

ΦΥΣΙΚΗ. — Διερεύνησις τῆς μεταλλικῆς καταστάσεως τοῦ Βορίου διὰ τῶν ἀκτίνων — X. — ὑπὸ Καίσαρος Ἀλεξοπούλου καὶ Ἑλένης Σκουλούδη. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ κ. Κ. Ζέγγελη.

### § 1. Εἰσαγωγή.

Εἰς προηγουμένην ἀνακοίνωσιν τοῦ ἐνὸς ἐξ ἡμῶν (Κ. Α.),<sup>(1)</sup> ἀπεδόθη τύπος ἐπιτρέπων τὸν ὑπολογισμόν τῆς ἐντάσεως τῆς ἀκτινοβολίας — X τῆς σκεδασθείσης ἐπὶ οὐσίας τινός, ἔχων :

$$I_{\text{ολ.}} = I_{\text{σύμφ.}}^{\text{δέσμια ἡλ.}} + I_{\text{Ἀσύμφ.}}^{\text{δέσμια ἡλ.}} + I_{\text{Θερμ. κινήσεις}}^{\text{δέσμια ἡλ.}} + I_{\text{Ἀσύμφ.}}^{\text{Ἐλευθ. ἡλ.}} \quad [1]$$

Ὁ πρῶτος προσθετός ἀποτελεῖται ἀπὸ σύμφωνον ἀκτινοβολίαν καὶ λαμβάνει, λόγῳ συμβολῆς, τιμὰς διαφόρους τοῦ μηδενὸς δι' ὠρισμένας μόνον διευθύνσεις, τὰς ὑπολογιζόμενας ἐκ τῆς ἐξισώσεως τοῦ Bragg. Ὁ δεύτερος προσθετός ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀσύμφωνον ἀκτινοβολίαν, μὴ ἐπιδεκτικὴν συμβολῆς, καὶ ὥς ἐκ τούτου μεταβάλλεται ὁμαλῶς μετὰ τῆς γωνίας σκεδάσεως μὴ παρουσιάζων μέγιστα. Οὗτος προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου καταλαμβάνουν πεπερασμένον χῶρον περὶ τὸν πυρῆνα. Ὁ τρίτος προσθετός ἐμφανίζεται εἰς τὰς κρυσταλλικὰς οὐσίας καὶ προέρχεται ἐκ τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν ἀτόμων τοῦ πλέγματος. Καὶ ὁ προσθετός οὗτος ἐμφανίζει μίαν σχετικῶς ὁμαλὴν κατανομήν τῆς ἐντάσεως συναρτήσῃ τῆς γωνίας. Ὁ δέκτης « δέσμια » εἰς τοὺς τρεῖς ἀνωτέρω προσθετέους δηλοῖ ὅτι πρόκειται περὶ τῆς σκεδάσεως ἐπὶ τῶν δεσμίῳν ἠλεκτρονίων.

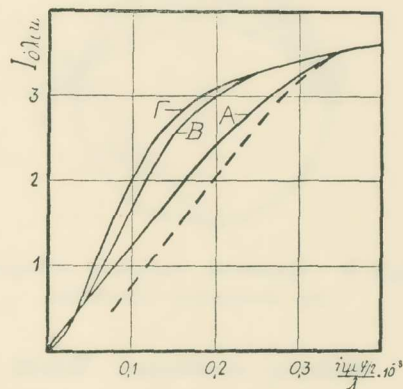
Ἐπειδὴ ἡ σκέδασις ἐπὶ τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων, λόγῳ τῆς ἀπαγορεύσεως τοῦ Pauli, εἶναι οὐσιωδῶς διάφορος, πρέπει νὰ ὑπολογισθῇ αὕτη κεχωρισμένως εἰς τὸν τέταρτον προσθετέον

Αἱ ἀκριβεῖς ἐκφράσεις ἐνὸς ἐκάστου προσθετέου ἀποδίδονται λεπτομερῶς εἰς ἕτερον δημοσίευμα<sup>(2)</sup> (διατριβὴ Ε. Σ.). Διὰ τὸν ἀκριβῆ ὑπολογισμόν αὐτῶν ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τῆς ἰδιοσυναρτήσεως ἐνὸς ἐκάστου ἠλεκτρονίου. Πρακτικῶς, εἰς τοὺς κρυστάλλους, ὁ ὑπολογισμὸς γίνεται ἐν προσεγγίσει διὰ διακρίσεως τῶν ἠλεκτρονίων εἰς τελείως δέσμια (ὥς εἶναι τὰ τῶν φλοιῶν τῶν ἐλευθέρων ἀτόμων) καὶ εἰς τελείως ἐλεύθερα (π. χ. τὸ ὑπόδειγμα τοῦ ὥς εἶναι ἠλεκτρονικοῦ ἀερίου τοῦ Fermi), ὅποτε ἀρκεῖ ἡ γνῶσις διὰ μὲν τὰ δέσμια ἠλεκτρόνια τοῦ παράγοντος μορφῆς, διὰ δὲ τὰ ἐλεύθερα τῆς πυκνότητος αὐτῶν.

