

# ΑΡΧΕΙΟΝ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ

ΚΑΙ

# ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΟΝ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΟΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΝ

«Τὸ γὰρ αὐτὸ νοεῖν ἐστὶν τε καὶ εἶναι»  
ΠΑΡΜΕΝΙΑΝΣ

ΤΑΚΤΙΚΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΑΙ

Heinrich Rickert τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Heidelberg.  
— Karl Joël τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Basel. — Ernst Hoffmann τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου Heidelberg. — Erich Frank, τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Marburg. — Guido Calogero τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Φλωρεντίας. — Ραφ. Δήμου, καθ. τοῦ Πανεπιστημίου Harvard τῶν Ἡν. Πολ. τῆς Ἀμ. — Κ. Τριανταφυλλόπουλος τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου τῶν Ἀθηνῶν. — August Faust ὕψηγ. τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Heidelberg. — Μιχ. Τσαμαδὸς σύμβουλος ἐπικρατείας. — Χ. Τζωρτζόπουλος τακτ. καθ. τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. — Franz Bæhm ὕψηγ. τοῦ Πανεπιστημίου Heidelberg — Παν. Κανελλόπουλος καθ. Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν. — Κωνσταντῖνος Τσάτσος ἔκτ. καθ. Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν. — Ἰωάν. Θεοδορακόπουλος τακτ. καθ. Πανεπιστημίου Θεσ/νίκης. — Θεμ. Τσάτσος ὕψηγ. Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ  
ΤΥΠΟΙΣ: Κ. Σ. ΠΑΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗ  
ΨΑΡΡΩΝ 41  
1934

Ε.Υ.Δ της Κ.τ.Π  
ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2006

# Ο ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΑΙΤΙΟΤΗΤΟΣ ΕΝ ΤΗ ΝΕΩΤΕΡΑ ΦΥΣΙΚΗ

ΥΠΟ

## Ι. ΓΡΑΤΣΙΑΤΟΥ

Αι φυσικαί τροποποιήσεις, τὰς ὁποίας ὑπέστη κατὰ τὰ τελευταία ἔτη ἡ εἰκὼν τοῦ κόσμου τῆς Φυσικῆς συνεπεία τῆς ἐξελέξεως τῆς θεωρίας τῶν Quanta ἔθεσαν ἐπὶ τάπητος τὸ πρόβλημα τῆς ἰσχύος τοῦ νόμου τῆς αἰτιότητος. Ἡ κριτικὴ, εἰς τὴν ὁποίαν ὑπεβλήθη ὁ νόμος οὗτος ἐν τῇ Φυσικῇ δύναται νὰ διατυπωθῇ κατὰ δύο τρόπους: Κατὰ τοὺς μὲν ἡ θεωρία τῶν Quanta ἀπέδειξεν, ὅτι ἡ ἀρχὴ τῆς αἰτιότητος δὲν ἰσχύει ἐν τῇ φύσει· κατὰ τοὺς ἄλλους ἀπεδείχθη αὕτη κενὴ ἐννοία. Ὡς ἀντιπρόσωποι τῶν δύο τούτων κατευθύνσεων ἀναφέρονται δύο ἐκ τῶν κορυφαίων συγχρόνων φυσικῶν, ἐκ τῶν πρωτεργατῶν τῆς νέας μηχανικῆς τῶν Quanta, ὁ W. Heisenberg καὶ ὁ M. Born.

Ὁ Heisenberg ἐκφράζεται ὡς ἑξῆς: (Zeitschrift für Physik Bd. 43, 1927).

«Ἐπειδὴ ὅλα τὰ πειράματα ὑπόκεινται εἰς τοὺς νόμους τῆς Μηχανικῆς τῶν Quanta, διὰ τοῦτο ἡ μὴ ἰσχύς τοῦ νόμου τῆς αἰτιότητος ἀπεδείχθη ὑπὸ τῆς Μηχανικῆς τῶν Quanta ὀριστικῶς». Ὁ δὲ Born (Naturwissenschaften 17, 1929) γράφει:

«Τὸ ἀδύνατον νὰ μετρηθοῦν ἀκριβῶς ὅλα τὰ δεδομένα μιᾶς καταστάσεως ἐμποδίζει τὸν ἐκ τῶν προτέρων προσδιορισμὸν τῆς περαιτέρω ἐξελέξεως. Τοιοῦτοτρόπως, ἡ ἀρχὴ τῆς αἰτιότητος ὑπὸ τὴν συνήθη αὐτῆς διατύπωσιν χάνει κάθε ἐννοίαν. Διότι ἐφ' ὅσον εἶναι κατ' ἀρχὴν ἀδύνατον νὰ γνωρίζωμεν τὰς συνθήκας (αἷτια) ἑνὸς φαινομένου, τὸ νὰ λέγωμεν ὅτι κάθε γεγονός ἔχει αἷτιον, εἶνε λέξεις κεναὶ ἐννοίας».

