

ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ

ΜΗΝΙΑΙΟΝ ΕΠΙΣΗΜΟΝ ΟΡΓΑΝΟΝ ΤΗΣ ΕΝΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ

Διοικητική Ἐπιτροπή: Ι. Ν. Ζαγανιάρης, Ι. Δ. Κανδύλης, Α. Δ. Σαραντίτης, Ν. Σ. Καρνής

Ο ΙΠΠΟΚΕΝΤΑΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ Η ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΙΤΙΟΤΗΤΟΣ

Ἰὺπό τοῦ κ. ΚΩΝΣΤ. Δ. ΖΕΓΓΕΛΗ, Μέλους τῆς Ἀκαδημίας
Τακτ καθηγητοῦ τῆς Ἀνοργάνου Χημείας ἐν τῷ Πανεπιστημίῳ Ἀθηνῶν

Σ΄

1. Κλασσική καὶ νεωτέρα φυσική.

Μέχρι τοῦ τέλους περίπου τοῦ παρελθόντος αἰῶνος εἴχομεν πιστεύσει ὅτι ἡ Φυσική ἐδραζομένη ἐπὶ ἀσφαλεστάτων βάσεων, τὰς ὁποίας ἔθεσαν ὑπὸ μορφήν ἀρχῶν ἢ ἀξιωματικῶν οἱ μεγάλοι θεμελιωταὶ τῆς, καὶ τὰς ὁποίας οὐδὲν φαινόμενον ἐκ τῆς ἐμπειρίας εἶχε διαψεύσει, ἀπετέλει ἀδιάσειστον ἐπιστημονικὸν οἰκοδόμημα.

Ἡ μηχανικὴ τοῦ Νεύτωνος καὶ ἡ ἠλεκτροδυναμικὴ τῶν Maxwell - Herz μᾶς ἐξήγουν ἐπαρκῶς ὅλα τὰ φυσικὰ φαινόμενα, ὅσα εἶχον μελετηθῆ, τόσον τοῦ ἀφανοῦς ἀστρικοῦ στερεώματος ὅσον καὶ τοῦ μικροκόσμου τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποία ἐκινῶντο μετ' ἱλιγγιδῶδους ταχύτητος εἰς τοὺς κενοὺς σωληνας τοῦ Geissler καὶ τοῦ Κρούξ.

Ἀκριβῶς καθ' ἦν στιγμὴν κατὰ τὰ τέλη τοῦ παρελθόντος αἰῶνος καὶ τὰς ἀρχὰς τοῦ σημερινοῦ νέαι ἀπροσδόκητοι ἀνακαλύψεις ἐλάμπρυναν τὴν ἐπιστήμην, ἐκπλήξεις αἵτινες διήνοιξαν καὶ διανοίγουν εὐρυτέρους ὀρίζοντας, ἀνακύπτουν γεγονότα καὶ προβλήματα φέροντα τὴν ἐπιστήμην εἰς ἀμηχανίαν καὶ ἀδιέξοδον. Νέοι κόσμοι ἀποκαλύπτονται, εἰς τοὺς ὁποίους τὰ ἐπιστημονικὰ ὄργανα χάνουν τὴν ἀκριβειάν των, ἡ θετικὴ ἔρευνα τὴν πίστιν τῆς καὶ ὁ ὀρθὸς λόγος τὰ στηρίγματά του.

Ἀξιώματα ἐδραῖα ἐμφανίζονται ὡς δόγματα. Ἀλήθειαι τέως ἀναμφισβήτητοι, ὡς πιθανότητες. Διὰ φαινόμενα τῶν ὁποίων τὴν ὀρθὴν καὶ ἱκανοποιητικὴν ἐξήγησιν οὐδεὶς ἠμφισβήτη χρησιμοποιοῦνται ἀναλόγως τῶν περιστάσεων διπλαῖ θεωρίαι. Αὐτὸς ὁ χώρος εἰς τὸν ὁποῖον ἐποθετοῦμεν τὰ ὑλικά σώματα καὶ τὰς δυνάμεις ἀρνεῖται πολλάκις νὰ τὰ περιλάβῃ.

Ἐκτοτε ἐσημειώθη νέα ἐποχὴ διὰ τὴν Φυσικὴν. Κρίσεως, ὡς τὴν ἀπεκάλεσαν, ἀνωτέρας ἐξελιξέως εἰς ὑψηλότερα ἐπίπεδα θὰ ἐπροτιμούσαμεν ἡμεῖς νὰ λέγωμεν.

Τὰ πλήγματα ἐπέηλθον τὸ ἐν μετὰ τὸ ἄλλο.

Τὸ πρῶτον ἐγκαινίασεν ὁ 19ος αἰὼν μετὰ τὴν παραδοχὴν ἀσυνεχείας διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν. Μετὰ τὴν περίφημον θεωρίαν τοῦ Πλάνκ τῆς διαδόσεως τῆς ἀκτινοβόλου ἐνεργείας τμηματικῶς, διὰ στοιχείων ἐνεργείας—τῶν κβάντων. Μετὰ τὴν βοήθειαν αὐτῶν ἐξηγήθη ἡ ἄλλως ἀνεξήγητος διὰ τῆς κλασσικῆς φυσικῆς σχέσις ὕλης, ἢτοι ἀτόμου καὶ ἀκτινοβολίας ὅπως εἰς τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον τοῦ Compton. Ἐδόθη ἐπιστημονικὴ βᾶσις εἰς τοὺς ἐμπειρικῶς εὐρεθέντας κανόνες τοῦ πλῆθους καὶ τῆς θέσεως τῶν φασματικῶν γραμμῶν. Ἡρμηνεύθη ἡ ἀπορρόφησις καὶ ὁ δισκεδασμὸς τῶν ἀκτίνων κ. λ.

Δεύτερον πλήγμα ἐπέηλθε πέντε ἔτη βραδύτερον διὰ τῶν θεωριῶν τῆς σχετικότητος χρόνου καὶ χώρου. Τὰ ἠλεκτρόνια, περὶ τῶν ὁποίων ἡ κλασσικὴ φυσικὴ τόσον καλῶς μᾶς εἶχε πληροφορήσει, εἰς τὴν περίπτωσιν ἐξαιρετικῆς ταχύτητος ἀδυνατοῦμεν νὰ τὰ τοποθετήσωμεν ἐν χώρῳ. Χρειαζόμεθα νέα φανταστικά πλαίσια κατεσκευασμένα μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς πολυδιαστάτου Γεωμετρίας.

Τέλος παραλείποντες ἄλλα ὀλιγώτερον δυσεπίλυτα γεγονότα ἀναφέρομεν τὸ αἰνίγμα τῆς Σφιγγὸς τὸ ὁποῖον ἐδημιούργησεν ἡ διπλῆ ὄψις τῆς φύσεως τῆς ἀκτινοβολίας ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἐρμηνεύονται τὰ ὀπτικά φαινόμενα. Εἰς ὠρισμένα ἐκ τούτων αἱ ἀκτίνες θεωροῦνται ὡς τμηματικῶς ἐξαποστελλόμεναι, ὡς στοιχεῖα ἐνεργείας (κβάντα), εἰς ἄλλας τούναντίον ὡς κύματα.

2. Θεωρία τοῦ de Broglie.

Τὴν πρώτην γενναίαν προσπάθειαν πρὸς λύσιν τοῦ αἰνίγματος τούτου κατέβαλεν ὁ de Broglie. Προσπάθειαν συμφιλιοτικήν, ἡ ὁποία οὐχ ἦττον ἐγέννησε νέας ἐρίδας.

Ναί, λέγει ὁ de Broglie, ἡ ἀκτινοβολία ἐκπέμπεται κατ' αὐτοτελεῖς μονάδας, τῶν ὁποίων ὅμως τὸ εἶδος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος, ἐπομένως ἐκ τῆς περιοδικότητος τῶν ταλαντώσεων, ἄρα ἐκπέμπεται κυματοειδῶς.