Δεδομένου ὅτι διὰ τοῦ ἄνω τύπου εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας τῆς σκεδαζομένης κατὰ τινα διεύθυνσιν, δηλαδή μέγεθος ἐπιδεχόμενον καὶ πειραματικὴν μέτρησιν, ἐθεωρήθη ἐνδιαφέρον νὰ γίνῃ ὁ ἔλεγχος τῆς

θεωρίας της σκεδάσεως δι' εφαρμογῆς αὐτῆς ἐπὶ τοῦ βορίου. Διὰ τοὺς παράγοντας μορφῆς τῶν δεσμίων ἡλεκτρονίων τοῦ βορίου ἐχρησιμοποιήθησαν αἱ τιμαὶ αἱ προκύπτουσαι ἐκ τῆς θεωρίας τοῦ αὐτοσυντηρήτου πεδίου τοῦ Hartree ὑπολογισθεῖσαι κατὰ τὸν τρόπον τὸν ὑποδεικνύμενον ὑπὸ τῶν James καὶ Brindley.<sup>(3)</sup> Ὡς πρὸς τὴν πυκνότητα τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων τοῦ βορίου εἶναι δυνατόν νὰ γίνουν διάφοροι παραδοχαί. Διὰ τὴν σύγκρισιν τῶν θεωρητικῶν ὑπολογισμῶν πρὸς τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων παρεδέχθημεν τὰς ἑξῆς τρεῖς περιπτώσεις: α) ὅτι 3 ἐκ τῶν 5 ἡλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου τοῦ βορίου εἶναι ἐλεύθερα, β) ὅτι ἐν μόνον εἶναι ἐλεύθερον καὶ γ) ὅτι δὲν ὑπάρχουν ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια. Δι' ἑκάστην τῶν τριῶν αὐτῶν περιπτώσεων ὑπελογίσθη ἐν συναρτήσει πρὸς τὸ  $\frac{\eta\mu\varphi/2}{\lambda}$  ἡ ὅλική ἔντασις τῆς κατὰ διάχυτον τρόπον σκεδαζομένης ἀκτινοβολίας. Εἰς τὴν παροῦσαν ἀνακοίνωσιν ἀποδίδεται κατ' εὐθείαν τὸ ἀποτέλεσμα, (Σχ. 1), καθ' ὅσον ἡ μέθοδος ἔχει περιγραφεῖ ἐπαρκῶς εἰς τὰς δύο προαναφερομένας δημοσιεύσεις.

Ὡς δεικνύει τὸ σχ. 1, εἰς τὴν περιοχὴν γωνιῶν μέχρι  $\frac{\eta\mu\varphi/2}{\lambda} = 0,35 \cdot 10^{-8}$  ὑπάρχει ἐπαρκὴς διαφορὰ μεταξὺ τῶν θεωρητικῶν καμπυλῶν διὰ τὰς τρεῖς περιπτώσεις ὥστε κατόπιν παραβολῆς πρὸς τὴν πειραματικὴν καμπύλην νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ ἐκλογή μεταξὺ αὐτῶν.



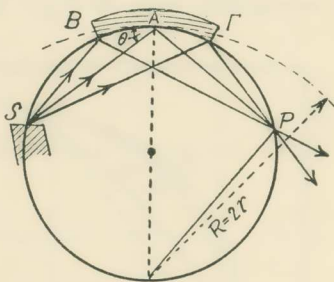
Σχῆμα 1. - Σύγκρισις τῆς πειραματικῆς καμπύλης (---) πρὸς τὰς θεωρητικὰς. Γ, Β, Α, περίπτωσις οὐδενός, ἑνὸς καὶ τριῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων.