Πρὸς κατανόησιν τῆς ἀληθοῦς σημασίας, ἣτις πρέπει νὰ ἀποδοθῇ εἰς τὴν κριτικὴν ταύτην, εἶνε ἀνάγκη πρῶτον νὰ ἐξακριβωθῇ, ὑπὸ ποίαν ἐννοίαν γίνεται (ἢ ἐγένετο μέχρι τοῦδε) χρῆσις τῆς λέξεως αἰτιό-

της ἐν τῇ φυσικῇ ἐπιστήμῃ καὶ κατόπιν νὰ ἐξετασθῶν αἱ τροποποιήσεις, τὰς ὁποίας ἐπέφερεν ἡ νεωτέρα ἐξέλιξις.

Τὴν λέξιν αἰτιότητος μεταχειρίζομεθα εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις ὅπου δεχόμεθα ἐξάρτησιν μεταξὺ δύο ἢ περισσοτέρων γεγονότων. Ὅταν ὁμιλοῦμεν περὶ αἰτιολογικῆς σχέσεως μεταξὺ δύο ἀλληλοδιαδόχων γεγονότων, δεχόμεθα ὅτι ὑπάρχει μεταξὺ των σύνδεσμος τις οὕτως ὅσπερ τὸ ἐν, τὸ προηγούμενον χρονικῶς νὰ ἐμφανίζεται ὡς αἷτιον, τὸ δὲ ἐπόμενον ὡς ἀποτέλεσμα. Ἡ ἐξάρτησις, ὁ σύνδεσμος οὗτος ἐκφράζεται ἐν τῇ ἐπιστήμῃ δι' ἑνὸς νόμου καὶ ἐπισημαίνεται αἰτιότητος δὲν εἶνε τίποτε ἄλλο ἢ ἡ ὁμαρξίς ἑνὸς νόμου. Σημειώνομεν πρὸς τὴν ἀσχήν τῆς αἰτιότητος (αἰτιωκρατείας) πᾶν ὅ,τι συμβαίνει ἐν τῷ κόσμῳ συμβαίνει κατ' ὁρισμένους νόμους.

Ἡ οἷα ὅμως εἶνε ἡ ἀκριβὴς σημασία μιᾶς τοιαύτης προτάσεως; Μία γενικὴ πρότασις δὲν εἶνε τίποτε ἄλλο εἰμὴ μία σχέσις μεταξὺ συμβόλων ἢ ἔννοιῶν. Αὐτὰ νὰ εἶνε λοιπὸν δυνατὸν νὰ χαρακτηρισθῶν ὡς ἀληθῆς ἢ ψευδῆς καὶ γενικώτερον νὰ κατανοηθῶν ἢ σημασία της εἶνε ἀνιένχη νὰ γνωρίζομεν εἰς τί συγκεκριμέναις ἐντοπίαις ἐκ τοῦ πραγματικοῦ κόσμου (τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων) ἀντιτασσῶν τὰ ἐν αὐτῷ περιεχόμενα σύμβολα, ὑποτιθεμένων βεβαίως ὅτι ἡ ἐν λόγῳ πρότασις λέγει τι περὶ τοῦ πραγματικοῦ κόσμου καὶ δὲν εἶνε πρότασις ταυτολογικῆ.

Ἐν τῇ ἀνωτέρῳ διαπιστωθείσῃ προτάσει περιέχεται ἡ ἔννοια τοῦ φυσικοῦ νόμου. Ταύτην λοιπὸν πρέπει νὰ συζητήσωμεν πρὸς ἐντοπίαις ἐκ τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων.

Φυσικὸς νόμος εἶνε μαθηματικὴ σχέσις μεταξὺ φυσικῶν μεγεθῶν, καὶ ἐν φαινόμενον κατάσταση ἐν τῇ Φυσικῇ ὑπὸ μιᾶς διαδοχῆς τιμῶν ὁρισμένων φυσικῶν μεγεθῶν. Τὸ φαινόμενον π. χ. τῆς κινήσεως ἑνὸς ὀλικοῦ σημείου κατάσταση ὑπὸ τῆς διαδοχῆς τῶν τιμῶν τῶν συντεταγμένων, αἵτινες ὁρίζουσι τὴν θέσιν του, ἐν τῷ χρόνῳ.

Τὰ ἀμέσως δεδομένα τοῦ φυσικοῦ φαινομένου εἶνε ἡ ἐν λόγῳ διαδοχὴ τιμῶν ὡς ἀποτέλεσμα τῆς παρατηρήσεως. Αὐτὰ νὰ δυνηθῶμεν νὰ εἴπωμεν ὅτι τὸ φαινόμενον συμβαίνει κατὰ τινα νόμον πρέπει ἐκείνη τοιαύτη διαδοχὴ τιμῶν σχετικῆ μὲ τὸ ἐν λόγῳ φαινόμενον νὰ ἔχη ὁρισμένας ἰδιότητας, οὕτως ὥστε νὰ ικανοποιῇ τὴν σχέσιν τὴν ἐκφρά-

ζουσαν τὸν νόμον τοῦ φαινομένου. Ὡς διδάσκουν ὁμῶς τὰ Μαθηματικά, δοθείσης οἰασδῆποτε σειρᾶς τιμῶν δοθέντων μεγεθῶν εἶνε πάντοτε δυνατόν νὰ εὑρεθῇ σχέσις (συναρτήσεις) ἀποδίδουσα αὐτὴν μετ' ἀπεριορίστου ἀκριβείας. Ἐκ τούτου ἔπεται ὅτι οἰαδῆποτε σειρά τιμῶν δύναται νὰ θεωρηθῇ ὑπακούουσα εἰς τινὰ νόμον. Ἡ ὑπαρξίς νόμων ὑπὸ τὴν ἔννοιαν ταύτην εἶνε καίτι τὸ αὐτονόητον.

