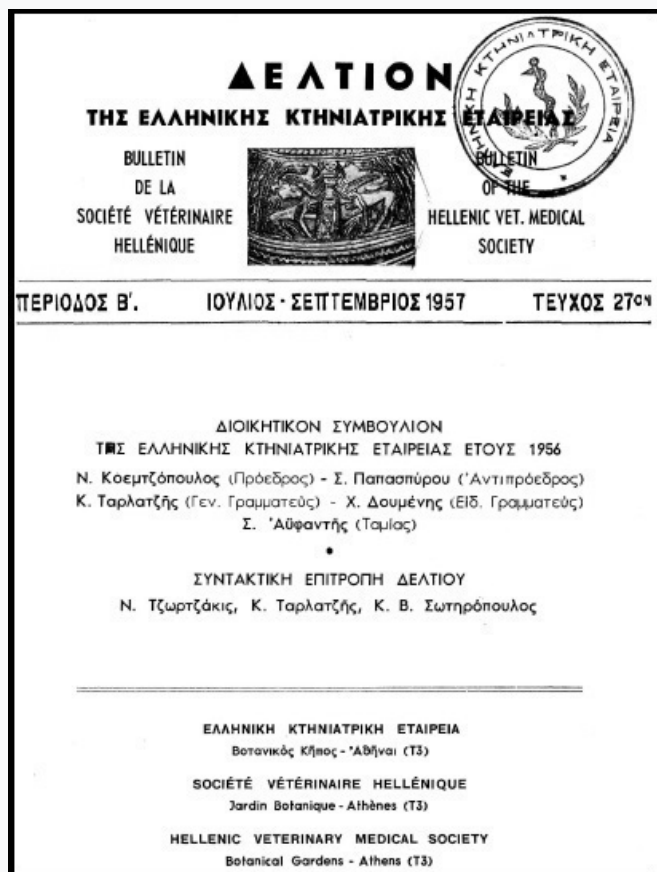


## Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 8, No 3 (1957)



### ΣΤΑΘΕΡΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΡΓΑ ΙΣΟΤΟΠΑ- Η ΧΡΗΣΙΣ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ ΕΝ ΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ & ΙΑΤΡΙΚΗ

ΝΙΚ. ΑΣΠΙΩΤΗΣ

doi: [10.12681/jhvms.17710](https://doi.org/10.12681/jhvms.17710)

Copyright © 2018, ΝΙΚ. ΑΣΠΙΩΤΗΣ



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

#### To cite this article:

ΑΣΠΙΩΤΗΣ Ν. (1957). ΣΤΑΘΕΡΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΡΓΑ ΙΣΟΤΟΠΑ- Η ΧΡΗΣΙΣ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ ΕΝ ΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ & ΙΑΤΡΙΚΗ. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 8(3), 110-127. <https://doi.org/10.12681/jhvms.17710>

# ΣΤΑΘΕΡΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΡΓΑ ΙΣΟΤΟΠΑ \*

Η ΧΡΗΣΙΣ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ  
ΕΝ ΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ & ΙΑΤΡΙΚΗ

Υ π δ

ΝΙΚ. ΑΣΠΙΩΤΗ

Καθηγητοῦ Φυσιολογίας Κτηνιατρικῆς Σχολῆς  
Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

«Nous saurons la physiologie, lorsque nous pourrons suivre pas à pas une molécule de carbone ou d'azote, faire son histoire, raconter son voyage dans le corps d'un chien, depuis son entrée jusqu' à sa sortie».

Claude Bernard

## Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ (Πρωτόνια—νετρόνια—ήλεκτρονία)

Όταν ὁ J. Dalton—μετὰ τὸν Λεύκιππον καὶ τὸν Δημόκριτον περὶ τὰ 500 π. Χ.—ἐξήνεγκε τὴν θεωρίαν τῶν ἀτόμων (1810), ἐθεωρήθη ὅτι τὸ ἄτομον ἀπετέλει τὴν μικροτέραν μονάδα τῆς ὕλης. Εἰς τοῦτο ἄλλωστε ὀφείλεται καὶ ἡ ὀνομασία τῆς λέξεως ἄτομον (α στερ.—τομή τοῦ ρήματος τέμνω).

Σήμερον, γνωρίζομεν ὅτι τὸ ἄτομον οὐχὶ μόνον ἀποτελεῖ πολυπλοκώτατον σύστημα ἐκ πρωτονίων, νετρονίων καὶ ηλεκτρονίων, ἀλλὰ καὶ ὅτι τέμνεται, διασπᾶται· τοῦτο δὲ ἀποτελεῖ καὶ τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τοῦ παρόντος αἰῶνος.

Σημειωτέον, ὅτι ἡ μέχρι τοῦδε ἐξερεύνησις τοῦ πυρῆνος τοῦ ατόμου ἐπέτρεψε τὴν γνώσιν καὶ τῶν κάτωθι πυρηνικῶν σωματιδίων ἅτινα ἐπίσης ἀποτελοῦν συστατικὰ τοῦ πυρῆνος: *Ποζιτρόνιον*\*\*, *ἡλεκτρόνιον* (ἢ σωματίδιον β), *μεσοτρόνιον* (ἢ μεσόνιον), *δευτόνιον* καὶ *σωματίδιον α* (ἢ πυρὴν ἡλίον).

Γενικῶς, τὸ ἄτομος ἐνὸς χημικοῦ στοιχείου ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς *πυρῆνος* καὶ ἐξ *ηλεκτρονίων*.

Εἰς ἓν ἄτομον τὸ μὲν βάρος του ὀφείλεται εἰς τὸν πυρῆνα, τὸ δὲ μέγεθός του εἰς τὰ ηλεκτρόνια. Οὕτως, εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χρυσοῦ ὁ πυρὴν ἀποτελεῖ τὰ 99,95 % τοῦ ὅλικοῦ βάρους, ἐνῶ οὗτος ἀποτελεῖ τὸ 1/1.000.000.000.000 τοῦ ὅλου ὄγκου τοῦ ατόμου. Τὸ μέγεθος ὀφείλεται ἰδίως εἰς τὰ περιβάλλοντα τὸν πυρῆνα ηλεκτρόνια. Ὁ πυρὴν φέρει θετικὸν ηλεκτρι-

\* Εὐχαριστῶ θερμῶς τὸν βοηθὸν τοῦ ἐργαστηρίου Φυσιολογίας τῆς Κτηνιατρικῆς Σχολῆς κ. Β. Ἐλέζογλου διὰ τὴν φιλοτέχνησιν τῶν σχεδιαγραμμάτων κλπ.

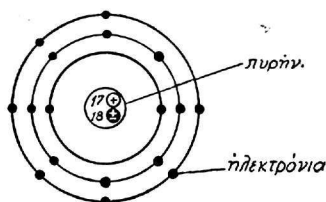
\*\* Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι θετικὸν ηλεκτρόνιον τοῦ ὁποίου τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον εἶναι ἴσον πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ηλεκτρονίου. Ἐχει ὁμως διάρκειαν ζωῆς βραχυτάτην.

κὸν φορτίον καὶ τὰ ἠλεκτρόνια ἀρνητικόν. Τὰ ἠλεκτρόνια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρήνος μέ ταχύτητα προσεγγίζουσιν τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ὁ πυρὴν περιέχει θετικῶς φορτισμένας μονάδας αἱ ὁποῖαι καλοῦνται πρωτόνια (protones—protons) καὶ ἠλεκτρικῶς οὐδετέρας μονάδας αἰτινες καλοῦνται νετρόνια ἢ οὐδετερόνια (neutrones—neutrons). Ἐπομένως ὁ πυρὴν εἶναι ἠλεκτροθετικός, ἐνῶ τὰ περιβάλλοντα αὐτὸν ἠλεκτρόνια εἶναι ἠλεκτραρνητικά. Τὸ ποσὸν τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἰσοῦται πρὸς τὸ ποσὸν τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ὥστε τὸ ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἐν τῇ συνόλῳ του. Τὸ ἠλεκτρικὸν τοῦτο φορτίον καλεῖται ἀτομικὸς ἀριθμὸς καὶ παρίσταται διὰ τοῦ  $Z$ . Ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ἄτομον ἔχει π. χ. 17 ἠλεκτρόνια, ἅτινα ὥς ἐλέχθη φέρουν ὁλόκληρον τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον (ὅπερ ἰσοῦται μὲ τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν πρωτονίων τοῦ πυρήνος), τότε ὁ ἀριθμὸς 17 εἶναι ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ ἀτόμου τούτου, ἥτοι  $Z=17$ .

\* Ἀτομον ἔχον 17 ἠλεκτρόνια, 17 πρωτόνια καὶ 18 νετρόνια.

\* Ἀτομικὸς ἀριθμὸς 17. Τὸ ἄτομον εἰ-  
ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.



Τόσον τὰ πρωτόνια, ὅσον καὶ τὰ νετρόνια εἶναι περίπου 1850 φορές βαρύτερα τῶν ἠλεκτρονίων. Διὰ τοῦτο, ἀκριβῶς, ἀπὸ ἀπόψεως μάζης, ἀπὸ ἀπόψεως βάρους, ὁ πυρὴν ἔχει ὥς ἥδη ἐλέχθη, τὴν μεγαλυτέραν σημασίαν. Τὸ ἀτομικὸν βάρος ἐνὸς στοιχείου, ἐξαρτᾶται, κυρίως ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ πυρὴν.

Κατὰ τ' ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὰ ἠλεκτρόνια ὥς αἷλα ἠλεκτρικὰ φορτία ἠλεκτραρνητικά. Εἶναι αὐτὰ ἅτινα διοχετεύονται κατ' ἀφάνταστα ἑκατομμύρια διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν καλωδίων καὶ σχηματίζουν αὐτὸ ὅπερ καλοῦμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἀντιθέτως, ὁ πυρὴν ὅστις ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια ἀποτελεῖ τὴν ὕλην. Ἐν ἄλλαις λέξεσιν, ἡ ὕλη ἀποτελεῖται σχεδὸν ἀποκλειστικῶς ἐκ πυρήνων ἀτόμων οὔτινες καὶ μόνον ἔχουν μᾶζαν καὶ βάρος. Ἡ συγκέντρωσις τῆς ὕλης εἰς τόσον μικρὸν χώρον σημαίνει ὅτι ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου ἔχει τεραστίαν πυκνότητα. Θεωρεῖται ὅτι ποσότης ἐκ τῆς ὕλης τοῦ πυρήνος εἰς ὄγκον μιᾶς σταγόνης ὕδατος θὰ ἐξύγιζε 2 τόννους.

