

Ε. Σ. ΣΤΑΜΑΤΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΙΚΗ ΒΟΜΒΑ

Ἀνάτυπον ἐκ τοῦ περιοδικοῦ «Φυσικὸς Κόσμος» τῆς Ἑνώσεως Φυσικῶν τῆς Ἑλλάδος

*Ὀλβιος, ὃς θείων πραπίδων
ἐκτήσατο πλοῦτον.*

Ἐμπεδοκλῆς



ΑΘΗΝΑΙ 1951



Ο ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΙΚΗ ΒΟΜΒΑ

Οί πρώτοι διατυπώσαντες την θεωρίαν της ύπαρξεως της ενέργειας εις τὸ Σύμπαν εἶναι οἱ πρόγονοι ἡμῶν Ἀναξίμανδρος, Ἡράκλειτος, Λεύκιππος καὶ Δημόκριτος. Ὁ Λεύκιππος καὶ μετ' αὐτὸν ὁ μαθητὴς αὐτοῦ Δημόκριτος εἶναι οἱ πρώτοι διατυπώσαντες τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν τῆς ὕλης. Ὁ Δημόκριτος μάλιστα εἶχε διατυπώσει καὶ τὸ λεγόμενον ἀξίωμα τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης μετὰ τὴν περίφημον φράσιν «μηδὲν ἐκ τοῦ μη ὄντος γίνεσθαι, μηδὲ εἰς τὸ μη ὄν φεῖρεσθαι» ἔρμ.: οὐδὲν δύναται νὰ γεννηθῆ ἐκ μη ὑπάρχοντος πράγματος καὶ οὐδὲν πρᾶγμα δύναται νὰ ἐξαφανισθῆ. Ἡ ἔννοια τῆς ἐνεργείας ἐν τῷ κόσμῳ ἔλαβε τὴν τελικὴν μορφήν της, ἡ ὁποία ἰσχύει σήμερον, ἀπὸ τοῦ 1905 ὅτε ὁ Ἀϊνστάϊν διετύπωσε τὴν περίφημον θεωρίαν του περὶ σχετικότητος. Κατὰ ταύτην ἡ ὕλη δύναται νὰ μετατραπῆ εἰς ἐνέργειαν καὶ ἡ ἐνέργεια εἰς ὕλην. Μετὰ ἀπλουστέραν ἀκόμη διατύπωσιν, ἡ ὕλη εἶναι μία μορφή τῆς ἐνεργείας. Αἱ μορφαὶ τῆς ἐνεργείας εἶναι, ὡς γνωστόν, ἡ μηχανικὴ, ἡ θερμικὴ, ἡ φωτεινὴ, ἡ μαγνητικὴ, ἡ ἠλεκτρικὴ, ἡ χημικὴ Ὁ ἄνθραξ ἐγκλείει ἐνέργειαν. Ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας δυναμέθα διὰ τῆς ἐνεργείας αὐτῆς νὰ μετατρέψωμεν τὸ ὕδωρ εἰς ἄτμῶν καὶ διὰ τούτου νὰ χρησιμοποιήσωμεν αὐτὴν ὡς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ὡς κίνησιν. Ὑδωρ δεξαμενῆς ἐν ἡρεμίᾳ ἐγκλείει ἐνέργειαν. Ἐὰν ἡ δεξαμενὴ εὐρίσκειται εἰς ἀρκετὸν ὕψος ἀπὸ τινος τροχοῦ δυναμένου νὰ κινηθῆ μετὰ τὴν πτώσιν ὕδατος ἐκ τῆς δεξαμενῆς, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν εἰς τὸ ἡρεμοῦν ὕδωρ ἐγκλειομένην ἐνέργειαν διὰ κίνησιν ἢ παραγωγὴν ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἐγκλείει τὸ ἡρεμοῦν ὕδωρ (ὡς καὶ πᾶν ἡρεμοῦν σῶμα) ὀνομάζεται δυναμικὴ ἐνέργεια, ἐνῶ ἡ ἐνέργεια τοῦ πίπτοντος ὕδατος ὀνομάζεται κινητικὴ ἐνέργεια. Ἀτομικὴ ἐνέργεια εἶναι μία ἰδιαιτέρα μορφή ἐνεργείας ἐγκλειομένης εἰς τὸν πυρῆνα τῶν ἀτόμων.

Τὰ ἅτομα τῆς Χημείας, ὡς γνωστόν, τέμνονται ἀκόμη εἰς ἄλλα μικρότερα μέρη, ὅπως εἶναι τὰ ἠλεκτρόνια καὶ οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων. Τοῦτο βέβαια, δὲν ἀντιστρατεύεται πρὸς τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν τῶν Λευκίππου-Δημοκρίτου, διότι αὐτοὶ λέγοντες ἅτομα ἐννοοῦσαν τὰ μὴ περαιτέρω τεμνόμενα μέρη τῆς ὕλης καὶ ὄχι τὰ συνήθη ἅτομα τῆς Χημείας. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐνεργείας καὶ τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον παράγεται ἐκ τῆς καταναλώσεως αὐτῆς, ἔχομεν διαφόρους μονάδας, αἱ ὁποῖαι εἶναι αἱ αὐταὶ καὶ διὰ τὸ ἔργον καὶ διὰ τὴν ἐνέργειαν, διότι ἡ ἐνέργεια μετρεῖται μετὰ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παραχθῆ ἐξ αὐτῆς. Τοιαῦται μονάδες εἶναι π. χ. τὸ ἔργιον, τὸ Watt, τὸ ὠριαῖον κιλοβάττ, τὸ χιλιογραμμόμετρον, ἡ θερμὴς, τὸ ἠλεκτρονικὸν βόλτ, (eV) καὶ τὸ ἐν ἑκατομμύριον ἠλεκτρονικὰ βόλτ (MeV).

Δὲν θ' ἀναπτύξωμεν ἰδιαιτέρως τὴν σημασίαν τῶν μονάδων τούτων. Θ' ἀναφέρωμεν ὅμως μερικὰ παραδείγματα ἀπλᾶ διὰ τὴν κατανόησιν μερικῶν ἐκ τούτων. Ἡ μονὰς χιλιογραμμόμετρον παριστᾷ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται ὅταν ἐν χιλιογράμμῳ μάζῃς ἐνὸς σώματος ὑψωθῆ κατὰ ἓν μέτρον ἀπὸ τῆς θέσεώς του. Ἡ μονὰς ὠριαῖον Κιλοβάττ παριστᾷ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται διὰ τοῦ ἠλεκτ. ρεύματος, ὅταν μία συνήθης ἠλεκτρικὴ λάμπα δωματίου τῶν 50 Watt φωτίσῃ ἐπὶ 20 ὥρας συνεχῶς ἢ ἓνας βραστήρ ἠλεκτρικὸς τῶν 500 Watt θερμάνῃ ὕδωρ ἐπὶ δύο ὥρας συνεχῶς.

Ἡ ἐνεργειακὴ οἰκονομία διὰ μέσου τῶν αἰώνων.

Ἐὰν ἀφήσωμεν κατὰ μέρος τὰ πνευματικὰ ἔργα, τὰ ὁποῖα εἰς τοὺς καιροὺς ποῦ διερχόμεθα εἶναι τὰ εὐθηνότερα πράγματα καὶ τὰ ὁποῖα ὅμως δὲν ἀποτελοῦν ἔργα ὑπὸ φυσικὴν ἔννοιαν, ἡ ὅλη δραστηριότης τοῦ ἀνθρώπου καταναλίσκεται εἰς τὴν παραγωγὴν ἔργων

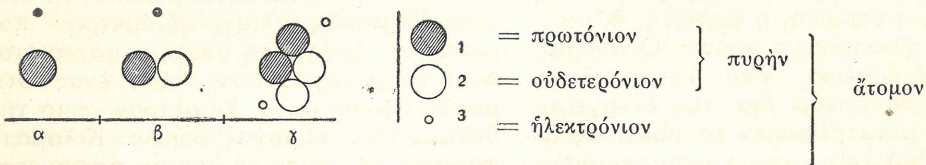
διὰ τῆς καταβολῆς ὑπ' αὐτοῦ ἐνεργείας.