Λεὶ νὰ δύναιται ὁμῶς μία σχέσις μεταξὺ φυσικῶν μεγεθῶν νὰ θεωρηθῇ ὡς φυσικὸς νόμος εἶνε ἀνάγκη νὰ ἐπαληθεύεται καὶ διὰ τιμὰς τῶν μεγεθῶν τούτων μὴ χρησιμοποιηθείσας πρὸς εὑρεσιν αὐτῆς. Δηλαδή: Μία σχέσις μεταξὺ δύο ἢ περισσοτέρων μεγεθῶν μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν τιμὴν ἑνὸς ἔξ αὐτῶν τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς ὠρισμένας τιμὰς τῶν ἄλλων. Αἱ οὕτω προκύπτουσαι τιμαὶ πρέπει νὰ συμφωνοῦν ἀκριβῶς μετὰς τὰς τιμὰς, τὰς ὁποίας δίδει ἡ ἀμεσοῦς μέτρησις τῶν θεωρουμένων μεγεθῶν καὶ ὅταν ἀκόμη αἱ τιμαὶ αὗται δὲν ἐχρησιμοποιήθησαν πρὸς εὑρεσιν τῆς ἐν λόγῳ σχέσεως. Μὲ ἄλλους λόγους πρέπει ἡ σχέσις αὕτη νὰ μᾶς καθιστᾷ δυνατόν τὴν ἀκριβῆ πρόβλεψιν τῆς τιμῆς, τὴν ὁποίαν θὰ λάβῃ ἐν τῶν ὑπ' αὐτῆς συνδεομένων μεγεθῶν δι' ὠρισμένας τιμὰς τῶν ἄλλων. (Εἶνε δυνατόν νὰ ἔχωμεν καὶ περισσοτέρας σχέσεις, ὁμοειδεῖς ἐκφραζούσας τὸν αὐτὸν νόμον, ὅποτε δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὰς τιμὰς ἰσαρίθμων πρὸς αὐτὰς μεγεθῶν συναρτήσεως τῶν ὑπολοίπων ὅπως π.χ. τὰς τιμὰς τριῶν συντεταγμένων ὑλ. σημείου συναρτήσεως τοῦ χρόνου). Μόνον ὅταν ὁ ἔλεγχος οὗτος δώσῃ ἱκανοποιητικὰ ἀποτελέσματα, παραδέχεται ὁ φυσικὸς ὅτι ἡ σχέσις, τὴν ὁποίαν ἐξετάζει παραστῆς πράγματι φυσικὸν νόμον. Τὸ κριτήριον λοιπὸν τῆς αἰτιότητος εἶνε ἡ ἀκριβὴς πρόβλεψις. Ἐν γεγονόσῃ εἶνε αἰτιολογικῶς ὠρισμένον ὅταν δύναται νὰ προβλεφθῇ μετ' ἀκριβείας.

Ἐνταῦθα ὁμῶς πρέπει νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς:

1) Ἡ πρόβλεψις δὲν δύναται νὰ γίνῃ ἐν τῇ πραγματικότητι ἢ εἰς πεπερασμένον ἀριθμὸν περιπτώσεων, τίποτε δὲ δὲν μᾶς ἀποδεικνύει ὅτι μελλοντικαὶ παρατηρήσεις θὰ δώσουν ἀποτελέσματα σύμφωνα μετὰ τὸν νόμον. Ἡ ἐπαλήθευσις τῶν προβλέψεων δὲν ἀποδεικνύει ἄρα τελειωτικῶς τὴν ὑπαρξίν αἰτιότητος, τὴν καθιστᾷ μόνον πιθανήν. Τὸ νὰ λέγωμεν λοιπὸν ὅτι ὑπάρχει μία αἰτιολογικὴ σχέσις δὲν ἀποτελεῖ ἀπόφρασιν, διότι μία ἀπόφρασις πρέπει νὰ εἶνε δυνατόν νὰ ἐπαλη-

θεωρῆται τελειωτικῶς, ἐνῶν ἐνταῦθα ἢ ἐπιβλήθενται γίνεται μόνον εἰς μεμονωμένας περιπτώσεις. Σύμφωναν πρὸς ταῦτα εἶνε καὶ τὸ γεγονός ὅτι κατὰ τὴν διατύπωσιν ἐνὸς νόμου ὑπάρχει πάντοτε ἢ ἐπιβύλαξις τῆς ἐπὶ τῇ βίβσει μεταγενεστέρας πλέον ἐκτετακτέρας ἢ ἀκριβεστερας παρατηρήσεων τροποποιήσεως αὐτοῦ. Λιὰ ταῦτα ἀριθμῶς ἔχει παρατηρηθῆ εἰς τὰς σχετικὰς ἐργασίας, ὅτι οἱ φυσικοὶ νόμοι δὲν ἀποτελοῦν ἀπὸ λογικῆς ἀποδείξεως ἀποδείξεως, ἀλλὰ ὁδηγία πρὸς διατύπωσιν ἀποδείξεων.