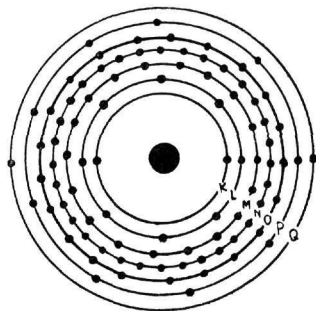
Κατὰ τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτόμου, διασπᾶται ὁ πυρὴν. Διὰ τοῦτο ὀρθώτερον εἶναι νὰ ὀμιλῶμεν οὐχὶ περὶ ἀτομικῆς ἐνεργείας καὶ διασπάσεως τοῦ ἀτόμου, ἀλλὰ περὶ πυρηνικῆς ἐνεργείας καὶ διασπάσεως τοῦ πυρήνος τῶν ἀτόμων. Ὁ πυρὴν εἶναι ἐκεῖνος ὅστις ἤρχισεν ἤδη ν' ἀποτελῇ νέαν

πηγὴν ἐνεργείας κατὰ τὸν παρόντα πυρηνικὸν (ἀτομικὸν) αἰῶνα καὶ ὁ πυρὴν εἶναι ἐκεῖνος ἐκ τοῦ ὁποῖου ἐξαγτᾶται ἡ ταχυτάτη ἀνοδος ἢ ἡ καταστροφὴ τοῦ ἀνθρώπινου πολιτισμοῦ.

Ἡς πρὸς τὴν *κανασκευὴν τοῦ ἀτόμου* σημειοῦμεν ἐπίσης καὶ τὰ ἑξῆς :

1) *Τὰ ἠλεκτρόνια διατάσσονται* εἰς ὁμοκέντρους κύκλους ἢ καὶ εἰς ἐλλείψεις πέριξ τοῦ πυρήνος. Οἱ ὁμόκεντροι οὗτοι κύκλοι καλοῦνται *στιβάδες* (φλοιοί). Ὁ ἀριθμὸς τῶν εἶναι ὠρισμένος δι' ἑκαστον στοιχεῖον. Ἀρχόμενοι ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω αἱ στιβάδες παρίστανται διὰ τῶν γραμμάτων K, L, M, N, O, P, καὶ Q, ἥτοι εἶναι 7 ἐν ὄλφ.

Ἄτομον οὐρανίου



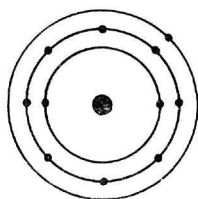
2) Ὁ ἀριθμὸς τῶν *ἠλεκτρονίων* εἰς ἑκάστην στιβάδα εἶναι ὠρισμένος. Ἡ πρώτη ἔσωτάτη στιβάς, ἔχει ἀνάγκην 2 ἠλεκτρονίων διὰ νὰ συμπληρωθῇ. Ἡ ἐπομένη στιβάς ἔχει ἀνάγκην 8. Τὰ ἠλεκτρόνια τῶν πεπληρωμένων στιβάδων εἶναι τόσον στερεῶς ἠνωμέρα μεταξύ των, ὥστε δὲν δύνανται νὰ μετακινηθοῦν ἐπαρκῶς πρὸς ἐκτέλεσιν χημικοῦ «ἄλματος» δηλαδή νὰ μετακινηθοῦν ἐξ ἐνὸς ἀτόμου εἰς ἕτερον καὶ νὰ προκαλέσουν χημικὰς ἀντιδράσεις.

3) Αἱ ἔσω στιβάδες ἐνὸς ἀτόμου *εἶναι συνήθως πλήρεις*, ἐνῶ ἡ ἔξωτάτη στιβάς—ἐξαιρέσει τῶν εὐγενῶν αερίων—δὲν εἶναι πλήρης.

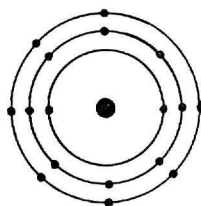
4) Αἱ *χημικαὶ ιδιότητες* τοῦ ἀτόμου ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων τῆς ἔξωτάτης στιβάδος. Ἡ ἔξωτάτη στιβάς π. χ. τοῦ νατρίου (Na) ἔχει ἓν ἠλεκτρόνιον, ἐνῶ τοῦ χλωρίου (Cl) ἔχει 7 ἠλεκτρόνια, δι' ὃ καὶ αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν δύο αὐτῶν στοιχείων εἶναι διάφοροι. Ἀντιθέτως, ἡ ἔξωτάτη στιβάς τοῦ καλίου (K) καὶ τοῦ νατρίου (Na) ἔχουν ἀνὰ ἓν μόνον ἠλεκτρόνιον (ἥτοι τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων), δι' ὃ καὶ τὰ δύο ταῦτα στοιχεῖα ἔχουν συγγενεῖς ιδιότητες. Τὸ σθένος τῶν στοιχείων δὲν εἶναι ἄλλο τι, εἰμὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων τὰ ὁποῖα τὰ διάφορα στοιχεῖα δύνανται νὰ δώσουν ἐκ τῆς ἔξωτάτης στιβάδος των ἢ νὰ προσλάβουν διὰ νὰ συμπληρώσουν τὴν ἀσυμπλήρωτον ἐξωτερικὴν των στιβάδα.

5) Τὰ ἅτομα ἐνοῦνται μεταξύ των καὶ σχηματίζουν μόρια διὰ *μετακινήσεως ἠλεκτρονίων* ἐξ ἐνὸς ἀτόμου εἰς ἕτερον ἢ διὰ διατηρήσεως ἐνὸς ζεύγους κοινῶν ἠλεκτρονίων ὑπὸ δύο ἀτόμων. Ἐφ' ὅσον ὅθεν μόνον τὰ

ἠλεκτρόνια τῆς ἐξωτάτης στιβάδος μετακινοῦνται ἢ παρουσιάζουν κενά, ἔπεται ὅτι ταῦτα εἶναι ἐκεῖνα ἅτινα κανονίζουν τὰς χημικὰς ιδιότητες τοῦ ἀτόμου.

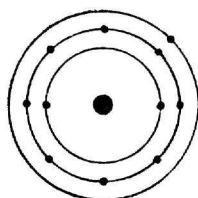


Ἄτομον νατρίου (Na)

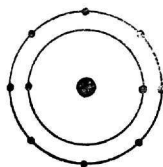
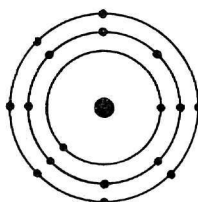


Ἄτομον χλωρίου (Cl)

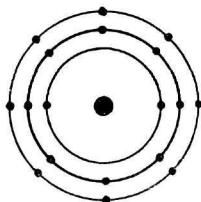
Γενικῶς, τὰ ἄτομα εἰς τὰ μέταλλα χάνουν ἠλεκτρόνια καὶ γίνονται θετικά ἰόντα καὶ εἰς τὰ ἀμέταλλα τείνουν νὰ κερδίσουν ἠλεκτρόνια καὶ νὰ σχηματίσουν ἀρνητικά ἰόντα.



Ἄτομον Na

Ἴόν Na<sup>+</sup>

Ἄτομον Cl

Ἴόν Cl<sup>-</sup>

Οὕτω π.χ. τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου (Na) ἔχει τάσιν νὰ χάσῃ ἓν ἠλεκτρόνιον καὶ νὰ μετατραπῇ εἰς ἰὸν νατρίου, ἡ ἐξωτάτη στιβάς τοῦ ὁποίου εἶναι πλήρης ἔχουσα 8 ἠλεκτρόνια. Τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου (Cl) ἀφ' ἐτέρου ἔχει τάσιν νὰ λαμβάνῃ ἓν ἠλεκτρόνιον κατὰ τὰς ἀντιδράσεις του καὶ νὰ σχηματίζῃ ἰὸν χλωρίου, ὅπερ ἐπίσης ἔχει τὴν ἐξωτάτην στιβάδα του πλήρη δι' ὀκτὼ ἠλεκτρονίων.

Ὅταν ἴσος ἀριθμὸς ἰόντων Na<sup>+</sup> καὶ Cl<sup>-</sup> ἐνοῦται πρὸς σχηματισμὸν τῆς τυπικῆς ἠλεκτρολυτικῆς οὐσίας χλωριοῦχον νάτριον (NaCl), τότε τὸ μόνον ἠλεκτρόνιον τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὴν ἐξωτάτην στιβάδα εἰς ἕκαστον

ἄτομον  $\text{Na}$ , λαμβάνεται ἀπὸ τὸ ἄτομον  $\text{Cl}$ , διὰ τὰ σχηματισθοῦν ἰόντα  $\text{Na}^+$  καὶ  $\text{Cl}^-$ . Πράγματι, εἷς κρύσταλλος  $\text{NaCl}$  θεωρεῖται ὅτι ἀποτελεῖται ἐξ ἠλεκτροθετικῶν ἰόντων  $\text{Na}^+$  καὶ ἐξ ἠλεκτραρνητικῶν ἰόντων  $\text{Cl}^-$ .

## ΙΣΟΤΟΠΑ (ISOTOPES)

(Σταθερὰ καὶ ἀκτινεργὰ)

Ὡς ἤδη ἐλέχθη, τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ τὰ πλανητικὰ ἠλεκτρόνια. Ὁ πυρὴν ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ πρωτόνια ἅτινα φέρουν τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ ἀπὸ τὰ νετρόνια ἅτινα εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον φέρουν τὰ ἠλεκτρόνια. Ἐπομένως, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι ἐκεῖνος ὅστις καθορίζει τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον καὶ ἰσοῦται πρὸς τὸ θετικόν. Τοῦτο καλεῖται ἀτομικὸς ἀριθμὸς ( $Z$ ).

Ἀφ' ἑτέρου εἰς τὸν πυρῆνα, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια εἶναι 1850 φορὰς περίπου βαρύτερα τῶν ἠλεκτρονίων, ἔπομένως ἡ ἀτομικὴ μᾶζα ἣτις εὐρίσκεται κυρίως διὰ προσθέσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων, ἐξαρτᾶται ἰδίως ἐκ τοῦ πυρῆνος.