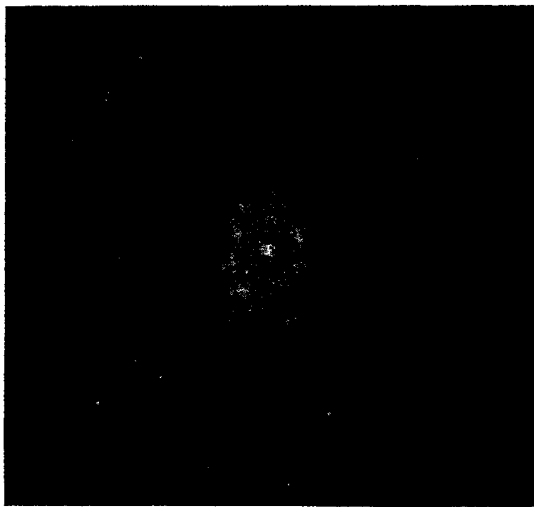
Τὸ κινούμενον σωματίον εὐρίσκεται οὕτω συνδεδεμένον ἀρρήκτως μετὰ τοῦ συρμοῦ ἐκ-

πομπής κυμάτων, μετά της αúτης ταχύτητος κινουμένων και αποτελεί μέγεθος τι καθωρισμένον ως τοιοῦτον, ἀλλὰ καὶ σύνολον δυσπροδιορίστου κυματικής μορφῆς, ὡς τις μυθολογικός ἵπποκένταυρος.

Διὰ τῆς παραδοχῆς τῆς μορφῆς ταύτης τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, μορφῆς οὕτως εἰπεῖν κυμάτων ὕλης, διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογιμοῦ ἔφθασε νὰ καταδείξῃ ὡς ἀναγκαῖον ἐπακολούθημα τὰς αὐθαιρέτους συνθήκας ἐφ' ὧν, ὡς εἶδομεν, στηριζόμενος ὁ Bohr ἀνέπτυξε τὴν περί τῶν γραμμικῶν φασμάτων θεωρίαν τοῦ τῷ 1913.

Ἄλλ' ἀφοῦ τὰ φωτόνια, προϊόντα ἠλεκτρομαγνητικῆς φύσεως, δεικνύουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ παραθλάσεως, ἀνάλογα πρέπει νὰ παρατηρηθῶσι καὶ εἰς τὰς μονάδας τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὰ ἠλεκτρόνια.

Θριαμβευτικὴ ὑπῆρξεν ἡ διαπίστωσις τῆς οὕτω προβλεφθείσης ὑπὸ τοῦ de Broglie ἰδιότητος τῶν ἠλεκτρονίων. Δύο ἔτη βραδύτερον, οἱ G6rmer καὶ Davidson ἔδειξαν πειραματικῶς ὅτι δι' ἀνακλάσεως δέσμης ἠλεκτρονίων ἐπὶ κρυστάλλων παρατηροῦνται ἀνάλογα φαινόμενα παραθλάσεως καὶ συμβολῆς πρὸς τὰ κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ὑπὸ τῶν ἀκτίνων R6ntgen παρατηρούμενα (σχ. 1).



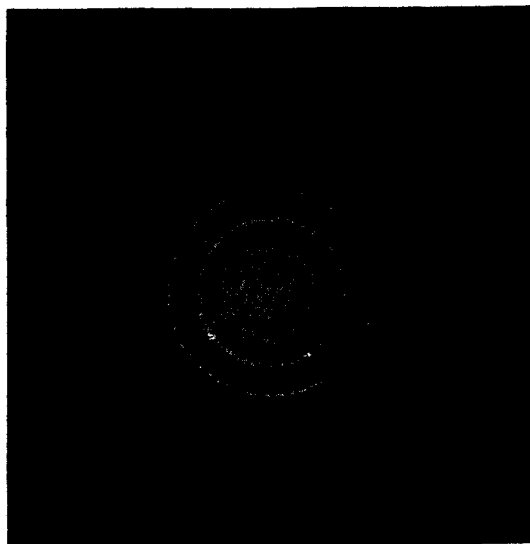
Σχ. 1.

Δακτύλιοι ἐκ παραθλάσεως ταχέων ἠλεκτρονίων κατὰ τὴν δίοδον αὐτῶν διὰ λεπτῶν φυλλιδίων μαρμαρυγίου.

Αἱ ἴδιαι ἀκτίνες α καὶ β αἵτινες ἀφίνου, ὡς σωμάτια, τὰ ἔχνη τῆς διαβάσεως των εἰς τὸν θάλαμον Οὐίλσον, ἀνακλώμεναι ἢ παραθλώμεναι διὰ τῶν κρυστάλλων συμβάλλου ὡς αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες.

Ἄκόμη καταφανέστερον κατέστησαν τὸ γεγονός οἱ Debye καὶ Scherrer. Διὰ τῆς δίοδου δέσμης ἠλεκτρονίων τῆς αὐτῆς ταχύτητος διὰ λεπτοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος, ἔλαβον ὁμοίους δακτυλίους τῶν κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον παραγο

μένων διὰ τῆς δίοδου ἀκτίνων R6ntgen (σχ. 2). Οὕτω πως ὁ εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν παρατηρηθεὶς δυῖσμός μεταφέρεται καὶ εἰς τὴν μηχανικὴν. Οὕτω ἡ Σφιγξ τῆς διπλῆς φύσεως ὕλης καὶ κυμάτων ἐπεκτείνεται ἀπὸ τὰ φωτόνια καὶ εἰς



Σχ. 2.

Δακτύλιοι ἐκ παραθλάσεως διὰ μέσου κρυστάλλων κυβικῶν (NaF, Na, F) κατὰ Debye καὶ Scherrer

τὰ ἠλεκτρόνια, καταδεικνύουσα ὅτι κάποια νέα, ἀπροσδιόριστος ἀκόμη, μορφή πρέπει νὰ εὑρεθῇ διὰ τὰ στοιχεῖα αὐτὰ τῆς Δημιουργίας, εἰς τὰ ὁποῖα ἐκεῖνο ποῦ καλοῦμεν ὕλην ταυτίζεται καὶ ἐναλλάσσεται πρὸς ὅ,τι καλοῦμεν ἐνέργειαν.

3. Θεωρία τοῦ Schr6ndiger.

Τὸ ἔργον τοῦ de Broglie συμπληρῶναι ἐπὶ μαθηματικῶν βάσεων ὁ καθηγητὴς Schr6ndiger. Οὗτος ἐπεκτείνων τὴν ἔννοιαν τῶν οὕτω συνδεδεμένων κυμάτων πρὸς τὸ ὕλικόν σωμάτιον εἰς τὴν κίνησιν οἰουδήποτε συστήματος καθίσταται ὁ ἰδρυτὴς νέου συστήματος, τῆς κυματομηχανικῆς, κατορθώσας διὰ τῆς περιφήμου αὐτοῦ, θαυματουργοῦ κληθείσης ἐξίσωσσεως ¹⁾ νὰ περιλάβῃ τὴν φυσικὴν τοῦ ἀτόμου ἐντὸς μαθηματικοῦ πλαισίου, ἐν ᾧ ἡ κίνησις τοῦ ὕλικου σημείου φέρεται ἰσοδύναμος πρὸς τὴν διάδοσιν τῶν σωμάτων.