2) Αἱ προβλέψεις δὲν εἶνε ποτὲ δυνατὸν νὰ ἐπαληθευθοῦν μετ' ἀπολύτου ἀκριβείας. Ὅσονδήποτε τελειοποιημένα ὄργανα μετρήσεως καὶ ἂν μεταχειρισθῶμεν οὐδέποτε τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως ἐνὸς μεγέθους συμφωνεῖ ἀπολύτως μετ' τὸν προἰσπολογισθέντα ἀριθμὸν. Σύμφωναν πρὸς τὴν ἀνωτέρω διαθεσίαν διατάξασιν τῆς ἀρχῆς τῆς αἰτιότητος δὲν θὰ ἔπρεπε νὰ ὑπάρχη οὐδὲν φανταστικὸν ἔκτακτον εἰς τὴν ἀρχὴν ταύτην.

Λιὰ τὸν λόγον ταῦτον ἢ φυσικῆ, διὰ τὴν αἰτίαν ἢ αἰσθητὰ αἰτιοκρατία ὑπῆρξεν ἀνεκάλειν δόγμα θεωρητικῶδες, δὲν ἀνιστάται τὴν ποιότητα, περὶ ἧς ὁ λόγος, εἰς τὸ πραγματικὸν ἀποτέλεσμα τῆς μετρήσεως, ἀλλ' εἰς ἐν ἰδεῶδες τοιοῦτο, ἀντικαθίσταται τὸν κόσμον τῶν αἰσθήσεων, ὅστις μᾶλλον εἶνε ἀμέσως ἀντιληπτὸς διὰ τὸν αἰσθητικὸν ὄργανον μας ἀμέσως ἢ τῇ βοήθειᾳ τῶν ὄργάνων μετρήσεως, διὰ τῆς φυσικῆς εἰκόνας τοῦ κόσμου, ἧτις εἶνε λογικὸν οἰκονομικὸν ἀποτέλεσμα ἀπὸ αἰσθητικῆς καθορισμένης ἐννοίας ἢ σύμβολοι ἐνῶν, αἱ ἐντοπώσεις ἐκ τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων εἶνε κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἀσαφεῖς.

Κατὰ ταῦτα εἰς ἕκαστον φυσικὸν μέγεθος, ἐπιδεικτικὸν μετρήσεως ἀντιστοιχεῖ ἐν τῇ φυσικῇ εἰκόνι τοῦ κόσμου ἐν μαθηματικὸν σύμβολον καὶ ἐνῶν τὸ μέγεθος θεωροῦμενον ὡς ἀμέσως δεδομένον διὰ μετρήσεως δὲν δύναται νὰ παρασταθῆ ὑπὸ ἐντελῶς ὁρισμένον ἀριθμοῦ, τὸ ἀντίστοιχον εἰς αὐτὸ σύμβολον τῆς φυσικῆς εἰκόνας τοῦ κόσμου ἔχει ἕκαστοτε αἰσθητικῶς καθορισμένην τιμὴν.

Ἡ φυσικὴ εἰκὼν τοῦ κόσμου, περιέχουσα ἄλλως τε καὶ ἐννοίας μὴ ἐχοῦσας οὐδεμίαν ἀμεσον σημασίαν διὰ τὸν κόσμον τῶν αἰσθήσεων, εἰς τὰς ὁποίας δηλ. δὲν ἀντιστοιχοῦν μεγέθη ἐπιδεικτικὰ μετρήσεως.

