

## 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 ό

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—ήλεκτρόνια)

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 ἀποτελεῖ 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 ἠλεκτρονίων, ἀλλὰ καὶ ὅτι τέμνεται, διασπᾶται· τοῦτο δὲ ἀποτελεῖ καὶ τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τοῦ παρόντος αἰῶνος.

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

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

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

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

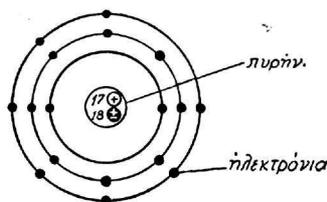
\*\* Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι θετικὸν ἠλεκτρόνιον τοῦ ὁποίου τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον εἶναι ἴσον πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου. Ἐχει ὁμοῦ διάρκειαν ζωῆς βραχυτάτην.

κὸν φορτίον καὶ τὰ ἠλεκτρόνια ἄρνητικόν. Τὰ ἠλεκτρόνια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρήνος μέ ταχύτητα προσεγγίζουσαν τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ἐν τῷ πυρῆν περιέχει θετικῶς φορτισμένας μονάδας αἱ ὁποῖαι καλοῦνται *πρωτόνια* (*protones—protons*) καὶ ἠλεκτρικῶς οὐδέτερας μονάδας αἵτινες καλοῦνται *νετρόνια* ἢ *οὐδέτερόνια* (*neutrones—neutrons*). Ἐπομένως ὁ πυρῆν εἶναι ἠλεκτροθετικός, ἐνῶ τὰ περιβάλλοντα αὐτὸν ἠλεκτρόνια εἶναι ἠλεκτραρνητικά. Τὸ ποσὸν τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἰσοῦται πρὸς τὸ ποσὸν τοῦ ἄρνητικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ὥστε τὸ ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἐν τῷ 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 ὡς ἐλέχθη φέρουν ὀλόκληρον τὸ ἄρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον (ὅπερ ἰσοῦται μὲ τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος), τότε ὁ ἀριθμὸς 17 εἶναι ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ ἀτόμου τούτου, ἦτοι  $Z=17$ .

Ἄτομον 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 πυρῆν ἔχει ὡς ἤδη ἐλέχθη, τὴν μεγαλυτέραν σημασίαν. Τὸ ἀτομικὸν βᾶρος ἐνὸς στοιχείου, ἐξαρτᾶται, κυρίως ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ πυρῆν.

Κατὰ τ' ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὰ ἠλεκτρόνια ὡς αἴθλα ἠλεκτρικὰ φορτία ἠλεκτραρνητικά. Εἶναι αὐτὰ ἅτινα διοχετεύονται κατ' ἀφάνταστα ἑκατομμύρια διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν καλωδίων καὶ σχηματίζουν αὐτὸ ὅπερ καλοῦμεν *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα*. Ἀντιθέτως, ὁ πυρῆν ὅστις ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια ἀποτελεῖ τὴν *ῥην*. Ἐν ἄλλαις λέξεσιν, ἡ ῥη ἀποτελεῖται σχεδὸν ἀποκλειστικῶς ἐκ πυρηνίων ἀτόμων οὔτινες καὶ μόνον ἔχουν μᾶζαν καὶ βᾶρος. Ἡ συγκέντρωσις τῆς ῥης εἰς τόσον μικρὸν χῶρον σημαίνει ὅτι ὁ πυρῆν τοῦ ἀτόμου ἔχει τεραστίαν πυκνότητα. Θεωρεῖται ὅτι ποσότης ἐκ τῆς ῥης τοῦ πυρῆνος εἰς ὄγκον μιᾶς σταγόνης ὕδατος θὰ ἐξύγιζε 2 τόννους.

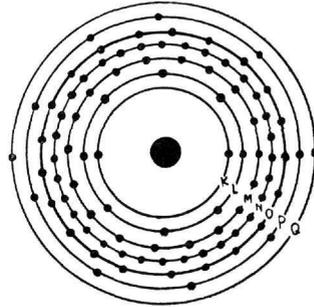
Κατὰ τὴν *διάσπασιν* τοῦ ἀτόμου, διασπᾶται ὁ πυρῆν. Διὰ τοῦτο ὀρθώτερον εἶναι νὰ ὀμιλῶμεν οὐχὶ περὶ ἀτομικῆς ἐνεργείας καὶ διασπάσεως τοῦ ἀτόμου, ἀλλὰ περὶ *πυρηνικῆς ἐνεργείας* καὶ διασπάσεως τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων. Ὁ πυρῆν εἶναι ἐκεῖνος ὅστις ἤρχισεν ἤδη ν' ἀποτελῇ νέαν

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

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

1) Τὰ ἠλεκτρονία διατάσσονται εἰς ὁμοκέντρους κύκλους ἢ καὶ εἰς ἐλλείψεις πέριξ τοῦ πυρῆνος. Οἱ ὁμόκεντροι οὗτοι κύκλοι καλοῦνται *στιβάδες* (φλοιοί). Ὁ ἀριθμὸς τῶν εἶναι ὠρισμένος δι' ἕκαστον στοιχεῖον. Ἀρχόμενα 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