Τὸ νέον μηχανικόν σύστημα τοῦ Schr6ndiger εἶχεν ἐξαιρετικὴν ἐπιτυχίαν διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ μηχανισμοῦ τοῦ ἀτόμου καὶ τῶν φασματικῶν γραμμῶν συμφώνως πρὸς τὸν Bohr, εἶχε

¹⁾ Ἡ ἐν λόγῳ ἐξίσωσις εἶναι ἡ ἀκόλουθος:

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2} (\psi - E_0) \psi = 0$$

ἐνθα E_0 ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος τῆς ταλαντώσεως, W ἡ ὀλική, $W - E_0$ ἐπομένως ἡ κινητικὴ. Τὸ ψ συμβολίζει τὸ μέγεθος τὸ ὁποῖον μεταφέρουν τὰ κύματα.

δὲ καὶ ἐπὶ ἄλλων πεδίων ἀπροσδόκητον ἐπιτυχίαν. Δὲν ἠδυνήθη ὅμως ν' ἀποσεισῆ ἀπὸ τῆς Φυσικῆς τῆν Σφίγγα τοῦ κβάντου—κύματος. Ἐπὶ πλέον οἱ κραδασμοὶ τῶν κυμάτων δὲν συμβαίνουν εἰς τρισδιάστατον χῶρον, ἀλλὰ εἰς χῶρον διαστάσεων τριπλασίου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν κινουμένων σωματίων, ἐνῶ ἡ ἄνω ἐξίσωσις τοῦ Schrödinger ἐφαρμόζεται εἰς χῶρον τρισδιάστατον κινουμένου σωματίου. Διὰ σύστημα ἀποτελούμενον ἐκ πλειόνων ὑλικῶν σωματίων—ἠλεκτρονίων—καθίσταται πολυπλοκωτέρα, διότι ἂν ν εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ὑλικῶν σωματίων, ταῦτα θεωροῦνται ὡς κύματα κινούμενα εἰς χῶρον τριπλασίονα τοῦ ἀριθμοῦ τούτου διαστάσεων, ἤτοι 3ν .

Οὕτω προκειμένου περὶ τοῦ οὐρανοῦ τὰ 92 ἠλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου αὐτοῦ θὰ ἔπρεπε νὰ φαντασθῶμεν κινούμενα εἰς χῶρον $3 \times 92 = 276$ διαστάσεων.

Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ ἐπιστημονικὴ γλῶσσα διὰ τῆς ὁποίας ἐρμηνεύομεν τὰ φαινόμενα τῆς φύσεως καὶ πλαισιοῦμεν τὰς κινήσεις τῶν σωμάτων, ἀδυνατεῖ νὰ ὀμιλήσῃ. Καὶ μόνον μαθηματικὴν ἐπὶ τοῦ χάρτου παράστασιν δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν.

Πλὴν τῆς προσπάθειας τοῦ Schrödinger τῆς ἐποικοδομήσεως τῆς φυσικῆς τοῦ ἀτόμου ἐπὶ νέας βάσεως, ἄλλη ἀξιοθαύμαστος ἀνάλογος προσπάθεια, καὶ μάλιστα δύο μῆνας πρότερον, ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Heisenberg.

4. Θεωρία τοῦ Heisenberg.

Οἱ de Broglie καὶ Schrödinger προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὸ φυσικὸν σύστημα τοῦ πλανητικοῦ ὀργανισμοῦ τοῦ ἀτόμου μὲ τὰς μεθόδους τῆς κλασσικῆς φυσικῆς καὶ νὰ γεφυρώσουν διὰ τῶν θεωριῶν αὐτῶν τὸ χάσμα μεταξὺ ταύτης καὶ τῆς θεωρίας τῶν κβάντων.

Ὁ Heisenberg ὠρμήθη εἰς τὴν θεωρίαν αὐτοῦ, τὴν κληθεῖσαν κβαντομηχανικὴν, ἐκ τῆς αὐστηρᾶς τηρήσεως τῆς ἀρχῆς τῆς εἰσαγωγῆς ἐν αὐτῇ σχέσεων μόνον μεταξὺ μεγεθῶν ὑποκειμένων εἰς τὴν ἄμεσον παρατήρησιν. Ὡς τοιαῦτα ἔλαβε τὰ μήκη τῶν κυμάτων καὶ τὴν ἔντασιν τῶν φασματικῶν γραμμῶν, ὡς καὶ τὰς βαθμίδας ἐνεργείας τοῦ ἀτόμου τὰς δυναμένας νὰ καθορίζωνται ἀνεξαρτήτως τῆς φασματικῆς ἀναλύσεως, ἀποφυγῶν νὰ κάμῃ χρῆσιν ἐν τῇ θεωρίᾳ τοῦ μεγεθῶν μὴ προσιτῶν εἰς τὴν παρατήρησιν, ἡμιμεταφυσικῆς οὕτως εἰπεῖν φύσεως, ὅποια ἐχρησιμοποίησαν ὁ Bohr καὶ ὁ Schrödinger. Τοιαῦτα εἶνε λ.χ. ἡ χρησιμοποίησις συντεταγμένων θέσεως καὶ ταχύτητος τῶν ἠλεκτρονίων τῶν ἀτόμων καὶ ἐπομένως παραδοχῆς διὰ τὸ ἄτομον ὀρισμένου ὑποδείγματος, ὅπερ εἶναι οὐτοπιστικὴ προσπάθεια.

Ἐπὶ τῇ βάσει τοιαύτης ἀρχῆς ὁ Heisenberg ἐπέδωξε ν' ἀνεύρη κβαντικὰς συνθήκας ἐναρμονιζομένας πρὸς τὴν παρατήρησιν.

Εἰς τὴν νέαν θεωρίαν αὐτοῦ τὴν ὁποίαν ἀνέπτυξε ἐφαρμόζων πολὺπλοκον μαθηματικὸν λο-

γισμὸν, ἤχθη κυρίως ἐκ τῆς διαπιστώσεως τοῦ γεγονότος, ὅτι εἶναι ἀδύνατος ὁ καθορισμὸς συγχρόνως τῆς θέσεως καὶ τῆς ταχύτητος σωματίου κινουμένου (τοῦ ἠλεκτρονίου) ἐντὸς τοῦ ἀτομικοῦ μικροκόσμου.

Ἐντεῦθεν ἔφθασε εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐπεκτείνωμεν τὸν τρόπον τὸν ὁποῖον ἐφαρμόζομεν διὰ τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τοῦ μακροκόσμου, κατὰ τὴν ἐξέλιξιν αὐτῶν, καὶ ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ μικροκόσμου, στηριζόμενοι ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς αἰτιότητος, ὡς ἀλαθῆτος.

Ἐὰν ζητήσωμεν νὰ ὀξύνωμεν τὴν ὄρασιν μας δι' ἐντατικωτέρου φωτός, διὰ φωτονίων μεγαλυτέρας συχνότητος, διὰ νὰ ὀρίσωμεν καλύτερον τὴν θέσιν τοῦ ἠλεκτρονίου, αὐτό, καθὼς ἔδειξεν ὁ Einstein, θὰ ἔχη ὡς ἀποτέλεσμα ν' αὐξήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ ἠλεκτρονίου, διότι προσδίδεται εἰς αὐτὸ ὄσιν ἀνάλογος τῆς συχνότητος ν (ἀκριβῶς τοῦ $\frac{h\nu}{c}$) ὡς τὸ περιεγράψαμεν κατὰ τὴν

ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τοῦ Compton. Ἄν τούναντίον χρησιμοποιήσωμεν φῶς ὅσον τὸ δυνατόν μεγάλο κύματος (μικρᾶς συχνότητος), διὰ ν' ἀποφύγωμεν τὸ φαινόμενον τοῦ Compton, ὁ ἀκριβῆς προσδιορισμὸς τῆς θέσεως τοῦ ἠλεκτρονίου καθίσταται ἀνέφικτος. Τὸ ἠλεκτρόνιον ἐφ' ὅσον ἐξασθενεῖ ὁ φωτισμὸς του θὰ καθίσταται ἀδιόρατον· εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην μετέχει εἰς τὴν παρατήρησιν αὐτὸ τοῦτο τὸ ὄργανον τῆς παρατηρήσεως, καὶ δι' αὐτοῦ ὁ παρατηρητής.

