

# ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ

ΜΗΝΙΑΙΟΝ ΕΠΙΣΗΜΟΝ ΟΡΓΑΝΟΝ ΤΗΣ ΕΝΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ

Διοικητική Έπιτροπή: Ι. Ν. Ζαγανάρης, Ι. Δ. Κανδήλης, Α. Δ. Σαραντίτης, Χ. Α. Στεριόπουλος, Ν. Σ. Καρνής

## ΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

Υπό του κ. ΚΩΝΣΤ. Δ. ΖΕΓΓΕΛΗ, Μέλους τής 'Ακαδημίας  
Τακτ. καθηγητού τής 'Ανοργάνου Χημείας έν τῷ Πανεπιστημίῳ 'Αθηνῶν

Β΄.

### 1. Καθοδικαί άκτίνες.

Ἡ σπουδή τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων εἰς σωλήνας περιέχοντας ἀέρια εἰς ἐξόχως ἠραιωμένην ποσότητα ὑπῆρξε τὸ πρῶτον βῆμα πρὸς ἀποκάλυψιν τοῦ μικροκόσμου τῶν συστατικῶν τῶν ἀτόμων.

Ὁ Hittorf (1869) πρῶτος κατέστησε γνωστὰς τὰς καθοδικὰς ἀκτίνες, τούτέστι τὰς ἀπὸ τῆς καθόδου τοιούτων σωλήνων ἐκπεπομένας κατ' εὐθείαν γραμμὴν. Αὗται συναντῶσαι εἰς τὸ ἀντικαθῶν σημείον τοῦ σωλήνος τὴν ὕαλον τῆς μεταδίδουν ἰσχυρὸν φθορισμὸν, μετακινουνται δὲ ὅταν ἐπιδράσῃ ἐπ' αὐτῶν πεδίον μαγνητικὸν ἢ ἠλεκτρικόν. Ἀκολουθῶς ὁ Κρούξ (1880) ἐτελειοποίησε πολὺ τὰ ἐπὶ τοιούτων σωλήνων πειράματα καὶ ἤχθη εἰς τὸ συμπέρασμα—χωρὶς νὰ δυνηθῇ νὰ τ' ἀποδείξῃ—ὅτι αἱ ἐμφανιζόμεναι κατὰ τὴν ἐκκένωσιν εἰς τοὺς σωλήνας αὐτοὺς ἀκτινοβολίαι σημεῖον τὰς τροχιάς ὕλικῶν σωμάτων πολὺ μικροτέρων τῶν ἀτόμων καὶ ἀποτελούντων οἰονεὶ τετάρτην μορφήν, ὑπεραέριον, τῆς ὕλης φορτισμένην ἀρνητικῶς. Ταύτην ἐθεώρησε πηγάζουσαν εἴτε ἐκ τῆς ὑπερεξαερούμενης καθόδου, εἴτε ἐκ τοῦ περιβάλλοντος τὴν κάθοδον ἀερίου καὶ ἀπωθουμένην λόγῳ τῆς φορτίσεως αὐτῆς με ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν.

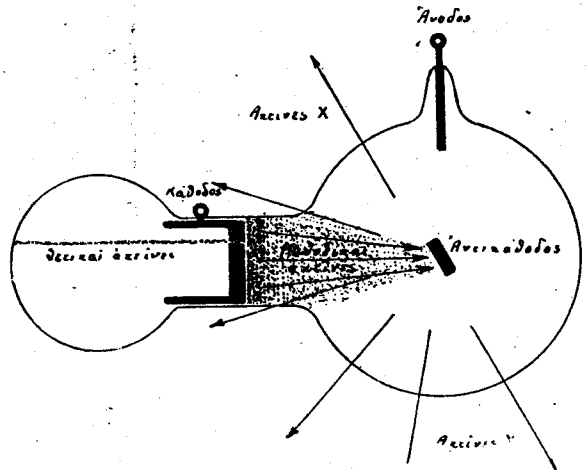
Ἡ ἐξήγησις αὕτη ἀπερρίφθη μετὰ τινα χρόνον ὑπὸ τοῦ Hertz. Οὗτος παρὰ τὰ ἐπίμονα πειράματα αὐτοῦ δὲν κατάρθωσε νὰ καταστήσῃ κατὰδηλον τὸ ἠλεκτρικὸν αὐτῶν φορτίον, κατάρθωσεν ὁμως νὰ δείξῃ ὅτι δύνανται νὰ ἐξέλθουν τοῦ σωλήνος τῆς παραγωγῆς τῶν ἐν λεπυνοθῇ ἐξόχως εἰς τὸ κατάλληλον σημεῖον ἢ ὕαλος τοῦ σωλήνος ἢ ἀντικατασταθῇ διὰ λεπτοτάτου μεταλλικοῦ φυλλιδίου πάχους ὀλίγων μικρῶν. Ἐκ τῆς ἰδιότητος ταύτης συνεπέρανε ὅτι αἱ ἀκτίνες αὗται δὲν εἶναι ὕλικῆς φύσεως, δηλ. δὲν ἔχουν μάζαν, ἀλλὰ εἶναι ἀκτινοβολία ἀναλόγου μορφῆς με τὰς φωτεινὰς ἀκτινοβολίας.