## § 2. Πειράματα.

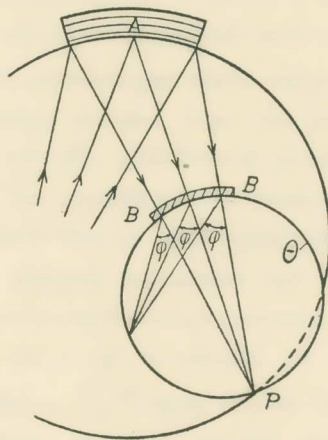
Ὡς προκύπτει ἐκ τῆς μελέτης τῆς ἐξισώσεως [1], εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἔντασιν τῆς ἀκτινοβολίας τῆς σκεδασθείσης κατὰ τινὰ διεύθυνσιν, ὅταν εἶναι γνωστὴ ἡ ἐνεργητικὴ κατάσταση τῶν ἡλεκτρονίων καὶ ἡ δομὴ τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος. Ὄταν ἐκ τούτων εἶναι γνωστὴ μόνον ἡ ἐνεργητικὴ κατάσταση τῶν ἡλεκτρονίων τότε δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν μόνον τὴν διαδρομὴν τοῦ συνεχοῦς ὑποστρώματος, χωρὶς νὰ δυνάμεθα νὰ ἀποφανθῶμεν περὶ τῶν γραμμῶν Debye - Scherrer. Ἀντιστρόφως, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν κατανομὴν τοῦ συνεχοῦς ὑποστρώματος δυνάμεθα νὰ ἐξαγάγωμεν συμπεράσματα ὡς πρὸς τὴν ἐνεργητικὴν κατάσταση τῶν ἡλεκτρονίων. Ἐπειδὴ διὰ τὸ βόριον δὲν κατωρθώθη ἀκόμη πλήρως ὁ προσδιορισμὸς τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς περιοριζόμεθα ἀναγκαστικῶς εἰς τὴν μελέτην τοῦ συνεχοῦς ὑποστρώματος.

Διὰ τὴν μελέτην τῆς κατανομῆς τοῦ συνεχοῦς ὑποστρώματος ἡργάσθημεν ὡς ἑξῆς: Ποσότης τις βορίου ἀκτινοβολεῖται ὑπὸ μονοχρωματικῶν ἀκτίνων -  $X$  τὰς ὁποίας σκεδάζει. Τὴν ἔντασιν τῆς πρὸς διαφόρους διευθύνσεις σκεδασθείσης ἀκτινοβολίας μετροῦμεν ἐκ τῆς μελανώσεως, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει αὕτη, ὅταν προσπέσῃ ἐπὶ φωτογραφικῆς ταινίας καταλλήλως τοποθετημένης.

**Μονοχρωμάτωρ.** Δεδομένου ὅτι διὰ τὸν ἄνω σκοπὸν ἀπαιτεῖται μονοχρωμάτων μεγάλης φωτεινότητος προεκρίθη ἡ μέθοδος τοῦ κεκαμμένου κρυστάλλου ὡς ἐφηρμόσθη μὲ λαμπρὰ ἀποτελέσματα ὑπὸ τοῦ Guinier, <sup>(4)</sup> (Σχ. 2).



Σχῆμα 2. - Σχηματικὴ παράστασις μονοχρωμάτωρος κεκαμμένου κρυστάλλου.



Σχῆμα 3. - Διάταξις τοῦ θαλάμου σκεδάσεως.

**Θάλαμος σκεδάσεως.** Ἐπειδὴ ὁ μονοχρωμάτωρ μᾶς δίδει δέσμη ἀκτίνων συγκλινουσῶν εἰς τὸ σημεῖον  $P$ , δὲν εἶναι δυνατόν νὰ χρησιμοποιηθῇ συνήθης διάταξις θαλάμου σκεδάσεως Debye - Scherrer διὰ τὴν ὁποίαν αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες πρέπει νὰ εἶναι παράλληλοι. Εἰς τὴν παρούσαν ἐργασίαν ἐξηρημοποιήθη θάλαμος βασιζόμενος ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῶν Seemann <sup>(5)</sup> καὶ Bohlin <sup>(6)</sup>, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ πρὸς ἐξέτασιν οὐσία  $BB$  τοποθετεῖται ἐπὶ τμήματος περιφερείας κύκλου. Αἱ φωτίζουσαι τὸν θάλαμον  $\Theta$ , (Σχ. 3), ἀκτίνες πρέπει νὰ συγκλίνουν πρὸς σημεῖον τι τοῦ αὐτοῦ κύκλου, ὅποτε, ὡς ἀποδεικνύεται γεωμετρικῶς, ὅλαι αἱ ἀκτίνες αἱ σκεδαζόμεναι ὑπὸ τῆς οὐσίας  $BB$  κατὰ μίαν σταθερὰν γωνίαν  $\varphi$ , συγκλίνουν καὶ σχηματίζουν ἑστίαν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κύκλου.

Ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ θαλάμου προσηρμόσθη ἀφ' ἑνὸς τὸ πλαίσιον τὸ συγκρατοῦν τὸ πρὸς ἀκτινοβολίαν βόριον  $BB$  καὶ ἀφ' ἑτέρου δακτύλιος  $\Delta$ , (Σχ. 5), συγκρατῶν τὴν φωτογραφικὴν ταινίαν τεταμένην κατὰ μῆκος τῆς περιφερείας.

**Σκεδάζουσα οὐσία.** Τὸ κατὰ τὰς μετρήσεις χρησιμοποιηθὲν βόριον ἀπεστάλη παρὰ τοῦ καθηγητοῦ Gudden ἐξ Erlangen τῆς Γερμανίας, εἰς μικρὰν πο-



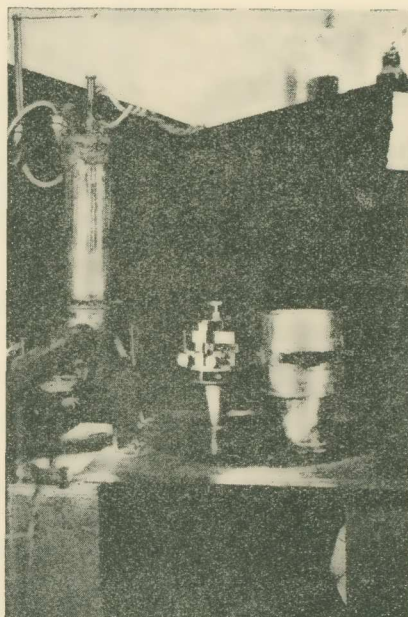
σότητα ( $0, 2 \text{ cm}^3$ ). Ἡ ποσότης αὕτη παρασκευασθεῖσα εἰς κρυσταλλικὴν κατάστασιν κατὰ τὴν μέθοδον Weintraub εἶναι καθαρότητος 99, 97%.

**Συναρμολότητες τῆς διατάξεως.** Διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ μία ἀκριβῆς ρύθμισις πρέπει ἡ λυχνία παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων - X, ὁ μονοχρωμάτωρ καὶ ὁ θάλαμος σκεδάσεως νὰ εἶναι στερεῶς συνδεδεμένα. Τὴν ὅλην διάταξιν παριστοῦν τὰ σχ. 4 καὶ 5.

Πρὸς ἀποφυγὴν προσθέτου σκεδάσεως ἐπὶ τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, ἡ ὅλη διάταξις, δηλαδὴ ὁ μονοχρωμάτωρ καὶ ὁ θάλαμος σκεδάσεως, ἐκαλύπτετο διὰ σιδηροῦ κώδωνος M φέροντος δύο παρὰθυρα ἐκ φύλλου σελλοφάνης διὰ τὴν εἴσοδον καὶ ἔξοδον τῆς ἀρχικῆς ἀκτινοβολίας. Ὁ κώδων ἦτο συνδεδεμένος μὲ ἀντλίαν διαχύσεως Hg, ὁ δὲ ἔλεγχος τοῦ κενοῦ ἐγίνετο διὰ σωληνίσκου ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως E προσηρμοσμένου εἰς τὸν κώδωνα.

