὰν δηλαδή, ἡ ζωὴ ἀνάγεται εἰς πρώτας ἀρχάς, αἱ ὁποῖαι ὑπακούουν εἰς αὐστηρὰν αἰτιοκρατίαν ἢ εἶναι κατὰ Prigogine φαινόμενον προερχόμενον ἀπὸ ἐξέλιξιν πρὸς τυχαίαν κατεύθυνσιν. Ἡ φιλοσοφία καὶ ἐν γένει ἡ ἐπιστημολογία προτιμᾷ νὰ στηρίζεται εἰς λογικὰς ντετερμινιστικὰς σχέσεις, ἐνῶ τὸ κατὰ Prigogine φαινόμενον ὀδηγεῖ εἰς ἀμφιβολίας ὡς πρὸς τὸ μονοσήμαντον μεταξὺ αἰτίου καὶ ἀποτελέσματος.

Θὰ ἦτο ἐνδιαφέρον νὰ ἐπεκτείνω τοὺς συλλογισμοὺς καὶ πρὸς τὴν κοινωνιολογίαν, ἢ ὁποῖα παρουσιάζει γνωρίσματα ὁμοιάζοντα πρὸς ἐκεῖνα τῆς βιολογίας. Ὅντως ἡ κοινωνία ἀποτελεῖται ἀπὸ μέγαν ἀριθμὸν ἀνθρώπων, ἢ δὲ διαρκῶς ἐξελισσομένη μορφή τῆς κοινωνίας ὑπόκειται εἰς ἐντόνους διακυμάνσεις. Ὑπάρχουν λοιπὸν αἱ προϋποθέσεις διὰ νὰ ἐφαρμοσθῇ ἡ θεωρία Prigogine. Καί, ὄντως, ἤδη ἐπιπολαία μελέτη τοῦ θέματος τείνει νὰ ἐπικυρώσῃ τὸν συλλογισμὸν. Αἱ σύγχρονοι κοινωνίαι εἶναι μορφαὶ μεγάλης σχετικῶς ὀργανώσεως ἐδημιουργήθησαν δὲ ἀπὸ ἄτομα ἢ οἰκογενείας, κοινωνικὰ δηλαδή συστήματα μικροτέρου βαθμοῦ ὀργανώσεως. Καὶ ἐδῶ λοιπὸν ἔχομεν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποῖαν μικροσυστήματα ἀτάκτως ἀλληλεπιδρῶντα ἐξελίσσονται ἀτομάτως εἰς μακροσυστήματα ηὐξημένης κοινωνιολογικῆς τάξεως.

Προτοῦ τελειώσω τὴν ὁμιλίαν μου τολμῶ νὰ θέσω ἓν τρίτον ἐρώτημα :

Δὲν θὰ ἦτο δυνατόν νὰ τεθῆ ἓν ἀμφισβητήσῃ ἢ ἀπόλυτος ἰσχυρὸς τῶν θερμοδυναμικῶν ἀξιομάτων δι' ὅλα τὰ συστήματα τοῦ σύμπαντος; Ὅπως εἶπα εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ὁμιλίας μου δὲν ὑπάρχει ἀπόδειξις, ὅτι ἓν ἀξίωμα πρέπει νὰ ἰσχύῃ γενικῶς. Ἡ ὀρθότης ἑνὸς ἀξιώματος βασίζεται εἰς τὸ γεγονός, ὅτι οὐδέποτε εὐρέθη παράβασις αὐτοῦ. Μήπως ἔχομεν ἐν προκειμένῳ ὄντως μίαν πρώτην παράβασις τοῦ 2ου ἀξιώματος. Καὶ διὰ τὸ 1ον ἀξίωμα, τὸ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἔχει προταθῆ παράβασις. Πρόκειται περὶ τῆς κοσμολογικῆς θεωρίας περὶ διαρκοῦς βραδείας δημιουργίας ὕλης εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ σύμπαντος. Ἡ θεωρία αὕτη ἐξηγεῖ μὲν πολλὰ ἀστροφυσικὰ φαινόμενα, ἀποτελεῖ ὅμως κατάφορον παράβασις τοῦ 1ου ἀξιώματος.

Σταματῶ τὴν ὁμιλίαν μου ἀφήγων πάμπολλα κενά. Δὲν κατώρθωσα νὰ διατυπώσω τὸν ὀρισμὸν τοῦ ὅρου «διακύμανσις» εἰς τὴν βιολογίαν, ἀπλῶς μετέφερα κατ' ἀσαφῆ τρόπον μίαν ἔννοιαν τῆς θερμοδυναμικῆς. Δεύτερον, δὲν κατώρθωσα — καὶ βεβαίως ἐγὼ ὡς θερμοδυναμικὸς οὐδεμίαν πρόθεσιν εἶχα — νὰ ἐξηγήσω τὴν πραγματικὴν φύσιν τῆς ζωῆς. Εἶναι ἓν ἐρώτημα τὸ ὁποῖον ἀπασχολεῖ τὸν ἄνθρωπον ἀφ' ὅτου ἤρχισε σκεπτόμενος. Ἴσως, τὸ ἐρώτημα τοῦτο ἐκ φύσεως νὰ μὴ ἐπιδέχεται λύσιν. Δὲν πρέπει ἄλλωστε νὰ παραγνωρίζωμεν τὸ γεγονός, ὅτι μεταξὺ τῆς ἀληθοῦς φύσεως ἑνὸς ἀντικειμένου καὶ τῆς παρατηρήσεως παρεμβάλλεται ἀναγκαστικῶς ὁ ἐγκέφαλος τοῦ παρατηρητοῦ μὲ ἀποτέλεσμα πᾶσα ἀνθρωπίνῃ ἐμπειρία νὰ εἶναι ὑποκειμενικὴ. Ὁ δρόμος διὰ τὴν εὐρεσιν ἀντικειμενικῆς ἀπαντήσεως πιθανῶς νὰ παραμείνῃ πάντοτε κλειστός.