

ΧΗΜΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ

ΜΗΝΙΑΙΟΝ ΕΠΙΣΗΜΟΝ ΟΡΓΑΝΟΝ ΤΗΣ ΕΝΩΣΕΩΣ ΕΛΛΗΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ

Διοικούσα Ἐπιτροπή :

Π.Δ. Μόσχος, Μ.Δ. Γεωργαλάκης, Κ.Γ. Μακρής, Γ.Σ. Σταθευλόπουλος, Ο.Ι. Στεφανόπουλος, Δ.Α. Καραθανάσης, Θ.Λ. Μαυριδιόπουλος

ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΗ Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΔΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ;

Ὑπὸ ΚΩΝ. Δ. ΖΕΓΓΕΛΗ, μέλους τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν

Εἰσήχθη τῆ 19 Μαρτίου 1940.

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Κ. Ζέγγελης εἶχε τὴν καλωσύνην νὰ παραχωρήσῃ εἰς τὰ «Χημ. Χρονικὰ» τὸ κάτωθι λίαν ἐνδιαφέρον ἄρθρον ἐπὶ θέματος κολλοσιαίας θεωρητικῆς καὶ πρακτικῆς σημασίας, παρορμηθεὶς κυρίως ἐκ τῆς σιωπῆς τῶν στηλῶν τοῦ περιοδικοῦ μας ἐπὶ τοῦ ζητήματος τούτου, ὡς εἰς ἐπιστολὴν του συνοδεύουσαν τὸ ἄρθρον ἀναγράφει. Ἡ Δ. Ε. τῶν Χ. Χρονικῶν θεωρεῖ ὑποχρέωσίν της νὰ εὐχαριστήσῃ ἀπὸ τῶν στηλῶν τοῦ περιοδικοῦ τὸν σεβαστὸν ἀκαδημαϊκόν.

Τὰ ὑπερουράνια στοιχεῖα.

Ἄν ἡ δίνη τοῦ πολέμου περιστρέφῃ σήμερον τὰς σκέψεις τῆς ἀνθρωπότητος εἰς τὰ πεδία τῆς καταστροφῆς, εἰς τὴν ἡμέραν οὐχ ἦττον τῶν ἐργαστηρίων, ὑψηλότερα ἰδεώδη ἔφεραν ἀπὸ ἐνὸς ἔτους εἰς φῶς γεγονότα προωρισμένα νὰ δημιουργήσουν ἀπροβλέπτους ὀρίζοντας εἰς τὴν ἐπιστήμην τῆς φύσεως.

Πρόκειται περὶ τῶν ἐρευνῶν, αἵτινες, ἀπὸ τῶν ἀρχῶν ἰδίως τοῦ ἐκπνεύσαντος ἔτους, ἀπασχολοῦν ἀπανταχοῦ τοὺς μεγαλυτέρους ἐρευνητὰς τῆς Φυσικῆς καὶ τῆς Χημείας περὶ τὸ θέμα τῆς μεταστοιχειώσεως τοῦ Οὐρανίου.

Εἶναι πασίγνωστα τὰ σχετικά ἐπὶ ταύτης πειράματα τοῦ Ἰταλοῦ Fermi (βραβεῖον Νόμπελ) καὶ τῶν συνεργατῶν αὐτοῦ. Διὰ βομβαρδισμοῦ τοῦ ἀτόμου τοῦ Οὐρανίου διὰ νετρονίων, μονάδων ἀνηλέκτρων καὶ συνέπως μεγάλης διεισδυτικότητος, εἰς τὸν ἠλεκτρισμένον πυρῆνα τῶν ἀτόμων, ἐπέτυχε ἀπὸ τοῦ 1934, τὴν διάσπασιν αὐτοῦ καὶ τὸν σχηματισμὸν ἐξ αὐτῆς πολλῶν νέων ἀτόμων ἐκ τῶν ὁποίων δύο, ὡς ἐπίστευε, βαρύτερα τοῦ Οὐρανίου, τοῦ ἔχοντος τὸ μεγαλύτερον εἰδικὸν βᾶρος στοιχείου.

Πολλοὶ ἐρευνηταὶ ἐπανελάβον τὰ πειράματα τοῦ Fermi καὶ ἐβεβαίωσαν τὰ ἐξαγόμενα αὐτοῦ. Οἱ Lisa Meitner, Hahn καὶ Stresemann εὗρον ἐννέα ὄλα νέα ἀκτινεργὰ ἄτομα παραγόμενα κατὰ τὴν μεταστοιχειώσιν τοῦ Οὐρανίου, ἐκ τῶν ὁποίων ἕξ ἀτ. ἀριθμοῦ 93-97. Τὸ δυνατόν οὐχ ἦττον τοῦ σχηματισμοῦ πυρῆνων πυκνοτέρως μάζης τῆς τοῦ πυρῆνος τοῦ Οὐρανίου ἔθεσε πολ-