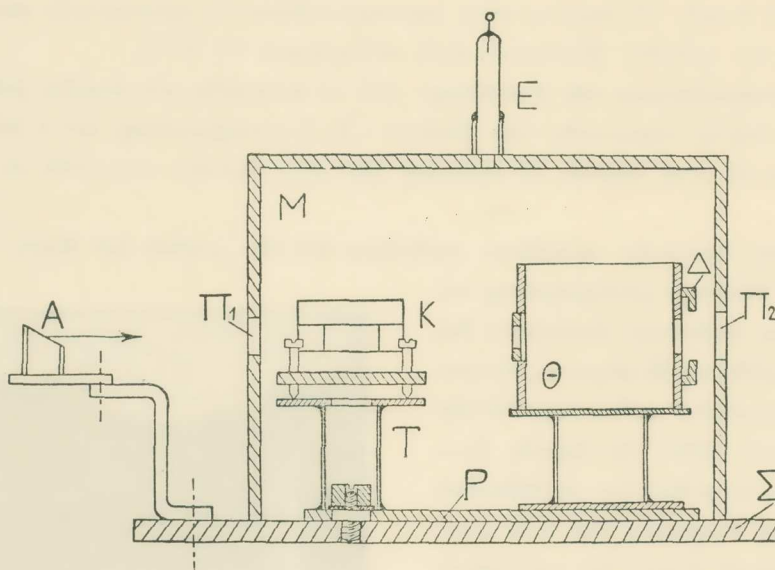
**Ἐκθέσεις.** Κατὰ τὰς γενομένας φωτογραφικὰς ἐκθέσεις ἐχρησιμοποιήθη ἀκτινοβολία  $\text{CuK}_\alpha$  ( $\lambda = 1, 54 \text{ \AA}$ ) εἰς ἡλεκτρικὴν τάσιν 50 kV καὶ ἔντασιν 20 mA. Αἱ χρησιμοποιηθεῖσαι φωτογραφικαὶ ταινίαι ἦσαν τύπου Agfa Röntgen - film superspecial, αἱ δὲ ἐκθέσεις ἦσαν διαρκείας 20 καὶ 60 ὥρων. Αἱ φωτογραφικαὶ ταινίαι εὗρισκοντο ἐντὸς φακέλλου ἔξ ἐιδικοῦ μέλανος χαρτοῦ. Οἱ φάκελλοι ἐκρατοῦντο ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ θαλάμου σκεδάσεως δι' ὀρειχαλκίων δακτυλίων Δ, (Σχ. 5), φερόντων κατάλληλον ἐκτομὴν. Ἡ ἐπὶ ἐκάστης ἀκτινογραφίας μελανωθείσα λόγῳ τῆς σκεδάσεως τῶν ἀκτίνων ζώνη παρουνσίαζε δακτυλίους Debye - Scherrer καὶ συνεχῆς ὑπόστρωμα μελανώσεως.

**Καταμέτρησις τῆς μελανώσεως.** Αἱ φωτογραφικαὶ ταινίαι μικρεφωτογραφήθησαν διὰ διατάξεως περιλαμβανούσης φωτοκύτταρον προσηρμοσμένον εἰς μικροσκόπιον, τοῦ ὁποίου ἡ τράπεζα ἠδύνατο νὰ μετακινήθῃ μικρομετρικῶς.\*



Σχῆμα 4. - Ἡ συσκευή μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ κώδωνος.

\* Ἡ ἄνω μικροφωτομέτρησις ἐγένετο εἰς τὸ Ἰνστιτοῦτον Χημείας καὶ Γεωργίας «Νι-



Σχῆμα 5. - Διάταξις τῆς συσκευῆς

- A = Ἀντικαθόδος.  
 K = Μονοχρωμάτωρ.  
 T = Τράπεζα στηρίξεως τοῦ μονοχρωμάτορος.  
 Θ = Θάλαμος σκεδάσεως.  
 Δ = Δακτύλιος πρὸς στήριξιν τῶν φωτογραφικῶν ταινιῶν.  
 M = Σιδηροῦς κώδων.  
 Π<sub>1</sub>, Π<sub>2</sub> = Παράθυρα διὰ τὴν εἴσοδον καὶ ἔξοδον τῆς ἀκτινοβολίας.  
 P, Σ = Πλάκες στηρίξεως.  
 E = Σωληνίσκος διὰ τὸν ἔλεγχον τοῦ κενοῦ.

Διὰ νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀντιστοιχία τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ φωτοκυττάρου πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς ἀκτινοβολίας - X τὴν προσπεσοῦσαν ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς ταινίας, ἐχρησιμοποιήθη ἡ μέθοδος τοῦ σχηματισμοῦ ζωνῶν κλιμακωτῶς αὐξανόμενης μελανώσεως τῇ βοηθείᾳ περιστρεφομένου τομέως — (7).