Ἡ ἀρχὴ αὕτη ἐκφράζεται διὰ τῆς ἐξισώσεως

$$D_p \cdot D_q = h$$

ἐνθα p καὶ q εἶναι δύο μεταβληταὶ ἀλληλοεξαρτώμεναι (συζυγεῖς), ἐξ ὧν ἡ πρώτη παριστᾷ τὰς συντεταγμένας θέσεως ἑνὸς ἠλεκτρονίου καὶ q τὴν ποσότητα κινήσεως αὐτοῦ, h δὲ εἶναι ἡ γνωστὴ σταθερὰ τοῦ Πλάνκ.

Πρὸς καλυτέραν κατανόησιν τῆς ἐξισώσεως ταύτης παρατηροῦμεν ὅτι εἰς μίαν ἐξίσωσιν τὰ ἀλγεβρικὰ σύμβολα δηλοῦν εἴτε γνωστὰς εἴτε ἀγνώστους ποσότητας. Ἄλλ' εἰς τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Heisenberg αἱ τιμαὶ τῶν p καὶ q οὔτε καθ' ὀλοκληρίαν γνωσταὶ μᾶς εἶναι, οὔτε καθ' ὀλοκληρίαν ἀγνωστοὶ, ἀλλὰ ἐξαρτῶνται ἀμοιβαίως. Ἐὰν κατὰ τὰ ἀνωτέρω γνωρίσωμεν λ.χ. τὴν τιμὴν τοῦ συμβόλου p ὅτι εἶναι ἴση μὲ p_1 , τότε τὸ σύμβολον q λαμβάνει δι' ἡμᾶς ἀγνωστον τιμὴν. Καὶ τάνάπαλιν.

Ἡ ἀρχὴ τοῦ Heisenberg οὐχ ἦττον μᾶς λέγει καὶ κάτι ἄλλο. Ἐὰν δὲν προσδιορισθῇ ἀκριβῶς ἡ τιμὴ τοῦ ἑνὸς συμβόλου ἀλλὰ μόνον περίπου, κατὰ τινα προσέγγισιν, δύναται καὶ τὸ ἄλλο σύμβολον κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον, δηλ. μετὰ τινος ἀσφαλείας, νὰ προσδιορισθῇ.

Εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον, εἰς τὸν ὁποῖον D_p καὶ D_q δηλοῦν τὸ περιθώριον τῆς ἀπροσδιοριστίας θέσεως καὶ κινήσεως, δηλοῦται ὅτι τὸ γινόμενον αὐτῶν εἶναι σταθερόν. Τὴν ἀπροσδιο-

ριστίαν αὐτὴν δυνάμεθα νὰ κατανεύωμεν ὅπως θέλομεν ἀλλὰ οὐχὶ καὶ ν' ἀπαλλαγῶμεν αὐτῆς. Δυνάμεθα λ. χ. νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἠλεκτρονίου μὲ προσέγγισιν 0,001 χλσμ. καὶ συγχρόνως τὴν ταχύτητα μὲ προσέγγισιν 1 χιλιομέτρου κατὰ 1'', ἢ τὴν θέσιν μὲ προσέγγισιν 0,0001 χλσμ. καὶ τὴν ταχύτητα τότε μὲ προσέγγισιν 10 χιλιομ. κατὰ 1'' καὶ οὕτω καθεξῆς.

Παρατηρητέον, οὐχ ἦττον, ὅτι ὁ προσδιορισμὸς θέσεως τοῦ ἠλεκτρονίου εἰς τὸ ἄτομον δὲν ἔχει καμμίαν φυσικὴν ἔννοιαν. Ἡ περιφορὰ τούτου μετ' ἰλιγγιώδους ταχύτητος ἐμφανίζει αὐτὸ ὡς δακτύλιον, τὴν αὐτὴν θέσιν περὶ τὸν πυρῆνα κατέχον καὶ ἡ ἀκριβὴς θέσις εἰς δεδομένην στιγμὴν τοῦ ἠλεκτρονίου χάνει κάθε πραγματικὴν σημασίαν.

Ἡ ἀποκάλυψις ὅτι καὶ ἡ ἀκτινοβολία χαρακτηρίζεται ὑπὸ ἀσυνεχείας, ἥτοι ἡ θεωρία τῶν κβάντων, ἐπέφερε τὸ πλήγμα εἰς τὸν νόμον τῆς αἰτιότητος. Τὸ ἀδιαιρέτον αὐτοῦ ἔφερε πολλοὺς εἰς τὴν ἄρνησιν αὐστηρᾶς αἰτιοκρατίας εἰς τὰ γεγονότα τοῦ κόσμου, δεδομένου ὅτι εἰς πολλὰ φαινόμενα μία ἀκτὶς φωτεινὴ φαίνεται διχαζομένη.

Γνωρίζομεν λ.χ. ὅτι ὅταν πληθὺς κβάντων προσβάλλῃ μίαν ἐπίπεδον ὑαλίνην πλάκα ἐπὶ μέρους μὲν—κατὰ τὰ τρία περίπου τέταρτα—θὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς, κατὰ δὲ τὸ ὑπόλοιπον θ' ἀνακλασθῇ· ἀλλὰ τί θὰ γίνῃ, λέγουσιν, ἂν μόνον ἓν κβάντον προσβάλλῃ τὴν πλάκα, ἀφοῦ εἶναι ἄτμητον;

Ἴσως μίαν ἡμέραν τὸ μάθωμεν καὶ αὐτό, ἂν ὄντως εἶναι φυσικῶς δυνατὸν ἓν μόνον φωτόνιον νὰ ληφθῇ μεμονωμένον. Ποῖος μὰς λέγει ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἑνὸς μόνου φωτονίου τοῦτο δὲν ἀντιδρᾷ κατὰ τὸν ἕνα τρόπον, λ.χ. διέρχεται, καὶ μόνον ὅταν ὑπάρξουν τέσσαρα τὸ τέταρτον ἀνακλᾶται; Ποῖος γνωρίζει τὰς συνθήκας ὑπὸ τὰς ὁποίας γίνεται ἡ διανομὴ αὐτῆ τῶν φωτονίων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὑαλίνης πλακῆς;

Πάντως ἡ ἀρχὴ τῆς ἀκαθοριστίας τοῦ Heisenberg δὲν εἶναι ἱκανὴ νὰ μᾶς θέσῃ εἰς ἀμφιβολίας καὶ σκέψεις περὶ τῆς ἀξίας τῶν ἐκ τῆς παρατηρήσεως καὶ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐξηγμένων νόμων τῶν φυσικῶν φαινομένων, εἴτε οὗτοι θεμελιῶνται ἐπὶ τῆς αὐστηρᾶς συνοχῆς αἰτίου καὶ ἀποτελέσματος, εἴτε εἶναι φύσεως στατιστικῆς, ὡς τόσοι ἄλλοι νόμοι, ὡς καὶ ἡ ἠλεκτρονικὴ θεωρία κατὰ Heisenberg.