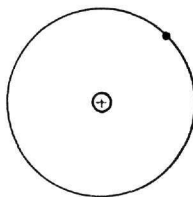
Τὰ ἰσότοπα ἐνὸς στοιχείου ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν (ἥτοι τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν τῶν ἀρνητικῶς φορτισμένων ἠλεκτρονίων καὶ ἔπομένως καὶ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν τῶν θετικῶς φορτισμένων πρωτονίων), ἀλλὰ διάφορον ἀτομικὴν μᾶζαν, ὥς ἐκ τοῦ διαφόρου ἀριθμοῦ νετρονίων τῶν πυρῶνων των.

Τὰ ἰσότοπα ἔπομένως διαφέρουν κατὰ τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων των, νετρόνια τὰ ὁποῖα ἔχουν ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ βάρους, οὐχὶ ὅμως καὶ ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τοῦ στοιχείου. Ἐπομένως, δύο ἰσότοπα ἔχουν σχεδὸν τὰς αὐτὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ιδιότητας.

## Παράδειγμα

Ἐν κανονικὸν ἄτομον ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς πυρῆνος (ὅστις φέρει ἓν πρωτόνιον) καὶ ἐξ ἐνὸς πλανητικοῦ ἠλεκτρονίου. Ἐχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1 καὶ ἀτομικὴν μᾶζαν 1. Καλεῖται καὶ πρῶτον ( $P$ ).

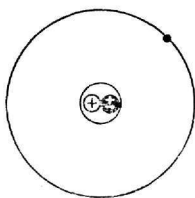
Πρῶτον ἢ  $P$  ἢ  ${}_1\text{H}^1$  ἢ  $\text{H}^1$



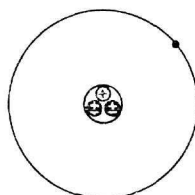
Ἐν ἰσότοπον τοῦ ὕδρογόνου καλούμενον δευτέριον ( $D$ ) ἢ βαρὺν ὕδρογονον συνίσταται ἐξ ἐνὸς πυρῆνος ἀποτελουμένου ἀπὸ ἓν πρωτόνιον καὶ ἓν νετρόνιον, καθὼς καὶ ἐξ ἐνὸς πλανητικοῦ ἠλεκτρονίου. Ἐχει ἀτομικὸν

ἀριθμὸν 1 καὶ ἀτομικὴν μᾶζαν 2 (1 πρωτόνιον+1 νετρόνιον). Ἐπομένως ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ κοινοῦ ὑδρογόνου καὶ τοῦ δευτερίου εἶναι ὅτι τὸ δευτέριον περιέχει ἓν νετρόνιον, ἐνῶ τὸ κοινὸν ὑδρογόνον δὲν ἔχει τοιοῦτον.

Ἄτερον ἰσότοπον τοῦ ὑδρογόνου καλούμενον *τρίτιον* (T) ἔχει 1 πρωτόνιον, 2 νετρόνια καὶ 1 πλανητικὸν ἠλεκτρόνιον. Ἐχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1 καὶ ἀτομικὴν μᾶζαν 3.



Δευτέριον ἢ D ἢ  ${}_1\text{H}^2$  ἢ  $\text{H}^2$



Τρίτιον ἢ T ἢ  ${}_1\text{H}^3$  ἢ  $\text{H}^3$

Γράφοντες τὰ ἰσότοπα σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν ἀτομικὴν τῶν μᾶζαν (ἀτομικὸν βάρος). Ἦτοι, τὸ δευτέριον γράφεται καὶ  ${}_1\text{H}^2$  δηλ. εἶναι ὑδρογόνον ἔχον ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1 καὶ ἀτομικὴν μᾶζαν 2. Ὑδωρ ἀποτελούμενον ἐκ τοιοῦτου ὑδρογόνου καλεῖται βαρὺ ὕδωρ (heavy water—eau lourde) καὶ γράφεται  $\text{D}_2\text{O}$  ἢ  $\text{H}_2^2\text{O}$  ἢ  ${}_1\text{H}_2^2\text{O}$ .

## ΕΙΔΗ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Ὑπάρχουν δύο εἴδη ἰσοτόπων. Τὰ σταθερά ἰσότοπα καὶ τὰ ἀκτινεργά ἰσότοπα (ραδιοϊσότοπα, ραδιενεργά ἰσότοπα).

**Σταθερά ἰσότοπα.** Ταῦτα ἀπαντῶνται ἐν τῇ φύσει. Ἀνιχνεύονται δι' εἰδικοῦ ὄργάνου τὸ ὁποῖον καλεῖται φασματογράφος μαζῶν (mass spectrometer). Π.χ. τὸ φυσικὸν ὕδωρ εἶναι μίγμα  $\text{H}_2\text{O}$  καὶ  $\text{D}_2\text{O}$ .

**Ἀκτινεργά ἰσότοπα.** Ταῦτα λέγονται ἀκτινεργά ἢ ραδιενεργά διότι ἔχουν ὀρισμένας ιδιότητες τοῦ ραδίου.

Πράγματι οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τοῦ ραδίου εἶναι ἀσταθεῖς καὶ συνεχῶς διασπῶνται εἰς :

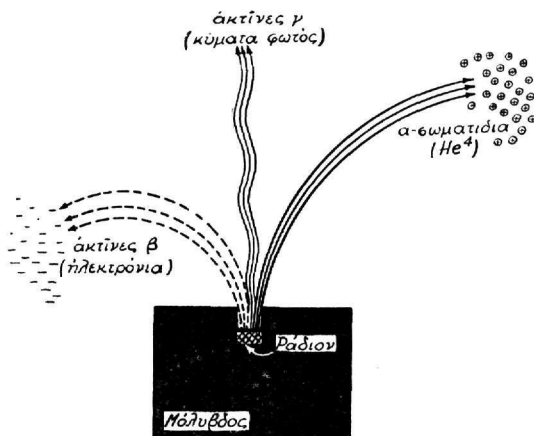
α) α - σωματίδια (πυρῆνες ἡλίου). Ταῦτα εἶναι ὡς οἱ πυρῆνες τοῦ ἡλίου, ἦτοι πυρῆνες ἔχοντες 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια δηλαδὴ ἀτομικὴν μᾶζαν 4. Δύνανται νὰ παρασταθοῦν σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



ἢ  $\text{He}^4$

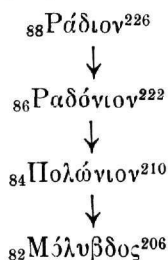
- β) Ἀκτῖνες β αἵτινες εἶναι ἀρνητικὰ ἠλεκτρόνια (πλανητοῦς ἠλεκτρόνια καὶ γ) Ἀκτῖνες γ αἵτινες εἶναι κύματα φωτὸς (ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα).

Τὸ τοιοῦτον λαμβάνει χώραν ἀνεξαρτήτως συνθηκῶν θερμοκρασίας, χημικῶν συνδυασμῶν κλπ. κατὰ τὴν κάτωθι σχηματικὴν παράστασιν :



Σχηματικὴ παράστασις φυσικῆς ραδιενεργείας

Οὕτω τὸ ράδιον ἀτομικοῦ βάρους 226 διὰ τῶν ἀνωτέρω μεταβολῶν γίνεται μόλυβδος ἀτομικοῦ βάρους 206.



Γενικῶς, ἅτομα τὰ ὁποῖα ἔχουν τὰς ἀνωτέρω ιδιότητες καλοῦνται ραδιενεργά. Ἡ ραδιενέργεια μετρεῖται εἰς μονάδας Curie καὶ τὰς ὑποδιαρέσεις τῆς milicurie καὶ microcurie.

Καθ' ἃ γνωρίζομεν σήμερον, ἡ ὕλη μετατρέπεται εἰς ἐνέργειαν καὶ ἡ ἐνέργεια εἰς ὕλην. Τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας τὸ ὁποῖον ἐγκλείεται εἰς τοὺς πυρῆνας τῶν ἀτόμων εἶναι τεράστιον.

Ὁ Einstein ἔδωσε τὸν ἐξῆς τύπον τῆς σχέσεως τῆς μάζης πρὸς τὴν ἐνέργειαν :

$$E=mc^2$$

Ὅπου  $E$  εἶναι ἡ ἐνέργεια,  $m$  ἡ μάζα καὶ  $c$  ἡ ταχύτης τοῦ φωτός. Μία ἀπλὴ μονὰς μάζης θεωρεῖται σήμερον ὡς ἰσοδύναμος πρὸς 1 δισεκατομμύριον ἠλεκτρονικὰ βόλτ ἐνεργείας.

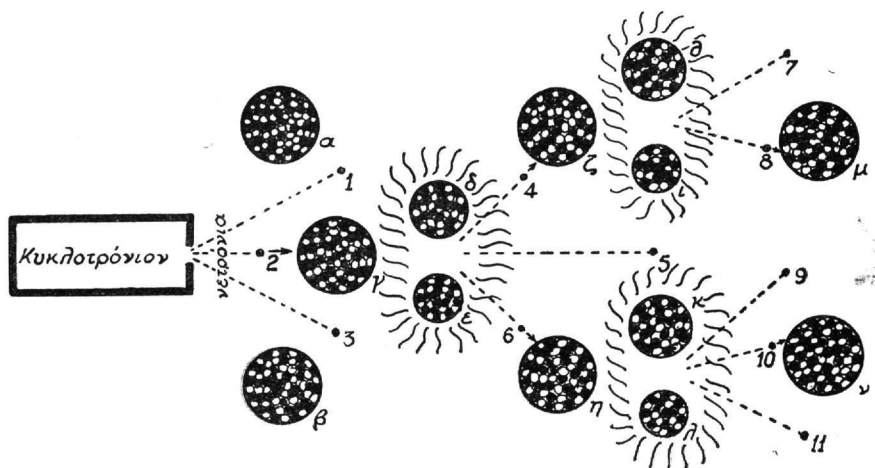
Ὅπως ἡ ὕλη ἔχει ἀτομικὴν ὕφην καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πρωτόνια καὶ



ήλεκτρονία, οὕτω καὶ ἡ ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ σμικρότατα στοιχεῖα ἐνεργείας ἴσα καὶ ἀδιαίρετα τὰ ὁποῖα ὁ Planck ἐκάλεσε *κβάντα*, ἐκ τῆς λατινικῆς λέξεως quantum, ἣτις σημαίνει ποσότητα ἀδιαίρετον. Ποσότης ἐνεργείας κατωτέρα τοῦ ἐνὸς κβάντουμ δὲν ὑπάρχει. Τὸ κβάντουμ ἐνεργείας καλεῖται σήμερον καὶ *φωτόνιον*.