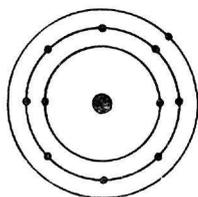
2) Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων εἰς ἑκάστην στιβάδα εἶναι ὠρισμένος. Ἡ πρώτη ἔσωτάτη στιβάς, ἔχει ἀνάγκην 2 ἠλεκτρονίων διὰ νὰ συμπληρωθῇ. Ἡ ἐπομένη στιβάς ἔχει ἀνάγκην 8. Τὰ ἠλεκτρονία τῶν πεπληρωμένων στιβάδων εἶναι τόσον στερεῶς ἠνωμέρα μεταξύ των, ὥστε δὲν δύνανται νὰ μετακινηθοῦν ἐπαρκῶς πρὸς ἐκτέλεσιν χημικοῦ «ἀλματος» 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*.

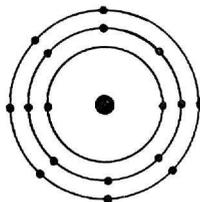
4) Αἱ *χημικαὶ ιδιότητες* τοῦ ἀτόμου ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων τῆς ἔξωτάτης στιβάδος. Ἡ ἔξωτάτη στιβάς π. χ. τοῦ νατρίου (Na) ἔχει ἓν ἠλεκτρόνιον, ἐνῶ τοῦ χλωρίου (Cl) ἔχει 7 ἠλεκτρόνια, δι' ὃ καὶ αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν δύο αὐτῶν στοιχείων εἶναι διάφοροι. Ἀντιθέτως, ἡ ἔξωτάτη στιβάς 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 ὄθεν μόνον τὰ

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

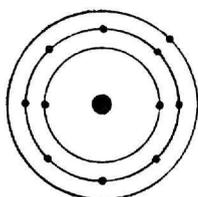


Ἄτομον νατρίου (Na)

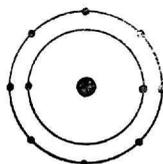


Ἄτομον χλωρίου (Cl)

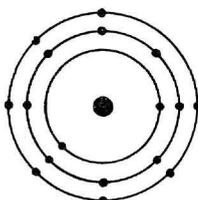
Γενικῶς, τὰ ἄτομα εἰς τὰ μέταλλα χάνουν ἠλεκτρόνια καὶ γίνονται θετικὰ ἰόντα καὶ εἰς τὰ ἀμέταλλα τείνουν νὰ κερδίσουν ἠλεκτρόνια καὶ νὰ σχηματίσουν ἀρνητικὰ ἰόντα.



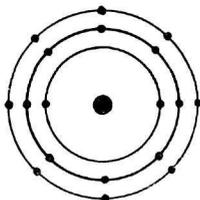
Ἄτομον Na



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, ἢ ἐξωτερικῆς στιβάδος 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 σχηματίσῃ ἰὸν χλωρίου, ὅπερ ἐπίσης ἔχει τὴν ἐξωτερικὴν 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 ἐξωτερικὴν στιβάδα εἰς ἕκαστον

ἄτομον Na, λαμβάνεται ἀπὸ τὸ ἄτομον Cl, διὰ τὰ σχηματισθοῦν ἰόντα  $\text{Na}^+$  καὶ  $\text{Cl}^-$ . Πράγματι, εἷς κρύσταλλος 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 πυρῆν 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 *ἄτομικὸς ἀριθμὸς (Z)*.

Ἐφ' ἐτέρου εἰς τὸν πυρῆνα, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια εἶναι 1850 φορὰς περίπου βαρύτερα τῶν ἠλεκτρονίων, ἐπομένως ἡ *ἄτομικὴ μᾶζα* ἣτις εὐρίσκεται κυρίως διὰ προσθέσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων, ἐξαρτᾶται ἰδίως ἐκ τοῦ πυρῆνος.

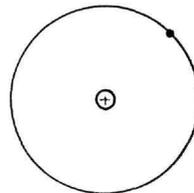
*Τὰ ἰσότοπα ἐνὸς στοιχείου ἔχουν τὸν αὐτὸν ἄτομικὸν ἀριθμὸν* (ἦτοι τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν τῶν ἀρνητικῶς φορτισμένων ἠλεκτρονίων καὶ ἐπομένως καὶ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν τῶν θετικῶς φορτισμένων πρωτονίων), *ἀλλὰ διάφορον ἄτομικὴν μᾶζαν, ὡς ἐκ τοῦ διαφόρου ἀριθμοῦ νετρονίων τῶν πυρῆνων τῶν.*

Τὰ ἰσότοπα ἐπομένως διαφέρουν κατὰ τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων τῶν, νετρόνια τὰ ὁποῖα ἔχουν ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ἄτομικοῦ βάρους, οὐχὶ ὅμως καὶ ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τοῦ στοιχείου. Ἐπομένως, *δύο ἰσότοπα ἔχουν σχεδὸν τὰς αὐτὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ἰδιότητας.*

### Παράδειγμα

Ἐν κανονικὸν ἄτομον ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς πυρῆνος (ὅστις φέρει ἓν πρωτόνιον) καὶ ἐξ ἐνὸς πλανητικοῦ ἠλεκτρονίου. Ἔχει ἄτομικὸν ἀριθμὸν 1 καὶ ἄτομικὴν μᾶζαν 1. Καλεῖται καὶ *πρώτιον (P)*.