λοὺς εἰς ἀμφιβολίαν καὶ στρατιὰ ἐκ τῶν διασῆμων εἰδικῶν εἰς τὴν ἔρευναν τῶν ἀτομικῶν μεταστοιχειώσεων κατέγινεν εἰς τὰ τελειότερα εἰδικὰ ἐργαστήρια, ὡς τοῦ πλουσιωτάτου εἰς τεραστίας ἐνεργείας μηχανήματα τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Κολομβίας, εἰς τὸ ὁποῖον ἀπὸ τινῶν ἐτῶν ἐργάζεται καὶ ὁ Fermi, πρὸς ἐξακριβωσιν τοῦ γεγονότος.

Ἀποτέλεσμα τῶν ἐρευνῶν αὐτῶν ὑπῆρξεν ὅτι τὸ φαινόμενον εἶναι πολὺ μεγαλυτέρας σπουδαιότητος ἀπὸ τὴν δημιουργίαν τῶν κληθέντων ὑπερουρανίων (transuraniens) στοιχείων, τῶν ὁποίων διεπιστώθη ἡ ἀνυπαρξία.

Ὁ πυρῆν τοῦ Οὐρανίου, ἀτ. ἀριθμοῦ 92, βαλλόμενος ὑπὸ τῶν νετρονίων, θραύεται κυρίως εἰς δύο μικροτέρας μάζης πυρῆνας ἀτ. β. 40-50. Τὴν θραύσιν ἀκολουθεῖ ἐλευθέρως περσσευόντων νετρονίων, τὰ ὁποῖα διασποῦν νέους πυρῆνας Οὐρανίου καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Τὸ Οὐράνιον οὕτω δύναται νὰ καταστῇ πηγὴ φανταστικῶν πηγῶν ἐνεργείας. Ἀληθῆς κατακλυσμὸς χημικῶν ἀνακοινώσεων ἐπηκολούθησε.

Οὕτως εἰς τὴν Γαλλίαν τὴν 30 Ἰανουαρίου 1939 ὁ Ζολλιό, προσάγει τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῆς θραύσεως τοῦ ἀτόμου τοῦ Οὐρανίου ὑπὸ ἔκλυσιν κολλοσιαίων ποσῶν ἐνεργείας. Εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν συνεδρίαν τῆς ἀκαδημίας τῶν ἐπιστημῶν, ἡ Εἰρήνη Κυρί καὶ ὁ Σάβιτς περιγράφουν τὰ χημικὰ στοιχεῖα τὰ προκύπτοντα ἐκ τῆς ἐκρήξεως. Τὴν 20ὴν Φεβρουαρίου ὁ Ζολλιό παρουσιάζει τὰς καμπύλας τῶν τροχιῶν τῶν θραυσμάτων, τὰς ὁποίας ἔλαβεν εἰς τὸν θάλαμον τοῦ Οὐίλσον. Εἰς τὴν αὐτὴν συνεδρίαν ὁ Τιμπὼ καὶ ὁ Ἄνδρ. Μουσσά τῆς Λυῶν βεβαιοῦν μεταξὺ ἄλλων τὴν παραγωγὴν ἀκτινεργοῦ βρωμίου καὶ προσδιορίζουν τὴν συνοδεύουσαν τὸ φαινόμενον ἀνάπτυξιν ἐνεργείας εἰς 100 ἑκατομμύρια Ve¹) (βόλτ-ἠλεκτρόνια) καὶ καθ' ἑξῆς ἀνάλογοι μεγάλοι ἐπιτυχία ἀνακοινοῦν-

¹) Ἐν βόλτ-ἠλεκτρόνιον ἰσοῦται μὲ τὴν κινητικὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἠλεκτρόνιον κατὰ τὴν ἀξέσιν τοῦ δυναμικοῦ αὐτοῦ κατὰ ἓν βόλτ καὶ ἰσοδυναμεῖ μὲ 1,592.10⁻³ ἔργ.

ται συγχρόνως από 'Αμερικανούς, Γερμανούς, 'Αγγλους φυσικούς.

Πρὶν περιγράψωμεν λεπτομερέστερον τὰ κα ταπληκτικὰ αὐτὰ φαινόμενα τῆς θραύσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ Οὐρανίου, ὅσα ἔφερον εἰς φῶς τὸ παρελθὸν ἔτος ἢ ἐπιστήμη, θὰ ἐξετάσωμεν τὰ κατὰ τὴν σύστασιν αὐτοῦ συμφώνως πρὸς τὰ δεδομένα τῶν τελευταίων ἔρευνων.

Σύστασις τοῦ πυρῆνος.