εἶνε φυσικὰ μία βοηθητικὴ ἔννοια πρὸς μελέτην καὶ ὅσον τὸ δυνατόν ἀκριβεστέρῃαν πρόβλεψιν τῶν φαινομένων τοῦ τελευταίου τούτου κόσμου. Ἐν τῇ κλασικῇ φυσικῇ αὕτη γίνεται ὡς ἑξῆς: Τὸ ὑπὸ μελέτην ἀντικείμενον τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων (ὕλικόν σῶμα, ὕλικόν σημεῖον) μεταφέρεται εἰς τὴν φυσικὴν εἰκόνα τοῦ κόσμου δηλ. εὐρίσκονται σύμβολα ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὰς ἐντυπώσεις τὰς ὁποίας ἔχομεν ἐξ αὐτοῦ, καὶ αἱ τιμαὶ αὐτῶν εἰς μίαν ὁρισμένην χρονικὴν στιγμήν εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ ἑπίσης μία αὐστηρῶς καθωρισμένη τιμὴ (π. χ.  $t_0$ ) τοῦ συμβόλου τοῦ χρόνου  $t$ . Αἱ ἀναλόγων συμβόλων παρίστανται καὶ αἱ ἑξωτερικαὶ ἐπιδράσεις εἰς τὰς ὁποίας ὑπόκειται τὸ ἀντικείμενον τοῦτο. Οὕτω ἔχομεν ἓν ὁρισμένον φυσικὸν σύστημα εὐρισκόμενον ὑπὸ ὁρισμένης ἑξωτερικῆς συνθήκας καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὁρισμένων ἑξωτερικῶν δυνάμεων. Τῇ βοήθειᾳ τῶν δεδομένων τούτων καὶ τῶν σχέσεων (νόμων) τὰς ὁποίας δίδει ἡ θεωρία συνήθως ὑπὸ μορφήν διαφορικῶν ἑξισώσεων εὐρίσκονται διὰ μαθηματικῶν μετασχηματισμῶν αἱ τιμαὶ τῶν συμβόλων αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς μίαν ἄλλην χρονικὴν στιγμήν  $t_1$  καὶ δὴ μετ' ἀπολύτου ἀκριβείας. Λιὰ μεταφορᾶς τῶν συμβόλων τούτων εἰς τὸν κόσμον εὐρίσκομεν τὰς ἐντυπώσεις (τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων) τὰς ὁποίας δεόν κατὰ προσέγγισιν νὰ ἀναμένωμεν ἐκ τοῦ ὑπὸ μελέτην συστήματος κατὰ τὸν χρόνον  $t_1$ . Οὕτω, γνωρίζοντες τί συμβαίνει εἰς τὸν πραγματικὸν κόσμον κατὰ τὸν χρόνον  $t_0$  δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ προβλέψωμεν τί θὰ συμβῇ κατὰ τὸν χρόνον  $t_1$ .

Τὰ φαινόμενα λοιπὸν τῆς φυσικῆς εἰκόνας τοῦ κόσμου δύνανται νὰ προβλεφθῶν μετ' ἀπολύτου ἀκριβείας ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ γεγονότα τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων διὰ τὰ ὁποῖα ὑπάρχει πάντοτε κάποια ἀβεβαιότης. Ἡ εἰσαγωγή τῆς φυσικῆς εἰκόνας χρησιμεύει ἀκριβῶς πρὸς ἀναγωγὴν τῆς ἀβεβαιότητος ταύτης εἰς τὴν ἀβεβαιότητα τῆς μεταφορᾶς τῶν φαινομένων ἀπὸ τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων εἰς τὴν φυσικὴν εἰκόνα τοῦ κόσμου καὶ ἀντιστρόφως.

Αἱ κλασικαὶ θεωρίαι τῆς Φυσικῆς ἀναπτύχθησαν ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀσθηρᾶς αἰτιοκρατίας δὲν ἔδωσαν οὐδεμίαν προσοχὴν εἰς τὴν ἀβεβαιότητα ταύτην, περιορισθεῖσαι εἰς τὴν αἰτιολογικὴν περιγραφὴν τῶν φαινομένων ἐν τῇ φυσικῇ εἰκόνι τοῦ κόσμου. Ἀλλὰ τότε ποῖαν σημα-

οίαν έχει ή αιτιότης διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ πραγματικοῦ κόσμου; Λί μεγάλαι ἐπιτυχίαι τῶν κλασσικῶν θεωριῶν, δηλ. τὸ γεγονός ὅτι κατώρθωνον νὰ περιγράψουν καὶ νὰ προβλέπουν πλεῖστα φαινόμενα τοῦ πραγματικοῦ κόσμου μετὰ μεγάλης προσεγγίσεως, καλλίστων βέβαιον τὴν ἐλπίδα ὅτι ἡ προϊούσα τελειοποίησις τῶν μεθόδων μετρήσεως θὰ καθίστα τις ὑπαρχούσας ἀβεβαιότητας ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μικρότερας καὶ ἐπομένως τὴς προβλέψεις τῶν φαινομένων τοῦ κόσμου τῶν αὐσιμῶν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀκριβετέρας. Τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ὑπόθεσιν τῆς αὐστηρῆς αιτιοκρατίας διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ πραγματικοῦ κόσμου, ἣτις ἐν τῇ κλασσικῇ τῶν κλασσικῶν θεωριῶν ἦτο καὶ τὸ αὐτονόητον. Ἡ ἐξέλιξις ὅμως τῆς θεωρίας τῶν Quanta ἀπέδειξε τὸ ἀσπρήκτον τῆς ὑποθέσεως ταύτης.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἡμελιώδη σχέσιν τῆς νέας Μηχανικῆς τῶν Quanta, τὴν καλουμένην σχέσιν ἀπροσδιοριστίας τοῦ Heisenberg, ὁ σύγχρονος διὰ μετρήσεως προσδιορισμὸς τῆς θέσεως καὶ τῆς ποσότητος κινήσεως, δηλ. τοῦ γινόμενου τῆς μᾶζης  $m$  ἐπὶ τὴν ταχύτητα  $v$ , ἐνὸς σώματος εἶνε ἀδύνατον νὰ γίνῃ μετ' ἀπεριορίστου ἀκριβείας. Ὅσον ἀκριβέστερον μετρεῖται τὸ ἓν ἐκ τῶν δύο ταύτων μεγεθῶν, μὲ τόσον μεγαλυτέραν ἀβεβαιότητα εἶνε γνωστὸν τὸ ἄλλο. Ἐάν ἡ ποσότης κινήσεως τοῦ σώματος  $p$  εἶνε γνωστὴ μὲ λάθος  $\Delta p$  καὶ ἡ θέσις του, π.χ. ἡ ἀπόστασις τοῦ  $q$  ἀπὸ ἐνὸς ὁρισμένου σημείου (ὁποτιθεμένου ὅτι τὸ σῶμα κινεῖται ἐπ' εὐθείας) εἶνε γνωστὴ μὲ λάθος  $\Delta q$ , τὸ γινόμενον τῶν δύο αὐτῶν λαθῶν  $\Delta p \cdot \Delta q$  θὰ εἶνε εἰς τὴν εὐνοϊκωτέραν περίπτωσιν περίπου ἴσον μὲ ἓνα ὁρισμένον ἀριθμὸν, τὴν σταθεράν  $h$  τοῦ Planck καὶ ἐπομένως τὸ γινόμενον  $\Delta v \cdot \Delta q$  περίπου ἴσον μὲ  $h/m$ . Τὸ ἓν ἐκ τῶν δύο μεγεθῶν θὰ ἠδύνατο κατ' ἀρχὴν νὰ προσδιορισθῇ μετ' ἀπολύτου ἀκριβείας, τοῦτο ὅμως συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀπροσδιοριστίας θὰ εἶχε ὡς συνέπειαν τὴν τελείαν ἀγνοίαν τῆς τιμῆς τοῦ ἄλλου.