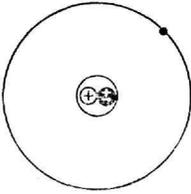
Πρώτιον ἢ P ἢ  ${}^1\text{H}^1$  ἢ  $\text{H}^1$



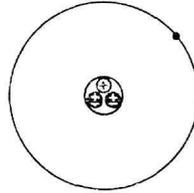
Ἐν ἰσότοπον τοῦ ὑδρογόνου καλούμενον *δευτέριον (D)* ἢ *βαρὸν ὑδρογόνον* συνίσταται ἐξ ἐνὸς πυρῆνος ἀποτελουμένου ἀπὸ ἓν πρωτόνιον καὶ ἓν νετρόνιον, καθὼς καὶ ἐξ ἐνὸς πλανητικοῦ ἠλεκτρονίου. Ἔχει ἄτομικὸν

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.

Ἐτερον 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 βᾶρος). 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 *βαρὴν ὕδωρ* (heavy water—eau lourde) καὶ γράφεται  $\text{D}_2\text{O}$  ἢ  $\text{H}_2^2\text{O}$  ἢ  ${}_1\text{H}_2^2\text{O}$ .

### ΕΙΛΗ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Ἐπάρχουν δύο εἶδη 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 ὠρισμένης ἰδιότητος τοῦ ραδίου.

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

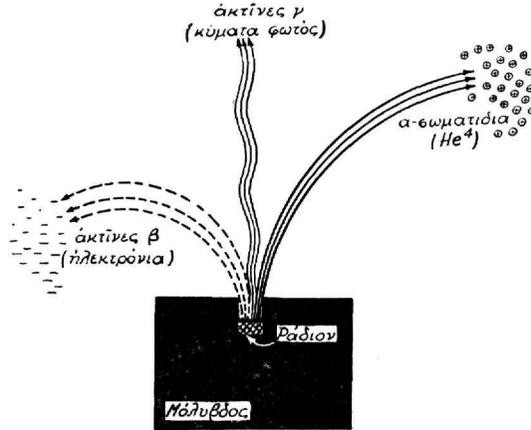
α) α - *σωματίδια* (πυρῆνες ἡλίου). Ταῦτα εἶναι ὡς οἱ πυρῆνες τοῦ ἡλίου, ἦτοι πυρῆνες ἔχοντες 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια δηλαδὴ ἀτομικὴν μᾶζαν 4. Δύνανται νὰ παρασταθοῦν σχηματικῶς ὡς ἐξῆς :



ἢ  $\text{He}^4$

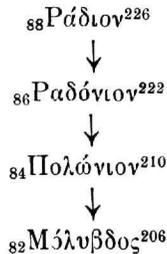
- β) Ἀκτῖνες β αἵτινες εἶναι ἀρνητικὰ ἠλεκτρόνια (πλανητοῦ ηλεκτρόνια καὶ
- γ) Ἀκτῖνες γ αἵτινες εἶναι κύματα φωτὸς (ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα).

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 millicurie 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 πυρήνας τῶν ἀτόμων εἶναι τεράστιον.

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

$$E=mc^2$$

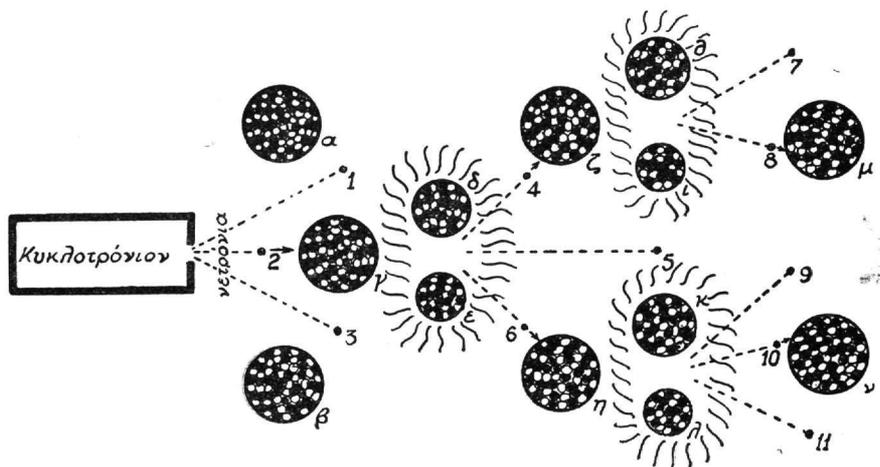
Ὅπου E εἶναι ἡ ἐνέργεια, m ἡ μάζα καὶ c ἡ ταχύτης τοῦ φωτός. Μία ἀπλή μονὰς μάζης θεωρεῖται σήμερον ὡς ἰσοδύναμος πρὸς 1 δισεκατομμύριον ἠλεκτρονικὰ βόλτ ἐνεργείας.