Τὴν ἀντίληψιν τοῦ Κρούξ ἐστερέωσεν ὁ Lepard (1894), ὅστις ἀντικατέστησεν εἰς μέρος τι τοῦ σωλήνος τὴν ὕαλον διὰ φυλλιδίου μεταλ-

λικοῦ καὶ ἠρεύνησε τὰς ἀκτίνες καὶ ἔξω αὐτοῦ. Τὸ ἐπόμενον ἔτος ὁ Perrin κατάρθωσε διὰ καταλλήλου συσκευῆς νὰ φέρῃ τὰς ἔξω τοῦ σωλήνος καθοδικὰς ἀκτίνες ἐντὸς ἠλεκτροσκοπίου καὶ νὰ καταδείξῃ ὅτι φέρουν πράγματι ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν.

Αἱ πειραματικαὶ ἐργασίαι ἐπὶ τῶν ἀκτίνων τούτων ταχέως ἐπολλαπλασιάσθησαν καὶ ἡ φύσις αὐτῶν διηρευνήθη καθ' ὅλας τὰς πλευρὰς (Wiechert, Kaufmann, Thomson, 1897).

Αἱ ἀκτίνες αὗται, τῶν ὁποίων τὴν πορείαν δυνάμεθα νὰ παρακολουθῶμεν (σχ. 1), ἐκτρέ-



Σχῆμα 1.

Ἀκτίνες τῶν σωλήνων Κρούξ.

πονται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ὡς καὶ ὑπὸ μαγνητικοῦ. Ὑπὸ τὴν ἐπήρειαν ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὸ ἀρνητικὸν αὐτῶν φορτίον τρέπεται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, ὅπως τὸ βῆμα πυροβόλου πρὸς τὴν γῆν, καὶ διαγράφει τροχίαν παραβολοειδῆ, ἣτις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ φορτίου αὐτῶν, τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τῆς μάζης καὶ τῆς ταχύτητος τῶν ἠλεκτρονίων. Ἡ συνδέουσα τὴν ἐξάρτησιν ταύτην ἐξίσωσις διὰ ταχύτητος μὴ ἀσυνήθεις εἶναι:

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

ἐνθα  $e$  τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου,  $V$  ἡ δια-

φορά δυναμικοῦ,  $m$  ἢ  $\mu\alpha\zeta\alpha$  καὶ  $v$  ἢ ταχύτης τοῦ ἠλεκτρονίου.

Ἄλλα καὶ ἡ ἔκτροπή ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν αὐτῶν ὄρων.

Μὲ διπλᾶ λοιπὸν τοιαῦτα πειράματα ἐπὶ ἀκτίνων παραγομένων μετὰ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (Volt), ὅτε ἡ ταχύτης εἰς ἀμφότερα εἶναι ἡ αὐτή, καὶ ἐπὶ τῇ ὑποθέσει—ἥτις, ὡς θὰ ἴδωμεν, ἀπεδείχθη ἀκριβής—ὅτι ὅλα τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν ἕκαστον τὸ αὐτὸ φορτίον προσδιωρίσθη ἡ  $\mu\alpha\zeta\alpha$  τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ εὐρέθη ἴση πρὸς  $1/1847$  τῆς μάζης ἑνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου.

Ἡ ὑπόθεσις ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια κατ' ἀναλογίαν τῶν χημικῶν ἰσοδυνάμων φέρουν τὸ αὐτὸ ἕκαστον φορτίον, ἐξηλέγχθη ἀκριβῆς διὰ τοῦ προσδιορισμοῦ τοῦ φορτίου τούτου τὸσον δι' ἐμμέσων μεθόδων (Townsend, J. Thomson, Wilson κ.ἄ.) ὅσον καὶ δι' ἀμέσου μετρήσεως διὰ τῶν περιωνύμων πειραμάτων τοῦ Millikan, προσδιορισαντος διὰ μεγίστου ἀριθμοῦ παρατηρήσεων τὸ φορτίον τὸ ὁποῖον προσλαμβάνει φορτιζόμενον ἢ ἀποβάλλει ἀποφορτιζόμενον μικροσκοπικὸν σφαιρίδιον αἰωρούμενον ἐλαίου. Τὸ φορτίον τοῦτο εὐρέθη πάντοτε, μετὰ προσέγγισιν  $1/100$ , ἀπλοῦν πολλαπλάσιον τοῦ στοιχειώδους φορτίου τῆς ηλεκτρολύσεως, ἑνὸς λ.χ. ἀτόμου ὕδρογόνου κ.λ., ἥτοι  $4,7 \cdot 10^{-10}$  ηλεκτροστατικῶν μονάδων (U. E. S.) ἥτοι  $1,59 \cdot 10^{-19}$  κούλμβια.