Διὰ σώματα μὲ μεγάλην σχετικῶς μᾶζαν τὸ γινόμενον τῶν δύο λαθῶν εἶνε τόσον μικρὸν, ὥστε ἡ ἀπροσδιοριστία δέν παίζει κανένα ῥόλον. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει διὰ τὰ συστατικὰ τῶν ἀτόμων (ἠλεκτρόνιον, πρωτόνια κλπ.) καὶ διὰ τοῦτο ἡ προϊούσα τῆς μελέτης τῶν ἀτομικῶν

μικῶν συστημάτων ὑπῆρξεν ἐκείνη, ἡ ὁποία ἤγαγε εἰς τὴν ἀνακρί-  
ληψιν τῆς σχέσεως ἀπροσδιοριστίας.

Τὰ σύμβολα τὰ παριστῶντα τὰς θέσεις καὶ τὰς ποσότητας κινήσεως  
ὕλικῶν σημείων (δηλ. αἱ συντεταγμένα καὶ αἱ συνιστώσαι τῆς ποσό-  
τητος κινήσεως αὐτῶν) παίζουσιν, εἰς τὴν εἰκόνα τοῦ κόσμου τῆς κλασ-  
σικῆς Φυσικῆς πρωτεύοντα ὅλον. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ μεταφορικὴ τῶν  
ἀκριβέστερον ἢ μεταφορῶν τῶν τιμῶν τὰς ὁποίας λαμβάνουν συγ-  
χρόνως εἰς τὸν κόσμον τῶν αἰσθήσεων μὲ ἀπεριόριστον ἀκρίβειαν  
εἶνε κατ' ἀρχὴν ἀδύνατος, ἔπεται ὅτι καὶ ἡ ἀκριβὴς πρόβλεψις τῶν  
φαινομένων τοῦ πραγματικοῦ κόσμου μὲ τὴν βοήθειαν τῶν συμβόλων  
αὐτῶν εἶνε κατ' ἀρχὴν ἀδύνατος. Τοῦτο γίνεται αἰσθητὸν εἰς τὴν πε-  
ρίπτωσιν τῶν ἀτομικῶν συστημάτων ὅπου ἡ ἀνακρίβεια τῆς μεταφορῆς  
εἶνε, ὡς ἀνεφέραμεν, μεγάλη καὶ ἡ προσπάθεια προβλέψεως τῶν φαι-  
νομένων τῇ βοήθειᾳ τῶν συμβόλων τῆς κλασσικῆς Φυσικῆς ἀπέτυχε.

Ἄρα κατὰ ταῦτα ἡ εἰκὼν τῆς κλασσικῆς Φυσικῆς ἀπεδείχθη ἀκα-  
τάλληλος πρὸς περιγραφὴν ὅλων τῶν φαινομένων τοῦ κόσμου τῶν  
αἰσθήσεων παρέστη ἀνάγκη νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ ἄλλης. Αὐτὸ ὑπῆρξε  
τὸ ἔργον τῆς νέας Μηχανικῆς τῶν Quanta ἢ Κυματομηχανικῆς. Ἐν αὐτῷ  
τὸ ὑλικὸν σημεῖον δὲν ἀποτελεῖ πλέον τι τὸ ἀδιαίρετον ἀλλ' ἀποσυν-  
τίθεται εἰς σύστημα κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὗται εἶνε τὰ στοιχεῖα τῆς  
νέας φυσικῆς εἰκόνας τοῦ κόσμου, τὸ δὲ ὑλικὸν σημεῖον εἶνε ὁριακὴ πε-  
ρίπτωσης ἐνός τοιοῦτου συστήματος κυμάνσεων πολὺ μικρᾶς ἐκτάσεως.  
Τὰ σύμβολα ἅτινα παριστῶν τὰς κυμάνσεις ταύτας, αἱ καλούμεναι  
συναρτήσεις κυμάνσεων εἶνε τὰ θεμελιώδη σύμβολα τὰ ὁποία ὁρίζονται  
ὑπὸ τῶν νόμων (ἔξισώσεων) τῆς Μηχανικῆς τῶν Quanta.