Ὅπως ἡ ὕλη ἔχει ἀτομικὴν ὕφην καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πρωτόνια καὶ

ήλεκτρονία, ούτω και η ενέργεια αποτελείται από μικρότατα στοιχειά ενεργείας ίσα και αδιαίρετα τα οποία ο Planck εκάλεσε κβάντα, εκ τής λατινικής λέξεως quantum, ήτις σημαίνει ποσότητα αδιαίρετον. Ποσότης ενεργείας κατωτέρα του ενός κβάντουμ δέν υπάρχει. Το κβάντουμ ενεργείας καλεῖται σήμερον και φωτόνιον.

Τήν 17ην 'Οκτωβρίου 1955 ἀπεδείχθη ἡ ὑπαρξις ἐτέρου ὑπατομικοῦ σωματιδίου τὸ ὁποῖον ἐκλήθη ἀντιπρωτόνιον (ἀρνητικὸν πρωτόνιον). Ἡ ὑπαρξις του εἶχε προβλεφθῆ θεωρητικῶς πρὸ 25ετίας, μόλις πρὸ τινος ὅμως ἀπεδείχθη πειραματικῶς. Τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ὕλη ήτις 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 αὐτοστιγμει τὸ μεσοτρόνιον, τὸ ὁποῖον ἐξαφανίζεται ἀμέσως και ἀποδίδει ἐνέργειαν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ ὕλη και ἡ ἐνέργεια συγχωνεύονται εἰς μίαν και τήν αὐτὴν ἔννοιαν.

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



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

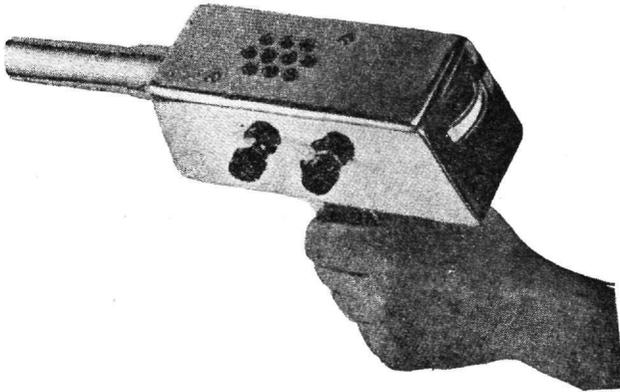
5 καὶ 6 νετρονία. Τὰ ὑπ' ἀριθ. 4 καὶ 6 νετρονία κατὰ τὴν πορείαν των συναντοῦν τοὺς πυρῆνας ζ καὶ η τοὺς ὁποίους καὶ διασποῦν εἰς τοὺς νέους πυρῆνας θ, ι, κ καὶ λ καὶ παράγουν οὕτω νέα μεγάλα ποσὰ ἐνεργείας καὶ ἕτερα νετρονία. Τὰ νετρονία ταῦτα μὲ τὴν σειρὰν των βομβαρδίζουσιν ἑτέρους πυρῆνας καὶ οὕτω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

Ἡ σειρὰ αὕτη τῶν διαδοχικῶν διασπάσεων τῶν πυρῆνων καὶ τῆς ἐλευθερώσεως νετρονίων εἶναι ἡ καλουμένη ἀλυσωτὴ πυρηνικὴ ἀντίδρασις. Λόγω 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 **ἔκρηξιν**. Ἡ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον παραγομένη ἐνέργεια καλεῖται **ἀτομικὴ (πυρηνικὴ) ἐνέργεια**. Τὴν ἐκρηκτικὴν ἰκανότητα τοῦ οὐρανίου ἐξεμεταλλεύθησαν οἱ τεχνικοὶ καὶ κατεσκεύασαν τὴν **ἀτομικὴν βόμβαν**, δι' ἧς ἐβomboαρδίσθη 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 ἀήρ λόγῳ τῆς τεραστίας θερμότητος τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τείνει νὰ διασταλῇ καὶ ὡς ἐκ τούτου παράγεται **κύμα κρούσεως**, τοῦ ὁποίου ἡ καταστρεπτικὴ ἰκανότης ἰσοδυναμεῖ πρὸς τοιαύτην 20.000 τόννων ἐκρηκτικῆς ὕλης. Οἱ θάνατοι ἐπέρχονται οὐχὶ μόνον ἐκ τοῦ κύματος κρούσεως, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῶν ἐκπεπομένων ἀκτίνων γ αἰτινες φθάνουσιν 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 ὑπάρχουσιν ἐν τῇ φύσει **σταθερὰ ἰσότοπα**. Δυνάμεθα ὁμως **τεχνητῶς νὰ παρασκευάσωμεν καὶ ἀκτινεργὰ τοιαῦτα** (radioisotopes), ἧτοι ἰσότοπα ἔχοντα τὰς ἀνωτέρω περιγραφείσας ιδιότητες τοῦ ραδίου. Τοῦτο γίνεται τῇ βοήθειᾳ εἰδικοῦ ὄργάνου καλουμένου **ἀντιδραστήρος**. Δι' αὐτοῦ βομβαρδίζονται μὴ ραδιενεργὰ (σταθερὰ) ἄτομα διὰ νετρονίων. Χρησιμοποιοῦνται τὰ νετρονία πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν διότι ὡς μὴ ἔχοντα ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῶν πυρῆνων τῶν ἀτόμων, ἀλλὰ δύνανται νὰ εἰσέλθουν ἐντὸς τοῦ θετικῶς φορτισμένου πυρῆνος τῶν ἀτόμων καὶ νὰ μετατρέψουν τὰ σταθερὰ ἄτομα εἰς ἀκτινεργὰ τοιαῦτα, εἰς ραδιοϊσότοπα, ἧτοι 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 ἰατρικῇ.