Πάντα τὰ πειράματα ταῦτα καταλήγουν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι αἱ ἐξακοντιζόμεναι ἀκτίνες ἐκ τῆς καθόδου ἀποτελοῦνται ἐκ βολίδων τῆς αὐτῆς μάζης, φέρουν τὸ αὐτὸ ἐκάστη φορτίον ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ βάλλονται μετὰ μεγίστης, ποικιλοῦσης, ταχύτητος ἢ ὁποῖα εἰς τινὰς ἐξ αὐτῶν, αἵτινες εἶναι μεγάλης ἐνεργείας, ἐγγίζει τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός. Ἐν ἄλλοις λόγοις ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς (ἀρνητικὸς) εἶναι φύσεως ἀτομικῆς παρεχόμενος κατὰ τρόπον ἀσυνεχῆ κατ' αὐτοτελεῖς μονάδας, τὰ ὀνομασθέντα ἠλεκτρόνια (ἀρνητικά).

Οὕτω ἐδικαιώθη ἡ τὸσον τολμηρὰ διὰ τὴν ἐποχὴν τῆς (1881) ὑπόθεσις τοῦ Helmholtz περὶ τῆς ἀτομικῆς μορφῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, εἰς τὴν ὁποῖαν οὗτος ὠρμήθη ἐκ τῆς προσπάθειας τῆς ἐξηγήσεως τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ νόμου τοῦ Faraday.

Περαιτέρω ὁ Lenard (1899) καὶ ὁ Thomson εὑρον καὶ ἄλλας περιπτώσεις παραγωγῆς τοιούτων ἠλεκτρονίων, ὡς π.χ. κατὰ τὴν διαπίρωσιν τῶν μετάλλων, ἀνακάλυψις ἥτις ἐχρησιμοποίηθη τὸσον ἐπιφελῶς διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν σωλῆνων Coolidge, καθ' ἣν τὸ λευκοπυρούμενον μέταλλον (μολυβδαίνιον ἢ βολφράμιον) εἰς τὸ κενὸν τῶν σωλῆνων ὑπὸ μεγάλην διαφορὰν δυναμικοῦ καθίσταται πηγὴ καθοδικῶν ἀκτίνων μεγίστης ἐνεργείας καὶ ταχύτητος. Αἱ ἀκτίνες αὗται γεννῶσιν εἰς τοὺς σωλῆνας

Röntgen δευτερογενεῖς ἰσχυροτάτας (σκληρὰς) ἀκτίνες X.

Ἰδιαιτέρως ἐνδιαφέρουσα εἶναι ἡ ἔκσπαισις ἠλεκτρονίων ἐκ μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν, ὅταν αὐταὶ προσβληθῶσιν ὑπὸ κυμάτων φωτός καὶ μάλιστα βραχυτάτων. Εἰς τὴν ἰδιότητα ταύτην στηρίζεται ἡ κατασκευὴ φωτοηλεκτρικῶν στοιχείων τὰ ὁποῖα σήμερον ἔχουν μεγάλην ἐφαρμογὴν τὸσον εἰς ἐπιστημονικὰς φωτομετρήσεις, ὡς εἰς τὴν ἀστρονομίαν—ὅσον καὶ εἰς τὸν ὀμιλοῦντα κινηματογράφον καὶ τὴν τηλεφωτογραφίαν καὶ τηλεόρασιν. Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ταῦτα στοιχεῖα συνίστανται ἐξ ἀεροκένου σωλῆνος φέροντος ὡς κάθοδον κατοπτρικὸν ἐπίστρωμα ἐκ καλίου, νατρίου, καίσιου ἢ ρουβιδίου. Διὰ τῆς προσπτώσεως ἐπ' αὐτῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διαφόρου ἐντάσεως καὶ τῆς ἀναλόγου ἔκσπάσεως ἠλεκτρονίων ἐκ τῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας, προκύπτουν ρεύματα ἠλεκτρικὰ ἀντιστοιχοῦντα πρὸς τὸ προσπίπτον φῶς ἐντάσεως.

Ἰσχυρὰ πηγὴ ἠλεκτρονίων καθίστανται ἐπίσης καὶ μέταλλα δύστηκτα καὶ δυσοξειδωτά ἢ ὀξειδια ἀλλοκικῶν γαιῶν ἐν λευκοπύρῳ καταστάσει. Καὶ ἡ ἰδιότης αὕτη εὑρεθὲν σήμερον ἐρυτάτας ἐφαρμογὰς διὰ τῆς κατασκευῆς τῶν ἠλεκτρονικῶν σωλῆνων, οἵτινες χρησιμεύουν εἴτε ὡς πομποὶ εἴτε ὡς δέκται ἢ ἀνορθωταὶ εἰς τὴν ραδιοφωνίαν καὶ τὸν ἀσύρματον. Τούτων βᾶσις εἶναι ἡ ἐκπομπὴ ἀθρόων ἠλεκτρονίων ἐκ διαπυρουμένου εἰς ἐξόχως ὑψηλὴν θερμοκρασίαν σύρματος ἐκ βολφραμίου.

Τέλος τὸ 1900 ἡ Curie ἀνακαλύπτει τὰς ἀκτίνες β τοῦ ραδίου καὶ καταδεικνύει ὅτι καὶ αὗται εἶναι ὁμοίας φύσεως πρὸς τὰς καθοδικὰς, ἀποτελοῦμεναι ἀπὸ ἀρνητικὰ ἠλεκτρόνια.