Ὁ πρωτόγονος ἄνθρωπος ἐξετέλει ἔργον χρησιμοποιοῦν τὴν μυϊκὴν του δύναμιν καὶ μόνον. Σὺν τῷ χρόνῳ ὅμως ἐχρησιμοποίησε τὴν δύναμιν τοῦ ἀνέμου, τὴν κίνησιν ρέοντος ἢ πίπτοντος ὕδατος κατόπιν τὴν θερμότητα ἐκ τῶν ξύλων καὶ γαιανθράκων καὶ τέλος τὸ πετρέλαιον. Ὅλα ὅμως αἱ δι' ἄτμου καὶ πετρελαίου μηχαναὶ μᾶς δίδουν ἔργον μόνον 30-35% περίπου ἐκείνου το ὁποῖον ἐγκλείουν. Τὸ ὑπόλοιπον διαφεύγει. Αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ αἱ λειτουργοῦσαι μὲ ἄνθρακα ἢ πετρέλαιον μᾶς δίδουν ἐπίσης τὸ αὐτὸ ποσοστὸν, εἶναι ὅμως προτιμότεραι τῶν ἄλλων διὰ διαφοροὺς λόγους. Ὅλα ὅμως τὰ ἔργα τὰ ὁποῖα ἐπιτελεῖ ὁ ἄνθρωπος διὰ τῶν ἀνωτέρω πηγῶν ἐνεργείας δηλ. τοῦ ὕδατος, τοῦ ἀνέμου, τοῦ ἄνθρακος, τοῦ πετρελαίου κλπ. ὀφείλονται εἰς τὴν ἐκ τοῦ ἡλίου ἐπὶ τῆς γῆς ἀποθηκευμένην ἐνέργειαν.

Τὴν ἐνέργειαν αὐτὴν τὴν στέλλει ὁ ἥλιος καθημερινῶς εἰς τὴν γῆν. Ὑπολογίζεται, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τῆς γῆς δέχεται καθημερινῶς ἀπὸ τὸν ἥλιον ἐνέργειαν ἑνὸς τρισεκατομμυρίου (1.000.000.000.000) ὠριαίων Κιλοβάτ, ἐν ᾧ τὸ σύνολον τῆς

Ἡ δομὴ τῆς ὕλης.

Ἀπὸ τοῦ 1900 περίπου, ἡ Φυσικὴ κατάρθωσε νὰ διαιρέσῃ καὶ τὰ ἄτομα τῆς Χημείας εἰς μικρότερα μέρη. Μέχρι τῆς στιγμῆς πιστεύεται ὅτι τὰ ἀδιαίρετα τεμάχια τῆς ὕλης εἶναι τὰ θεμελιώδη συστατικά ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ ἄτομον. Ταῦτα εἶναι τὸ πρωτόνιον, τὸ οὐδετερόνιον καὶ τὸ ἠλεκτρόνιον. Τὸ ἀπλούστερον τῶν στοιχείων κατὰ τὴν δομὴν εἶναι τὸ ὕδρογόνον. Τὸ ἄτομον τούτου ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ ἕν πρωτόνιον καὶ ἕν ἠλεκτρόνιον (τὸ ἐλαφρὸν λεγόμενον ὕδρογόνον). Τὰ ἄτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἀποτελοῦνται ἀπὸ μεγαλύτερον ἀριθμὸν πρωτονίων, οὐδετερονίων καὶ ἠλεκτρονίων. Ἐκαστον ἄτομον στοιχείου τινὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη. Ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὸ περίβλημα. Ὁ πυρὴν ὄλων τῶν ἀτόμων τῶν στοιχείων (πλὴν τοῦ ἐλαφροῦ ὕδρογόνου) ἀποτελεῖται ἀπὸ πρωτόνια καὶ οὐδετερόνια, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς διαφέρει ἀναλόγως τοῦ στοιχείου. Τὸ περίβλημα τοῦ ἀτόμου, τὸ ἀποτελοῦν τὰ ἠλεκτρόνια αὐτοῦ, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πυρῆνος (Σχ. 1ον). Διὰ τῶν χημικῶν συμ-



Σχ. 1ον α=σχῆμα τοῦ ἀτόμου τοῦ συνήθους (ἐλαφροῦ) ὕδρογόνου. β=σχῆμα τοῦ ἀτόμου τοῦ βαρέος ὕδρογόνου. γ=σχῆμα τοῦ ἀτόμου τοῦ συνήθους ἀτόμου ἡλίου. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὰ ἠλεκτρόνια εὐρίσκονται πολὺ μακρότερα τοῦ πυρῆνος.

ὑπὸ τοῦ ἡλίου ἀκτινοβολουμένης ἐνεργείας ἀνέρχεται ἡμερησίως εἰς $10 \cdot 10^{24}$ ὠριαῖα Κιλοβάττ. Γενᾶται ὅμως τὸ ἐρώτημα, πῶς εὐρίσκει τόσην πολλὴν ἐνέργειαν ὁ ἥλιος καὶ πῶς αὕτη δὲν ἐξαντλεῖται; Ἡ ἀπάντησις ἐπὶ τοῦ ἐρωτήματος τούτου εἶναι, ὅτι ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν ἀκτινοβολεῖ ὁ ἥλιος εἶναι ἀτομικὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποῖα δὲν ἐξαντλεῖται τόσον εὐκόλα!

βόλων καὶ καταλλήλων παρὰ τούτους ἀριθμῶν, καθορίζομεν πλήρως τὸ ἄτομον ἑνὸς στοιχείου. Πρὸς τοῦτο γράφομεν ἀριστερὰ καὶ κάτω τοῦ συμβόλου ἕνα ἀριθμὸν καὶ ἀριστερὰ καὶ ἄνω ἄλλον ἀριθμὸν. Ὁ πρῶτος ἀριθμὸς (ἀριστερὰ κάτω) σημαίνει τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ στοιχείου, ἐν ᾧ ὁ δεύτερος (ἀριστερὰ ἄνω) τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων καὶ τῶν πρωτονίων τοῦ ἀτόμου. Π.χ. ${}_{12}^{24}\text{C}$. Τοῦτο δηλοῖ, ὅτι τὸ ἄτομον τοῦ ἄνθρα-

κος έχει άτομικόν βάρος 12, έχει 6 πρωτόνια και 6 ηλεκτρόνια, Διά να εύρωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν οὐδετερονίων ἀφαιροῦμεν τὸν ἀριθμὸν ποὺ δηλοῖ τὰ ηλεκτρόνια ἢ πρωτόνια ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν ποὺ δηλοῖ τὸ ἀτομικὸν βάρος. Ἐδῶ τὸ ἄτομον τοῦ ἀνθρακος ἔχει $12-6=6$ οὐδετερόνια. Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου τὸ παριστῶμεν ${}_{238}^{92}\text{U}$. Τοῦτο ἔχει ἀτομικὸν βάρος 238, πρωτόνια 92, ηλεκτρόνια 92 καὶ οὐδετερόνια $238-92=146$. Ὁ ἀριθμὸς ποὺ ἐκφράζει τὸ ἀτομικὸν βάρος τῶν στοιχείων εἶναι συμβατικός. Διὰ τὸ οὐράνιον π.χ. ὁ ἀριθμὸς 238 σημαίνει, ὅτι ἡ μάζα ἐνὸς ἀτόμου οὐρανίου εἶναι μεγαλύτερα τοῦ 1)16 τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου κατὰ 238 φορές.

Ἡ πραγματικὴ ὁμως μάζα τοῦ $\frac{1}{16}$ τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου εἶναι $1,66 \cdot 10^{-24}$ γραμμάρια. Ἡ μάζα ἐνὸς πρωτονίου εἶναι $1,0076$ (τοῦ $\frac{1}{16}$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου), ἐνὸς οὐδετερονίου εἶναι $1,0090$, ἐν $\tilde{\phi}$ ἡ μάζα ἐνὸς ηλεκτρονίου εἶναι 1837 φορές μικροτέρα τῆς μάζης τοῦ $\frac{1}{16}$ τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου.