Πολλὰ ὁμως 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  $10^{12}$ , ἧτοι 10 τρισεκατομμύρια ἔτη.

Τὰ σταθερά ἰσότοπα εἴπομεν 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 προσερχόμενον ἐκ τῆς ἀποσχίσεως τοῦ ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου εἰσέλθῃ εἰς τὸ ὄργανον τῶν Geiger—Müller, τότε ῥεεῖ 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 περιστρόφου

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. Ἄξιον περιεργείας εἶναι ὅτι πρὸς ἀπομάκρυνσιν τῆς ραδιενεργείας ὁ ἄνθρωπος προβαίνει εἰς μακρὰν καὶ ἐπιμελημένην πλύσιν τῶν χειρῶν του δι' ἀφθόρον ὕδατος καὶ σάπυκος. Ἐὰν μετὰ νέαν πλύσιν ἀκουσθοῦν ἐκ νέου ὀρισμένα «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 ἢ ἀνίχνευσις καὶ ἡ μέτρησις τῆς ραδιενεργείας τῆς προσερχομένης ἐκ διαφόρων μεμονωμένων ὀργάνων ἢ ἐκ διαφόρων πειραματοζῶων ἢ ἐτέρων ζωϊκῶν ὀργανισμῶν.

### Ἔνια γνωστὰ μέχρι τοῦδε ἰσότοπα.

<sup>2</sup>Ἴσότοπα ὕδρογόνου (H). Ἀναφέρθησαν ἤδη τὸ δευτέριον (D ἢ H<sup>2</sup>) καὶ τὸ τρίτιον (T ἢ H<sup>3</sup>). Ἐξ αὐτῶν τὸ τρίτιον εἶναι ἀκτινεργόν.

<sup>12</sup>Ἴσότοπα ἀνθρακος (C). Ἀναφέρομεν τὰ ἰσότοπα C<sup>12</sup>, C<sup>13</sup>, C<sup>14</sup> καὶ C<sup>14</sup>. Ἐξ αὐτῶν οἱ C<sup>11</sup> καὶ C<sup>14</sup> εἶναι ἀκτινεργά ἰσότοπα. Αἱ ἔρευναι αἱ ἐκτελούμεναι διὰ τοῦ C<sup>11</sup> πρέπει νὰ περατωθοῦν ἐντὸς 5 ὥρῶν.

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

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

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

### ΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ ΕΝ ΤΗ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑ, ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΑΤΡΙΚΗ

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

Ἐν ἀκτινεργὸν ἰσότοπον εἶναι τρόπον τινὰ ἐν «ἐπισεσημασμένον» ἄτομον, ὅπερ εὐρυσκόμενον εἰς ἐν μόριον ἐπισημαίνει καὶ αὐτό. Ἐχομεν τότε τὸ ἐπισεσημασμένον ἢ σεσημασμένον ἢ ἐπισημανθὲν μόριον «*molécule marquée*». Δυνάμεθα ὀφείν νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν πορείαν του ἐν τῷ σώματι, τῷ ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ πράξωμεν μὲ τὰ ὑπόλοιπα κοινὰ ἄτομα ἢ μόρια. Ὁ ὄργανισμὸς ἴσ' ἐξέρου δὲν ποιεῖ διάκρισιν μεταξὺ ἐπισεσημασμένων καὶ μὴ στοιχείων. Τὰ ἐπισεσημασμένα στοιχεῖα συμπεριφέρονται ἐν τῷ ὄργανισμῷ ὡς καὶ τὰ ὑπόλοιπα κανονικὰ τοιαῦτα. Δίδονται ὀφείν ἐπισεσημασμένα στοιχεῖα καὶ παρακολουθεῖται ἡ ἐν τῷ ὄργανισμῷ τύχη των. Ἐπελύθησαν οὕτω καὶ πρόκειται εἰσέτι νὰ ἐπιλυθῶν πολλὰ κενὰ εἰς τὰς μέχρι τοῦδε ἐπὶ τοῦ μεταβολισμοῦ γνώσεις μας, ὡς καὶ ἐπὶ τῆς πορείας τῶν διαφόρων μεταβολικῶν ρευμάτων ἅτινα διατρέχουν τὸν ὄργανισμὸν. Ἐρευνήθησαν ἰδίως, λίαν ἐπιτυχῶς, διάφορα προβλήματα ἔχοντα σχέσιν μὲ τὴν διαβατότητα τῶν μεμβρανῶν καὶ ἰδίως μὲ τὸν μεταβολισμὸν τῶν τριῶν κατηγοριῶν τῶν ὄργανικῶν 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 μεταβολισμὸν 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 κινήτηρα αὐτοκινήτου. Ἡ μέτρησις μετὰ πάροδον ὠρισμένου χρόνου λειτουργίας τῆς ραδιενεργείας τοῦ ἐλαίου τὸ ὁποῖον ἐχρησίμωσε 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 φθορὰ, ἡ ἔκτασις τῆς ὁποίας εὐρίσκεται ἐκ τοῦ ποσοῦ τῆς ραδιενεργείας τοῦ ἐλαίου ἣτις μετρεῖται 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 ἕτι διαρκῶς πληθυνομένας βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς.

Ἡ διατήρησις τροφίμων ἀποτελεῖ ἑτέραν ἐφαρμογὴν. Πειράματα ἀπέδειξαν ὅτι πλείστα 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 τούδε 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 ποῖον καὶ τὸ ποσὸν τῶν ἀνοργάνων ἀλάτων τῶν ἀπαραιτή-

των εἰς τὰ κατοικίδια ζῶα διὰ τὴν ἀποτροπὴν ἀσθενειῶν (μεταλλοπενιῶν) καὶ τὴν καλλιτέραν ἀποδοτικότητα τῶν εἰς ζωοκομικὰ προϊόντα (γάλα κλπ.). Καθορίζεται κατὰ τρόπον ταχὺ καὶ ἀκριβῆ ἡ ἀποτελεσματικότης τῶν χημικῶν λιπασμάτων δι' εὐρέσεως τῆς καταλληλοτέρας ποιοτικῆς καὶ ποσοτικῆς αὐτῶν συμμετοχῆς εἰς τὴν ἀφομοίωσιν τῶν φυτῶν. Εἰς τὸν τομέα αὐτὸν ὁ ἀκτινεργὸς φωσφόρος κατέχει προέχουσαν θέσιν. Ὡς πρὸς τὸν ἀκτινεργὸν ἄνθρακα 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 ὄρισμένας 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 ὄρισμένας ἀσθενείας ὡς 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 ἀκτίναν  $\gamma$ , 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 ἠρνοίχθη 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 ( $\text{Au}^{198}$ ) 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 ( $\text{Au}^{198}$ ) ἔχουν τάσιν ἐκλεκτικῆς ἀθροίσεως

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

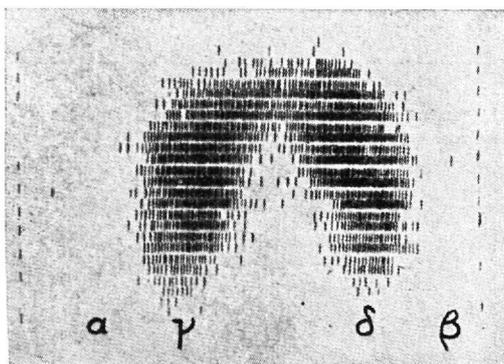
**Σίδηρος (Fe).** Ὁ ἀκτινεργὸς σίδηρος ( $Fe^{59}$ ) ἐνσωματοῦται εἰς τὸ μόριον τῆς αἰμοσφαιρίνης. Οὕτω ἐπισημανθέντα ἐρυθροκύτταρα χρησιμεύουν εἰς πλείστους ἐρευνητικούς σκοπούς, ὡς ἡ εὔρεσις τοῦ ὀλικοῦ ὄγκου τοῦ αἵματος, ἢ αἰμοποιητικῆ δραστηριότητος τοῦ ὄργανισμοῦ κλπ.