### § 3. Ἀποτελέσματα καὶ διερεῦνησις.

Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 6 ἀποδίδει τὰ ἀποτελέσματα τῆς φωτομετρήσεως μιᾶς φωτογραφικῆς ταινίας χρόνου ἐκθέσεως 60 ὥρῶν. Ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως ἐκάστης γραμμῆς δὲν κατωρθώθη νὰ προσδιορισθῇ ἀκριβῶς, διότι ἡ μελάνωσις

κόλαος Κανελλόπουλος» ὑπὸ τὴν ὁδηγίαν τοῦ καθηγητοῦ Dr. κ. G. - M. Schwab, πρὸς τὸν ὁποῖον ἂς μᾶς ἐπιτραπῇ νὰ ἐκφράσωμεν καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης τὰς εὐχαριστίας μας.

τῶν γραμμῶν Debye - Scherrer εἶναι τόσον πολὺ μεγάλη, ὥστε νὰ ὑπερβαίνει τὴν βαθμολογημένην περιοχὴν τοῦ μικροφωτομέτρου.

Ἡ στικτὴ καμπύλη, (Σχ. 6), ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐπικάθηνται αἱ γραμμαὶ Debye - Scherrer, παριστᾷ τὴν κατανομὴν τῆς κατὰ διάχυτον τρόπον σκεδαζομένης ἀκτινοβολίας (συνεχὲς ὑπόστρωμα). Ἡ καμπύλη αὕτη πρὸ τῆς συγκρίσεώς της πρὸς τὰς θεωρητικὰς ὑπέστη διορθώσεις: α) λόγῳ τῆς μεταβλητῆς ἀποστάσεως τῆς φωτογραφικῆς ταινίας ἀπὸ τοῦ βορίου καὶ β) λόγῳ τοῦ παράγοντος πολώσεως.

Τὸ τελικὸν ἀποτέλεσμα παρίσταται ἐπὶ τοῦ σχ. 1, ὅπου διὰ καταλλήλου ἀναγωγῆς ἀποδίδεται ἡ πειραματικὴ καμπύλη κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ συμπίπτῃ μετὰ τῶν θεωρητικῶν εἰς τὸ σημεῖον  $\frac{\eta \mu \frac{\varphi}{2}}{\lambda} = 0,34$ , δηλαδὴ εἰς σημεῖον ὅπου συμπίπτουν αἱ τιμαὶ καὶ τῶν τριῶν θεωρητικῶν καμπυλῶν\*. Ἐκ τῆς συγκρίσεως αὐτῆς προκύπτει ὅτι ἡ πειραματικὴ καμπύλη μετ' οὐδεμιᾶς τῶν θεωρητικῶν καμπυλῶν συμπίπτει ἀκριβῶς. Ἀναμφιβόλως ὅμως δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὴν καμπύλην τῶν τριῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων ὡς τὴν πλέον πλησιάζουσαν εἰς τὰς μετρήσεις.



Σχῆμα 6. - Μικροφωτομετρικὴ καμπύλη.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῶν θεωρητικῶν καμπυλῶν ἐγένετο κατὰ προσέγγισιν καθ' ὅσον ἡ κινητικὴ κατάστασις τῶν δεσμίων ἡλεκτρονίων ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τῆς γειτνιασεως τῶν λοιπῶν ἀτόμων τοῦ πλέγματος καὶ διαφέρει ἐκείνης, τὴν ὁποίαν εἶχον εἰς τὸ ἐλεύθερον ἄτομον. Ἐπίσης τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια ὡς εὕρισκόμενα ἐντὸς τοῦ πλέγματος, δηλαδὴ ἐντὸς χώρου τοῦ ὁποίου τὸ δυναμικὸν κυμαίνεται περιοδικῶς, δὲν δύνανται νὰ θεωροῦνται πλέον ὡς τελείως ἐλεύθερα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνεται ὅτι ἡ πειραματικὴ καμπύλη θὰ ἡκολούθει πιστότερον τὴν καμπύλην τῶν τριῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων, μόνον ἐὰν τὰ τρία

\* Ἡ πρὸς τὸ ἄκρον τῶν μεγάλων γωνιῶν ἐμφανιζομένη κύρτωσις τῆς καμπύλης δὲν εἶναι βέβαιον ἂν εἶναι πραγματικὴ. Λόγῳ τῶν συνθηκῶν τοῦ παρελθόντος ἔτους δὲν ἦτο πλέον δυνατὴ ἡ λήψις καὶ ἐτέρων ἀκτινογραφιῶν, αἱ ὁποῖαι θὰ διελεύκαινον τὸ σημεῖον τοῦτο.