## 2. Μεταβολὴ τῆς μάζης τῶν ἠλεκτρονίων μετὰ τῆς ταχύτητος.

Αἱ κατὰ τοὺς διαφόρους αὐτοὺς τρόπους παραγόμεναι καθοδικαὶ ἀκτίνες διαφέρουν μόνον ὡς πρὸς τὴν ταχύτητα μεθ' ἧς ἐκπορεύονται. Ὀλιγώτερον ταχεῖα εἶναι αἱ βαλλόμεναι ἐκ τῶν μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν καὶ τοῦτο διότι τὰ μέταλλα εἶναι ἠλεκτροθετικά καὶ ἡ ἀπόσπαισις ἠλεκτρονίων ἐξ αὐτῶν ὑπὸ ἀκτίνων φωτός εὐκολωτέρα. Ἡ ταχύτης τῶν διὰ τὸ ἴδιον χρῶμα εἶναι 1.000 χλμ. κατὰ 1", αὐξάνει δὲ πολὺ μετὰ τῆς συχνότητος. Οὕτω διὰ τῶν σωλῆνων Coolidge παράγονται καθοδικαὶ ἀκτίνες ταχύτητος μέχρι καὶ 200.000 χλμ. κατὰ 1", τῶν δὲ ἀκτίνων β ἢ ταχύτης εἰς πολλὰ ἀκτινεργὰ στοιχεῖα (RaB, RaC) εἶναι ἕτι μεγαλύτερα, προσεγγίζουσα πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Εἶπομεν ἀνωτέρω ὅτι ὁ ὑπολογισμὸς τῆς μάζης τῶν ἠλεκτρονίων ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ φορτίου καὶ τῆς ταχύτητος αὐτῶν κατὰ τὴν ἐξίσωσιν (1)  $eV = \frac{1}{2} m v^2$  ἰσχύει διὰ μὴ ἀσυνήθεις ταχύτητας ἠλεκτρονίων, δηλαδὴ μικρὰς σχετι-

κώς προς την ταχύτητα του φωτός. Άλλ', ως είδομεν, ή ταχύτης αυτών, όταν ή παραγωγή των όφειλεται εις Ισχυροτάτας πηγάς ένεργείας, πλησιάζει επί μάλλον και μάλλον προς την ταχύτητα του φωτός. Έν τοιαύτη περιπτώσει ή μάζα αυτών παύει νά είναι σταθερά, αύξάνουσα όλοέν μετά της ταχύτητος σύμφωνα προς την έξίσωσιν:

$$m = \frac{m^0}{\sqrt{1-b^2}} \quad (2)$$

ένθα  $b$  ό λόγος της ταχύτητος των ήλεκτρονίων προς την ταχύτητα του φωτός ( $\frac{v}{c}$ ) τιθεμένην ίσην προς την μονάδα.

Έκ του τύπου τούτου προκύπτει ότι, όταν τό  $b$  αύξάνη, αύξάνει και ή μάζα τείνουσα, καθ' όσον ή τιμή του πλησιάζει προς την μονάδα, προς τό άπειρον. Έκ τούτου προκύπτουν δύο σημαντικά γεγονότα διά την έπιστήμην:

1<sup>ον</sup> Ότι εις τοιαύτας ταχύτητας ή μάζα, παρ' ό,τι δέχεται ή κλασσική μηχανική, δέν είναι σταθερά, άλλ' αύξάνει μετά της ταχύτητος. Διά την περίπτωσιν δέ ταύτην ή ως άνω έξίσωσις (1) μεταβάλλεται σύμφωνα προς την δυναμικήν της σχετικότητας (2).

2<sup>ον</sup> Ότι ή ταχύτης του φωτός είναι όριακή ταχύτης μη δυναμένη νά υπερβληθί. Επί τη περιστάσει ταύτη σημειούμεν ότι ό Einstein δέχεται ως θεμελιώδες άξίωμα ότι ή ταχύτης του φωτός είναι σταθερά και χρησιμοποιεί τοϋτο ως τό ξετερον σκέλος της ειδικής θεωρίας αύτου περί της σχετικότητας.

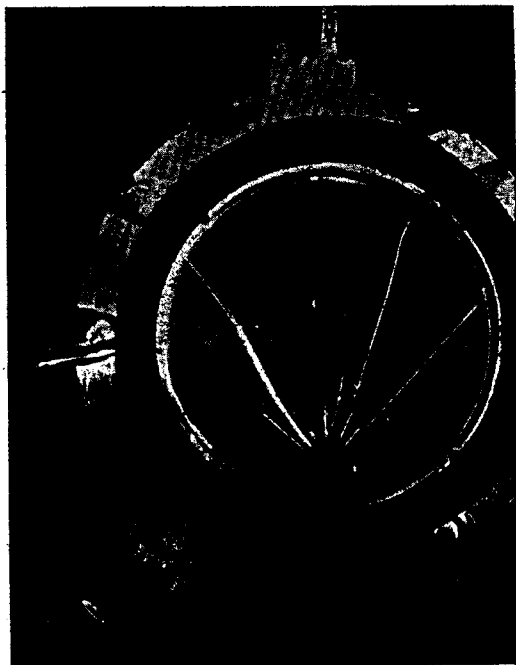
### 3. Η σπουδή των ήλεκτρονίων.