Τὸ πρωτόνιον διαφέρει τοῦ οὐδετερονίου, ὅτι τοῦτο ἔχει ηλεκτρικὸν φορτίον ἴσον πρὸς μίαν θετικὴν ηλεκτρικὴν μονάδα, ἐν $\tilde{\phi}$ τὸ οὐδετερόνιον δὲν ἔχει ηλεκτρισμόν. Τὸ ηλεκτρόνιον ἔχει ηλεκτρικὸν φορτίον ἴσον πρὸς μίαν ἀρνητικὴν ηλεκτρικὴν μονάδα φορτίσεως. Μία μονάδα ηλεκτρικῆς φορτίσεως θετικῆ ἢ

ἀρνητικῆ ἴσονται μὲ $1,602 \cdot 10^{-19}$ Coulomb. Ἐκτὸς τοῦ ηλεκτρονίου ὑπάρχει καὶ τὸ ποζιτρόνιον, ἔχον τὴν ἴδιαν μάζαν μὲ τὸ ηλεκτρόνιον καὶ μίαν μονάδα ηλεκτρικῆς φορτίσεως θετικῆν, τὸ ποζιτρόνιον ὁμως δὲν ἀποτελεῖ θεμελιώδες συστατικὸν τοῦ ἀτόμου, ὅπως εἶναι τὸ πρωτόνιον, τὸ οὐδετερόνιον καὶ τὸ ηλεκτρόνιον, διότι εἶναι μέρος τοῦ ἀτόμου ἔχον μικρὸν χρόνον ζωῆς, δημιουργούμενον καὶ καταστρεφόμενον κατὰ τὰς μεταβολὰς ποὺ ὑφίσταται τὸ ἄτομον στοιχείου τινός. Τοιαῦτα περίπου συστατικὰ εἶναι ἀκόμη τὸ μεσόνιον ἢ μέσον, τὸ οὐδετερονίδιον καὶ τὸ ἀντουδετερονίδιον.

Ἡ διάστασις ἐκάστου θεμελιώδους συστατικοῦ τοῦ ἀτόμου, ἢ διάμετρος δηλαδή, ἐὰν θεωρήσωμεν τὰ συστατικὰ

ταῦτα σφαιρικά, εἶναι 10^{-13} ἑκατοστ. μέτρ.

Τὰ πρωτόνια καὶ τὰ οὐδετερόνια ἀποτελοῦν τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου, τοῦ ὁποίου πυρῆνος ἢ διάμετρος εἶναι περίπου 10^{-12} — 10^{-13} ἑκατοστ. μέτρ. Ἡ διάμετρος

ἄλλοι τοῦ ἀτόμου εἶναι 10^{-8} ἑκατοστ. μέτ. ἤτοι περίπου ἑκατὸν χιλιάδας φορές μεγαλύτερα τῆς διαμέτρου τοῦ πυρῆνος. Ἀπὸ σύγκρισιν τῶν ἀνωτέρω ἀριθμῶν βλέπομεν, ὅτι τὸ ἄτομον εἶναι σχεδὸν

κενόν, ἀφοῦ ὁ πυρῆν καταλαμβάνει τόσον μικρὸν χῶρον. Ἐὰν συγκεντρώσωμεν εἰς χῶρον ἐνὸς κυβικοῦ ἑκατοστοῦ ὅλο πυρῆνας ἀτόμων, τότε τὸ βάρος τοῦ κυβικοῦ αὐτοῦ ἑκατοστοῦ ἐκ πυρῆνων θὰ ἴσεται μὲ τὸ βάρος κύβου ἐκ σιδήρου ἔχοντος ἀκμὴν 250 μέτρα, ἤτοι $250^3 \cdot 7.6$ (7,6 εἰδ. βάρος σιδήρου) = 120 ἑκατομμύρια τόνοι περίπου. Οἱ ἀριθμοὶ τοῦ ὁποίου σημειοῦμεν ἀριστέρα τοῦ συμβόλου τῶν στοιχείων, ἐκτός τοῦ ἀτομικοῦ βάρους, τοῦ ἀριθμοῦ πρωτονίων, ηλεκτρονίων καὶ οὐδετερονίων, μᾶς δηλοῦν καὶ τὰ ηλεκτρικὰ φορτία ποὺ ἔχει ἐν ἄτομον. Διὰ τὸ οὐράνιον π.χ. ${}_{238}^{92}\text{U}$ οἱ ἀριθμοὶ δηλοῦν ἐν συνόλῳ, ἀτομ. βάρος = 238, πρωτόνια 92, ηλεκτρόνια 92, οὐδετερόνια $138-92=146$, 92 ηλεκτρικὰς θετικὰς μονάδας φορτίσεως καὶ 92 ἀρνητικὰς ηλεκτρικὰς μονάδας φορτίσεως. Ἐπειδὴ δέ, ὑπάρχει ὁ αὐτὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν μονάδων φορτίσεως τὸ ἄτομον εὐρίσκεται ἀπὸ ἀπόψεως ηλεκτρικῆς ἐν οὐδετέρῳ καταστάσει.

Τὰ ἰσότοπα στοιχεῖα.

Ὅπως εἶναι γνωστὸν τὰ στοιχεῖα ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται τὸ Σύμπαν εἶναι 92. Τοῦτο ὁμως δὲν εἶναι ἀπόλυτον, ἐὰν ληφθῆ ὑπ' ὄψει ὅτι ὁ ἄνθρωπος κατεσκεύασε μέχρι τῆς στιγμῆς ἄλλα 4 ἀκόμη καὶ δὲν γνωρίζομεν πόσα δημιουργοῦνται καὶ καταστρέφονται κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν νόμων ὑπὸ τῶν ὁποίων διέπεται ἡ λειτουργία τοῦ Σύμπαντος. Ὅπως δὴποτε ὁμως τὰ 92 αὐτὰ

στοιχεία τὰ ἔχομεν κατατάξει εἰς ἓνα πίνακα ἀναλόγως διαφόρων ἰδιοτήτων τῶν στοιχείων ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται, περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων. Εἰς τὸν πίνακα τοῦτον ἔκαστον τῶν 92 φυσικῶν στοιχείων ἔχει τὴν θέσιν του καὶ τὸν αὐξοῦντα ἀριθμὸν του ὁ ὁποῖος ἀντιπροσωπεύει τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων ἢ πρωτονίων τοῦ στοιχείου. Τὸ ὑδρογόνον κατέχει τὴν πρώτην θέσιν εἰς τὸν πίνακα τοῦτον, τὸ ἥλιον τὴν δευτέραν καὶ τὸ οὐράνιον τὴν τελευταίαν, τὴν ἐννενηκοστὴν δευτέραν. Πρὸ 30 ἐτῶν περὶπου ἀνεκαλύφθη, ὅτι τὰ περισσότερα στοιχεῖα δὲν εἶναι ἀπλᾶ ὅπως ἐνομιζέτο ἀλλὰ σύνθετα. Τὸ σύνθηες ὑδρογόνον π.χ. εὐρέθη ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία εἶδη ὑδρογόνου. Τὸ πρῶτον εἶδος ἔχει ἄτομα μὲ ἓν πρωτόνιον καὶ ἓν ἠλεκτρόνιον (ἐλαφρόν). Τὸ δεύτερον εἶδος ὑδρογόνου ἔχει ἄτομα ἀπὸ ἓν πρωτόνιον, ἓν οὐδετερόνιον καὶ ἓν ἠλεκτρόνιον (δευτέρον ἢ βαρὺ ὑδρογόνον). Τὸ τρίτον εἶδος ἔχει ἄτομα ἀποτελούμενα ἀπὸ ἓν πρωτόνιον δύο οὐδετερόνια καὶ ἓν ἠλεκτρόνιον (ὑπερβαρὺ ὑδρογόνον ἢ τρίτιον). (Ἐκ τῶν τριῶν τούτων ὑδρογόνων λέγεται ὅτι θὰ κατασκευασθῆ ἢ βόμβα ὑδρογόνου). Εἰς τὸ ὑδρογόνον λοιπὸν τοῦ ὕδατος π.χ. ὑπάρχουν τρία εἶδη ὑδρογόνου, διαφορετικὰ μεταξύ των. Ἡ ποσοτικὴ ἀναλογία τῆς περιεκτικότητος τῶν ὑδρογόνων αὐτῶν εἰς ὅ,τι ποσότητα ὑδρογόνου θεωροῦμεν χημικῶς, εἶναι κατὰ σειράν 100.000 : 5.000 : 1. Ἐάν δὴλαδὴ ἔχομεν ὕδωρ περιέχον ὑδρογόνον 105001 γραμμάρια, ἐκ τούτων 100.000 γραμ. εἶναι ἐλαφρὸν ὑδρογόνον, 5.000 γραμ. εἶναι βαρὺ ὑδρογόνον καὶ 1 γραμμάριον εἶναι ὑπερβαρὺ ὑδρογόνον ἢ τρίτιον. Τὸ βαρὺ ὑδρογόνον καὶ τὸ τρίτιον δὲν τὰ ἔχομεν τοποθετήσῃ εἰς ἰδιαιτέραν θέσιν εἰς τὸν πίνακα τοῦ περιοδικοῦ συστήματος τῶν στοιχείων. Τὰ ἔχομεν ἀφήσῃ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον, εἰς τὴν πρώτην θέσιν τοῦ πίνακος, ὅπου ἔχομεν τὸ ἐλαφρὸν ὑδρογόνον.