(3) ἡλεκτρόνια σθένους συμπεριφέροντο πράγματι ὡς πλήρως ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια. Τὸ ὅτι ἡ πειραματικῶς εὐρεθεῖσα καμπύλη ἀπλῶς μόνον πλησιάζει πρὸς τὴν θεωρητικὴν διὰ τρία ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια δεικνύει ὅτι τὰ τρία ἡλεκτρόνια σθένους τοῦ βορίου συμπεριφέρονται ὡς *σχεδὸν ἐλεύθερα*.

Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο δυνάμεθα ἐν προκειμένῳ νὰ παραβάλωμεν πρὸς τὰ συμπεράσματα τὰ ἐξαγόμενα ἐκ τῆς μελέτης τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ βορίου δι' ἄλλων μεθόδων. Ἡ κινητικὴ κατάστασις τῶν ἡλεκτρονίων ἐνὸς κρυστάλλου δύναται νὰ ἐρευνηθῇ διὰ πολλῶν μεθόδων, ὡς τῆς ἀγωγιμότητος, τῆς λεπτῆς ὑφῆς τῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος — X, τῆς ὑφῆς τῆς ἀκμῆς ἀπορροφήσεως, τῆς εἰδικῆς θερμότητος, τῶν μαγνητικῶν ιδιοτήτων καὶ ἄλλων. Ἐνταῦθα περιοριζόμεθα εἰς τὰς δύο πρώτας, διότι μόνον δι' αὐτὰς ἔχουν γίνῃ τὰ σχετικὰ πειράματα διὰ τὸ βόριον.

Τὰ πρῶτα πειράματα ἐπὶ τῆς ἀγωγιμότητος τοῦ βορίου ἔδιδον τὴν ἐντύπωσιν ὅτι πρόκειται περὶ ἡμιμονωτοῦ, καθ' ὅσον ἡ εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας σχετικῶς μεγάλη ἀντίστασις ἐλαττοῦται κατὰ τὴν θέρμανσιν. Ἐν τούτοις, τελευταίως κατωρθώθη δι' εἰδικῶν τρόπων ἡ παρασκευὴ δοκιμίων ἐκ βορίου ἔχοντων μικρὰν ἀντίστασιν, ὁπότε ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ βόριον εἶναι καλὸς ἀγωγὸς καὶ ὅτι ἡ συνήθως ἐμφανιζομένη μεγάλη ἀντίστασις ὀφείλεται εἰς λεπτά μονωτικὰ στρώματα (ἴσως ὀξεῖδια) χωρίζοντα τοὺς κρυσταλλίτας. Ἡ καλὴ αὕτη ἀγωγιμότης συμβιβάζεται πρὸς τὰ ἡμέτερα ἀποτελέσματα, ἅτινα δίδουν περιττὸν ἀριθμὸν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων. Ἐὰν ἀντιθέτως ἡ καλὴ ἀγωγιμότης τῶν ἀνωτέρω δοκιμίων εὐρεθῇ ὅτι ὀφείλεται εἰς ἄλλην ἄσχετον αἰτίαν, ὁπότε τὸ βόριον θὰ ἐξακολουθῇ θεωρούμενον ὡς ἡμιμονωτής, τὰ δύο ἀντιφάσκοντα φαινόμενα, δηλαδὴ τῶν ἡμιμονωτικῶν ιδιοτήτων καὶ τοῦ περιττοῦ ἀριθμοῦ ἡλεκτρονίων, συμβιβάζονται μόνον ἔὰν τὸ πλέγμα τοῦ βορίου εἶναι μοριακόν. Ἡ τελευταία αὕτη εἰκὼν εἶναι πιθανὴ καὶ ἐκ τῆς θέσεως τοῦ βορίου εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα, καὶ ἐκ τῶν ἐκτάκτως μεγάλων σταθερῶν τοῦ πλέγματος αὐτοῦ. Ἡ ἄποψις αὕτη ἐνισχύεται καὶ ἐκ τοῦ ἐσχάτως παρατηρηθέντος σχηματισμοῦ μορίου εἰς τὴν ἀέριον κατάστασιν.<sup>(8)</sup>