Άόρατα και άσυνείδητα υπό των αισθητηρίων τά ήλεκτρόνια είναι δυνατόν άριστα νά σπουδασθώσιν έμμέσως από τά Ιχνη της δράσεως των όταν διαβαίνουν με την όρμην των δι' αερίων ή έκσφενδονίζονται υπό του φωτός κ.λ.

Η δίοδος των δι' αερίων παρακολουθεΐται έκ της συγκρούσεως αυτών προς τά αέρια μόρια υπό σχηματισμού πληθώρας ίόντων έκ των συγκρουομένων αερίων. Η παραγωγή των δύνανται νά έλεγχθί και τό αποτέλεσμά των νά μετρηθί γενικώς διά ήλεκτρικών πυκνωτών και ήλεκτρικών μετρητών. Διά των ραδιοφωνικών μηχανημάτων δυνάμεθα νά διαπιστώσωμεν και την δίοδον ένός μόνου ήλεκτρονίου. Άλλ' ή πλέον άριστοτεχνική μέθοδος και τό τελειότερον μέσον της σπουδής αυτών είναι ό θάλαμος του Wilson (1911), δι' οϋ και φωτογραφήματα άκριβή των τροχιών αυτών δυνάμεθα νά λάβωμεν. Ο θάλαμος του Wilson είναι υπέρκορος ύδρατμών. Η διέλευσις ήλεκτρονίων δι' αύτου προκαλεί, διά των σχηματιζομένων ίόντων, συμπύκνωσιν των άτμών εις τά σημεία διελεύσεως των ίόντων, τά όποια άκριβώς χρησιμεύουν ως

πυρήνες σχηματισμού σταγονιδίων. Διά στιγμιαίου φωτισμού φωτίζονται τά σταγονίδια και καθίσταται οϋτως όρατή έκ του φωτογραφήματος ή ύπαρξις και ή πορεία των ήλεκτρονίων (σχ. 2).

Η έκσπασις των ήλεκτρονίων έκ του μετάλλου της καθόδου ή μεταλλικών έπιφανειών προσβαλλομένων υπό του φωτός κ.λ., τούτέστιν έκ της ύλης, καταδεικνύει ότι τά ήλεκτρόνια άποτελούν συστατικόν της ύλης, δηλ. συστατικόν των ατόμων.



Σχήμα 2.

Πρωτόνια φωτογραφούμενα έν τῷ θαλάμῳ τοῦ Wilson και προερχόμενα έκ της συντριβῆς τοῦ ΑΙ διά προσβολῆς ακτίνων α.

Διαυλικαί ακτίνες του Goldstein. Θετικά ήλεκτρόνια. Ήτο φυσικόν μετά την άποκάλυψιν αύτην νά ζητηθί ή εύρεσις και έλευθέρου θετικού φορτίου και ό προσδιορισμός της μάζης κ.λ. τούτου. Οί πειραματισταί έστράφησαν προς τόν θετικόν πόλον, την άνοδον, επί τη προσδοκία άνευρέσεως αναλόγου με την κάθοδον παραγωγής ακτινοβολίας αντιθέτου ήλεκτρισμού, φερόμένης από της άνόδου προς την κάθοδον. Πρός άνεύρεσιν τοιαύτης τυχόν ακτινοβολίας διέτρησαν την κάθοδον εις διάφορα σημεία (Goldstein) και διεπίστωσαν ότι διά των γενομένων όπῶν διέρχεται ακτινοβολία θετικού ήλεκτρισμού. Τάς έκ της άνόδου έκπεμπομένας τοιαύτας ακτίνας ώνόμασαν διαυλικάς (σχ. 1) ή άνοδικάς ή θετικάς. Αί ακτίνες αύται, ως εύρον, λαμβάνουν γένεσιν από την φωτεινήν δέσμη, ή όποια περιβάλλει από άποστάσεως την κά-

θοδον, διαμορφουμένην παραλλήλως πρὸς ταύτην. Τὸ φορτίον τῶν ἀκτίνων τούτων εὐρέθη πάντοτε ἴσον μετὰ τὸ θεμελιῶδες φορτίον  $4,7 \cdot 10^{-10}$  U.E.S. ἢ ἀπλοῦν πολλαπλάσιον αὐτῶν. Ἡ μάζα ὅμως αὐτῶν δὲν εἶναι ἢ αὐτὴ δι' ὄσας τὰς ἀκτίνας, ἀλλ' ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ἀερίου τοῦ σωλῆνος, λ.χ. ἂν ὁ σωλὴν περιέχη ἄζωτον, μετὰ τὴν μάζαν τοῦ μορίου ἢ τοῦ ἀτόμου τοῦ ἀζώτου κ.λ. Αἱ διαυλικαὶ ἀκτίνες ἐπομένως δὲν εἶναι ἀνάλογοι καὶ ἀντίστροφοι, πρὸς τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρόνια, μονάδες θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, οἶονεὶ θετικὰ ἠλεκτρόνια, ἀλλὰ ἰόντα σχηματιζόμενα ἐκ τοῦ περιεχομένου ἀερίου διὰ φορτίσεως τῶν ἀτόμων ἢ μορίων αὐτῶν ὑπὸ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἦτοι ἐκσπάσεως ἐξ αὐτῶν ἠλεκτρονίων ἀρνητικῶν.