Ἡ ὄλη σχεδὸν μάζα τοῦ ἀτόμου εἶναι συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα ἀποτελοῦντα οἰοῖται τὸ ὑλικὸν βᾶθρον, ἐξ οὗ ἀπορρέουν τὰ φαινόμενα τῆς μεταβολῆς τῆς μάζης καὶ τῆς ἀκτινεργίας.

Ὁ πυρῆν παρ' ὄλην τὴν μικροσκοπικὴν αὐτοῦ μικρότητα εἶναι καὶ αὐτὸς δυναμικὸς μηχανισμὸς πολυπλόκου συνθέσεως. Παρ' ὄλην τὴν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, ἥτις συγκρατεῖ τὰ συστατικὰ αὐτοῦ εἰς ἕν ἐξόχως σταθερὸν σύστημα, δὲν εἶναι ἀδιάρρηκτος. Ἡ διάσπασις τῶν ἀκτινεργῶν ἀτόμων, ἢ τεχνητῇ ἐν τῷ ἔργαστηρίῳ διάσπασις αὐτῶν, ὡς καὶ ἡ τελευταία ἐπιτυχία τῆς παρασκευῆς νέων ἀσταθῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων, τὸ ἐπικυροῦν. Ἀπὸ τὰ συντρίμματα τῶν διασπασμένων πυρῆνων καὶ ὀρισμένες φυσικὰς ἰδιότητας αὐτῶν προσπαθεῖ ἤδη ἡ ἐπιστήμη ν' ἀναδημιουργήσῃ τὴν ἀρχικὴν κτονικὴν αὐτῶν.

Ἡ κρατοῦσα σήμερον θεωρία εἶναι ἡ τοῦ Heisenberg, καθ' ἣν ὁ πυρῆν ἀποτελεῖται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια. Εἶναι ἄρα γε ταῦτα διατεταγμένα, ὅπως καὶ τὰ περιφερικὰ ἠλεκτρόνια, κατὰ στάθμας ἐνεργείας, εἰς τὸν ἀπειροελάχιστον αὐτὸν ἠώρον εἰς τὸν ὅποιον οὕτως ὡς συσπειρωμένα εὐρίσκονται ὑπὸ τὸ κράτος κολοσσιαίας ἐνεργείας;

Πολλὰ φαινόμενα συνηγοροῦν ὑπὲρ ὁμοίας παραδοχῆς.

Ὅπως συμβαίνει εἰς τὰ περιφερικὰ ἠλεκτρόνια, ὅπου ἡ μετάπτωσις ἢ μᾶλλον ἡ ἐπιστροφή διεγερθέντος ἠλεκτρονίου ἀπὸ ἐξωτέρων εἰς ἐσωτέρων στάθμην, συνοδεύεται ἀπὸ φῶς, καὶ ἐνταῦθα, ὅταν συστατικὸν εἰς τοῦ πυρῆνος πρωτόνιον ἢ νετρόνιον διεγείρεται ἀπὸ ἰσχυρὰν τινα κροῦσιν, συνοδεύεται ἀπὸ τὴν παραγωγὴν φωτονίων γ ἢ τὴν περισσότερον συγκεντρωμένην ἐνέργειαν θετικῶν ἢ ἀρνητικῶν ἠλεκτρονίων.

Καὶ ἄλλα φαινόμενα συνηγοροῦν ὑπὲρ τῆς παραδοχῆς τιοαύτης ὕψης, ὅπως τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ (résonnance) κατὰ τὴν διάσπασιν τῶν πυρῆνων κ.λ. Ἐκ τούτων τὸ πλεόν ἀξίωσημιέων εἶναι, ὅτι κατὰ παρατηρήσεις τῶν φυσικῶν τοῦ Cambridge, τὰ φάσματα (μαγνητικά) τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν αἱ ἀκτίνες ἀ ἐμφανίζουσιν λεπτὴν ὕψην τῆς ὁποίας αἱ διαφοραὶ ἐνεργείας καθορίζουσιν κβαντικῶς ὀρισμένας στάθμας ἐνεργείας, ἐξ ὧν δύνανται νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ συχνότητες τῶν παρατηρουμένων ἀκτίνων γ .

Εὐστάθεια καὶ ἀστάθεια τῶν ἀτόμων καὶ ἔλλειμμα μάζης.