Ἡ ὑφὴ τῆς γραμμῆς K τοῦ βορίου ἠρευνήθη ὑπὸ τοῦ O' Bryan καὶ Skinner<sup>(9)</sup> καὶ τοῦ Hautot καὶ Serpe.<sup>(10)</sup> Οἱ πρῶτοι εὔρον τὸ σχῆμα τῆς γραμμῆς συμμετρικόν, ὅπερ συμβιβάζεται μὲ τὴν εἰκόνα ἐνὸς μονωτοῦ. Ἀντιθέτως ὁ Hautot καὶ ὁ Serpe εὔρον μορφήν γραμμῆς ἀσύμμετρον ἔχουσαν ἀπότομον ὄριον πρὸς τὰ μικρὰ μήκη κύματος ὅπως ἀναμένεται δι' ἓνα ἀγωγόν, Ἐπὶ πλέον τὸ πλάτος τῆς γραμμῆς εὐρέθη ὅσον θὰ ἀνεμένετο διὰ τρία ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια κατ' ἄτομον. Ἐπειδὴ τὰ πειράματα τοῦ O' Bryan καὶ Skinner ἐγένοντο ἐπὶ λεπτοτάτων στιβῶδων βορίου παραχθειῶν δι' ἐξαχνώσεως, ὅπου ὑπάρχει μεγαλυτέρα πιθανότης

ὀξειδώσεως τοῦ βορίου ἢ καὶ ἴσως σχηματισμὸς ἀμόρφου στρώματος κατὰ τὴν ἐξάχνωσιν, πρέπει νὰ προσδώσωμεν μεγαλυτέραν σημασίαν εἰς τὰ πειράματα τοῦ Hautot καὶ Serpe, οἱ ὅποιοι μετεχειρίσθησαν βόριον εἰς κόκκους.

Τὸ συμπέρασμα τὸ προκύπτει ἐκ τῶν ἀσφαλεστέρων πειραμάτων ἐπὶ τῆς ἀγωγιμότητος καὶ τῆς ὑφῆς τῆς γραμμῆς K ὥς καὶ τῶν ἡμετέρων μετρήσεων ἐπὶ τῆς σκεδάσεως τῶν ἀκτίνων - X εἶναι ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων τοῦ βορίου εἶναι τρία (3).

#### Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Ι Σ

Εἰς τὴν παρούσαν ἐργασίαν ἐμετρήθη ἡ ἐπὶ τοῦ βορίου κατὰ διαφόρους διευθύνσεις σκεδαζομένη ἔντασις τῶν ἀκτίνων - X. Διὰ τὸν μονοχρωματισμὸν τῶν ἀκτίνων ἐχρησιμοποιήθη ἡ μέθοδος τῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ κεκαμμένου κρυστάλλου. Ἡ ἔντασις τῆς σκεδασθείσης ἀκτινοβολίας ἐμετρήθη ἐντὸς θαλάμου Seemann - Bohlin διὰ τῆς φωτογραφικῆς μεθόδου. Ἡ προκύψασα κατανομή τῆς σκεδασθείσης ἐντάσεως συναρτῆσει τῆς γωνίας, πλησιάζει πρὸς τὴν θεωρητικῶς ἀναμενομένην διὰ τὴν περίπτωσιν τῶν τριῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Πρακτ. Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν 13, 540, 1938.
2. Ε. ΣΚΟΥΛΟΥΔΗ, Διατριβή, Ἀθῆναι 1941.
3. R. W. JAMES and G. W. BRINDLEY, Phil Mag. 12, 81, 1931.
4. A. GUINIER, Annales de Physique 12, 161, 1939.
5. H. SEEMANN, Annalen der Physik 59, 455, 1919.
6. BOHLIN, Annalen der Physik 61, 430, 1920.
7. Σ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗΣ, Διατριβή, Ἀθῆναι 1939.
8. A. DOUGLAS and G. HERZBERG, Canad. Journ. Res. 18, 165, 1940.
9. O' BRYAN and H. W. B. SKINNEE, Phys. Review 45, 370, 1934.
10. H. HAUTOT et J. SERPE, Journ. de Phys. et Ra. 8, 175, 1937.

(Ἐκ τοῦ Ἐργαστηρίου Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν).

#### RECHERCHE SUR LES ÉLECTRONS LIBRES DU BORE

RÉSUMÉ. - Dans la présente recherche on a mesuré l'intensité des rayons - X diffusés par un échantillon de bore. Le monochromatisme des rayons a été obtenu par la méthode du cristal courbé. L'intensité du rayonnement diffusé a été mesurée par voie photographique au moyen d'une chambre de diffraction Seemann - Bohlin. On a constaté que la répartition de l'intensité diffusée en fonction de l'angle est en accord avec les résultats obtenus par le calcul pour le cas d'un métal disposant trois électrons libres par atome.

(Laboratoire de Physique de l'Université d'Athènes. Le 30 Mars 1942).