Τὴν 17ην Ὀκτωβρίου 1955 ἀπεδείχθη ἡ ὑπαρξίς ἐτέρου ὑπατομικοῦ σωματιδίου τὸ ὁποῖον ἐκλήθη *ἀντιπρωτόνιον* (ἀρνητικὸν πρωτόνιον). Ἡ ὑπαρξίς του εἶχε προβλεφθῇ θεωρητικῶς πρὸ 25ετίας, μόλις πρὸ τινος ὅμως ἀπεδείχθη πειραματικῶς. Τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ὕλη ἣτις δημιουργεῖται ἐξ ἐνεργείας, ἐνῶ ἡ διάσπασις τοῦ ἀτόμου παράγει ἐνέργειαν ἐξ ὕλης. Τὸ ἀντιπρωτόνιον ὅταν ἔλθῃ ἐν ἐπαφῇ μετὰ τοῦ πρωτονίου ἐκμηδενίζεται. Τὰ δύο ταῦτα ἀντίθετα πρωτόνια ὅταν ἔλθουν ἐν ἐπαφῇ δημιουργοῦν αὐτοστιγμὴ τὸ *μεσοτρόνιον*, τὸ ὁποῖον ἐξαφανίζεται ἀμέσως καὶ ἀποδίδει ἐνέργειαν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ ὕλη καὶ ἡ ἐνέργεια συγχωνεύονται εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ἔννοιαν.

Ἡ *ἀτομικὴ ἐνέργεια* προέρχεται ἐκ τῆς καλουμένης *άλυσωτῆς ἀντιδράσεως*. Κατ' αὐτὴν τῇ βοηθείᾳ κυκλοτρονίου βομβαρδίζονται διὰ νετρονίων πυρῆνες ἀτόμων, οἵτινες πρόκειται νὰ διασπασθοῦν (π.χ. πλουτωνίου). Εἰς τὴν κατωτέρω σχηματικὴν παράστασιν π.χ. τὰ ὑπ' ἀριθ. 1, 2 καὶ 3 νετρόνια ἐξέρχονται ἐκ τοῦ κυκλοτρονίου.



Τὰ ὑπ' ἀριθμ. 1 καὶ 3 δὲν συναντοῦν πυρῆνα κατὰ τὴν πορείαν των, ἐνῶ τὸ ὑπ' ἀριθμ. 2 νετρόνιον εἰσέρχεται εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου γ. Ἡ εἰσοδος τοῦ νετρονίου εἰς τὸν πυρῆνα διαταράσσει τὴν ἐν αὐτῷ ἰσορροπίαν καὶ ὁ πυρὴν διασπάζεται εἰς δύο διάφορα μέρη τὰ δ καὶ ε, ἅτινα εἶναι πυρῆνες ἐτέρων ἀτόμων βαρίου καὶ κρυπτοῦ μικροτέρου ἀτομικοῦ βάρους. Τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν τῶν δύο νέων πυρῆνων δὲν εἶναι ἴσον μὲ τὸ βάρος τοῦ πυρῆνος ἐξ οὗ προήλθον, ἀλλ' εἶναι κατὰ τι μικρότερον. Ἡ μικρὰ αὕτη διαφορὰ βάρους εἶναι τὸ μέρος ἐκείνου τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον, τμετετρέπη εἰς μεγάλην ποσότητα ἐνεργείας. Συγχρόνως παράγονται τὰ ὑπ' ἀριθμ. 4

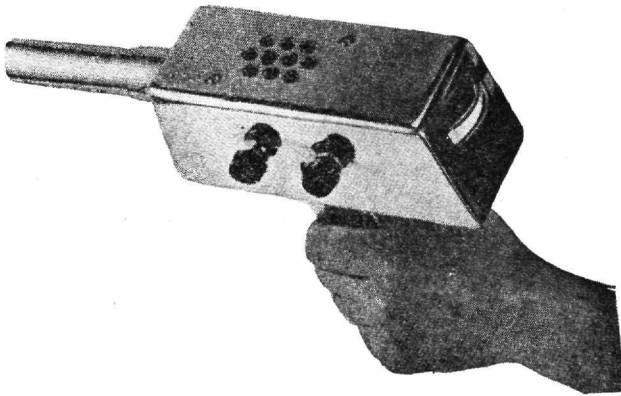
5 καὶ 6 νετρονία. Τὰ ὑπ' ἀριθ. 4 καὶ 6 νετρονία κατὰ τὴν πορείαν των συναντοῦν τοὺς πυρῆνας ζ καὶ η τοὺς ὁποίους καὶ διασποῦν εἰς τοὺς νέους πυρῆνας θ, ι, κ καὶ λ καὶ παράγουν οὕτω νέα μεγάλα ποσὰ ἐνεργείας καὶ ἕτερα νετρονία. Τὰ νετρονία ταῦτα μὲ τὴν σειρὰν των βομβαρδίζουσιν ἑτέρους πυρῆνας καὶ οὕτω αἱ ἀντιδράσεις συνεχίζονται μέχρι πλήρους διασπάσεως.

Ἡ σειρὰ αὕτη τῶν διαδοχικῶν διασπάσεων τῶν πυρήνων καὶ τῆς ἐλευθερώσεως νετρονίων εἶναι ἡ καλουμένη ἄλυσωτὴ πυρηνικὴ ἀντίδρασις. Λόγῳ τοῦ γεγονότος ὅτι εἰς τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ἡ ἐκλυομένη ἐνέργεια εἶναι χιλιάδας φορὰς μεγαλυτέρα τῆς ἐκλυομένης τοιαύτης κατὰ τὰς μοριακὰς ἀντιδράσεις καὶ λόγῳ ἐπίσης τῆς τεραστίας ταχύτητος ἐξελίξεως τῆς ἀντιδράσεως, καταλήγει αὕτη εἰς **ἐκρηξιν**. Ἡ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον παραγομένη ἐνέργεια καλεῖται **ἀτομικὴ (πυρηνικὴ) ἐνέργεια**. Τὴν ἐκρηκτικὴν ἱκανότητα τοῦ οὐρανίου ἐξεμεταλλεύθησαν οἱ τεχνικοὶ καὶ κατεσκεύασαν τὴν **ἀτομικὴν βόμβαν**, δι' ἧς ἐβομβαρδίσθη τὸ πρῶτον ἡ Χιροσίμα καὶ τὸ Ναγκασάκι τὴν 9ην καὶ 9ην Αὐγούστου 1945. Ἡ θερμοκρασία τῆς κεντρικῆς ζώνης τῆς ἐκρήξεως ἀνέρχεται εἰς 30.000.000 βαθμοὺς Κελσίου (1956). Ὁ ἀπὸ λόγῳ τῆς τεραστίας θερμότητος τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τείνει νὰ διασταλῇ καὶ ὥς ἐκ τούτου παράγεται **κύμα κρούσεως**, τοῦ ὁποίου ἡ καταστρεπτικὴ ἱκανότης ἰσοδυναμεῖ πρὸς τοιαύτην 20.000 τόννων ἐκρηκτικῆς ὕλης. Οἱ θάνατοι ἐπέρχονται οὐχὶ μόνον ἐκ τοῦ κύματος κρούσεως, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῶν ἐκπεμπομένων ἀκτίνων γ αἵτινες φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ σημείου τῆς ἐκρήξεως. Ὁ θάνατος ἐκ τῶν ἀκτίνων γ δὲν εἶναι ἄμεσος, ἀλλ' ἐπέρχεται μετ' ὀλίγας ἡμέρας ἢ ἐβδομάδας. Προκαλεῖται ἐξ ἀνιάτου ἀναιμίας, ἣτις συνοδεύεται καὶ ὑπὸ σοβαρῶν ἐγκαυμάτων. Ἡ μόλυνσις τοῦ ἐδάφους λόγῳ ραδιενεργείας διαρκεῖ ἐπὶ μερικὰς μόνον ἐβδομάδας.

Εἴπομεν ἤδη, ὅτι ὑπάρχουν ἐν τῇ φύσει **σταθερὰ ἰσότοπα**. Δυνάμεθα ὁμῶς **τεχνητῶς νὰ παρασκευάσωμεν καὶ ἀκτινεργὰ τοιαῦτα (radioisotopes)**, ἥτοι ἰσότοπα ἔχοντα τὰς ἀνωτέρω περιγραφείσας ιδιότητας τοῦ ραδίου. Τοῦτο γίνεται τῇ βοηθείᾳ ειδικοῦ ὀργάνου καλουμένου **ἀντιδραστήρος**. Δι' αὐτοῦ βομβαρδίζονται μὴ ραδιενεργὰ (σταθερὰ) ἄτομα διὰ νετρονίων. Χρησιμοποιοῦνται τὰ νετρονία πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν διότι ὥς μὴ ἔχοντα ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων, ἀλλὰ δύνανται νὰ εἰσέλθουν ἐντὸς τοῦ θετικῶς φορτισμένου πυρήνος τῶν ἀτόμων καὶ νὰ μετατρέψουν τὰ σταθερὰ ἄτομα εἰς ἀκτινεργὰ τοιαῦτα, εἰς ραδιοϊσότοπα, ἥτοι ἔχοντα τὰς ιδιότητας τοῦ ραδίου δηλαδὴ ἀποβολῆς σωματιδίων α καὶ β, ὡς καὶ ἀκτίνων γ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον παρεσκευάσθησαν πολλὰ ἀκτινεργὰ ἰσότοπα χρησιμώτατα ἐν τῇ βιολογίᾳ καὶ τῇ ἱατρικῇ.