Ἐπειδὴ λοιπὸν ταῦτα κατέχουν τὸν αὐτὸν τόπον εἰς τὸν πίνακα ὀνομάζονται ἰσότοπα. Διὰ τὸ ὑδρογόνον ἔχομεν δύο ἰσότοπα, ἓν ᾧ διὰ τὰ πλεῖστα τῶν

ἄλλων στοιχείων ἔχομεν περισσότερα. Τὸ αἷτιον τῆς δημιουργίας τῶν ἰσοτόπων στοιχείων εἶναι ἄγνωστον μέχρι τῆς στιγμῆς καὶ ἀποτελεῖ ἓν ἀπὸ τὰ πολλὰ μυστικὰ τῆς φύσεως. Εἰς τὸ οὐράνιον ἔχομεν ἀρκετὰ ἰσότοπα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν μᾶς ἐνδιαφέρει ἓν προκειμένῳ περισσότερον. Τοῦτο εἶναι τὸ οὐράνιον ${}_{235}^{92}\text{U}$. Ὅπως γίνεται καταληπτὸν τὰ ἰσότοπα διαφέρουν κατὰ τὸν ἀριθμὸν τοῦ ἀτομικοῦ βάρους καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν οὐδετερονίων. Τὸ οὐράνιον ${}_{238}^{92}\text{U}$ διαφέρει τοῦ ἰσοτόπου τοῦ ${}_{235}^{92}\text{U}$ κατὰ τὸ ἀτομικὸν βᾶρος καὶ κατὰ τρία οὐδετερόνια. Ἡ διαφορὰ ὅμως αὐτῆ καθιστᾷ τὸ δεύτερον κατάλληλον διὰ τὴν ἀτομικὴν βόμβαν, ἓν ᾧ τὸ πρῶτον εἶναι κατάλληλον διὰ νὰ λαμβάνεται τὸ δεύτερον.

Ἐκτετατικὸς μετασχηματισμὸς τῶν στοιχείων.

Ἀπὸ τοὺς πρώτους αἰῶνας μ. Χ. οἱ ἀλχημιστὰι προσπαθοῦσαν νὰ εὕρουν τρόπον διὰ τοῦ ὁποίου θὰ μετεσχηματίζον εὐτελεῖ μέταλλα εἰς πολὺτιμα, ὅπως εἶναι ὁ χρυσός. Αἱ ἐργασίαι τῶν συνέβαλον πολὺ εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Χημείας, ἀλλὰ τὸ ὄνειρόν των ἐπρόκειτο νὰ πραγματοποιηθῆ μόνον εἰς τὸν αἰῶνα τοῦ διανύομεν. Κατὰ τὸ 1919 ὁ Ἄγγλος φυσικὸς Rutherford (Ράδεφορ) κατάρθωσε διὰ πυρήνιον τοῦ στοιχείου ἥλιον νὰ μετασχηματίσῃ τὸ ἄζωτον εἰς ἰσότοπον τοῦ ὄξυγόνου. Παρατήρησεν ὅμως ὅτι κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τοῦτον ἐλευθεροῦται καὶ ποσὸν τι ἐνεργείας τὸ ὁποῖον ἀκτινοβολεῖται. Ἡ ἐξίσωσις τοῦ μετασχηματισμοῦ τούτου εἶναι ἡ ἑξῆς: ${}_{14}^7\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H} +$ ἀτομικὴ ἐνέργεια.

Ἐκτετατικὸς ἐπετεύχθη καὶ ἡ πραγματοποίησις τοῦ ὁνείρου τῶν ἀλχημιστῶν διὰ τῆς μετατροπῆς τοῦ ὑδραργύρου εἰς χρυσόν. Ἡ μετατροπὴ ὅμως αὕτη χρειάζεται μεγαλυτέραν δαπάνην ἀπὸ τὴν ἀξίαν τοῦ λαμβανομένου χρυσοῦ καὶ συνεπῶς εἶναι οἰκονομικῶς ἀσύμφορος.

Ἡ ῥαδιενέργεια.

Ἐκτετατικὸς μετασχηματισμὸς τῶν στοιχείων τὸν ὁποῖον ὁ ἄνθρωπος μετὰ κόπου ἐπιτυγχάνει, γίνεται εἰς ὠρισμένα στοιχεῖα

μόνος του. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ὀνομάζονται ραδιενεργὰ στοιχεῖα. Τοιαῦτα εἶναι τὸ ράδιον, τὸ θόριον, τὸ οὐράνιον κλπ. Ὁ μετασχηματισμὸς τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων δὲν εἶναι ἄλλο τι, παρά φυσικὸς (αὐτόματος) μετασχηματισμὸς τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων αὐτῶν. Τοιοῦτος μετασχηματισμὸς προκαλεῖται, διότι ὁ σύνδεσμος τῶν πρωτονίων καὶ οὐδετερονίων εἰς τὸν πυρήνα τοῦ ἀτόμου δὲν εἶναι ἰσχυρὸς, ἀλλὰ εἶναι ἀσταθής. Εἰς τὴν τεχνητὴν παραγωγὴν ἀσταθῶν πυρήνων (τεχνητὸν μετασχηματισμὸν τῶν στοιχείων) ἡ διαδικασία τοῦ μετασχηματισμοῦ συνίσταται εἰς μεταβολὴν ἑνὸς πρωτονίου εἰς οὐδετερόνιον ἢ ἑνὸς οὐδετερονίου εἰς πρωτόνιον. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ἀκτινοβολεῖται ἕν ποζιτρόνιον, ἕν $\bar{\nu}$ εἰς τὴν δευτέραν ἕν ἠλεκτρόνιον. Τὸ ποζιτρόνιον φέρει μαζί του τὴν θετικὴν ἠλεκτρικὴν μονάδα φορτίσεως καὶ συνεπῶς τὴν χάνει τὸ πρωτόνιον, μεταβαλλόμενον εἰς οὐδετερόνιον. Τούναντίον τὸ ἠλεκτρόνιον φέρει μαζί του τὴν ἀρνητικὴν ἠλεκτρικὴν μονάδα φορτίσεως καὶ τὸ οὐδετερόνιον ἀκτινοβολοῦν τὴν μονάδα αὐτὴν, μεταπίπτει ἀπὸ οὐδετερόνιον εἰς πρωτόνιον. Πῶς τοῦτο γίνεται, εἶναι ἄγνωστον. Ἐάν ἔχωμεν πρὸς μετασχηματισμὸν τὸ στοιχεῖον τὸ ἔχον ἀριθμὸν σειρᾶς εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα π. χ. 30, καὶ ἀπὸ τὸν πυρήνα τοῦ στοιχείου οὗτου ἐκδιώξωμεν ἕν ποζιτρόνιον, τότε οὗτος γίνεται πυρὴν τοῦ στοιχείου 29, ἕν $\bar{\nu}$ ἐάν ἐκδιώξωμεν ἕν ἠλεκτρόνιον τότε ὁ πυρὴν τοῦ στοιχείου 30 γίνεται πυρὴν τοῦ στοιχείου 31.