Οἱ νόμοι τῆς νέας Μηχανικῆς εἶνε ἔντελως διάφοροι τῶν νόμων  
τῆς κλασσικῆς τοιαύτης, ἀλλ' αἱ τιμαὶ τῶν συμβόλων εἰς οἵανδήποτε  
χρονικὴν στιγμὴν ὁρίζονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν κατάστασιν καὶ τὰς ἔξω-  
τερικὰς ἐπιδράσεις δι' ἔντελως ὁρισμένων μαθηματικῶν μετασχηματι-  
σμῶν, ὅπως συμβαίνει καὶ διὰ τὰ σύμβολα τῆς κλασσικῆς Φυσικῆς.

Βλέπομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὴν εἰκόνα τοῦ κόσμου τῆς θεωρίας τῶν  
Quanta ἰσχύει ἡ αὐστηρὰ αἰτιοκρατία, ὅπως καὶ εἰς τὴν τῆς κλασ-  
σικῆς Φυσικῆς. Συνεπῶς καὶ ἐν τῇ θεωρίᾳ τῶν Quanta ἡ ἀβεβαιότης  
τῆς προβλέψεως τῶν φαινομένων τοῦ κόσμου τῶν αἰσθήσεων ἀναί-  
τητος.

γεται εἰς τὴν ἀβεβαιότητα κατὰ τὴν μεταφορὰν τῶν συμβόλων εἰς τὸν κόσμον τῶν αἰσθησέων καὶ ἀντιστοιχίῳ.

Ἡ μεγάλη διαφορὰ μεταξὺ τῶν εἰκόνων τῆς Φυσικῆς τῶν Quantia καὶ τῆς κλασσικῆς τοιαύτης ἔγκειται εἰς τὸ ὅτι ἡ πρώτη εἰκὼν ἐδρίσκειται εἰς πολὺ μεγαλύτεραν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κόσμον τῶν αἰσθησέων ἢ ἡ δευτέρα. Τὰ πλείστα τῶν συμβόλων τῆς δευτέρας ἔχουν ἄμεσον ἐποπτικὴν σημασίαν. Αἱ μετρήσεις μᾶς δίδουν ἀποτελέσματα ἀντιστοιχοῦντα κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἥττον ἀμέσως εἰς τὰς τιμὰς τῶν κλασσικῶν συμβόλων, ὅπως π.χ. ἡ θέσις ἑνὸς ὄγκου σήμερον, ἡ ταχύτης, ἡ ἐνέργεια αὐτοῦ κ.λ.α. Ἀπ' ἐναντίας αἱ προσιδέσθαι αἰτίαι καταβλήθησαν ὅπως ἀποδοθῆ εἰς τὴν ἀνεξαρτησίαν τῶν κινήσεων ἐποπτικὴ σημασία ἀπέτυχον. Ἡ ἀνεξαρτησία τῶν κινήσεων δὲν ἀναφέρεται εἰς τὸ σὺνηδες τριδυώστατον διαίτημα, ἀλλ' εἰς μαθηματικὸν διαίτημα ἔχον ἀριθμὸν διαστάσεων ἴσον μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀνεξαρτήτων ἀπ' ἀλλήλων συντεταγμένων τῶν θεωρημένων φυσικῶν συστήματων. Ἐπὶ πλέον δὲ δὲν ἐπιτρέπεται τῶν ὑπολογισμῶν τῶν συντεταγμένων τούτων ἀνεξαρτήτως τοῦ χρόνου ἀλλὰ μόνον τῶν ὑπολογισμῶν τῆς πιθανότητος ἕνεκα ἀ συντεταγμένα ἔχον εἰς δοθεῖσαν χρονικὴν στιγμήν οἰασδήποτε δοθεῖσαι τιμὰς ἢ εἰάν θεωρήσωμεν μέγαν ἀριθμὸν ὁμοίων φυσικῶν συστημάτων ὑπὸ τὰς αὐτὰς ἐξωτερικὰς συνθήκας ἐφοικωμένον μᾶς ἐπιτρέπεται νὰ εἴπωμεν διὰ πόσα αἰτῶ τὰ συστήματα ταῦτα αἰ συντεταγμένα ἔχον δοθεῖσαι τιμὰς. Ἡ σημασία τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων εἶνε μὲ ἄλλους λόγους στατιστικὴ.