Ἄν εἰς τοὺς στατιστικοὺς νόμους, οἱ ὅποιοι εἰσήχθησαν κυρίως διὰ τῆς θερμοδυναμικῆς, ὑποκαταστάσῃ τῆς βεβαιότητος διὰ τῆς πιθανότητος, ἐκ τῆς φύσεως τῶν φαινομένων καὶ τῆς ἀπειροπληθοῦς τῶν παραγόντων ἀδυνατοῦμεν νὰ παρακολουθήσωμεν αἴτιον καὶ ἀποτέλεσμα εἰς ἕκαστον ἄτομον τοῦ πλήθους, τοῦτο δὲν σημαίνει ὅτι παύει ἓν αὐτοῖς ἰσχύουσα ἐκ τῆς ἀδυναμίας ταύτης ἡ ἀρχὴ τῆς αἰτιοκρατίας. Ἄν αἱ προβλέ-

ψεις μας εἰς τοὺς στατιστικοὺς νόμους ἐπαληθεύονται, ἀσπληρῶς ἐξεταζόμενα κατὰ προσέγγισιν, καὶ ἡ αὐστηρὰ αἰτιότης στρέφεται πρὸς τὴν πιθανότητα, αὕτη πάλιν διὰ τοῦ πλήθους τῶν παρατηρήσεων καθίσταται συνεχῶς ἐγγυτέρα πρὸς τὴν ἀπόλυτον ἀκρίβειαν καὶ πρακτικῶς ταυτίζεται πρὸς αὐτὴν καὶ ἡ τύχη εἰς τοὺς στατιστικοὺς νόμους ἐξαφανίζεται.

Ἄν ὁ δαίμων τοῦ Maxwell ἐγγιάντωσε παρὰ προσδοκίαν κατὰ τὴν πορείαν τοῦ τῆν δυνάμιν του, τὴν ἐδανείσθη ἀπὸ ἕνα ἕκαστον τῶν συναπαντητῶν αὐτοῦ πάντοτε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς αἰτιότητος, ὅπως δὲ λέγει καὶ ὁ Eddington, εἰς τῶν θερμότερων ὑποστηρικτῶν τῆς ἑτεροαρχίας (indeterminism) ἐν τῇ φυσικῇ τοῦ μικροκόσμου, εἰς τοὺς στατιστικοὺς νόμους δὲν προσδιορίζεται τὸ μέλλον τελείως ἀπὸ τὸ παρελθόν, ἀλλὰ δὲν εἶναι καὶ ἀνεξάρτητον.

Προτοῦ ὁ Heisenberg ἐκσφενδονίσθη τὴν τορπίλῃν τοῦ ἀκαθορίστου, κανεὶς δὲν ἠμφισβήτησε τὴν ἰσχὴν τῆς ἀρχῆς τῆς αἰτιότητος εἰς τὴν ἐπιστήμην, καθ' ὅσον οἱ οὐδόλως διαψευσθέντες στατιστικοὶ νόμοι, εἴτε εἶναι ὀλίγοι εἴτε πολλοὶ εἴτε καὶ ὅλοι, ὅπως ἰσχυρίζονται οἱ αὐταρχικοί, ἐκπηγάζουσιν ἐξ ἐγκυρομένων εἰς τὸ βάθος αὐτῶν σταθερῶν σχέσεων.

Ἐφ' ὅσον ἐξετάζομεν, ὡς ἐξετάζομεν, τὰ ζητήματα τοῦ μικροκόσμου εἰς πεδῖον ὅπου κυριαρχεῖ ἡ μὴ κλασσικὴ φυσικὴ, δὲν εἶναι λογικὸν νὰ ζητῶμεν νὰ τὰ τοποθετήσωμεν ἐντὸς πλαισίου τῆς κλασσικῆς φυσικῆς, διὰ τοῦτο ὀρθῶς ὁ Langevin λέγει ὅτι ἡ αἰτιοκρατία δὲν θίγεται εἰς ταῦτα, ἀλλ' ἡ μηχανικὴ μόνον εἰκῶν μὲ τὴν ὁποίαν τὰ συνοδεύομεν. Δὲν πρέπει ὁμως νὰ λησμονοῦμεν ὅτι τὴν εἰκόνα αὐτὴν μόνον ὁ πνευματικὸς ὀφθαλμὸς δύναται νὰ τὴν σχηματίσῃ. Ἡ σκέψις ὅθεν τῆς καταργήσεως τῆς ἀρχῆς τῆς αἰτιότητος ἕνεκα τῶν ρηθέντων λόγων εἶναι, ἂν μὴ τι ἄλλο, ἐσπευσμένη. Τοῦτο ἀποδεικνύει καὶ τὸ γεγονὸς τῆς ἀσυμφωνίας τῶν δύο ἀντιθέτων στρατοπέδων εἰς τὰ ὁποῖα ἴστανται ἐπὶ τοῦ ζητήματος τούτου ἀντιμέτωποι οἱ ἀριστεῖς τῆς φυσικῆς ἐπιστήμης Ὁ Planck, ὁ Langevin, ὁ Einstein κ.λ. εἰς τοὺς αὐταρχικοὺς, ὁ Eddington, ὁ Born, ὁ Heisenberg, ὁ Schröndiger κ.λ. εἰς τοὺς ἑτεροαρχικοὺς. Γεγονὸς πάντοτε παραμένει μόνον ὅτι μὲ τὰς νέας μηχανικὰς, τῶν κυμάτων καὶ τῶν κβάντα, προώδευσεν ἡ ἐπιστήμη παραβλέπουσα τὴν ἀρχὴν τῆς αἰτιοκρατίας, ἐξ ἧς οἱ κλασσικοὶ Φυσικοὶ ἕως τῶρα ἐξεπορεύοντο.

Εἰς τὸ σημερινὸν αὐτῆς ὕψος ἐξήρθη ἡ ἐπιστήμη χρησιμοποιήσασα πάντοτε τὴν ἀρχὴν τῆς αἰτιότητος ὡς τὸ νῆμα τῆς Ἀριάδνης εἰς τὸν λαβύρινθον τῶν φαινομένων καὶ δι' αὐτῆς κατάρθωσε νὰ ἐξέλθῃ ἕως τῶρα νικητρία καὶ νὰ μὴ καταφαγωθῇ ἀπὸ τὸν Μινώταυρον τῆς φαντασίας. Αἱ ἀσυνθήεις δυσχέρειαι αἱ ὁποῖαι ἀναγκάζουσιν σήμερον τὴν Φυσικὴν νὰ διαχωρίζη εἰς χωριστοὺς κλειστοὺς κόσμους τὰ φαινόμενα

του μικροκόσμου και άλλα, σχετιζόμενους μὲν πρὸς τὰ φαινόμενα τοῦ αἰσθητοῦ κόσμου και ὅμως διαφοροτρόπως ἐρμηνευομένους, ἄς ἐλπῖσωμεν ὅτι κάποτε θὰ παρακαμφθῶσι. Ἐν πρώτοις οἱ ὑποστηρικταὶ τῆς ἑτεραρχίας δὲν διατίθενται ὅτι ἡ αἰτιοκρατία κατεδείχθη σφαλλομένη. Ἡ ἐγκατάλειψις δὲ ταύτης ἐν τῇ σημερινῇ ἐρεύνη διὰ τῆς θεωρίας τῶν κβάντων οὐδαμῶς σημαίνει ἀπόρριψιν τῆς μέχρι τοῦδε φυσικῆς μεθόδου (Eddington¹⁾). Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς αἰτιότητας στηριζόμενος ὁ Leverrier και ὁ Adams ἐξ ἀνωμαλιῶν τῆς τροχιάς τοῦ Οὐρανοῦ προβλέπουν τὴν ὑπαρξίν τοῦ νέου πλανήτου Ποσειδῶνος. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς ὁ Mendelejeff στηριζόμενος προφητεύει τὴν ὑπαρξίν 25 ὄλων νέων στοιχείων, καὶ προπεριγράφει μετ' ἀκριβείας τὰς ιδιότητάς των.