Ὁ μετασχηματισμὸς τῶν πυρήνων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων χρειάζεται ὠρισμένον χρόνον διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ καὶ ὁ χρόνος οὗτος εἶναι χαρακτηριστικὸν μέγεθος ἐκάστου ραδιενεργοῦ στοιχείου. Διὰ νὰ μετατραπῇ τὸ ἥμισυ δοθείσης ποσότητος οὐράνιον $^{92}_{238}\text{U}$ εἰς ἄλλους πυρήνας ἰσοτόπων τοῦ οὐρανίου, χρειάζονται 4.500 ἑκατομ. ἔτη, ἕν $\bar{\nu}$ διὰ νὰ μετατραπῇ τὸ ἥμισυ δοθείσης ποσότητος θορίου $^{90}_{232}\text{Th}$ χρειάζονται 18.000 ἑκατομ. ἔτη. Ἐάν ληφθῇ ὑπ' ὄψει ὅτι ἡ ἡλικία τῆς γῆς ὑπολογίζεται εἰς 1800 ἑκατομ.

ἔτη, ἐξηγεῖται διατὶ ὑπάρχουν ἐπ' αὐτῇ ραδιενεργὰ στοιχεῖα, τὰ ὅποια δὲν ἔχουν ἀκόμη μετασχηματισθῆ, ἀφοῦ χρειάζονται πολὺ περισσότερον χρόνον, ἐκείνου ὅστις διέβρουσεν ἀπὸ τῆς συστάσεως τῆς γῆς.

Κατὰ τὸν τεχνητὸν μετασχηματισμὸν τῶν πυρήνων, ὁ χρόνος ποῦ ἀπαιτεῖται πρὸς τοῦτο εἶναι μέρος τοῦ δευτερολέπτου ἢ τοῦ λεπτοῦ ἢ μερικὰ λεπτά. Εἶναι λογικὸν δὲ τὸ συμπεράσασθαι, ὅτι καὶ φυσικῶς, αὐτομάτως θὰ γίνωνται τοιοῦτοι μετασχηματισμοὶ πυρήνων, (ὅπως οἱ τεχνητοί), οἱ ὅποιοι ὅμως μετασχηματισμοὶ δὲν ὑποπίπτουν εἰς τὴν ἀντίληψίν μας λόγῳ τοῦ μικροῦ χρόνου τὸν ὅποιον χρειάζονται διὰ τὰ γίνουσι. Τὸ πᾶν λοιπὸν εἰς τὴν φύσιν μεταβάλλεται αὐτομάτως, εἰς μικρὸν ἢ μεγάλον χρόνον καὶ εἴμεθα μάρτυρες ἑνὸς διαρκοῦς γίνεσθαι καὶ φθείρεσθαι. Καὶ ἡ τεραστία αὐτῆ μεταβολῆς, ἡ χαρακτηρίζουσα τὸ Σύμπαν γίνεται μὲ τὰ ἀπλούστερα μέσα. Μὲ τὴν μετατροπὴν πρωτονίων εἰς οὐδετερόνια, δι' ἀκτινοβολίας ποζιτρονίων ἢ μὲ τὴν μετατροπὴν οὐδετερονίων εἰς πρωτόνια, δι' ἀκτινοβολίας ἠλεκτρονίων. Ποῖος νόμος προκαλεῖ τὴν ἀένανον αὐτὴν μεταβολὴν εἰς τὸ Σύμπαν, παραμένει μυστικὸν τῆς φύσεως.

Ἡ συνεκτικὴ δύναμις τῶν πυρήνων.

Τὰ πρωτόνια καὶ τὰ οὐδετερόνια τῶν πυρήνων, τὰ ὅποια κατέχουν ἀφαντάστως μικρὸν χῶρον, συγκρατοῦνται μεταξὺ των διὰ τεραστίας δυνάμεως. Αὐτὴν τὴν συνεκτικὴν δύναμιν τῶν πυρήνων τὴν ὀνομάζομεν ἀτομικὴν ἐνέργειαν. Ἡ προσπάθεια τῶν φυσικῶν τοῦ παρελθόντος ἡμίσεος αἰῶνος, ἦτο ὁ διαχωρισμὸς τῶν πυρήνων καὶ ἡ χρησιμοποίησις τῆς ἐκ τοῦ χωρισμοῦ τοῦτου ἐλευθερουμένης ἐνεργείας. Καὶ ἂν μὲν ὁ χωρισμὸς γίνεται ἀστραπιαίως, τότε ἔχομεν ἀπέναντί μας τὴν ἀτομικὴν βόμβαν. Ἐάν τούναντίον ὁ διαχωρισμὸς γίνεται κατὰ βούλησιν, τότε ἔχομεν εἰς τὴν διάθεσίν μας τὴν ἀτομικὴν ἐνέργειαν διὰ τὰς ἀνάγκας τοῦ ἀνθρώπου.

Δὲν εἶναι ὅμως ὁ διαχωρισμὸς αὐτὸς τῶν πυρήνων, ὁ μόνος τρόπος λήψεως ἀτομικῆς ἐνεργείας. Ἀπεναντίας αὐτὸς

ὁ τρόπος εἶναι ὁ εὐτελέστερος, διότι δι' αὐτοῦ λαμβάνομεν, ἐν συγκρίσει μὲ τοὺς ἄλλους δύο ὑπάρχοντας πολὺ ὀλίγην ἀτομικὴν ἐνέργειαν. Ὁ δεύτερος τρόπος εἶναι ἡ λήψις ἀτομικῆς ἐνεργείας, ὅταν ὀλόκληροι πυρῆνες στοιχείου τινός, ἐνοῦνται πρὸς σχηματισμὸν ἄλλου στοιχείου. Τοῦτο γίνεται ὄχι μὲ ἐλευθέρωσιν τῆς δεσμευμένης ὡς συνεκτικῆς δυνάμεως τῶν συστατικῶν τοῦ πυρῆνος, ἐνεργείας, ἀλλὰ μὲ καταστροφὴν μέρους τῶν πυρῆνων. Ἡ οὕτω πῶς καταστρεφόμενη ὕλη ἀποδίδεται ὡς ἐνέργεια. Ὁ τρίτος τρόπος εἶναι ἀκόμησπουδαιότερος καὶ φαίνεται βέβαιον ὅτι κυρίως μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἐργάζεται ἡ φύσις. Κατὰ τὸν τρόπον αὐτὸν ὀλόκληρος ἡ ὕλη τῶν πυρῆνων καταστρέφεται, ἀκτινοβολουμένη εἰς ἐνέργειαν. Μέχρι τῆς στιγμῆς ὁ ἄνθρωπος ἔχει κατορθώσει νὰ λαμβάνῃ ἐνέργειαν μόνον κατὰ τὸν πρῶτον τρόπον, ἐκ τῆς διασπάσεως δηλ. τοῦ ἀτόμου. Κατωτέρω παραθέτομεν πίνακα ἐμφαίνοντα τὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν ἀποδίδουν οἱ διάφοροι τρόποι πρὸς τοῦτο, ἀναφέροντες καὶ τὴν ἐνέργειαν ποὺ λαμβάνομεν ἐκ τῆς καύσεως τοῦ ἄνθρακος.

- 1 Καύσις ἐνὸς χιλιογράμμου ἄνθρακος
→ 8 ὥριαῖα κιλοβάττ.
- 2 Διάσπασις πυρῆνων ἐνὸς χιλιογράμμου οὐσίας τινός → 25 ἑκατομ. ὥριαῖα Κιλοβάττ.
- 3 Μετασχηματισμὸς ἐνὸς χιλιογράμμου οὐσίας τινός, εἰς ἄλλους πυρῆνας ἄλλης οὐσίας → 200 ἑκατομ. ὥριαῖα Κιλοβάττ.
- 4 Μετατροπὴ τῆς ὕλης ἐνὸς χιλιογράμμου οὐσίας τινός εἰς ἀκτινοβολουμένην ἐνέργειαν → 25.000 ἑκατομ. ὥριαῖα Κιλοβάττ.