Δύο ζητήματα θέλομεν ἀκόμη ἐξετάσει πρὶν εἰσελθῶμεν εἰς τὴν ἔκθεσιν τῶν τελευταίων ἔρευνων, ὅσον ἀφορᾷ τὰς ἐπιτευχθείσας μεταστοιχειώσεις τοῦ Οὐρανίου. Τὴν σταθερότητα ἢ μὴ τῶν πυρῆνων καὶ τὸ παρατηρούμενον ἔλλειμμα μάζης κατὰ τὰς μεταστοιχειώσεις, ἐκ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μέγεθος τῶν συνεκτικῶν ἐνδατομικῶν δυνάμεων. Εὐθὺς ἐξ ἀρχῆς εἶχε παρατηρηθῆ τὸ γεγονός, ὅτι τὰ στοιχεῖα τῶν ὁποίων τὰ ἀτομικὰ βάρη ἀποτελοῦν πολλαπλάσια τοῦ ἀριθμοῦ 4 εἶναι ἐξαιρέτως σταθερά, ὅπως τὸ ἥλιον (4), ὁ ἄνθραξ (12) τὸ ὀξυγόνον (16) τὸ νέον (20). Γενικῶς εὐρέθη, ὅτι ἄτομα περιέχοντα ἄριον ἀριθμὸν πρωτονίων (Z) καὶ νετρονίων (N) εἶναι σταθερώτερα. Καὶ κατ' ἀρχὰς μὲν, εἰς τὰ ἐλαφρότερα δηλαδὴ στοιχεῖα, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων ἰσοῦται μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων, οὕτως ὥστε ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς, ὁ δηλῶν τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, ἀποτελεῖ τὸ ἥμισυ τοῦ ἀτομικοῦ βάρους, ἀπὸ τοῦ ἡλίου μέχρι καὶ τοῦ ἀσβεστίου, κατόπιν βαθμηδὸν αὐξάνει ὁ ἀριθμὸς τῶν νετρονίων καὶ ὁ λόγος $\frac{N}{Z}$ γίνεται μεγαλύτερος τῆς μονάδος. Ὅταν δὲ ὁ λόγος οὗτος ὑπερβῆ τὸ 1,5, τὰ στοιχεῖα παύουσιν νὰ εἶναι σταθερά, ὡς ἀπὸ τοῦ στοιχείου 82, ὅθεν ἀρχίζει ἡ σειρὰ τῶν βαρέων ἀκτινεργῶν στοιχείων μέχρι καὶ τοῦ 92, ἄνω τοῦ ὁποίου δὲν ὑπάρχουσιν γνωστοὶ πυρῆνες. Ἰκανοποιητικὴν ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου ἔδωσεν ὁ Heisenberg ἐπὶ τῇ βάσει τῆς κβαντομηχανικῆς.

Πάντως ἡ σταθερότης ἐνός πυρῆνος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐκλυομένης ἐνεργείας κατὰ τὸν σχηματισμὸν ἐκ τῶν συστατικῶν αὐτοῦ πρωτονίων καὶ νετρονίων. Ὅπως συμβαίνει καὶ κατὰ τὰς χημικὰς δράσεις, ἐκεῖνα τῶν προϊόντων αὐτῶν εἶναι σταθερώτερα, ὅσα χωροῦν ὑπὸ ἔκλυσιν μεγαλύτερον ποσοῦ ἐνεργείας. Καὶ τὴν μὲν ἐκλυομένην ἐνέργειαν δὲν δυνάμεθα ἀπ' εὐθείας νὰ μετρήσωμεν. Δυνάμεθα ὁμως ἐμμέσως νὰ προσδιορίσωμεν ἐκ τοῦ παρατηρουμένου ἔλλειμματος τῆς μάζης μεταξὺ ἐνός ἀτόμου καὶ τῶν συστατικῶν μονάδων ἐξ ὧν ἀπετελέσθη, καθ' ὅσον, ὡς γνωστόν, ἡ ἐλευθερουμένη ἐνέργεια παράγεται δαπάνη τῆς μάζης, ἥτις μεταμορφοῦται εἰς ἐνέργειαν καθὼς ἔδειξεν ὁ Einstein. Τόσον τὴν μάζαν τοῦ ἀτόμου, ὅσον καὶ τὴν τῶν συστατικῶν αὐτοῦ, δυνάμεθα μετ' ἀκριβείας νὰ προσδιορίσωμεν διὰ τοῦ φασματογράφου μαζῶν.

Οὕτω λ. χ. ἡ μάζα τοῦ πρωτονίου, ἐξ οὗ ἀποτελεῖται ὁ πυρῆν τοῦ ὕδρογόνου, εὐρέθη ἴση πρὸς 1,00775, τοῦ δὲ νετρονίου πρὸς 1,009.

Ὁ πυρῆν τοῦ Λιθίου ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν πρωτονίων καὶ τριῶν νετρονίων, καὶ ἔχει ἀτομικὴν μάζαν 6,012, ἐνῶ τὸ ἄθροισμα τῶν μα

ζών των συστατικών αυτού, κατά τὰ ἀνωτέρω εἶναι $3 \times 1,00775 + 3 \times 1,009 = 6,050$, ἤτοι κατά τὴν σύνθεσιν τοῦ πυρῆνος προκύπτει ἔλλειμμα μάζης 0,038. Τοῦτο ὑπολογιζόμενον συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Einstein ¹⁾ ἀνέρχεται εἰς τὸ κολοσσιαῖον ποσὸν $6,1 \times 10^4$ Ve.