Προσπάθειαι δὲν ἔπαυσαν πρὸς ἀποκατάστασιν τῆς ἐνότητος ἐν τῇ σπουδῇ τῶν φαινομένων τῆς φύσεως. Ὁ μεγαλύτερος σκόπελος ἐμφανίζεται εἰς τὴν διπλὴν ὕλικὴν και κυματικὴν φύσιν τῆς ἀκτινοβολίας. Καὶ πρέπει νὰ ὁμολογηθῆ ὅτι ἂν εἰς τὸ αἰνιγμα δὲν ἐδόθη πλήρως ἱκανοποιητικὴ λύσις, ὅλον ἐν ὅμως τοῦτο παρυσιάζεται ὀλιγώτερον σκοτεινὸν και οὐδὲλως ὑπερφυσικόν.

Οἱ M. και L. de Broglie ἐσχάτως συμπεραίνουν ὅτι ἡ διαφορὰ μεταξύ φωτονίου και σωματίου οὐδετέρου ἠλεκτρικῶς και ἔχοντος μᾶζαν ἐξόχως ἐλαχίστην εἶναι πολὺ λεπτὴ και θεωροῦν τὸ φωτόνιον ἀποτελούμενον ἀπὸ δύο νετρίνια, τῶν ὁποίων, ὡς ἔδειξε τελευταίως (1935) ὁ Hendersson, ἡ μᾶζα ἐλάχιστα διαφέρει τοῦ μηδενός.

Φωτόνιον = νετρίνιον + ἀντινετρίνιον

Αἱ ἔννοιαι ἐντεῦθεν σωματίον, ἐνέργεια, κύμα κατέστησαν τοσοῦτον ρευσταί, ὥστε δὲν δύναται νὰ μᾶς ἐκπλήξῃ τὸ γεγονός ὅτι πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν μας ὁ νέος οὐτός Πρωτεύς, τὸ φωτόνιον, ἐνδύεται διαδοχικῶς τὰς μορφὰς αὐτάς.

Περαιτέρω θεωρητικαὶ ἐργασίαι νεώταται, ὡς αἱ τῆς πενταδιαστάτου (προβολικῆς) θεωρίας τῆς σχετικότητας (Einstein-Mayer, O. Klein), ἐπιχειροῦν πληρέστερον νὰ περιλάβουν τὰ φυσικὰ γεγονότα εἰς ἐνιαῖον πλαίσιον.

Θεωρίαι στηριζόμεναι σήμερον ἐπὶ γεγονότων και ἐπιχειροῦσαι νὰ ἀνεύρουν τὸν μυστικὸν σύνδεσμον τῶν φυσικῶν φαινομένων δι' εὐρυτέρας μαθηματικῆς ἀναλύσεως ἢ πειράματα μεγαλοφυοῦς ἐπινοήσεως συνεργάζονται ἀδιαλείπτως διὰ τὴν γεφύρωσιν τοῦ χάσματος. Ὑπάρχει πᾶσα καλὴ πρόβλεψις ὅτι θὰ ἐπιτύχουν. Τὴν δικαιῶναι τὸ πρόσφατον παρελθὸν εἰς τὴν ἐπιστήμην τῆς φύσεως.

Ἡ ἀνυπερβλήτος δυσχέρεια τῆς περιστροφῆς τῶν ἠλεκτρονίων ἀνευ ἀκτινοβολίας δὲν

ἐσταμάτησε τὴν σκέψιν ἢ τὴν μελέτην τοῦ ἀτομικοῦ συγκροτήματος. Τὸν γόρδιον δεσμόν τὸν ἔλυσε ὁ Bohr διὰ τῆς αὐθαιρέτου παραδοχῆς, ὡς εἶδομεν, τῶν προνομιοῦχων τροχιῶν. Ἡ θεωρία τοῦ ἀναπτυχθεῖσα ἔφθασε εἰς τὴν ἐξήγησιν τῶν ἐμπειρικῶς εὑρεθέντων τύπων τῶν φασματικῶν γραμμῶν. Θεωρία και πείραμα συνητήθησαν.

Τὸ ἀνεξήγητον φαινόμενον τῶν φασματικῶν γραμμῶν τῆς λεπτῆς ὕψης ἐξήγησαν ἐπιτυχῶς τόσο ὁ Sommerfeld διὰ τῆς παραδοχῆς ἐλλειπτικῶν τροχιῶν ὅσον και ὁ Dirac διὰ τῆς κβαντομηχανικῆς.

Ἡ βαθυτέρα μελέτη τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ μελανοῦ σώματος ὑπὸ τοῦ Πλάνκ ἀπεκάλυψε τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τῆς ἀκτινοβολίας και ἐγέννησε νέαν μηχανικὴν τὴν κβαντομηχανικὴν, ἡ ὁποία ἐβοήθησε τὸν ἐπιστημονικὸν ὀφθαλμὸν νὰ εἰσδύσῃ ἐντὸς τοῦ ἀτομικοῦ μικροκόσμου. Ἡ ποιοτικὴ ἔρευνα εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν ἐγένετο διὰ τῶν κβάντων ποσοτικὴ. Τὸ ἴδιον συνέβη και εἰς τὴν Χημείαν. Τὸ πείραμα, τὰ συντρίμματα τοῦ ραδίου, μᾶς ἀπεκάλυψαν τὴν ἐσωτερικὴν σύστασιν τοῦ ἀτόμου, τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν. Αἱ ἰδιότητες τῶν στοιχείων ἐκπηγάζουν ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν φορτίων. Ἡ ποιοτικὴ διαφορὰ τῶν στοιχείων ἀνήχθη εἰς ποσοτικὴν τῶν φορτίων.

Ὁ Dirac δημιουργεῖ νέαν αὐθαιρεσίαν τῷ 1930 μὲ τὴν θεωρίαν τῶν ὀπῶν ἐνεργείας, ἡ ὁποία προϋποθέτει τὴν ὑπαρξίν ἐλευθέρων ὕλης θετικῶν ἠλεκτρονίων. Δύο ἔτη βραδύτερον τὰ ὑποθετικὰ αὐτὰ στοιχεῖα τῆς Δημιουργίας ἀνακαλύπτονται διὰ τοῦ πειράματος.

Ὁ Raderford προβλέπει ἀπὸ τοῦ 1920 τὴν ὑπαρξίν ὕλικων μονάδων ἀνευ φορτίου. Τὰς ἀνακαλύπτει μετὰ δώδεκα ἔτη ὁ Chadwick: τὰ νετρόνια.

Ὁ de Broglie θεωρητικῶς φέρεται εἰς τὸ τολμηρὸν συμπέρασμα τῆς κυματοειδοῦς διαδόσεως ὕλικων σωματίων, ἀποτέλεσμα τῶν ὁποίων θὰ ἦτο ἡ ἐμφάνισις τῶν ὀπτικῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς και παραθλάσεως τῶν ἀκτίνων και εἰς ὕλικὰ σωματῖα. Εἶδομεν εἰς τὸ παρὸν ἄρθρον τὴν ἐπακολουθήσαν θριαμβευτικὴν ἐπιβεβαίωσιν διὰ τοῦ πειράματος.

Ἡ αὐτόματος ἀφηλέκτρισις τῶν ἠλεκτροσκοπίων μᾶς ἀποκαλύπτει νέας μυστηριώδους προελεύσεως μονάδας τῆς Δημιουργίας, προικισμένας μὲ φανταστικὴν ἐνέργειαν πολλῶν χιλιοκατομμυρίων βόλτ, διὰ τῆς ὁποίας διαπεροῦν στρῶμα ὕδατος ὑπερδιακοσίων μέτρων. Τὰς κοσμικὰς ἀκτίνας.

Και αἱ καταπληκτικαὶ αὐταὶ ἀποκαλύψεις αἱ μεταμορφώσασαι τὴν φυσικὴν και τὸν φυσικὸν κόσμον ἐπομένως, ἐγένοντο εἰς διάστημα τριῶν ἢ τεσσάρων δεκαετηρίδων και ραγδαίως τὰ τελευταῖα ἔτη πολλαπλασιάζονται, εὐρύνονονται, διασαφηνίζονται.