**Φωσφόρος (P).** Χρησιμοποιεῖται ὁ  $P^{32}$ . Ἐγένοντο πολλαὶ ἔρευναι ἐπὶ τοῦ μεταβολισμοῦ τῶν φωσφορικῶν ἐστέρων, νουκλεϊνικῶν ὀξέων, νουκλεοπρωτεϊνῶν καὶ φωσφολιπιδῶν. Ἀπεδείχθη ἐπίσης ὅτι ὁ ἀναγεννώμενος νευρικός ἴστος λαμβάνει περισσότερον  $P^{32}$  τοῦ κανονικοῦ ἴστοῦ. Οἱ ὄγκοι ταχείας ἀναπτύξεως λαμβάνουν περισσότερον  $P^{32}$  τῶν ὑγιῶν ἴστων. Ἐπισεσημασμένα ἐρυθροκύτταρα διὰ  $P^{32}$  χρησιμεύουν πρὸς εὔρεσιν τοῦ ὀλικοῦ ὄγκου τοῦ αἵματος. Χρησιμεύει ἐπίσης πρὸς εὔρεσιν τῆς τύχης τῶν λευκοκυττάρων ἐν τῷ ὄργανισμῷ.

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

Ὑπὸ τοῦ Cassen καὶ τῶν συνεργατῶν του εὑρέθη ὄργανον αὐτομάτου διερευνησεως τῶν θυροειδῶν ἀδένων. Εἶναι ὁ *σπινθηρογράφος* (scintillateur) δι' οὗ λαμβάνονται *σπινθηρογραφήματα* (scintogrammes.). Δόσις εἰς τὸν ἄνθρωπον 100 - 250  $\mu Ci^{131}$  διαγράφει τὰ ὄρια τοῦ θυροειδοῦς καὶ ἰδίως εἰς τὴν περιοχὴν εἰς ἣν τὸ ἰώδιον συγκεντροῦται.

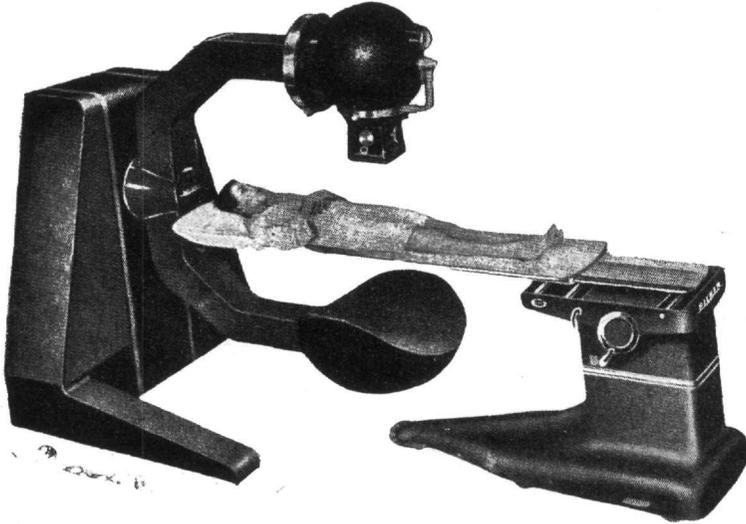
Σπινθηρογράφημα (scintogramme) θυροειδοῦς ἀδένος ἀνθρώπου. Ἡ περιοχὴ α - β δεικνύει τὴν ἔκτασιν τοῦ θυροδοῦς ἀδένος. Αἱ γ καὶ δ εἶναι αἱ περιοχαὶ καθ' ἃς παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα συγκέντρωσις ἀκτινεργοῦ ἰωδίου (Dr. B. Cassen).



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

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

πυρην τοῦ κοβαλτίου ( $\text{Co}^{60}$ ). Οὗτος ἔχει βραχεῖαν ἡμιπερίοδον ζωῆς, ἤτοι μόνον 10,7", ἀλλὰ δι' ἐκπομπῆς ἀκτίνων  $\gamma$  μεταβάλλεται εἰς ἰσομερῆς ἀκτινεργὸν κοβάλτιον ( $\text{Co}^{60}/_{27}$ ) ὅπερ ἔχει μακρὰν ἡμιπερίοδον ζωῆς καὶ χρησιμοποιεῖται συνεχῶς καὶ περισσότερο εἰς τὴν θεραπείαν κακοήθων ἐν τῷ βᾶθει νεοπλασιῶν τοῦ ἐγκεφάλου καὶ ἐτέρων ὀργάνων.



Βόμβα κοβαλτίου διὰ τὴν θεραπείαν κακοήθων ὄγκων.

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

#### Ἐκτινεργὰ ἰσότοπα εὐρείας χρήσεως

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

Ἀποστειρώσεις ὀστών, ἄορτων κλπ. Ἡ συνήθης ἀποστειρώσεις ὀστών, ἄορτων κλπ. πρὸς μεταμόσχευσιν ἢ δι' ἑτέρας ἐπεμβάσεις προκαλεῖ βλάβας αὐτῶν. Ἀντιθέτως, ἡ ἀποστειρώσεις διὰ  $Co^{60}$  ἢ  $Cs^{137}$  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. Ὁ ἐλάχιστος χρόνος ἀκτινοβολίας ἀνέρχεται εἰς 4 ὥρας. Πάντα ταῦτα ἀποτελοῦν νέους τομεῖς ἐφαρμογῶν τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων.