Νεώτεροι πειραματικά ἔρευναί ἐπὶ τῆς μεταστοιχειώσεως τοῦ Οὐρανίου.

Ἡ ἐπίτευξις ὑπὸ τοῦ Fermi, πυρῆνων βαρυτέρων τοῦ Οὐρανίου, παρὰ τὰ πιστευόμενα, ἔθεσεν εἰς κίνησιν τοὺς ἔρευνητάς τοῦ ἀτόμου πρὸς ἐξακρίβωσιν τοῦ γεγονότος καὶ βαθυτέραν αὐτοῦ ἔρευναν. Μετὰ τινὰ ἔτη, πλὴν τῶν ἔρευνητῶν περὶ τῶν ἀνωτέρω εἶπομεν καὶ ἄλλοι διεπίστωσαν ὅτι οὐχὶ μεγαλύτερου βάρους τοῦ Οὐρανίου πυρῆνες ἀλλὰ τούναντίον μικροτέρου σχηματίζονται. Κατὰ τὸ τέλος τοῦ 1938 οἱ Hahn καὶ Stresemann ἐθεώρησαν ὡς γεγονός τὴν παραγωγὴν 16 τεχνητῶν στοιχείων ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ 88-90 καὶ 92-96. Ἀλλὰ τὴν 6 Ἰανουαρίου 1939 οἱ ἴδιοι εἰς νέαν ἀνακοίνωσιν ὑπεστήριξαν, μετ' ἐπιφυλάξεως, τὸν σχηματισμὸν ἰσοτόπων τοῦ βαρίου, λανθανίου καὶ δημητρίου. Τοῦτο ἐβεβαίωσαν μετ' ἀσφαλείας εἰς δευτέραν ἀνακοίνωσιν.

Καὶ ἄλλοι ἐβεβαίωσαν τὴν θραύσιν τοῦ πυρῆνος τοῦ Οὐρανίου εἰς ἐλαφροτέρους πυρῆνας, καὶ τὴν ἀνυπαρξίαν τῶν ὑπερουρανίων στοιχείων. Οὕτω τὸ θεωρηθὲν ὡς ἑκα-λευκόχρυσος εὐρέθη ὅτι εἶναι ἰσότοπον τοῦ ἰωδίου. Τὸ ὡς ἑκα ἰριδιον ὅτι εἶναι δύο ἰσότοπα, ἓν τοῦ τελλουρίου καὶ ἕτερον τοῦ μολυβδαίνιου. Ἐπίσης ἐβεβαίωσαν τὸν σχηματισμὸν ἰσοτόπων τοῦ καλίου, ρουβιδίου, κρυπτοῦ, ἀσβεστίου, ξένου, ἰωδίου, βρωμίου κ.λ. Ἀνάλογα σώματα λαμβάνονται καὶ κατὰ βομβαρδισμόν διὰ νετρονίων τοῦ θαλλοῦ, θορίου ὡς καὶ πρωτακτινίου.

Τούτου τὴν θραύσιν ἐπέτυχον καὶ ἐμελέτησαν τελευταίως πολλοὶ ἀμερικανοὶ εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Κολομβίας χρησιμοποιοῦντες τὸ γιγάντιον αὐτοῦ κυκλοτρόνιον.

Τὴν θραύσιν τοῦ Οὐρανίου συνοδεύει ἔκλυσις μεγίστων ποσῶν ἐνεργείας, τῆς ἐνεργείας ἢ ὅποια ἐχρησιμοποιεῖτο διὰ τὴν δέσμευσιν καὶ συνοχὴν τῶν συστατικῶν του. Αὕτη εὐρέθη ἀνερχομένη εἰς πολλὰς ἑκατοντάδας ἑκατομμυρίων Ve κατὰ τὴν ἀποσύνθεσιν ἀσταθμῆτων ποσοτήτων Οὐρανίου.

Ὅπως ἦτο φυσικόν, ἀνέκυψε καὶ πάλιν τὸ ζήτημα τοῦ δυνατοῦ τῆς χρησιμοποίησεως τῆς τοιαύτης ἐνεργείας, ἢ ὅποια κατὰ τὴν μεταστοιχειώσιν σταθμητῶν ποσῶν Οὐρανίου ἢ ἄλλων βαρέων στοιχείων θὰ ἀνήρχετο εἰς ἀστρονομικοὺς ἀριθμοὺς ἐνεργείας.