Φυσικὰ δι' αὐτῶν ἀπεκαλύφθησαν νέα ἐδάφη παρθένα πρὸς ἐπιστημονικὴν καλλιέργειαν. Νέα

¹⁾ A. S. Eddington, Die Naturwissenschaft auf neuen Bahnen 1935 σελ. 69.

δυσχέρεια προέκυψαν, νέα μυστήρια ἐγεννήθησαν. Ἐἶνε ἀδικαιολόγητος ἡ νευρική ἐκείνων, οἱ ὅποιοι, ἀπογοητευμένοι ἀπὸ τὰς νέας δυσχερείας, δυσανασχετοῦν διότι εἰς τὸ βραχὺ αὐτὸ διάστημα δὲν εὑρον τὴν λύσιν τῶν ὅλα τὰ κοσμικὰ προβλήματα, διότι δὲν ἠδυνήθημεν ἀκόμη νὰ προσαρμόσωμεν ὅσα γεγονότα ἡ Εὐκλείδειος γεωμετρία ἀδυνατεῖ νὰ περιλάβῃ εἰς τὸν τρισδιάστατον ὄγκον καὶ εἰς τὸν πραγματικὸν ὄγκον εἰς τὸν ὁποῖον ζητοῦμεν νὰ διεισδύσωμεν.

Ἰδιαιτέρως ἡ μεγάλη δυσχέρεια ἡ ὁποία ἐσημείωσε τὴν κρίσιν εἰς τὴν φυσικὴν, ὁ δὲ ἰσμός, φωτεινὸν κύμα καὶ σωματίον κινούμενον, τείνει ὁσημέραι νὰ ἐκλείψῃ ἢ καλύτερον νὰ νοηθῇ.

Ἄλλ' ἡ ἐνόησις τοῦ φυσικοῦ κόσμου ἐπιτυγχάνεται ἄρα γε μετὰ τὴν λύσιν τοῦ αἰνίγματος αὐτοῦ, τοῦ ἱποκενταύρου ;

Ὅχι· διότι εἰς αὐτὴν δὲν περιλαμβάνεται καὶ ὁ πλέον γνωστός καὶ συγχρόνως πλέον ἄγνωστος παράγων, ὁ τῆς παγκοσμίου ἑλξεως.

5. Ἡ βαρύτης.

Ὁ Νεύτων ἤδη, ὁ ὁποῖος τὴν ἀνεκάλυψεν, διακηρύττει ἡρωϊκῶς ὅτι οὐδὲν γνωρίζει περὶ τοῦ κυριωτάτου τούτου φαινομένου τῆς φύσεως. Μὴ ἐξαρτώμενον τοῦτο ἀπὸ καμμίαν ἐπίδρασιν ἐξωτερικὴν, ὅπως τὸ φῶς καὶ ὁ ἠλεκτρισμός, ἀποτελεῖ ἓνα μυστηριώδη παράγοντα τῆς δημιουργίας, τοῦ ὁποῖου δὲν ἠδυνήθη ν' ἀνεύρη τὴν ρίζαν ἢ ἐπιστήμη, παράγοντα ὁ ὁποῖος οὕτως εἶπεν ἀποτελεῖ τὴν ἐκδήλωσιν τῆς ζωῆς τῆς ὕλης.

Ὁ Einstein μόνος ἐν τῇ μεγαλειώσει αὐτοῦ θεωρεῖ τῆς γενικῆς σχετικότητος μᾶς λέγει ὅτι ἡ αἰτία διὰ τὴν ὁποῖαν πίπτει ἐν σῶμα ἐπὶ τῆς γῆς, ὑπάρχει εἰς τὸ σῶμα καὶ ὄχι εἰς τὴν γῆν.

Ἡ γῆ ἐνεργεῖ ἐμμέσως ὡς ὕλη, ἀναπτύσσει τὰς ιδιότητες τοῦ χώρου-χρόνου καὶ ἐπιφέρει εἰς αὐτὸν μεταβολὴν τινά, τὴν ὁποῖαν καλοῦμεν πεδῖον βαρύτητας.

Παρ' ὅτι οὐχ ἦττον φρονεῖ ὁ θαυμαστής τῶν θεωριῶν τοῦ Einstein ὁ Langevin, ὅτι ἡ ἐννοία τοῦ χώρου-χρόνου ἐπέτρεψεν εἰς τὸν Einstein νὰ διαυγάσῃ τὸ μυστήριον τῆς βαρύτητας, τὸ μυστήριον τοῦτο ὅσον καὶ ἂν ἔλαβε καθαρωτέραν μορφήν καὶ ὅσον καὶ ἂν συνεδέθη διὰ τοῦ Einstein μετὰ τὴν ὄλην μηχανικὴν, δὲν δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι διηυγάσθη ἀκόμη.

Ἡ ἀναλογία τοῦ πρὸς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδῖον ὤθησεν ἄλλους (Eddington, Weyl) εἰς προσπάθειαν ἐνώσεως τῶν φαινομένων τῆς βαρύτητας μετὰ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν· ἀμφότερα μᾶς ἐμφανίζονται ἢ θεωρία αὕτη ὡς ἐκδηλώσεις τοῦ χώρου-χρόνου καὶ οὐχὶ ὡς δράσεις στιγμιαίας. Ἄλλὰ μήπως κἂν εἴμεθα περισσότερο φωτισμένοι ὡς πρὸς τὴν φύσιν καὶ δημιουργίαν τούτου ; Δυνάμεθα νὰ χωρίσωμεν τὰ ἠλεκτρικὰ πεδία τοῦ ἀτόμου ἀπὸ τὰ κινούμενα ἠλεκτρόνια ; Εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν πεδῖον ἢ σκιά

τοῦ ἠλεκτρονίου ἢ μὴ συμβαίνει τὸ ἐναντίον ; Ἐὰν εἰς ἓνα ὀπτεντότον παρουσιάσωμεν διὰ πρώτην φοράν ραδιόφωνον, ἀσφαλῶς θὰ νομίση ὅτι ἐντός τοῦ κιβωτίου ἔχομεν κλειδωμένον τὸ ὄμιλον ἢ ἄδον ἄτομον.

Μήπως καὶ ἡμεῖς παθαίνομεν ἐνίοτε τὸ ἴδιον καὶ ἀναζητοῦμεν τὴν πηγὴν τοῦ μυστηρίου εἰς τὸ βάθος τοῦ φαινομένου ἐν ᾧ εὐρίσκεται πολὺ μακρὰν αὐτοῦ ;

Αἱ ἀπροσδόκητοι ἐπιτυχίαι τὰς ὁποίας εἶχεν ἡ φυσικὴ ἐπιστήμη τὰ τελευταῖα ἔτη μᾶς φανερόνουν ὅτι εὐρισκόμεθα εἰς τὰ πρόθυρα μιᾶς ὑψηλοτέρας ἐποπτείας καὶ βαθύτερας γνώσεως τοῦ φυσικοῦ κόσμου. Ὅτι ἡ ἐπιδιωκομένη ἐνόησις τῶν κοσμικῶν παραγόντων καὶ τῶν σχέσεων αὐτῶν δὲν εἶναι ἀκατόρθωτος. Τὸ πείραμα τὸ ὁποῖον ἐξήχθη εἰς τὸ ἔσχατον τῆς λεπτότητος καὶ ἡ θεωρία ἡ ὁποία μετὰ μεγαλοφυᾶ χρῆσιν τοῦ λογισμοῦ τελευταίως εἰς τόσον ἀνήλθε ὕψος μᾶς ἐμπνέουν τὴν μεγαλυτέραν αἰσιοδοξίαν.

6. Αἰτιότης καὶ ἐλευθέρη βούλησις.