Ὁ ἄνθρωπος μέχρι τῆς στιγμῆς πλήν τῆς ὑπ. ἀριθ. 1 μεθόδου λήψεως ἐνεργείας ἐκ τῆς ὕλης, κατώρθωσεν διὰ τῆς ὑπ' ἀριθ. 2 μεθόδου νὰ λάβῃ ἐνέργειαν διὰ τὴν βόμβαν ἀτόμου. Φαίνεται δὲ βέβαιον, ὅτι ἔχει κατορθωθῆ ἡ εὕρεσις τρόπου χρησιμοποίησεως τῆς ἐνεργείας αὐτῆς διὰ βιομηχανικούς σκοπούς, ὁ ὁποῖος ὅμως τηρεῖται μυστικός. Ὑπάρχουν ἐλπιδες ὅτι ὁ ἄνθρωπος θὰ κατορθώσῃ νὰ λάβῃ ἐνέργειαν ἐκ τῶν ὑπ' ἀριθ. 3

καὶ 4, τρόπων. Τοῦτο ὅμως φαίνεται, ὅτι δὲν θὰ ἐπιτευχθῆ πολὺ συντόμως.

Διὰ νὰ γίνῃ ἀντιληπτὴ ἡ διαφορὰ μεταξύ τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν ἐκ τῆς καύσεως ἐνὸς χιλιογράμμου ἄνθρακος (8 ὥριαῖα Κιλοβάττ) καὶ ἐκ τῆς διασπάσεως τῶν πυρῆνων ἐνὸς χιλιογράμμου οὐσίας τινός ἔστω ${}_{235}^{92}U$ ἀναφέρομεν ὅτι ἡ ἐλευθερουμένη ἐνέργεια ἐνὸς χιλιογράμμου οὐρανίου ${}_{235}^{92}U$ ἰσοῦται πρὸς ἐνέργειαν 3000 τόνων ἄνθρακος, ἡ ὁποία μετατρεπομένη εἰς ἠλεκτρικὴν, ἀρκεῖ διὰ νὰ φωτίζουσι 55.000 λάμπες τῶν 50 Watt ἑκάστη ἐπὶ 365 ἡμερονύκτια.

Καὶ ἐνῶ τὸ χιλιόγραμμον οὐρανίου ἡμπορεῖ νὰ τὸ μεταφέρωμεν εἰς τὴν τσέπην μας, διὰ τοὺς 3.000 τόνους ἄνθρακος χρειαζόμεθα 150 ὀχήματα σιδηροδρομικὰ τῶν 20 τόνων ἑκάστον!

Ἡ ἀτομικὴ βόμβα.

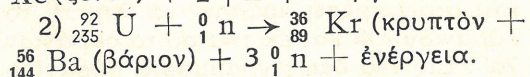
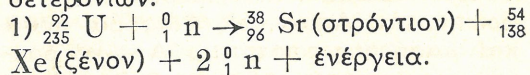
Τὴν ἐπιτυχίαν τοῦ Ἑλλοῦ φυσικοῦ Ράδεφορ τοῦ 1919 ὅτε κατορθώθη νὰ μετασχηματισθῆ τὸ ἄζωτον εἰς ἰσότοπον τοῦ ὀξυγόνου (${}_{17}^8O$) ἠκολούθησεν ἡ ἐπιτυχία τοῦ Ἰταλοῦ φυσικοῦ Φέρμι, περὶ τὸ 1932. Οὗτος παρετήρησεν, ὅτι ἐὰν πυρῆνες οὐρανίου βομβαρδισθοῦν μὲ οὐδετερόνια, σχηματίζουσι ἰσότοπα ἀσταθῆ διάφορα. Ὁ Φέρμι ἐνόμισεν ὅτι τὰ ἰσότοπα αὐτὰ εἶναι ἰσότοπα τοῦ οὐρανίου.

Πρῶτος ὁ Γερμανὸς φυσικὸς Χάν μὲ τοὺς βοηθοὺς του Στράσμαν καὶ κ. Ἐλίξαν Μάιτνερ, ἀπέδειξαν τὸ 1938, ὅτι κατὰ τὸν βομβαρδισμόν οὐδετερονίων ἐπὶ τοῦ οὐρανίου, δὲν σχηματίζονται ἰσότοπα τούτου, ἀλλὰ πράγματι, γίνεται διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου μὲ ἀπελευθέρωσιν μεγάλου ποσοῦ ἀτομικῆς ἐνεργείας. Αἱ ἐργασίαι τοῦ Χάν ἀπετέλεσαν τὴν ἀφετηρίαν τῆς ἀτομικῆς βόμβας, διὰ τὴν ὁποίαν μετὰ ζήλου εἰργάζοντο ἀμφότερα τὰ ἀντίπαλα στρατόπεδα κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τελευταίου πολέμου. Καὶ διὰ τὰς ἐργασίας αὐτὰς ὁ Χάν ἔλαβε τὸ βραβεῖον Νόμπελ τὸ 1945. Οἱ μὲν γερμανοὶ ἠκολούθησαν τὴν μέθοδον τῆς διασπάσεως τοῦ οὐρανίου διὰ βαρέος ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἐλάμβανον ἐξ ἐργοστασίου τοῦ ὁποῖον εἶχον ἰδρύσει εἰς Νορβηγίαν, ἐν

Ὡς οἱ Ἀμερικανοὶ ἠκολούθησαν ἄλλην μέθοδον. Ἐν τῷ μεταξύ, εἶχε γενικῶς διαπιστωθῆ, ὅτι διάσπασις πυρῆνος δύναται νά γίνῃ κατὰ πολλοὺς τρόπους, μεταξύ τῶν ὁποίων εἶναι: ὁ βομβαρδισμὸς τῶν πρὸς διάσπασιν πυρῆνων, μὲ οὐδετερόνια, βαρῦ ὑδρογόνον καὶ ἄκτινας διαφόρους.

Ἐκ τῶν συστατικῶν τοῦ οὐρανίου ἐκεῖνο τὸ ὅποιον εὐνοεῖ διάσπασιν τῶν πυρῆνων του, εἶναι τὸ ἀσταθὲς ἰσότοπον, οὐράνιον ${}_{235}^{92}\text{U}$. Ἐάν εἰς ἓνα πυρῆνα τοιοῦτου οὐρανίου προσπέσῃ ὄχι μὲ πολλὴν ταχύτητα, ἀλλὰ βραδέως, ἔν οὐδετερόνιον, τότε ὁ ἀσταθῆς οὗτος πυρῆν, διαταρασσόμενος συστρέφεται, περιδινούται καὶ διασπᾶται εἰς δύο ἄλλαστοιχεῖα, ἔν ᾧ συγχρόνως ἐλευθεροῦνται 3-4 οὐδετερόνια καὶ μεγάλη ἀτομικὴ ἐνέργεια. Εἰς τὸ σχῆμα (2) σημειοῦμεν ποραστατικῶς διαδοχικὰς π. χ. πέντε φάσεις τῆς διασπάσεως. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ πυρῆν τοῦ οὐρανίου 235 ἔχει σχῆμα ἐπίμηκες. Ἐάν τὸ οὐδετερόνιον

ὁποίων (εἰς ἐκάστην δηλ. διάσπασιν) ἀντιστοιχοῦν δύο νέα στοιχεῖα, ἀπελευθέρωσις ἀτομικῆς ἐνεργείας καὶ οὐδετερονίων.



Σημ. Εἰς τὸ οὐδετερόνιον παριστάμενον διὰ n, τὸ 1 παριστῆ τὴν μᾶζαν καὶ τὸ 0, μηδὲν ἠλεκτρόνια, μηδὲν ἠλεκτρ. φορτίον.

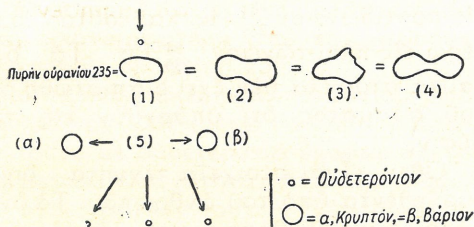
Καὶ εἰς τὰ δύο παραδείγματα, οἱ δεξιά τοῦ βέλους καὶ ἄνωθεν τῶν συμβόλων ἀριθμοὶ προστιθέμενοι μᾶς δίδουν 92, ὅσα εἶναι τὰ πρωτόνια ἢ τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ οὐρανίου ${}_{235}^{92}\text{U}$, ἔν ᾧ οἱ δεξιά τοῦ βέλους καὶ κάτω τοῦ συμβόλου ἀριθμοὶ προστιθέμενοι μᾶς δίδουν 235, τὸν ἀριθμὸν τοῦ οὐρανίου ὁ ὁποῖος δηλοῖ τὴν μᾶζαν αὐτοῦ. Εἰς τὸ α' παράδειγμα εἶναι $96+138+2=235+1$ καὶ εἰς τὸ δεύτερον $89+144+3=235+1$. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τὸ 1 μετὰ τὸ 235 δηλοῖ τὸ οὐδετερόνιον τὸ προκαλέσαν τὴν διάσπασιν καὶ εὐρισκόμενον ἀριστερὰ τοῦ βέλους.