### Οἱ κίνδυνοι ἐκ τῆς ἐπιπτώσεως ραδιενεργοῦ κόνεως.

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

Τόσον ἡ Ἀμερικανικὴ Ἐθνικὴ Ἀκαδημία Ἐπιστημῶν, ὅσον καὶ πλείστοι διακεκριμένοι εἰδικοί ἐρευνῆται θεωροῦν ὅτι ἡ ὀφειλομένη εἰς τὸν ἄνθρωπον ραδιενεργὸς ἀκτινοβολία εἶναι τόσον περιορισμένης κλίμακος ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ προκαλέσῃ ἐμφανῆ ἀποτελέσματα ἐπὶ τοῦ ἀνθρώπινου ὄργανισμοῦ, πολλῶ δὲ μᾶλλον καταστρεπτικὰ τοιαῦτα.

Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἕτεροι ἐπιστήμονες οἵτινες ὑποστηρίζουν ὅτι οἰονδήποτε ποσὸν «τεχνητῆς» ραδιενεργείας — ὅσονδήποτε μικρὸν καὶ ἂν εἶναι τοῦτο — εἶναι ἢ δύναται ν' ἀποβῆ ἐπικίνδυνον. Οὗτοι διατείνονται ὅτι ἀκόμη καὶ τὸ σημερινὸν ἐλάχιστον ποσοστὸν ραδιενεργοῦ ἐπιπτώσεως δύναται, ἐνδεχομένως, νὰ προκαλέσῃ καρκίνον τῶν ὀστών, λευχαιμίαν ἢ διαταραχὰς τῆς γεννητικῆς σφαίρας.

Πρὸς προαγωγὴν τοῦ ζωτικῆς ταύτης σημασίας ζητήματος συνεστήθη εἰς τὸ Ἀμερικανικὸν Κογκρέσσον εἰδικὴ Ἐπιτροπὴ (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 εἰσηγηθῆ σχετικῶς.

### Συμπέρασμα

Αἱ γνώσεις αἱ ἀφορῶσαι εἰς τὴν κατασκευὴν τοῦ ἀτόμου καὶ εἰς τὰ περὶ ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων εἶναι ἀπαραίτητοι εἰς τὴν ἐν γένει ἰατρικὴν τῆς σήμερον. Ἡ πυρηνικὴ φυσικὴ παρέσχεν εἰς τὴν ἰατρικὴν 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 ὄργανισμῷ, τόσον ὑπὸ φυσιολογικὰς ὅσον καὶ ὑπὸ παθολογικὰς συνθήκας. Τὰ μέχρι τοῦδε ἀποτελέσματα ὑπῆρξαν ἀνώτερα τῶν ἐφαρμογῶν τῶν ἀκτινεργῶν ἰσοτόπων ἐν τῇ θεραπευτικῇ. Ἀλλὰ καὶ εἰς τὸν τομέα αὐτὸν πολλὰ ἤδη ἐγένοντο καὶ πολλὰ ἕτερα 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 (παραγωγή ποικιλιῶν φυτῶν πλεον ἀποδοτικῶν ἢ πλεον ἀνθεκτικῶν εἰς ἀσθενείας, ἔρυναι ἐπὶ τῆς καταλληλότητος τῶν λιπασμάτων, ἐπὶ τῆς γενετικῆς τῶν φυτῶν κλπ.), τὴν κτηνοτροφίαν (παραγωγή περισσοτέρων ζωοκομικῶν προϊόντων, ὡς γάλακτος, ὠῶν κλπ.), τὴν διατήρησιν τροφίμων (κρέατος, ἰχθύων, λαχανικῶν κλπ.), τὴν ἰατρικὴν (διάγνωσιν καὶ θεραπείαν κακοήθων ὄγκων, διατήρησιν ὀστέων, χόνδρων, ἄορτῶν ἢ ἐτέρων πρὸς μεταμόσχευσιν προοριζομένων ὀργάνων κλπ.).

Τὸ μέλλον τοῦ κλάδου τούτου τῆς ἐπιστήμης προβλέπεται λαμπρόν, δι' ὃ συνεργάζονται καὶ συντονίζουσι τὰς ἐργασίας τῶν βιοχημικοῦ, ἰατροῦ, κτηνίατροι, γεωπόνου, διαιτολόγου 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.

#### Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- Aub, J. C., R. D. Evans**: The late effects of internally deposit radio-active materials in man (1953).
- 'Ασπώτης 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).
- Καθβασιάδη Κ.**: Γενική θεωρητική και ανόργανος Χημεία (υπό έκδοσιν).
- 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.**: 'Εξέλιξεις και κατακτήσεις τής φυσικής κατά τόν 20όν αιώνα (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).
- Stanton, E.**: Textbook of biochemistry. The Mac Millan company, New York (1952).
- Stanton, E.**: Physical chemistry for students of biochemistry and medicine. Mac Millan company, New York (1947).
- Τζιθανόπουλος Σ.**: Τò έν Bad Gastein διεθνές συμπόσιον επί τών εφαρμογών τών ακτινεργών ισωτόπων εις τήν ιατρικήν. 'Ελλ. 'Ιατρική, 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).