Πολλὰ ὁμῶς ἐκ τῶν παρασκευαζομένων ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων δὲν δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἐν τῇ ἐρευνῇ καὶ τῇ θεραπευτικῇ, διότι ἡ διάρκεια ζωῆς των εἶναι μικρά. Θεωρεῖται ὅτι ὅταν χάσουν τὸ ἥμισυ τῆς ραδιενεργείας των δὲν εἶναι πλέον χρησιμοποίησιμα. Τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα καλεῖται **ἡμιπερίοδος ζωῆς (half life)**. Οὕτω π.χ. τὸ ἀκτινεργὸν ἰσότοπον  $C^{10}$  ἔχει ἡμιπερίοδον ζωῆς 8,8'', ἐνῶ τὸ  $C^{14}$  ἄνω τῶν 5.000 ἐτῶν. Γενικῶς, ἡ ἡμιπερίοδος ζωῆς τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων δύναται νὰ διαρκέσῃ εἰς ὀλίγα κλάσματα τοῦ δευτερολέπτου μέχρι τοῦλάχιστον  $10^{12}$ , ἥτοι 10 τρισεκατομμύρια ἔτη.

Τὰ σταθερά ἰσότοπα εἵπομεν ὅτι ὑπολογίζονται διὰ φασματογράφου μαζῶν. Τ' ἀκτινεργά ἰσότοπα ἀνιχνεύονται καὶ ὑπολογίζονται ἐκ τοῦ ποσοῦ τῆς ραδιενεργείας τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν κατὰ τὴν ἀπόσχισίν των. Ἡ μέτρησις τῆς ραδιενεργείας ταύτης γίνεται διὰ τοῦ *μετρητοῦ τῶν Geiger — Müller*. Ὄταν ἓν σωματίδιον προερχόμενον ἐκ τῆς ἀποσχίσεως τοῦ ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου εἰσέλθῃ εἰς τὸ ὄργανον τῶν Geiger—Müller, τότε ῥέει ἐν αὐτῷ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ ὁποῖον θέτει εἰς κίνησιν μετρητήν, ὅστις προκαλεῖ μικρὸν θόρυβον, ἓνα «κλίκ». Ὁ ἀριθμὸς τῶν «κλίκ» εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν πυκνότητα τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς τὴν ἐξεταζομένην οὐσίαν.



Νεώτερος τύπος μετρητοῦ Geiger - Müller. σχήματος περιστροφῆς

Οὕτω π.χ. ὅταν ἄνθρωπος ἔλθῃ διὰ τῶν χειρῶν του ἐν ἐπαφῇ μετὰ ραδιενεργῶν σωμάτων, τότε πλησιάζων μετρητήν Geiger - Müller προκαλεῖ ἐν αὐτῷ κίνησιν τοῦ μετρητοῦ καὶ θόρυβον ἐξ ἐπανειλημμένων «κλίκ», ἡ συχνότης τῶν ὁποίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φερομένην ραδιενέργειαν. Ἀξίον περιεργείας εἶναι ὅτι πρὸς ἀπομάκρυνσιν τῆς ραδιενεργείας ὁ ἄνθρωπος προβαίνει εἰς μακρὰν καὶ ἐπιμελῆμένην πλύσιν τῶν χειρῶν του δι' ἀφθόγνου ὕδατος καὶ σάπωνος. Ἐάν μετὰ νέαν πλύσιν ἀκουσθοῦν ἐκ νέου ὁρισμένα «κλίκ», τότε ἐπαναλαμβάνεται ἡ πλύσις τῶν χειρῶν μέχρις ὅτου ὁ μετρητὴς παραμείνῃ ἀκίνητος, ὅταν ὁ ἄνθρωπος πλησιάζῃ πρὸς αὐτόν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον γίνεται ἐπὶ διαφόρων πειραματισμῶν ἡ ἀνίχνευσις καὶ ἡ μέτρησις τῆς ραδιενεργείας τῆς προερχομένης ἐκ διαφόρων μεμονωμένων ὀργάνων ἢ ἐκ διαφόρων πειραματο ζώων ἢ ἐτέρων ζῳικῶν ὀργανισμῶν.

### Ἔνια γνωστὰ μέχρι τοῦδε ἰσότοπα.

**Ἰσότοπα ὕδρογόνου (H).** Ἀναφέρθησαν ἤδη τὸ δευτέριον ( $D$  ἢ  $H^2$ ) καὶ τὸ τρίτιον ( $T$  ἢ  $H^3$ ). Ἐξ αὐτῶν τὸ τρίτιον εἶναι ἀκτινεργόν.

**Ἰσότοπα ἀνθρακος (C).** Αναφέρομεν τὰ ἰσότοπα  $C^{11}$ ,  $C^{12}$ ,  $C^{13}$  καὶ  $C^{14}$ . Ἐξ αὐτῶν οἱ  $C^{11}$  καὶ  $C^{14}$  εἶναι ἀκτινεργά ἰσότοπα. Αἱ ἐρευναι αἱ ἐκτελούμεναι διὰ τοῦ  $C^{11}$  πρέπει νὰ περατωθοῦν ἐντὸς 5 ὥρῶν.

**Ἰσότοπα ἀζώτου (N).** Ἀναφέρονται τὰ ἰσότοπα  $N^{13}$ ,  $N^{14}$ ,  $N^{15}$  καὶ  $N^{16}$ . Μόνον τὸ  $N^{15}$  χρησιμοποιεῖται διὰ μεταβολικὰς ἐρεῦνας. Τὸ  $N^{13}$  καὶ τὸ  $N^{16}$  εἶναι ἀκτινεργὰ ἰσότοπα, ἀλλ' ἔχουν βραχυτάτην ἡμιπερίοδον ζωῆς.

**Ἰσότοπα φωσφόρου (P).** Ἀναφέρονται τὰ ἰσότοπα  $P^{29}$ ,  $P^{30}$ ,  $P^{31}$ ,  $P^{32}$  καὶ  $P^{34}$ . Μόνον ὁ  $P^{32}$  εἶναι ἀκτινεργὸς καὶ χρησιμοποιεῖται διὰ μεταβολικὰς ἐρεῦνας. Ἐχει ἡμιπερίοδον ζωῆς 14 περίπου ἡμερῶν.

**Ἰσότοπα θείου (S).** Ἀναφέρονται τὰ ἰσότοπα  $S^{31}$ ,  $S^{32}$ ,  $S^{33}$ ,  $S^{34}$ ,  $S^{35}$ ,  $S^{36}$  καὶ  $S^{37}$ . Ἀκτινεργὰ εἶναι τὰ  $S^{31}$ ,  $S^{35}$  καὶ  $S^{37}$ . Ἐξ αὐτῶν μόνον τὸ  $S^{35}$  ἔχει ἐπαρκῆ ἡμιπερίοδον ζωῆς, ὥστε νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ μεταβολικὰς ἐρεῦνας.

**Ἄλλα ἀκτινεργὰ ἰσότοπα.** Χρησιμοποιοῦνται εἰσέτι ὁ ἀκτινεργὸς σίδηρος  $Fe^{59}$ , τὸ ἀκτινεργὸν κοβάλτιον  $Co^{60}$ , τὸ ἀκτινεργὸν ἰώδιον  $I^{131}$ , ὁ ἀκτινεργὸς χρυσὸς  $Au^{198}$  κλπ.

## Αἱ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ ΕΝ Τῇ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΑΤΡΙΚῃ

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω λεχθέντων, προκύπτει ἡ μεγάλη σημασία τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων ἐν τῇ βιοχημείᾳ, φυσιολογίᾳ καὶ γενικώτερον ἐν τῇ ἱατρικῇ.

Ἐν ἀκτινεργὸν ἰσότοπον εἶναι τρόπον τινὰ ἐν «ἐπισεσημασμένον» ἄτομον, ὅπερ εὐρίσκόμενον εἰς ἐν μόριον ἐπισημαίνει καὶ αὐτό. Ἐχομεν τότε τὸ ἐπισεσημασμένον ἢ σεσημασμένον ἢ ἐπισημανθὲν μόριον «*molécule marquée*». Δυνάμεθα ὁθὲν νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν πορείαν του ἐν τῷ σώματι, τῷ ὅρῳ δὲν δυνάμεθα νὰ πράξωμεν μὲ τὰ ὑπόλοιπα κοινὰ ἄτομα ἢ μόρια. Ὁ ὁργανισμὸς ἴφ' ἐξ ἑαυτοῦ δὲν ποιεῖ διάκρισιν μεταξὺ ἐπισεσημασμένων καὶ μὴ στοιχείων. Τὰ ἐπισεσημασμένα στοιχεῖα συμπεριφέρονται ἐν τῷ ὁργανισμῷ ὡς καὶ τὰ ὑπόλοιπα κανονικὰ τοιαῦτα. Δίδονται ὁθὲν ἐπισεσημασμένα στοιχεῖα καὶ παρακολουθεῖται ἡ ἐν τῷ ὁργανισμῷ τύχη των. Ἐτελεύτησαν οὖν καὶ πρόκειται εἰσέτι νὰ ἐπιλυθοῦν πολλὰ κενὰ εἰς τὰς μέχρι τοῦδε ἐπὶ τοῦ μεταβολισμοῦ γνώσεις μας, ὡς καὶ ἐπὶ τῆς πορείας τῶν διαφόρων μεταβολικῶν ρευμάτων ἅτινα διατρέχουν τὸν ὁργανισμόν. Ἡρευνήθησαν ἰδίως, λίαν ἐπιτυχῶς, διάφορα προβλήματα ἔχοντα σχέσιν μὲ τὴν διαβατότητα τῶν μεμβρανῶν καὶ ἰδίως μὲ τὸν μεταβολισμόν τῶν τριῶν κατηγοριῶν τῶν ὁργανικῶν θρεπτικῶν οὐλῶν, τῶν ὑδατανθράκων, λιπῶν καὶ λευκωμάτων. Διεπιστώθη ἐπίσης κατ' ἀδιαμφισβήτητον τρόπον ὅτι τὸ ὀξικὸν ὀξύ ( $CH_3COOH$ ) κατέχει κεντρικὴν θέσιν ἐν τῇ ἐν γένει ἀνταλλαγῇ τῆς ὕλης, καθ' ὅσον ἀποτελεῖ τὸν συνδετικὸν κρίκον μεταξὺ ὑδατανθράκων, λιπῶν καὶ λευκωμάτων.

Χρησιμοποιοῦνται ἰδίως, πρὸς τούτοις, ἀκτινεργὰ ἰσότοπα C ἢ N καθὼς καὶ D εἰς τὸν μεταβολισμόν τῶν λευκωμάτων. Ταῦτα τίθενται εἰς τὰς ἀλύσεις ἀνθρακός, εἰς τὰς ἀμινοομάδας ( $NH_2$ ) ἢ εἰς τὸ ὕδωρ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται εὐρέως ἀκτινεργὰ ἰσότοπα P, Na, I κλπ.