Ἡ ἀρχὴ τοῦ ἀκαθορίστου τοῦ Heisenberg θίγουσα τὴν τήρησιν αὐστηρᾶς αἰτιότητος εἰς τὰ φαινόμενα τοῦ ἀτομικοῦ μικροκόσμου, μέτεφε τὸ ζήτημα ἀτόπως εἰς τὴν μεταφυσικὴν.

Οὐδεὶς φυσικὸς ἰσχυρίσθη τοιαύτην συσχέτισιν καὶ μεταφορὰν διὰ τῆς νέας φυσικῆς οὔτε ἀπεδείχθη ἀλλ' οὔτε καὶ εὐρέθη μὴ ἰσχύουσα ἢ ἀρχὴ τῆς αἰτιοκρατίας. Ἡ ἐν τῇ φυσικῇ ἐρεύνη ἐκλογὴ τοῦ ἐνός ἢ τοῦ ἄλλου συστήματος κατέστη ζήτημα προτιμήσεως ἀτομικῆς (Πλάνκ).

Ἀπὸ τὸν κίνδυνον τῆς ἀναμιξεως τῆς μεταφυσικῆς εἰς τὰ πεδία τῆς θετικῆς ἐρέυνης, πάντοτε ἐπροφυλάχθη ἡ ἐπιστήμη ἀκούουσα εἰς τὸ τοῦ Ἀριστοτέλους «ἐκ δὲ τῶν νοητῶν οὐδὲν γίγνεται μέγεθος».

Μὲ τὴν ἐμφάνισιν οὐχ ἦττον τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀκαθορίστου ἔλαβον ἀφορμὴν οἱ ὑποστηρικταὶ τῆς αὐταρχίας ν' ἀναδιπλώσωσιν ἐπὶ τοῦ τάπητος ὅλας τὰς ἀπὸ ἀίωνων κατὰ τῆς αἰτιοκρατίας ἀναπτυχθείσας ἀντιρρήσεις τῶν καὶ νὰ λύσουν, ὡς νομίζουσιν, τὸ πολυθρόλυτον ζήτημα τῆς ἐλευθερίας τῆς βουλήσεως.

Ἐπὶ τῆς ἀναμφισβητήτως, λέγουσιν, ἐλευθέρᾳ βούλησιν, ἄρα δὲν ὑπάρχει αἰτιοκρατία πρὸς τὴν ὁποῖαν εἶναι ἀσυμβίβαστος.

Παρερχόμενοι τοὺς φιλοσόφους ἐκείνους οἱ ὅποιοι τούναντιον δέχονται τὴν ἐλευθερίαν τῆς βουλήσεως οἰοῦναι συσσωματωμένην μετὰ τῶν διαφόρων ἐσωτερικῶν καὶ ἐξωτερικῶν ἐλαττηρίων τῆς ἀτομικῆς ζωῆς καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸ ἀντίθετον συμπέρασμα τῶν προηγουμένων, εἰς τὸ ὅτι τούτέστι «πᾶσα ἀπόδειξις τῆς ἐλευθερίας τῆς βουλήσεως δικαιεῖ τὴν αἰτιοκρατίαν», περιοριζόμεθα νὰ τονίσωμεν τὰ ἀκόλουθα.

Αἱ μορφαι τὰς ὁποίας ἔδωσαν εἰς τὴν ἐλευθερίαν τῆς βουλήσεως αἱ διάφοροι φιλοσοφικαὶ σχολαὶ ὑπῆρξαν διαφορώταται.

Ἡ παλαιότερων ἰδίως φιλοσόφων θεωρία, ἡ δεχομένη αὐτὴν ὡς ἰδίαν αὐτόνομον ψυχικὴν λειτουργίαν, δὲν εὐρίσκει πλέον ὁπαδούς, οὐδένα δὲ ἀσφαλῶς μεταξὺ τῶν ἐπιστημόνων τῆς φύσεως. Οὗτοι κατορθώσαντες πλεῖστα βιολογικὰ φαινόμενα ν' ἀναγάγωσιν εἰς φυσικοχημικά, φρονοῦν ὅτι καὶ τὰ πνευματικὰ φαινόμενα συνέχονται πρὸς τὰ βιολογικὰ καὶ δὲν ἀσκοῦνται δι' αὐτονόμων ὀργάνων ἢ λειτουργιῶν.

Ἡ ἐλευθερία τῆς βουλήσεως μᾶς ἐνθυμίζει τοὺς στατιστικοὺς νόμους· ἀναφαίνεται ὡς ἀποτέλεσμα θετικῶν ἀπειραρίθμων παραγόντων, τῶν ὁποίων ἡ ἀνώμαλος λειτουργία μὴ δυναμένη καθ' ἕκαστον ν' ἀναλυθῆ καταλήγει εἰς ἓνα ὁμαλώτατον νόμον.

Ἡ ἐλευθέρα βούλησις εἶναι τὸ θυμικὸν προῖόν ἀπειραρίθμων καὶ τὸν νόμον τῆς αἰτιότητος ἀκολουθούντων αἰτίων, τῆς ἐσωτερικῆς καὶ ἐξωτερικῆς ζωῆς.

Εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ βουλευομένου ἐμφανίζεται ὡς ἐλευθέρα. Εἰς ἓνα ὑπεράνθρωπον ὀφθαλμὸν δὲ τὰ πᾶν θ' ὄρα, ὅστις θὰ ἠδύνατο νὰ ὑπολογίσῃ τὴν πορείαν ὅλων τῶν ἀσταθμῶν γεγονότων εἰς τὸν κυκεῶνα τῶν αἰτίων καὶ αἰτιατῶν τοῦ ψυχικοῦ μας περιεχομένου, ἐξ ὧν διεμορφώθη ἡ ἀτομικὴ ἐκάστου ψυχοσύνθε-

σις, ἐμφανίζεται ὡς ἀναγκαῖον ἀποτέλεσμα.

Ἐκ τῶν ἐκτεθέντων συμπεραίνεται ὅτι ἡ νευρικότης ἢ ὁποία διαφαίνεται εἰς τοὺς ἐπιστήμονας ἐκ τῆς τελευταίας κρίσεως τῆς Φυσικῆς εἶνε ἀστήρικτος. Ἡ δυσπιστία πολλῶν ἐπὶ τῆς σταθερότητος τῶν θεμελιῶν ἐφ' ὧν ἐστήριξε τὸ μεγαλοπρεπὲς τῆς σημερινῶν οἰκοδόμημα διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ αἰσθητοῦ κόσμου ἀδικαιολόγητος. Ἄν εἰς τὰ φαινόμενα τοῦ ἀσυλλήπτου μικροκόσμου ὁ φυσικὸς προχωρεῖ κάποτε ταχύτερον ὅταν ἀδιαφορήσῃ πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς αἰτιότητος, οὐδεὶς ὅμως λόγος ὑπάρχει ἐγκαταλείψεως τῶν ἀρχῶν μὲ τὰς ὁποίας ἡ γρανιτώδους στερεότητος ἐπιστημονικὴ σκέψις τῶν Ἰώνων φιλοσόφων ἐθεμελίωσε τὴν ἐπιστήμην τῆς φύσεως.

Ἄς ἐπαναλαμβάνωμεν πάντοτε μετὰ τοῦ μεγαλύτερου τῶν ἀντιπροσώπων τῆς Σχολῆς ἐκείνης, τοῦ Δημοκρίτου, τοῦ ὁποίου ἡ ἀτομιστικὴ ἀντίληψις ἐδικαιώθη θριαμβευτικῶς ὑπὸ τῆς ἐπιστήμης ἀπὸ αἰῶνος, ἐθριάμβευσε βραδύτερον εἰς τὸ πεδίου τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ τελευταίως καὶ εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν, ὅτι «οὐδὲν χρῆμα μάτην γίγνεται, ἀλλὰ πάντα ἐκ λόγου τε καὶ κατ' ἀνάγκην».