Ἡ λειτουργία τοῦ μηχανισμοῦ τῆς Βόμβας.

Ἐκεῖνο τὸ ὅποιον εἶναι γνωστὸν, εἶναι, ὅτι τὸ οὐράνιον ὑπ' ἀριθ. 235, δεχόμενον ἑλαφρὸν βομβαρδισμὸν οὐδετερονίων διασπᾶται ἀκαριαίως, ὅπως ἡ βενζίνα, ὅταν εἰς ἔν σημείον τῆς ἀνάψῃ. Ἐπὶ τῇ βᾶσει τῆς γνώσεως αὐτῆς υποτίθεται (διότι ἐπ' αὐτοῦ τηρεῖται μυστικότης) ὅτι ἡ βόμβα θ' ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕλην 1-2 χιλιογράμμων οὐρανίου 235, εἰς κατάλληλον βέβαια θήκην, καὶ ὅτι ὠρολογιακὸς μηχανισμὸς θ' ἀποστέλλει εἰς τὴν ὕλην αὐτὴν ὠρισμένον ἀριθμὸν οὐδετερονίων, τὴν ὥραν ποῦ θέλομεν. Τὰ οὐδετερόνια δηλ. ἀποτελοῦν τὸ καψύλιον τῆς βόμβας, τὸ ὅποιον ἀνάβει καὶ προκαλεῖ τὴν ἔκρηξιν (διάσπασιν) ὅταν αὐτὰ ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ οὐράνιον 235.

Αἱ δυσκολίαι τῆς κατασκευῆς.

Τὸ οὐράνιον 235 δὲν εὐρίσκεται ἐλεύθερον εἰς τὴν φύσιν. Εἶναι ἰσότοπον τοῦ οὐρανίου 238 τὸ ὁποῖον καὶ μόνον εὐρί-



κτυπήσῃ τὸ μαθηματικῶς μέσον τοῦ πυρῆνος τὰ ἐκ τῆς διασπάσεως προερχόμενα νέα στοιχεῖα (α), (β) θά εἶναι τὰ αὐτά. Τοῦτο ὁμῶς εἶναι ἐντελῶς ἀπίθανον. Τὸ πιθανώτερον εἶναι τὸ οὐδετερόνιον νά κτυπήσῃ τὸν πυρῆνα ὀλίγον πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἢ πρὸς τὰ δεξιά τοῦ μαθηματικῶς μέσου τοῦ πυρῆνος. Ἐναλόγως τῆς θέσεως τοῦ κτυπήματος, σχηματίζονται καὶ τὰ ἐκ τῆς διασπάσεως νέα διάφορα μεταξύ των στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ὑπολογίζονται εἰς περισσότερα τῶν 100, διότι τὸ κτύπημα εἶναι δυνατόν νά δοθῇ εἰς πολλὰς διαφόρους θέσεις πρὸς τ' ἀριστερὰ τοῦ μέσου τοῦ πυρῆνος καὶ πρὸς τὰ δεξιά τοῦ μέσου τοῦ πυρῆνος. Ἀναφέρομεν δύο τοιαῦτα παραδείγματα εἰς ἐκάστον τῶν

σκεται εις την φύσιν υπό μορφήν διαφόρων όρυκτων.

Τοιαύτα όρυκτά υπάρχουν εις την Τσεχοσλοβακίαν, την 'Αμερικήν, την 'Αφρικήν, την 'Ασίαν, εις διάφορα ποσά και διαφόρους ποιότητας. Από τά όρυκτά αυτά πρέπει πρώτον νά ληφθῆ τό ούράνιον 238 και έκ τούτου τό ούράνιον 235. Εις 140 όμως γραμμάρια ούρανίου 238, μόνον 1 γραμμάριον ούρανίου 235 υπάρχει ως ίσότοπον.

'Εάν από 1 τόνον όρυκτοῦ πισουρανίου λαμβάνωμεν π.χ. 140 γραμμάρια ούρανίου 238, θά χρειάζόμεθα 1 τόνον όρυκτοῦ, δι' έν γραμμάριον ούρανίου 235 και συνεπώς 1-2 χιλ. τόνους όρυκτοῦ διά 1-2 χιλιογράμματα ούρανίου 235, όσα περίπου απαιτούνται διά μίαν βόμβαν. Καί τό κόστος τῆς ποσότητος αὐτῆς εἶναι εκατοντάδες χιλιάδες ἢ εκατομμύρια δολάρια. Τούλάχιστον τόσον θά ἦτο διά τās πρώτας δοκιμάς και τās πρώτας βόμβας.

Τό διατί χρειάζονται 1-2 χιλιογράμματα ἴσως και περισσότερα ούρανίου 235 διά μίαν βόμβαν ἦτο έν μυστικόν τῆς φύσεως, τό όποιον άπεκαλύφθη κατά τās πρώτας έργασίας διά την κατασκευήν τῆς βόμβας. 'Ελέχθη άνωτέρω ότι βομβαρδισμός έλαφρός τοῦ ούρανίου 235 εἶναι ικανός νά προκαλέσῃ την διάσπασιν, την έκρηξιν τῆς βόμβας. Τοῦτο δέν εἶναι άπολύτως όρθόν. 'Όταν άριθμός οὔδετερονίων προσπέσῃ εις την έπιφανειαν τοῦ ούρανίου 235 προκαλεῖ μέν διάσπασιν τῶν πυρήνων τοῦς όποίους προσβάλλει, όχι όμως τῶν πυρήνων τῆς ὅλης μάζης τοῦ ούρανίου. Διά νά γίνῃ τοῦτο πρέπει τά έλευθερούμενα έκ τῆς διασπάσεως οὔδετερόνια νά προσπέσουν εις άλλους πυρήνας, νά τοῦς διασπάσουν, έπειτα τά έλευθερούμενα οὔδετερόνια έκ τῆς διασπάσεως ταύτης νά προσβάλλουν άλλους πυρήνας και οὔτω καθ' έξῆς. 'Εάν υπάρχει μικρά ποσότης ούρανίου ὀλιγωτέρα τῶν 1-2 χιλιογράμμων, δέν γίνεται άστραπιαία διάσπασις άστραπιαία έκρηξις. Διεπιστώθη λοιπόν, ότι διά νά γίνῃ έκρηξις χρειάζεται ποσότης ὀρισμένων χιλιογράμμων ούρανίου 235 (άγνωστον πόση άκριβώς). Καί ἡ ποσότης αὐτή άποτελεῖ τό λεγόμενον

κριτικόν μέγεθος τοῦ ποσοῦ τοῦ ούρανίου 235 μίς βόμβας. "Ανευ τοῦ ὀρισμένου άκριβώς ποσοῦ ούρανίου 235 ἢ άκριβέστερον άκόμη, κάτω ένός ὀρισμένου ποσοῦ έκ τοῦ ούρανίου τούτου, έκρηξις δέν γίνεται. 'Ο διαχωρισμός όμως τοῦ ούρανίου 235 από τό ούράνιο 238 εἶναι πολύ δύσκολος. Πρό τῆς κατασκευῆς τῆς βόμβας εἶχε διαπιστωθῆ, ότι ὁ διαχωρισμός ίσοτόπων ένός στοιχείου ἦτο εύκολος, όταν ἡ άναλογία τῆς μάζης τούτων εις τό θεωρούμενον στοιχείον ἦτο διαφορετική τῆς μονάδος.