Ἀκτινεργὸν ἰσότοπον δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ἐπίσης καὶ ὡς «ἀκτινεργὸς δείκτης» (tracer). Αἱ βιομηχανικαὶ ἐφαρμογαὶ μιᾶς τοιαύτης χρήσεως καθ' ἡμέραν πληθύνονται. Ἀναφέρομεν μίαν ὡς παράδειγμα: Ἐμβολὸν αὐτοκινήτου καθίσταται ἀκτινεργὸν τῇ βοθητῇ ἀντιδραστῆρος. Τὸ ἔμβολον τίθεται ἐν συνεχείᾳ εἰς κοινὸν κινητήρα αὐτοκινήτου. Ἡ μέτρησις μετὰ πάροδον ὠρισμένου χρόνου λειτουργίας τῆς ραδιενεργείας τοῦ ἐλαίου τὸ ὅποιον ἐχρησίμευσε πρὸς λίπανσιν τοῦ ἐμβόλου ἐπιτρέπει τὴν ἀκριβῆ ἐκτίμησιν τῆς φθορᾶς αὐτοῦ. Ἐὰν τὸ ἔλαιον δὲν εἶναι ραδιενεργὸν σημαίνει ὅτι οὐδεμία φθορὰ ἔλαβε χώραν. Ἐὰν εἶναι ραδιενεργὸν σημαίνει ὅτι ἤρχισεν ἡ φθορά, ἡ ἔκτασις τῆς ὁποίας εὐρίσκεται ἐκ τοῦ ποσοῦ τῆς ραδιενεργείας τοῦ ἐλαίου ἣτις μετροῦται ἐπακριβῶς διὰ τοῦ μετρητοῦ Geiger - Müller. Ἡ αὕτη μέθοδος τῶν ἀκτινεργῶν δεικτῶν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ πρὸς εὗρεσιν τοῦ ρυθμοῦ φθορᾶς ἐλαστικῶν αὐτοκινήτων, ὡς καὶ εἰς πλείστας ἔτι διαρκῶς πληθυνομένας βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς.

Ἡ διατήρησις τροφίμων ἀποτελεῖ ἑτέραν ἐφαρμογὴν. Πειράματα ἀπέδειξαν ὅτι πλεῖστα τῶν μικροβίων τοῦ κρέατος, ἰχθύων καὶ λαχανικῶν φυνεύονται διὰ ραδιενεργείας. Οὕτω γεωμήλα π.χ. διατηροῦνται ἐπὶ 15 μῆνας μετὰ τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν δι' ἀκτίνων γ. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη δὲν ἀλλοιώνει τὴν γευστικότητα τῶν γεωμῆλων καὶ δὲν καθιστᾷ ταῦτα ἐπικίνδυνα. Οὐδὲν ἴχνος ραδιενεργείας ἀνιχνεύεται εἰς τοιαῦτα γεωμήλα. Παρόμοια ἐπιτυχῆ πειράματα ἐγένοντο καὶ ὡς πρὸς τὴν διατήρησιν κρεάτων, ἰχθύων καὶ διαφόρων λαχανικῶν. Καίτοι αἱ μέχρι τοῦδε ἐρευναι δὲν ἐπέτρεψαν τὴν εἰς μεγάλην κλίμακα ἐφαρμογὴν τῆς μεθόδου, ἐν τούτοις δύναται τις νὰ συλλάβῃ τὴν μεγάλην σημασίαν τὴν ὁποίαν ἡ ἐφαρμογὴ μιᾶς τοιαύτης μεθόδου δύναται νὰ ἔχῃ ἐπὶ τῆς ἐν γένει ζωῆς τοῦ ἀνθρώπου.

Μέτρησις ραδιενεργείας κατόπιν ἐνδοφλεβίου  
ἐνέσεως ἀκτινεργοῦ ἰωδίου.



Αἱ ἐφαρμογαὶ ἐν τῇ γεωργίᾳ καὶ κτηνοτροφίᾳ εἶναι πολλαπλαῖ. Καθορίζεται π.χ. τὸ ποιὸν καὶ τὸ ποσὸν τῶν ἀνοργάνων ἀλάτων τῶν ἀπαραιτή-

των εἰς τὰ κατοικίδια ζῶα διὰ τὴν ἀποτροπὴν ἀσθενειῶν (μεταλλοπενιῶν) καὶ τὴν καλλιτέραν ἀποδοτικότητά των εἰς ζωοκομικὰ προϊόντα (ὥα, γάλα κλπ.). Καθορίζεται κατὰ τρόπον ταχὺ καὶ ἀκριβῆ ἡ ἀποτελεσματικότης τῶν χημικῶν λιπασμάτων δι' εὐρέσεως τῆς καταλληλοτέρας ποιτικῆς καὶ ποσοτικῆς αὐτῶν συμμετοχῆς εἰς τὴν ἀφομοίωσιν τῶν φυτῶν. Εἰς τὸν τομέα αὐτὸν ὁ ἀκτινεργὸς φωσφόρος κατέχει προέχουσαν θέσιν. Ὡς πρὸς τὸν ἀκτινεργὸν ἀνθρακα χρησιμεύει οὗτος εἰς τὴν μελέτην τοῦ μηχανισμοῦ τῆς φωτοσυνθέσεως καὶ τοῦ ρόλου τῆς χλωροφύλλης. Ἡ ἀκτινεργὸς ἀκτινοβολία προκαλεῖ μεταλλαγὰς εἰς τὰ φυτὰ εἰς ἀναλογία 1 : 10. Τοῦτο συμβάλλει σημαντικῶς εἰς τὴν μελέτην τῆς γενετικῆς τῶν φυτῶν, εἰς τὴν δημιουργίαν νέων ἀποδοτικωτέρων ποικιλιῶν φυτῶν, καὶ εἰς τὴν δημιουργίαν φυτῶν ἀνθεκτικωτέρων εἰς ὥρισμένας παθήσεις. Π.χ. παρήχθησαν ποικιλίαι φασιόλων, πίσσων κλπ. μεγαλυτέρας ἀποδοτικότητος, δημητριακῶν μὲ μικρότερα ἀλλ' ἰσχυρότερα στελέχη ἅτινα εἶναι ἀνθεκτικώτερα εἰς τοὺς ἀνέμους καὶ τὰς μεγάλας βροχοπτώσεις, γλυκῶν καὶ ἀβλαβῶν λουπίνων ἀντὶ πικρῶν καὶ τοξικῶν τοιούτων, φυτῶν ἀνθεκτικῶν εἰς ὥρισμένας ἀσθενείας ὥς ἡ σκωρίασις, ὁ περονόσπορος κλπ.

Εἰδικώτερον ἐν τῇ *ιατρικῇ* αἱ ἐφαρμογαὶ διαρκῶς πληθύνονται. Ἡ μεγαλύτερα ἐφαρμογὴ προσανατολίζεται εἰς τὴν θεραπείαν κακοήθων ὄγκων. Ἡ χρῆσις τοῦ ραδίου εἰς τὴν θεραπείαν τοῦ καρκίνου εἶναι ἤδη παλαιά. Βασίζεται ἐπὶ τῆς ἐνεργείας τῆς ἀκτινοβολίας ἐπὶ τοῦ ἰστοῦ τοῦ καρκινώματος εἰς τὸ ὁποῖον προκαλεῖ καταστρεπτικὰς χημικὰς μεταβολὰς. Οὕτω τὸ ἀκτινεργὸν κοβάλτιον ( $\text{Co}^{60}_{27}$ ) ἐκπέμπει ἀκτῖνας γ, ἔχει διεισδυτικὴν ἱκανότητα ἀνωτέραν τῆς τοῦ ραδίου, ἡμιπερίοδον ζωῆς βραχυτέραν, δὲν ἔχει χημικὴν τοξικὴν ἐπίδρασιν καὶ στοιχίζει πολὺ ὀλιγώτερον.

Γενικῶς, ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων ἐν τῇ ἐν γένει ἱατρικῇ, δέον νὰ τονισθῇ ὅτι ἡνόχθη κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εὐρύτατος ἐρευνητικὸς καὶ θεραπευτικὸς ὁρίζων. Εἰς τὰς κατωτέρω γραμμὰς, ἀπλῶς μόνον θὰ θίξωμεν, ἔνια ἐπιτεύγματα εἰς τὸν εὐρύτατον τοῦτον τομέα.

**Νάτριον (Na).** Τὸ ἀκτινεργὸν νάτριον ( $\text{Na}^{24}$ ) ἐχρησιμοποιήθη ὑπὸ τῶν Smith καὶ Quinby πρὸς εὔρεσιν τῆς ταχύτητος τῆς κυκλοφορίας τοῦ αἵματος. Ὁ Bauer καὶ οἱ συνεργάται του ἐμέτρησαν διὰ  $\text{Na}^{24}$  τὴν διαβατότητα τῶν περιφερικῶν ἀγγείων εἰς τὰς καρδιακὰς ἀνεπαρκείας μετ' οἰδήματος.

**Χρυσός (Au).** Κατόπιν τῶν ἐργασιῶν τοῦ Hahn, θεωρεῖται ὅτι ἡ δι' ἐνδογενικῶν διηθήσεων δι' ἀκτινεργοῦ χρυσοῦ ( $\text{Au}^{199}$ ) θεραπεία, ἀποτελεῖ ἀξιόλογον θεραπευτικὴν μέθοδον. Χάρις εἰς τὴν ἰσχυράν του ἀκτινοβολίαν καὶ τὴν βραχεῖαν ἡμιπερίοδον ζωῆς του προκαλεῖ τὴν μεγίστην δυνατὴν καταστροφὴν τῶν ἰσθῶν. Οἱ παρακείμενοι τοῦ ὄγκου ἰστοὶ δὲν προσβάλλονται, διότι ὁ κολλοειδὴς χρυσὸς καθηλοῦται εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἐνέσεως (ὄγκου). Ἐπίσης οἱ Clarke καὶ Leroy ἀπέδειξαν ὅτι τὰ κολλοειδῆ διαλύματα ἀκτινεργοῦ χρυσοῦ ( $\text{Au}^{199}$ ) ἔχουν τάσιν ἐκλεκτικῆς ἀθροίσεως

εις τὸ ἥπαρ, ἀλλ' ἡ ἐν γένει κατανομή των δὲν εἶναι ἀπολύτως ἀκριβής. Γίνονται οὕτω προσπάθειαι διαγνώσεως τῆς ὑπάρξεως τῶν ὄγκων τοῦ ἥπατος διὰ  $\text{Au}^{198}$ .