Εἶναι δυνατὴ ἡ χρησιμοποίησις τῆς τεραστίας ἐνδατομικῆς ἐνεργείας, τῆς διὰ τῆς μεταστοιχειώσεως τῶν βαρέων στοιχείων ἐκλυομένης;

Εὐθύς ἐξ ἀρχῆς μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ ραδίου καὶ τῶν πρώτων ἐπιτυχῶν πειραμάτων τεχνητῆς μεταστοιχειώσεως τοῦ Ράδερφορντ, ἐπὶ πᾶσι ἢ σκέψις ἂν δὲν θὰ ἦτο δυνατόν διὰ τῆς τελειοποιήσεως τῶν μεθόδων αὐτῶν κατὰ τὴν πρόδοσιν τῆς ἐπιστήμης νὰ χρησιμοποιηθῇ ἡ τεραστία ἐνδατομικῆ ἐνέργεια, ἥτις συνέχει τὰ συστατικά τοῦ ἀτόμου καὶ τῆς ὁποίας μεγάλα ποσὰ ἐλευθεροῦνται κατὰ τὴν μεταστοιχειώσιν ταύτην.

Οἱ ἐπιστήμονες τότε προσέβλεψαν μετὰ μεγάλου σκεπτικισμοῦ πρὸς τὸ πρόβλημα τοῦτο.

Ἡ ἐνδατομικῆ ἐνέργεια, ὡς εἶδομεν, ἡ ἐλευθερουμένη κατὰ τὴν διάσπασιν καὶ ἐνὸς ἀτόμου ἀνέρχεται εἰς ἑκατομμύρια Ve, συνεπῶς ἔπρεπε νὰ εὐρεθῶσι βλήματα ἀντιστοίχου ἐνεργείας, καὶ αἱ χρησιμοποιηθεῖσαι κατ' ἀρχὰς ἀκτίνες α, ὡς βλήματα, αἵτινες εἶναι πυρῆνες τοῦ ἡλίου, ἔπρεπε κατὰ ἑκατομμύρια νὰ ἐξακοντίζονται διὰ νὰ συναντήσῃ μία ἐξ αὐτῶν τὸν πυρῆνα ἐλαφροῦ στοιχείου καὶ ἐπιτευχθῇ μεταστοιχειώσις ἐνὸς ἀτόμου.

Διὰ τῆς χρησιμοποίησεως νέων βλημάτων ἐπιτυχάνονται βραδύτερον σοβαρώτεροι μεταστοιχειώσεις. Διὰ τῆς χρησιμοποίησεως λ.χ. τοῦ κυκλοτρονίου ὑπὸ τοῦ Lawrence τῷ 1935 κατάρθωσεν οὗτος δι' αὐξήσεως τοῦ δυναμικοῦ δευτονίων εἰς 2.10^6 Ve νὰ παραγάγῃ ἀκτινεργὸν ραδιονάτριον παρουσιάζον ἀκτινοβολίαν β καὶ γ, καὶ κατέστη οὕτω δυνατὴ, ἡ παρασκευὴ προϊόντος τεχνητοῦ ἀκτινεργοῦ, δυναμένου πιθανῶς ν' ἀντικαθιστᾷ τὸ ράδιον εἰς τὰς θεραπευτικὰς αὐτοῦ ἐφαρμογὰς.

Ἀπὸ τοῦ 1932 ὅτε ἐχρησιμοποιήθη τὸ νετρόνιον, βλῆμα ἐστερημένον ἠλεκτρικοῦ φορτίου καὶ δυνάμενον νὰ εἰσδύσῃ καὶ συσσωματωθῇ εἰς τὸν ἰσχυρῶς ἠλεκτρισμένον πυρῆνα, ἐπετεύχθησαν —μάλιστα διὰ νετρονίων ἐπιβραδυνομένων διὰ προηγούμενης διόδου αὐτῶν διὰ παραφίνης— πλεῖστοι μεταστοιχειώσεις καὶ βαρέων ἀτόμων καὶ δὴ τοῦ βαρυτέρου πάντων τοῦ Οὐρανίου.

Ἡ θραύσις τοῦ ἀτόμου αὐτοῦ, περὶ τῆς ὧμι λήσαμεν, ὁμοιάζει μετ' ἔκρηξιν ἰκανὴν ὅπως ἀναπτύξῃ ἀπεριορίστους ποσότητας ἐνεργείας. Ἡ ἐπιστήμη πλέον προσβλέπει μετ' ὀλιγώτερον σκεπτικισμόν πρὸς τὸ δυνατόν τῆς χρησιμοποίησεως τῆς ἐνεργείας ταύτης.

Ἄς ἐξετάσωμεν ἤδη τὰ γεγονότα τὰ ἐκ τῆς θραύσεως τῶν βαρέων πυρῆνων ἀνακύπτοντα μετ' ἐπιπροοπτικὴν τοῦ δυνατοῦ τῆς χρησιμοποίησεως τῆς ἀναπτυσσομένης κατ' αὐτὴν ἐνεργείας.