Διὰ τελειοποιήσεως τῶν σχετικῶν πειραμάτων κυρίως ὑπὸ τοῦ Thomson (1913) κατωρθώθη ἀκριβὴς προσδιορισμὸς τοῦ λόγου  $\frac{e}{m}$  καὶ προέκυψαν γεγονότα μηδὸς προβλεπόμενα. Οὕτω πλὴν τῶν θετικῶν ἀκτίνων ἐξ ἰόντων  $H^+$ ,  $H_2^+$ ,  $He^+$ ,  $O^+$ ,  $O_2^+$ ,  $CH_4^+$  κ. λ. ἀνευρέθησαν ἐκ τοῦ προσδιορισμοῦ τῆς μάζης καὶ ἰόντα  $CH_2^+$ ,  $H_3^+$ ,  $He_2^+$ ,  $OH_2^+$ ,  $OH_3^+$  κ. λ.

Οὕτω δὲν κατωρθώθη ἡ ἀναμενομένη ἀνεύρεσις ἐλευθέρων θετικῶν φορτίων, ἀλλὰ ἐφάνετο καὶ ἐπιστεύετο μέχρις ἐσχάτων ὅτι τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶνε ἀδιάσπαστον ἀπὸ τὴν ὕλην καὶ πολλοὶ μάλιστα εἶχον ἀχθῆ εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἐν μόνον εἶδος ἠλεκτρισμοῦ ὑπάρχει, ὁ ἀρνητικὸς, μετὰ δὲ τὴν ἐκ τῆς ὕλης ἐκσπασιν αὐτοῦ ἡ ὕλη ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφήν θετικῶς ἠλεκτρισμένην. Τελευταίως ὅμως (1932), ὡς θὰ ἴδωμεν περαιτέρω, ἀνευρέθη καὶ τὸ ἀντίστοιχον πρὸς τὸ ἀρνητικόν, θετικὸν ἠλεκτρόνιον ἢ ποζιτρόνιον.

#### 4. Ἀτομιστικὴ φύσις τῆς ἀκτινοβόλου ἐνεργείας.

Ἡ ἔναρξις τοῦ εἰκοστοῦ αἰῶνος ἐχαιρείσθη μετὰ μίαν ἀνακάλυψιν ἐξαιρετικὴν διὰ τῆς ὁποίας ἐγεφυρώθη τὸ χάσμα μεταξὺ ὕλης καὶ ἀκτινοβόλου ἐνεργείας, ὀφειλομένην εἰς τὸν μεγάλον φυσικὸν τῆς Γερμανίας Max Planck.

Τὸ γεγονός τῆς ἀτομιστικῆς φύσεως τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ὑπῆρξε θεμελιώδης ἀνατροπὴ τῶν ἀντιλήψεων μας περὶ ἐνεργείας, ἀλλ' ὅπωςδήποτε τοιοῦτον τι διεφαίνεται ὡς ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Faraday.

Ἀπροσδόκητος ὅμως ἦτο ἡ ἀνάλογος ἐν πολλοῖς ἐξήγησις τῆς παραγωγῆς καὶ διαδόσεως τῆς ἀκτινοβόλου ἐνεργείας εἰς τὴν ὁποίαν

ἤχθη ὁ Planck ὅπως διατυπώσῃ νόμον ἀσφαλῆ τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ μέλανος σώματος, δηλαδή τῆς καταστάσεως ἰσορροπίας τῆς ἀκτινοβολίας θερμότητος—τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας—ἐν χώρῳ ἐν ᾧ οὐδεμία ἀνάκλασις χωρεῖ.

Ἡ θεωρία τοῦ Planck συνίσταται ἐν γενικότητι γραμμῇ εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι ἡ ἀκτινοβόλος ἐνεργεια παράγεται καὶ διαδίδεται κατὰ τρόπον ἀσυνεχῆ. Ὅτι δεδομένον ποσὸν ἀκτινοβόλου ἐνεργείας ἀποτελεῖται ἀπὸ αὐτοτελεῖς στοιχεῖα ἐνεργείας—τὰ κληθέντα κ'β' ἀ ν τ α παριστάμενα διὰ τοῦ ἑλληνικοῦ γράμματος ε—ἀλλὰ ταῦτα δὲν ἔχουν ἕκαστον σταθερὰν τιμὴν, ὅπως λ.χ. τὰ ἠλεκτρόνια. Ἡ τιμὴ αὐτῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος τοῦ κύματος τῆς ἀκτινοβολίας καὶ συνδέονται πρὸς αὐτὴν διὰ μιᾶς σταθερᾶς (h)

$$ε = h\nu \quad (3)$$

Ἡ σταθερὰ αὕτη προσδιοριθεῖσα κατὰ διαφόρους μεθόδους εὐρέθη ἴση μετὰ  $6,548 \cdot 10^{-27}$  ἐργ. δευτερ. Ἡ σταθερὰ αὕτη ἔχει πάντοτε τὴν αὐτὴν τιμὴν εἰς πάσας τὰς θερμοκρασίας καὶ τὰς συχνότητας, ἐξ οὗ καὶ παγκόσμιος σταθερὰ καλεῖται.