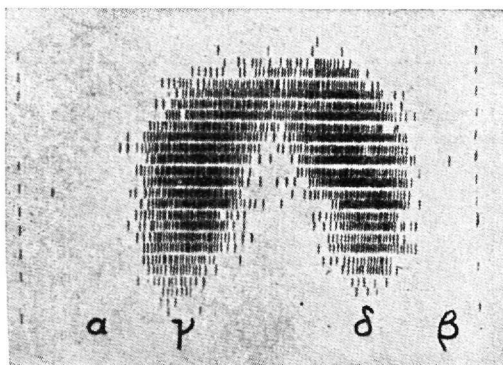
**Σίδηρος (Fe).** Ὁ ἀκτινεργὸς σίδηρος ( $\text{Fe}^{59}$ ) ἐνσωματοῦται εἰς τὸ μόριον τῆς αἰμοσφαιρίνης. Οὕτω ἐπισημανθέντα ἐρυθροκύτταρα χρησιμεύουν εἰς πλείστους ἐρευνητικούς σκοποὺς, ὥς ἡ εὗρεσις τοῦ ὀλικοῦ ὄγκου τοῦ αἵματος, ἡ αἰμοποιητικὴ δραστηριότης τοῦ ὁργανισμοῦ κλπ.

**Φωσφόρος (P).** Χρησιμοποιεῖται ὁ  $\text{P}^{32}$ . Ἐγένοντο πολλὰ ἔρευνα ἐπὶ τοῦ μεταβολισμοῦ τῶν φωσφοριζῶν ἐστέρων, νουκλεϊνικῶν δξέων, νουκλεοπρωτεϊνῶν καὶ φωσφολιπιδῶν. Ἀπεδείχθη ἐπίσης ὅτι ὁ ἀναγεννώμενος νευρικός ἵστός λαμβάνει περισσότερον  $\text{P}^{32}$  τοῦ κανονικοῦ ἱστοῦ. Οἱ ὄγκοι ταχείας ἀναπτύξεως λαμβάνουν περισσότερον  $\text{P}^{32}$  τῶν ὕγιων ἱστῶν. Ἐπισεσημασμένα ἐρυθροκύτταρα διὰ  $\text{P}^{32}$  χρησιμεύουν πρὸς εὗρεσιν τοῦ ὀλικοῦ ὄγκου τοῦ αἵματος. Χρησιμεύει ἐπίσης πρὸς εὗρεσιν τῆς τύχης τῶν λευκοκυττάρων ἐν τῷ ὁργανισμῷ.

**Ἰώδιον (I).** Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἀκτινεργοῦ ἰωδίου ( $\text{I}^{131}$ ) εἰς τὴν διερεύνησιν τῆς λειτουργικῆς δραστηριότητος τῶν θυρεοειδῶν ἀδένων ἀποτελεῖ πλέον συνήθη μέθοδον, καθ' ὅσον τὸ ἰώδιον ἐνιέμενον ἐν τῷ ὁργανισμῷ ἀθροίζεται ἐκλεκτικῶς εἰς τοὺς θυρεοειδεῖς ἀδένας.

Ὑπὸ τοῦ Cassen καὶ τῶν συνεργατῶν του εὗρέθη ὄργανον αὐτομάτου διερευνήσεως τῶν θυρεοειδῶν ἀδένων. Εἶναι ὁ σπινθηρογράφος (scintillateur) δι' οὗ λαμβάνονται σπινθηρογραφήματα (scintogrammes.). Δόσις εἰς τὸν ἄνθρωπον 100-250  $\mu\text{Ci}^{131}$  διαγράφει τὰ ὅρια τοῦ θυρεοειδοῦς καὶ ἰδίως εἰς τὴν περιοχὴν εἰς ἣν τὸ ἰώδιον συγκεντροῦται.

Σπινθηρογράφημα (scintogramme) θυρεοειδοῦς ἀδένος ἀνθρώπου. Ἡ περιοχὴ α-β δεικνύει τὴν ἔκτασιν τοῦ θυρεοδοῦς ἀδένος. Αἱ γ καὶ δ εἶναι αἱ περιοχαὶ καθ' ἃς παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα συγκέντρωσις ἀκτινεργοῦ ἰωδίου (Dr. B. Cassen).

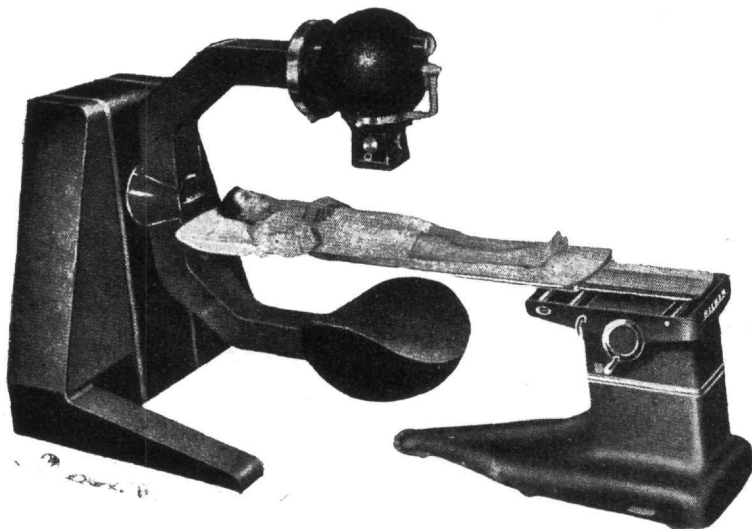


Διὰ τοῦ ἀκτινεργοῦ ἰωδίου γίνεται ἡ διάγνωσις καὶ ἡ ἐντόπισις τῶν ὄγκων τῶν θυρεοειδῶν καὶ εἰς μεγάλας δόσεις θυρεοειδεκτομὴ δι' ἀκτινοβολίας.

**Κοβάλτιον (Co).** Τὸ ἀκτινεργὸν κοβάλτιον ( $\text{Co}^{60}_{27}$ ) χρησιμοποιεῖται δι' ἐντετοπισμένην ἀκτινοβολίαν κακοήθων ὄγκων. Κατὰ τὸν βομβαρδισμόν τοῦ κοβαλτίου ( $\text{Co}^{59}$ ) διὰ νετρονίων γεννᾶται κατ' ἀρχὰς ὁ ἰσομερὴς



πυρὴν τοῦ κοβολτίου ( $\text{Co}^{60}$ ). Οὗτος ἔχει βραχείαν ἡμιπερίοδον ζωῆς, ἤτοι μόνον 10,7'', ἀλλὰ δι' ἐκπομπῆς ἀκτίνων  $\gamma$  μεταβάλλεται εἰς ἰσομερές ἀκτινεργὸν κοβάλτιον ( $\text{Co}^{60}_{\text{m}}$ ) ὅπερ ἔχει μακρὰν ἡμιπερίοδον ζωῆς καὶ χρησιμοποιεῖται συνεχῶς καὶ περισσότερον εἰς τὴν θεραπείαν κακοήθων ἐν τῷ βάθει νεοπλασιῶν τοῦ ἐγκεφάλου καὶ ἐτέρων ὀργάνων.



Βόμβα κοβαλτίου διὰ τὴν θεραπείαν κακοήθων ὄγκων.

**Καίσιον ( $\text{Cs}$ ).** Ἡ ἐνδοκοιλιακὴ χορῆσις ἀκτινεργοῦ καισίου ( $\text{Cs}^{137}$ ) χρησιμοποιεῖται δι' ἀκτινοθεραπείαν τοῦ καρκινώματος τοῦ τραχήλου τῆς μήτρας.

#### Ἀκτινεργὰ ἰσότοπα εὐρείας χρήσεως

Ἀκτινεργὰ ἰσότοπα	Ἡμιπερίοδος ζωῆς	Εἶδος ἀκτινοβολίας	Ἐνέργεια εἰς MeV	Χρήσεις
$\text{Na}^{24}$	14,8 ὥραι	$\beta$	1,39	Φυσιολογία
		$\gamma$	2,75	
$\text{Au}^{198}$	2,7 ἡμέραι	$\beta$	0,97	Νεοπλασίαι
		$\gamma$	0,44	Θυρεοειδ. λειτ.
$\text{I}^{131}$	8,0 ἡμέραι	$\beta$	0,60	Φυσιολογία
		$\gamma$	0,37	Μεταβολισμὸς Fe
$\text{Fe}^{59}$	45 ἡμέραι	$\beta$	0,46	Φυσιολογία
		$\gamma$	1, 3	Μεταβολ. φωσφ.
$\text{P}^{32}$	14,3 ἡμέραι	$\beta$	1,71	ἀκτινοθεραπεία
$\text{Co}^{60}$	5,2 ἔτη	$\beta$	0,32	Ἀκτινοθεραπεία
		$\gamma$	1,71	Ἀποστείρωση τροφίμων



‘Αποστείρωσις *δοσῶν*, *δοριῶν κλπ.* ‘Η συνήθης ἀποστείρωσις *δοσῶν*, *δοριῶν κλπ.* πρὸς μεταμόσχευσιν ἢ δι’ ἐτέρας ἐπεμβάσεις προκαλεῖ βλάβας αὐτῶν. ‘Αντιθέτως, ἡ ἀποστείρωσις διὰ  $\text{Co}^{60}$  ἢ  $\text{Cs}^{137}$  δὲν προκαλεῖ ἀλλοιώσεις αὐτῶν. Διὰ τῆς αὐτῆς μεθόδου καταστρέφονται ἐπίσης πλήρως ὅλοι οἱ μικροοργανισμοὶ οἱ μολύνοντες συνήθως τὰ τροφίμα, τὰ φάρμακα καὶ τὰ χειρουργικὰ ἐργαλεῖα. ‘Ο ἐλάχιστος χρόνος ἀκτινοβολίας ἀνέρχεται εἰς 4 ὥρας. Πάντα ταῦτα ἀποτελοῦν νέους τομεῖς ἐφαρμογῶν τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων.