Καθ' ὅσον βαίνομεν ἀπὸ τῶν ἐλαφροτέρων πυρῆνων πρὸς τοὺς βαρυτέρους, ὁ ἀριθμὸς τῶν

¹⁾ Ὁ νόμος οὗτος διατυπῶνται διὰ τῆς ἐξισώσεως $m = \frac{E}{C^2}$, ἔνθα C ἡ ταχύτης τοῦ φωτός.

νετρονίων αὐτῶν αὐξάνει προοδευτικῶς, οὕτως ὥστε κατὰ τὴν διάσπασιν αὐτῶν οἱ προκύπτοντες πυρῆνες ἔχουν μικρότερον ἀριθμὸν νετρονίων τοῦ βαρέος ἀτόμου ἐξ οὗ προήλθον περισεύουν ἐπομένως νετρόνια μεθ' ἑκάστην θραυσίν ἐνδὸς βαρέος ἀτόμου. Τὰ θραύσματα τούτων, ἀφ' ἑτέρου εἶναι ἀκτινεργὰ καὶ ἴνα ἐπανέλθουν εἰς τὴν διαμόρφωσιν σταθερῶν πυρῆνων, ἀφίνουν ἐλεύθερον ἀριθμὸν τινα ἠλεκτρονίων (5-10) κατ' ἄτομον οὐρανίου. Ἐπὶ πλεόν οἱ προκύπτοντες πυρῆνες φέροντες ἰσχυρότατον φορτίον θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἀπωθοῦνται βιαίως κατὰ τὸν νόμον τοῦ Coulomb με ἐνέργειαν ὑπολογιζομένην εἰς 100 ἑκατομμύρια Ve δι' ἕκαστον τῶν ἐκ διχοτομήσεως παραγομένων πυρῆνων. Τὰ ἐλευθερούμενα νετρόνια προκαλοῦν τὴν ἔκρηξιν ἄλλων πυρῆνων τοῦ Οὐρανίου με νέαν ἐλευθέρωσιν νετρονίων καὶ οὕτω ἀποτελεῖται ἄλυσσος παραγωγῆς νετρονίων καὶ συνεχοῦς ἐκρήξεως πυρῆνων Οὐρανίου με ἀποτέλεσμα τὴν ἔκλυσιν φανταστικῶν ποσοτήτων ἐνεργείας.

Ἄς παρακολουθήσωμεν ἤδη τὸ φαινόμενον εἰς τὰ τρία στάδια τῆς παραγωγῆς αὐτοῦ. Κατὰ τὸ πρῶτον στάδιον, διὰ βλημάτων τῶν ἀκτίνων α τοῦ ραδίου βομβαρδίζεται τὸ ἄτομον τοῦ βηρυλλίου. Ἐλευθεροῦται ἐνέργεια ὑπολογιζομένη εἰς 5 ἑκατομμύρια Ve. Κατὰ τὸ δεύτερον τὸ ἄτομον τοῦ βηρυλλίου μεταστοιχειούμενον ἀναπτύσσει ἀκόμη ἑκατομμύρια τινὰ Ve. Κατὰ τὸ τρίτον στάδιον τῆς μεταστοιχειώσεως τοῦ ἀτόμου τοῦ Οὐρανίου διὰ τῶν παραγομένων νετρονίων ἀναπτύσσεται ἐνέργεια ἀνερχομένη εἰς 200-250 ἑκατομμύρια Ve. Καθίσταται οὕτω δυνατὸν 150 ἑκατομμύρια ἐκ τούτων νὰ προκαλέσουν νέας ἐκρήξεις με παραγωγήν νέων νετρονίων καὶ οὕτω καθεξῆς με μεταστοιχειώσεις συνεχεῖς περισσοτέρων ἀτόμων Οὐρανίου καὶ ἔκλυσιν ἐνεργείας ἐν τέλει, προσμετρομένης εἰς δισεκατομμύρια πλέον Ve.

Διὰ νὰ ληφθῆ τὸ μέγιστον τῆς ἀποδόσεως ἐκ τῶν διαδοχικῶν ἐκρήξεων πρέπει τὰ προϊόντα τῆς διασπάσεως, καὶ δὴ τὰ νετρόνια, νὰ διαπορεύωνται ἐντὸς τοῦ διασπώμενου σώματος καὶ μὴ διαφεύγουν κατὰ τὸ δυνατόν ἔξω αὐτοῦ. Πρέπει ἐπομένως ἢ διάμετρος αὐτοῦ νὰ εἶναι μεγάλη.

Ὁ Pflügge ἐξετέλεσε τοὺς ἐξῆς ὑπολογισμούς, με βάσιν τὴν ὀλοτελή διάσπασιν ὄγκου ὀξειδίου τοῦ οὐρανίου U_3O_8 διαμέτρου ἐνδὸς μέτρου. Ὁ ὄγκος οὗτος ζυγίζει 4,2 τόννους, περιέχει 3×10^{27} μόρια, ἐκ τῶν ὁποίων 9×10^{27} ἄτομα Οὐρανίου.