Τό έλαφρόν ὕδρογόνον π.χ. ἔχει μάζαν 1, ένῶ τό βαρῦ ὕδρογόνον ἔχει μάζαν 2. Συνεπώς ἡ σχέση 1:2 εἶναι σημαντικώς διάφορος τῆς μονάδος. Εις τό ούράνιον όμως, ἡ σχέσις τῶν δύο ίσοτόπων αὐτοῦ εἶναι $235:238=1:1,013$, διαφέρει δηλαδή ἡ σχέσις τῶν μαζῶν τῶν πολύ ὀλίγον από την μονάδα. 'Ολίγον πρό τῆς έκτελέσεως τῶν πρώτων πειραμάτων διά την βόμβαν παρετηρήθη ότι τό ούράνιον 238 δεχόμενον την επίδρασιν οὔδετερονίων, μετατρέπεται εις ποσειδώνιον $^{93}_{239}\text{Ne}$. και τοῦτο περαιτέρω εις πλουτώνιον $^{94}_{239}\text{Pu}$. Τά δύο ταῦτα στοιχεῖα δέν ἔχει διαπιστωθῆ διά τοῦ φάσματος, ότι υπάρχουν εις την φύσιν.

"Όθεν, εἶναι στοιχεῖα τεχνητά, δημιουργηθέντα υπό τοῦ ανθρώπου. Τά ὀνόματά τῶν έδόθησαν κατ' άναλογίαν πρός τά ὀνόματα τῶν άπωτάτων πλανητῶν τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος, τοῦ Ποσειδώνος και τοῦ Πλούτῶνος. Πλὴν τῶν στοιχείων τούτων, παρεσκευάσθησαν επίσης έν 'Αμερικῇ άκόμη δύο στοιχεῖα τεχνητά, τό 'Αμερικιον $^{95}_{240}$ και τό Κιούριον $^{96}_{240}\text{Cm}$ και συνεπώς ὁ άριθμός τῶν στοιχείων τοῦ περιοδικοῦ συστήματος ἠύξῆθη από 92 εις 96.

'Η δυνατότης κατασκευῆς τεχνητῶν στοιχείων, άνοίγει νέους ὀρίζοντας διά τά κοσμολογικά προβλήματα, εἴτε ταῦτα έξετάζονται από φυσικῆς πλευρᾶς εἴτε από καθαρῶς φιλοσοφικῆς. Κατά την προσπάθειαν πρός διαχωρισμόν τῶν ίσοτόπων τοῦ ούρανίου, τοῦ διαχωρισμοῦ δηλ. τοῦ ούρανίου 235 από τό ούράνιον 238 παρετηρήθη, ότι τό τεχνη-

τῶς ἐκ τοῦ τελευταίου τούτου παραγόμενον πλουτώνειον εἶναι δυνατόν, δεχόμενον τὴν ἐπίδρασιν οὐδετερονίων, νὰ ἐκρήγνυται. Αἱ δοκιμαί ἐγένοντο καὶ πρὸς τὰς δύο κατευθύνσεις. Τῆς παραγωγῆς Οὐρανίου 235 καὶ τῆς παραγωγῆς πλουτωνείου. Καὶ τὰ δύο αὐτὰ στοιχεία εἶναι κατάλληλα διὰ τὴν βόμβαν, λέγεται δὲ ὅτι ἐκ τῶν δύο ἀτομικῶν βομβῶν αἵτινες ἐρίφθησαν εἰς τὴν Ἰαπωνίαν, ἡ μία ἦτο ἀπὸ οὐράνιον 235, ἐν ᾧ ἡ ἄλλη ἀπὸ πλουτώνειον, καὶ ὅτι ἡ ἀκτίς δράσεως τῆς βόμβας ἐκ πλουτωνείου ἦτο μεγαλύτερα τῆς ἀκτίδος δράσεως τῆς βόμβας ἐξ οὐρανίου 235. Ποῖαι τεχνικαὶ λεπτομέρειαι καὶ διευκολύνσεις συνηγοροῦν ὑπὲρ τῆς μιᾶς ἢ τῆς ἄλλης βόμβας, παραμένει δι' ἡμᾶς ἄγνωστον. Σημειῶνομεν ὅμως, ὅτι ἀπὸ τὸ οὐράνιον 238 κατὰ μίαν μέθοδον λαμβάνεται οὐράνιον 235, 1 γραμμᾶριον εἰς τὰ 140, κατ' ἄλλην δὲ πλουτώνειον ἐκ τοῦ ὁποίου πάλιν δύνανται νὰ ληφθῆ οὐράνιον 235. Φαίνεται πιθανὸν ὅτι ἡ μέθοδος παραγωγῆς πλουτωνείου εἶναι οἰκονομικωτέρα ἀπὸ τὴν μέθοδον παραγωγῆς οὐρανίου 235.

Διὰ τὴν παρασκευὴν πλουτωνείου ἀπὸ τὸ οὐράνιον 238 πρέπει νὰ βομβαρδίσωμεν τοῦτο μὲ οὐδετερόνια ἔχοντα σχετικῶς μεγάλην ταχύτητα. Διὰ τὴν λήψιν τῶν οὐδετερονίων τούτων ἐχρησιμοποίηθησαν διάφοροι τύποι συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι ὠνομάσθησαν κυκλοτρόνια. Τὸ ποσὸν ὅμως τῶν οὐδετερονίων τὰ ὁποῖα λαμβάνονται μὲ τὴν χρῆσιν κυκλοτρονίων, εἶναι ἐπαρκές μόνον διὰ τὴν λή-

ψιν μικρῶν ποσοτήτων πλουτωνείου ἐκ τοῦ οὐρανίου 238, ἀνεπαρκῶν τελείως διὰ τὴν κατασκευὴν μιᾶς βόμβας πλουτωνείου. Μεγάλῃ ποσότητι οὐδετερονίων μὲ μεγάλην ταχύτητα κατωρθώθη νὰ ληφθῆ μὲ διάσπασιν πυρῆνων οὐρανίου 238. Τὰ οὕτω πῶς ὅμως ἐλευθερούμενα οὐδετερόνια, ἔπρεπε νὰ εἶναι τόσα, ὥστε ὁ σχηματισμὸς τοῦ πλουτωνείου νὰ γίνεται βαθμιαίως, διότι ἄλλως θὰ ἔχωμεν ἔκρηξιν τοῦ πλουτωνείου, ἔκρηξιν βόμβας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς κατασκευῆς τῆς. Τοῦτο ἐπετεύχθη, καὶ εἶναι τὸ λεπτότερον σημεῖον τῆς κατασκευῆς τῆς βόμβας πλουτωνείου, διὰ τῆς ἀτομικῆς λεγομένης στήλης. Ἡ ἀτομικὴ στήλη δὲν ὑποβοηθεῖ μόνον εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς βόμβας τοῦ πλουτωνείου. Εἶναι τὸ μέσον διὰ τοῦ ὁποίου λαμβάνομεν τὴν ἀτομικὴν ἐνέργειαν βαθμιαίως καὶ συνεπῶς τὸ μέσον διὰ τοῦ ὁποίου ἡ ἐκ τῆς διασπάσεως τῶν πυρῆνων τῶν ἀτόμων ἐλευθερουμένη ἐνέργεια θὰ τεθῆ εἰς τὴν διάθεσιν τοῦ ἀνθρώπου δι' εἰρηνικοὺς σκοποὺς. Μέχρι τῆς στιγμῆς ἔχει ἐπιτευχθῆ διάσπασις πυρῆνων τοῦ οὐρανίου. Λογικὸν ὅμως εἶναι τὸ συμπέρασμα, ὅτι σὺν τῷ χρόνῳ θὰ ἐπιτευχθῆ διάσπασις παντὸς πυρῆνος στοιχείου τινὸς καὶ ὅτι, ἔπειτα ἀπὸ δεκαετηρίδας τινὰς θὰ ἐπιτευχθῆ λήψις ἐνεργείας ἀτομικῆς ἀπὸ καταστροφῆν μέρους τῆς μάζης ἑνὸς στοιχείου. Τέλος ἡ ὀλικὴ μετατροπὴ τῆς μάζης ἑνὸς σώματος εἰς ἀτομικὴν ἐνέργειαν, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐξισώσεως τοῦ Ἀϊνστάϊν, θὰ εἶναι τὸ ὄνειρον πολὺ ἀπωτέρων γενεῶν τοῦ ἀνθρώπου.

Ε. ΣΤΑΜΑΤΗΣ

£12