### Οἱ κίνδυνοι ἐκ τῆς ἐπιπτώσεως ραδιενεργοῦ κόνεως.

‘Εσχάτως συζητοῦνται περισσότερο οἱ κίνδυνοι ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῆς ραδιενεργοῦ κόνεως (ἣτις καταπίπτει μετὰ τὰς ἐκρήξεις ἀτομικῶν ὀπλῶν) ἐπὶ τῆς παρουσίας καὶ τῶν μελλοντικῶν γενεῶν.

Τόσον ἡ ‘Αμερικανικὴ ‘Εθνικὴ ‘Ακαδημία ‘Επιστημῶν, ὅσον καὶ πλεῖστοι διακεκριμένοι εἰδικοί ἐρευνῶνται θεωροῦν ὅτι ἡ ὀφειλομένη εἰς τὸν ἄνθρωπον ραδιενεργὸς ἀκτινοβολία εἶναι τόσον περιορισμένης κλίμακος ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ προκαλέσῃ ἐμφανῆ ἀποτελέσματα ἐπὶ τοῦ ἀνθρώπινου ὁργανισμοῦ, πολλῶ δὲ μᾶλλον καταστρεπτικὰ τοιαῦτα.

‘Υπάρχουν ὅμως καὶ ἔτεροι ἐπιστήμονες οὕτινες ὑποστηρίζουν ὅτι οἷονδήποτε ποσὸν «τεχνητῆς» ραδιενεργείας — ὅσονδήποτε μικρὸν καὶ ἂν εἶναι τοῦτο — εἶναι ἢ δύναται ν’ ἀποβῇ ἐπικίνδυνον. Οὗτοι διατείνονται ὅτι ἀκόμη καὶ τὸ σημερινὸν ἐλάχιστον ποσοστὸν ραδιενεργοῦ ἐπιπτώσεως δύναται, ἐνδεχομένως, νὰ προκαλέσῃ καρκίνον τῶν *δοσῶν*, λευχαιμίαν ἢ διαταραχὰς τῆς γεννητικῆς σφαίρας.

Πρὸς προαγωγὴν τοῦ ζωτικῆς ταύτης σημασίας ζητήματος συνεστήθη εἰς τὸ ‘Αμερικανικὸν Κογκρέσσον εἰδικὴ ‘Επιτροπὴ (1957) ἣτις ἤρχισε νὰ ἐνημερώνεται ἐπὶ τοῦ θέματος ὑπὸ τῶν κορυφῶν τοῦ ἐπιστημονικοῦ κόσμου. Εἶναι ἀμφίβολον ὅμως ἂν ὑπὸ τὰ σημερινὰ δεδομένα τῆς ἐπιστήμης ἡ ἐπιτροπὴ θὰ καταλήξῃ εἰς σαφῆ συμπεράσματα ὥστε νὰ εἰσηγηθῇ σχετικῶς.

### Συμπέρασμα

Αἱ γνώσεις αἱ ἀφορῶσαι εἰς τὴν κατασκευὴν τοῦ ἀτόμου καὶ εἰς τὰ περὶ ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων εἶναι ἀπαραίτητοι εἰς τὴν ἐν γένει ἱατρικὴν τῆς σήμερον. ‘Η πυρηνικὴ φυσικὴ παρέσχεν εἰς τὴν ἱατρικὴν ἐρευναν νέον εἶδος «*μικροσκοπίου*», ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων διὰ τῶν ὁποίων πραγματοποιεῖται ἡ διερεύνησις τῶν *μεταβολικῶν ρευμάτων* ἐν τῷ σώματι διὰ τῆς παρακολουθήσεως τῶν πλέον λεπτῶν βιοχημικῶν ἀντιδράσεων ἐν τῷ ὁργανισμῷ, τόσον ὑπὸ φυσιολογικὰς ὅσον καὶ ὑπὸ παθολογικὰς συνθήκας. Τὰ μέχρι τοῦδε ἀποτελέσματα ὑπῆρξαν ἀνώτερα τῶν ἐφαρμογῶν τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων ἐν τῇ θεραπευτικῇ. ‘Αλλὰ καὶ εἰς τὸν τομέα αὐτὸν πολλὰ ἤδη ἐγένοντο καὶ πολλὰ ἔτερα ἀναμένονται νὰ γίνουν.

Αἱ λοιπαὶ ἐφαρμογαὶ πληθύνονται καθημερινῶς καὶ ἀφοροῦν εἰς τὴν *βιομηχανίαν* (π.χ. καθορισμὸς φθορᾶς ὀργάνων τῇ βοθηθείᾳ «ἀκτινεργῶν

δεικτῶν» - tracers), τὴν γεωργίαν (παραγωγὴ ποικιλιῶν φυτῶν πλέον ἀποδοτικῶν ἢ πλέον ἀνθεκτικῶν εἰς ἀσθενείας, ἔρευναι ἐπὶ τῇ καταλληλότητος τῶν λιπασμάτων, ἐπὶ τῇ γενετικῇ τῶν φυτῶν κλπ.), τὴν κτηνοτροφίαν (παραγωγὴ περισσοτέρων ζωονομικῶν προϊόντων, ὡς γάλακτος, ὠν κλπ.), τὴν διατήρησιν τροφίμων (κρέατος, ἰχθύων, λαχανικῶν κλπ.), τὴν ἱατρικὴν (διάγνωσιν καὶ θεραπείαν κακοήθων ὄγκων, διατήρησιν ὀστέων, χόνδρων, ἀορτῶν ἢ ἐτέρων πρὸς μεταμόσχευσιν προοριζομένων ὀργάνων κλπ.).

Τὸ μέλλον τοῦ κλάδου τούτου τῆς ἐπιστήμης προβλέπεται λαμπρόν, δι' ὃ συνεργάζονται καὶ συντονίζουν τὰς ἐργασίας τῶν βιοχημικοί, ἱατροί, κτηνίατροι, γεωπόνοι, διαιτολόγοι κλπ. μετὰ τῶν εἰδικῶν ἐπιστημόνων τῆς πυρηνικῆς φυσικῆς.

## S O M M A I R E

### Les Isotopes Radio - Actifs

#### Leur usage en biochimie, physiologie et médecine

P a r

N i c o l a s A s p i o t i s

Professeur de Physiologie à la Faculté Vétérinaire de l'Université de Thessalonique (Grèce).

L'auteur décrit d'abord les données récentes sur la construction de l'atome, nécessaires à la compréhension des questions concernant les isotopes radio - actifs. En effet, la physique nucléaire a enrichi la recherche médicale d'un nouveau genre de «microscope» qui sont les radio - isotopes avec lesquels se réalise l'examen approfondi des courants métaboliques dans le corps, par la possibilité de suivre, pas à pas, dans l'organisme la marche des réactions les plus délicates, aussi bien en état physiologique qu'en état pathologique. Les résultats obtenus jusqu'aujourd'hui sont considérés par l'auteur comme supérieurs à ceux de l'application des isotopes radio-actifs dans le domaine de la thérapeutique. Mais même dans ce dernier domaine bien des choses ont été réalisées et bien d'autres sont attendues avec impatience, surtout en ce qui concerne la lutte contre les néoplasies malignes. Les autres applications des isotopes radio-actifs se multiplient de jour en jour et concernent l'industrie (par exemple, recherche sur le degré d'usure des différents instruments à l'aide de «tracers»), l'agriculture (production de variétés de plantes de rendement supérieur ou plus résistantes aux diverses maladies, recherches sur l'assimilation des engrais, recherche sur la génétique des plantes etc.), l'élevage (production de plus grandes quantités de produits zootechniques tels que le lait, les œufs etc.), la conservation d'aliments (viandes, poissons, légumes etc.), la médecine (diagnostic et traitement des tumeurs malignes,

conservation d'os, cartilages, aortes ou autres organes destinés à la transplantation etc.).

L'avenir de cette branche de la science s'annonce prometteur et en ce sens collaborent et coordinent leurs recherches, biochimistes, médecins, vétérinaires, ingénieurs - agronomes, nutritionnistes etc., en accord avec les spécialistes de la physique nucléaire.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aub, J. C., R. D. Evans: The late effects of internally deposit radio-active materials in man (1953).
- Ἀσπιώτης Ν.: Γενική Φυσιολογία (1956).
- Bloom W.: Histopathology of radiation from external and internal sources, New York, Mc Graw - Hill (1948).
- Bauer F. K. and all: Amer. J. Med. Sci. (1949).
- Behrens, C. F.: Atomic medicine, New York, Nelson (1949).
- Fink, R. M.: Biological studies with Polonium, Radium and Plutonium, New York, Mc Graw—Hill (1950).
- Glassstone, S.: Sourcebook on atomic energy, New York, Van Nostrand (1950).
- Hahn, P. F.: A Manual of artificial radioisotope therapy, New York, Academic Press (1951).
- Haley T. J.: Les isotopes radioactives en médecine. Triange (1956).
- Hannan R. S.: Research on the science and technology of food preservation by ionizing radiations. Chemical publishing Co Inc. New York (1956).
- Kamen M. D.: Radioactive tracers in biology. Academic Press, New York (1951).
- Καθδασιάδη Κ.: Γενική θεωρητική και ανόργανος Χημεία (ὕπο ἔκδοσιν).
- Low - Beer, B. V. A.: The clinical use of radioactive isotopes, Springfield (1950).
- Nickson, J. J.: Symposium on radiology, New York, Wiley (1950).
- Παπαναστασίου Χ.: Ἐξέλιξις καὶ κατακτήσεις τῆς φυσικῆς κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα (1956).
- Sacks, J.: Isotopic tracers in biochemistry and physiology, New York, Mc Graw—Hill (1953).
- Spear, F. G.: Radiations and living cells, New York, Willy (1953).
- Schonheimer, R.: The dynamic state of body constituents. Harvard University Press, Cambridge Mass (1942).
- Staunton, E.: Textbook of biochemistry. The Mac Millan company, New York (1952).
- Staunton, E.: Physical chemistry for students of biochemistry and medicine. Mac Millan company, New York (1947).
- Τζιθανόπουλος Σ.: Τὸ ἐν Bad Gastein διεθνὲς συμπόσιον ἐπὶ τῶν ἐφαρμογῶν τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων εἰς τὴν ἱατρικὴν. Ἑλλ. Ἱατρικὴ, τόμ. 5, 1956.
- U. S.: Department of Commerce: Maximum permissible amounts of radio-isotopes in the human body and maximum permissible concentrations in air and water, National bureau of standards handbook 52 (1953).