Δεδομένου ὅτι ἐν ἄτομον U ἐλευθερώνει 180 ἑκατομμύρια Ve διασπώμενον, ἦτοι ἐλευθερώνει ἐνέργειαν περίπου $3 \cdot 10^{-4}$ ἔργ. ($3 \cdot 10^{12}$ χιλιογραμμομέτρων), ἢ ὅλη παραχθσομένη ἐνέργεια ἐκ τῆς ὀλικῆς διασπάσεως θὰ ἀνέλθῃ εἰς $27 \cdot 10^{16}$ χιλιογραμμομέτρα.

Τοιοῦτο ποσὸν ἐνεργείας θὰ ἠδύνατο ν' ἀνυψώσῃ ἐν κυβικὸν χιλιόμετρον ὕδατος, δηλαδὴ βάρος 1 δισεκατομμυρίου τόννων, εἰς ὕψος 27 χιλιομέτρων, καὶ ἡ ἐνέργεια αὐτὴ θὰ ἠδύνατο ν' ἀναπτυχθῆ ὀλόκληρος ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου!

Πολλὰ γεννῶνται ζητήματα διὰ τὴν πρακτικὴν λύσιν τοῦ προβλήματος ὡς τῆς βραδυτέρας παραγωγῆς, τῆς δυνατῆς καὶ βαθμιαίας διοχετεύσεως καταλλήλως τῆς ἀναπτυσσομένης ἐνεργείας, τῆς μεταβολῆς εἰς θερμότητα κ.λ. καὶ πολλοὶ ἐν παραβύστῳ σήμερον πειραματίζονται σχετικῶς, ὡς λέγεται δέ, δυστυχῶς, γίνονται μελέται πρὸς δυνατὴν χρησιμοποίησιν αὐτῆς καὶ εἰς τὸν πόλεμον.

Ὅσον ἀφορᾷ τὴν βραδυτέραν ἔκλυσιν τῆς ἐνεργείας οἱ F. Adler καὶ H. v. Hablam προτείνουν τὴν ἀνάμιξιν τοῦ U_3O_8 με ὕδωρ καὶ Κάδμιον. Τὸ ἀποτέλεσμα, κατ' αὐτούς, με τὰ ἀνωτέρω ποσὰ Οὐρανίου θὰ ἦτο ἀνάπτυξις θερμοκρασίας κατὰ τρόπον διαρκῆ 350° καὶ ἡ ὅλη ἀναπτυχθσομένη ἐνέργεια θὰ ἀνήρχετο εἰς 70 δισεκατομμύρια ὠρ. χιλιοβάττ. Με τὴν ἐνέργειαν αὐτὴν θὰ ἠδύναντο νὰ λειτουργήσουν πᾶσαι αἱ ἠλεκτρικαὶ ἐγκαταστάσεις τῆς Γερμανίας ἐπὶ δεκαετίαν.

Ἐκ τούτων προκύπτει ὅτι ἡ δυνατὴ χρησιμοποίησις τῆς ἐνδοατομικῆς ἐνεργείας τῶν διασπώμενων στοιχείων παύει νὰ ἀποτελῆ οὐτοπιαν.

Πλὴν τῶν πρακτικῶν ἐφαρμογῶν τὰ γεγνότα ταῦτα πιθανῶς θὰ μᾶς βοηθήσουν εἰς τὴν λύσιν καὶ ἄλλων ἐπιστημονικῶν ζητημάτων τῆς γεωλογίας, τῶν ἠφαιστειῶν ἢ τῆς ἀστρονομίας. Ἡ αἰφνιδία ἀναλαμπή, λ. χ., ἀστέρων καὶ ἀπόσβεσις αὐτῶν εἶναι πιθανώτατον ὅτι ὀφείλεται εἰς ἀναλόγους δράσεις.

Εἶναι ἀληθές ὅτι τὸ πρόβλημα περιέχει ἀκόμη πολλὰ δυσεπίλυτα στοιχεῖα καὶ πολλὰ πειραματικά ἔργα καὶ συστηματικά θ' ἀπαιτηθοῦν διὰ τὴν πρακτικὴν λύσιν του.

Γεγονὸς ὅμως παραμένει ὅτι τὸ πρόβλημα τίθεται αὐτὴν τὴν φορὰν σοβαρῶς πρὸς λύσιν εἰς τὴν ἐπιστήμην καὶ ὅτι ἐσημείωσεν, ἰδίως κατὰ τὸ παρελθὸν ἔτος, μίαν τῶν σπουδαιότερων ἐπιστημονικῶν κατακτήσεων τοῦ αἰῶνος.