Ἡ καινοτόμος αὕτη ὑπόθεσις εὔρε κατ' ἀρχὰς πολλὴν ἀντίδρασιν. Ἡ πιστοποίησις ὅμως τῆς ὀρθότητος αὐτῆς εἰς πολλὰς περιπτώσεις καὶ ἡ δι' αὐτῆς ἐξήγησις πολλῶν φαινομένων μὴ ἐξηγουμένων διὰ τῆς κλασσικῆς μηχανικῆς καὶ ὀπτικῆς ἔδωσε εἰς αὐτὴν μέγα κύρος καὶ ἐχρησιμοποιήθη ὡς μία τῶν βασικῶν ἀρχῶν τῆς νεωτέρας φυσικῆς.

Οὕτως εὐρέθη ἡ σταθερὰ αὕτη συνδεομένη πρὸς τὴν σταθερὰν R τῶν ἀερίων διὰ τοῦ τύπου

$$K = \frac{R}{N}$$

ἐνθα K ἡ πρὸς τὴν σταθερὰν h συνδεομένη σταθερὰ τοῦ Boltzmann =  $1,346 \cdot 10^{-16}$  ἐργ.βαθμ. Ἐπὶ τῇ βάσει ταύτης προσδιορίσθη ἡ τιμὴ τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ Avogadro (N) εἰς  $6,175 \cdot 10^{23}$ , ἀριθμὸν συμπίπτοντα μετὰ τοὺς δι' ἄλλων ὁδῶν προσδιορισθέντας.

Τὸν θρίαμβον ὅμως τῆς θεωρίας ταύτης ἀπέτελεσεν ἡ δι' αὐτῆς ὑπὸ τοῦ Bohr ἐπεξήγησις τῆς γενέσεως τῶν ραβδώσεων τῶν φασμάτων καὶ περαιτέρω τῆς συγκροτήσεως τῶν ἀτόμων καὶ τῆς περιοδικότητος τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν ἰδιοτήτων τῶν στοιχείων, ὡς καὶ θεμελιῶδων φαινομένων τῆς χημικῆς συγγενείας καὶ τοῦ συνδέσμου τῶν ἀτόμων κατὰ τὸν ἐξ αὐτῶν σχηματισμὸν τῶν μορίων.

Οὕτω διὰ τῆς εἰσαγωγῆς αὐτῆς εἰς τὴν χημείαν ἠδυνήθη αὕτη νὰ διαλευκάνη ἱκανοποιη-

τικῶς τὰ οὐσιωδέστερα καὶ μᾶλλον σκοτεινὰ χημικὰ προβλήματα καὶ κατῶρθωσε νὰ διεισδύσῃ δι' αὐτῆς εἰς αὐτὸν τὸν ἐσωτερικὸν μηχανισμόν τοῦ ἀτομικοῦ μικροκόσμου, ὡς περαιτέρω θὰ ἀναπτύξωμεν.

### 5. Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

Ὅχι μικροτέραν σημασίαν ἔλαβεν ἡ θεωρία τῶν κβάντα διὰ τῆς ἐξηγήσεως, ἐπὶ τῇ βάσει ταύτης, τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ὑπὸ τοῦ Einstein (1905), ὅστις μετέφερεν αὐτὴν ἀπὸ τῆς θερμικῆς εἰς τὴν φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν, γενόμενος οὕτως ὁ θεμελιωτῆς τῶν σήμερον κρατούντων περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.

Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ὡς εἶδομεν, συνίσταται εἰς τὴν ἔκσπασιν ἠλεκτρονίων ἐκ μεταλλικῆς τινος ἐπιφανείας, ἐφ' ἧς προσπίπτει φῶς, τούτεστι τὴν μεταβολὴν τῆς φωτεινῆς ἐνεργείας εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν, δυνάμει τῆς ὁποίας ἐκσπῶνται ἐκ τῆς ὕλης ἠλεκτρόνια. Τοιαύτην ἔκσπασιν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ κοινοῦ, ὡς εἶδομεν, φωτός προσπίπτοντος ἐπὶ ἀλκαλίων. Ἰσχυροτέραν δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν δι' ὑπεριωδῶν καὶ ἐν γένει ὑπὸ ἀκτίνων μεγαλυτέρας συχνότητος καὶ ἐπομένως ἰδιαιτάτα ὑπὸ τῶν ἀκτίνων X.

Μεταβολὴν ἀκτινοβόλου ἐνεργείας εἰς ἔργον καὶ κινητικὴν ἐνέργειαν ἰδιαιτέρως ἔχομεν καὶ εἰς τὴν θερμότητα. Ἡ θερμοδυναμικὴ ἀκριβῶς ἀσχολεῖται περὶ τὴν περίπτωσιν ταύτην. Διδάσκει δὲ ὅτι ἐπὶ τοσοῦτον τὸ ἔργον εἶναι μεγαλύτερον ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμοῦ σώματος εἶναι ὑψηλότερα. Οὕτως εἰ τὸ ἔργον ἐμφανίζεται ὡς θερμότης ἀπείρως ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

Ἐκ πρώτης ὄψεως ἡδύνατό τις νὰ νομίσῃ ὅτι ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ φωτός εἶναι μεγαλύτερα τόσο δραστικώτερα θὰ ἦτο ἡ ἔκσπασις τῶν ἠλεκτρονίων καὶ ἡ ταχύτης τούτων μεγαλυτέρα. Δὲν συμβαίνει ὅμως οὕτω. Ἡ ἔντασις ἐκπροσωπεῖ τὴν ποσότητα, ἡ συχνότης τὴν ποιότητα τοῦ φωτός. Κάτι ἀνάλογον μὲ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος καὶ τὴν θερμοκρασίαν, ἢ τὸ ποσὸν ἠλεκτρικῆς καὶ τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν (Volt). Τὸ φαινόμενον δὲν ἡδύνατο νὰ ἐξηγηθῇ διὰ τῆς κλασσικῆς μηχανικῆς (ὀπτικῆς). Ὁ Einstein τὸ ἐξήγησε διὰ τῆς θεωρίας τοῦ Planck. Κατὰ ταύτην ἡ ἀκτινοβόλος ἐνέργεια κυμάτων συχνότητος  $V$  ἀκτινοβολεῖται καὶ

ἀπορροφᾶται μόνον κατὰ ἀκέραια πολλαπλάσια τοῦ στοιχείου ἐνεργείας (κβάντουμ) συμφῶνως πρὸς τὸν τύπον:  $e = h\nu$ .

Ἀνάλογόν τι εὐρίσκομεν καὶ κατὰ τὰς χημικὰς δράσεις, καθ' ἃς στοιχεῖα ἐνοῦνται μετ' ἄλλων ἢ ἐλευθεροῦνται ἐκ τῶν ἐνώσεων αὐτῶν κατὰ ὠρισμένα ποσὰ (ἀτομικὰ βάρη ἢ πολλαπλάσια τούτων), ποικίλλοντα ἀνάλογως τοῦ στοιχείου.

Ἐντεῦθεν συνάγεται ὅτι ἐκάστη ἀκτὶς φωτός ὠρισμένου μήκους κύματος ἀποτελεῖται ἀπὸ κόκκους αὐτοτελεῖς, οἵτινες συγκεντρώνουν τὴν ἐνέργειαν, οἶονεὶ ἀπὸ ἄτομα ἐνεργείας ὀνομασθέντα ὑπὸ τοῦ Einstein φωτόνια. Τὸ εἶδος τούτων—ἦτοι ἡ ἐνέργεια αὐτῶν—ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν συχνότητα καὶ αὐξάνει μετ' αὐτῆς. Ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου εἶναι τοῦλάχιστον ἴση πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἐκσπωμένου ἠλεκτρονίου (eV) πλέον ποσοῦ τινος ὅπερ δαπανᾶται διὰ τὴν ἀπόσπασιν αὐτοῦ. Ἦτοι εἶναι ἴση πρὸς  $a + eV$ . Ἡ τιμὴ ἀφ' ἐτέρου eV εἶναι (3) ἀνάλογος τῆς συχνότητος. Ὅθεν ἔπεται  $eV = h\nu - a$ .

Προκειμένου περὶ κυμάτων μεγάλης συχνότητος ἢ ποσότης  $a$  εἶναι ἀμελητέα.

Ἡ μᾶζα τοῦ φωτονίου σύμφωνα πρὸς τὴν θεωρίαν τῆς σχετικότητος (2) εἶναι  $= \frac{h\nu}{c^2}$ , ἢ δὲ ὡς (impuls) αὐτοῦ  $\frac{h\nu}{c}$ .

Ἡ μᾶζα αὐτοῦ δεδομένου ὅτι ἡ ταχύτης εἶναι πάντοτε ἡ αὐτὴ—ἡ ταχύτης τοῦ φωτός—εἶναι σταθερὰ κατ' ἀντίθεσιν τῆς τοῦ ἠλεκτρονίου, ἧτις ὡς εἶδομεν ἐπηρεάζεται ὑπὸ τῆς ταχύτητος. Ἐνῶ πάλιν ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου δὲν ἐπηρεάζεται ὑπὸ τῆς ἐνεργείας ἦτοι τοῦ φορτίου αὐτοῦ, διότι ὡς εἶδομεν τοῦτο εἶναι ποσότης σταθερὰ εἰς ἕκαστον ἠλεκτρόνιον.

Ἡ θεωρία αὕτη τοῦ Einstein ἀποτελεῖ νέαν σκοπιὰν ἐρεύνης τῆς παραγωγῆς καὶ μεταδόσεως τοῦ φωτός καὶ τὸ ἀκριβὲς αὐτῆς διεπιστώθη ὑπὸ πολλῶν πειραματιστῶν καὶ μάλιστα διὰ τῶν ἐργασιῶν τοῦ Millikan, δέκα ἔτη βραδύτερον, δι' ὧν διὰ πειραμάτων ἐπὶ Li καὶ Na, καὶ ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ νόμου τοῦ Einstein ὑπελογίσθησαν αἱ τιμαὶ τῆς παγκοσμίου σταθερᾶς εἰς  $6,58 \cdot 10^{-27}$  καὶ  $6,57 \cdot 10^{-27}$  μὲ πλήρη συμφωνίαν πρὸς τὰς προηγουμένως δι' ἄλλων μεθόδων προσδιορισθείσας τιμὰς.