Ποῖα τῶρα εἶνε αἱ προσβλέψεις τῆς Μηχανικῆς τῶν Quantia διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ πραγματικοῦ κόσμου; Πρέπει νὰ ληφθῆ ὅτι ὅτι διὰ νὰ ἐκφρασώμεν τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων, (τὰς ἐντυπώσεις ἐκ τοῦ πραγματικοῦ κόσμου), δὲν ἔχομεν ἄλλο μέσον εἰμὴ τὰς ἐποπτικὰς κλασσικὰς ἐννοίας. Ἐπαμένως αἱ προσβλέψεις τῶν φαινομένων τοῦ πραγματικοῦ κόσμου ὑπὸ τῆς Μηχανικῆς τῶν Quantia ἔχον χαρακτῆρα στατιστικόν, εἶνε ἐντὸς ὁρισμένων ὁρίων ἀβεβαιότης καὶ ἡ ἀβεβαιότης αὕτη, συμφώνως καὶ πρὸς τὴν σχέσιν ἀπαραδιοριστίας τοῦ Heisenberg δὲν εἶνε δυνατὸν νὰ ἐκμηδενισθῆ.

Τὸ γεγονός τοῦτο ἤγαγεν εἰς τὰς ἐπικρίσεις τοῦ νόμου τῆς αἰτίας αἰτίας, τὰς ὁποίας ἀνεφέραμεν εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς παρούσης ἐκδόσεως.

Αἱ ἐπικρίσεις αὐτὰ ἀφοροῦν ἀκριβῶς τὸ ἀδύνατον τῶν ἀπολύτως ἀκριβῶν προβλέψεων, ἢ αἰτιότητος ὑπὸ τὴν ἔννοιαν τῆς υπέρξεως νόμων οὐδόλως ἀμφισβητεῖται, μόνον ὅτι οἱ νόμοι οὗτοι εἶνε στατιστικοί. Στατιστικοὶ νόμοι ὑπῆρχον καὶ ἐν τῇ κλασσικῇ Φυσικῇ. Τὸ γνωστότερον παράδειγμα ταιούτου νόμου εἶνε ὁ νόμος ὁ δίδων τὴν ἐξάοτησιν τῆς πιέσεως ἐνὸς ἀερίου ἀπὸ τὴν πυκνότητα καὶ τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ. Ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου προέρχεται ἐκ τῶν πολυμαρίθμων προσκρούσεων τῶν μορίων τοῦ ἀερίου ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου ἐν τῷ ὅποιον τοῦτο περιέχεται. Αἱ ταχύτητες τῶν διαφόρων μορίων καὶ αἱ διευθύνσεις κατὰ τὰς ὁποίας προσκρούουσιν εἶνε διάφοροι ἀλλήλων. Ὁμοίως ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων τῶν προσκρούόντων ἐπὶ ὀρισμένου τμήματος τοῦ τοιχώματος ὑπόκειται εἰς διακυμάνσεις. Ἐν τούτοις ὁ μέσος ὄρος τῆς δυνάμεως τῆς ἐξασκουμένης ἐπὶ τοῦ τοιχώματος δι' ὄχι πολὺ μικρὸν ἐπιφάνειαν οὔτε πολὺ μικρὸν χρόνον εἶνε μετὰ μεγάλης ἀκριβείας σταθερός, ἐν συμφωνίᾳ μὲ τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων.

Ἡ κλασσικὴ ὁμῶς Φυσικὴ παρεδέχετο ὅτι μόνον τὸ πρακτικῶς ἀδύνατον τῆς μελέτης τῆς κινήσεως καθὲ μορίου χωριστὰ καὶ τοῦ νὰ γνωρίζωμεν εἰς καθὲ στιγμήν ἀκριβῶς τὴν ταχύτητα καὶ τὴν θέσιν του, μᾶς υπεχρέωνε νὰ ἀρκεσθῶμεν εἰς τοιοῦτους στατιστικούς νόμους. Ἀπ' ἐναντίας ἡ νεωτέρα Φυσικὴ ἰσχυρίζεται ὅτι ἡ ἄγνοια αὕτη υπέρχει κατ' ἀρχὴν, ἀρνητομένη εἰς νόμον τῆς φύσεως.

Ἡ συμβολὴ ὕδεν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰς τὸ πρόβλημα τῆς αἰτιότητος συνίσταται εἰς τὴν εὑρεσιν νόμου θέτοντος ὅρια εἰς τὴν ἀκρίβειαν τῶν προβλέψεων. Ἡ ἰσχὺς τῆς αὐστηρᾶς αἰτιοκρατίας ἀπετέλει ἐν τῇ κλασσικῇ Φυσικῇ ἀπλήν ὑπόθεσιν. Ἡ νεωτέρα Φυσικὴ ἀπ' ἐναντίας λύει τὸ ζήτημα ἀρνητικῶς.

Ἐὰν ὁ νόμος τῆς αἰτιότητος ἦτο ἐμπειρικὴ πρότασις ἐκφραζομένη μίαν ἰδιότητα, κανονικότητα τοῦ πραγματικοῦ κόσμου, ἢ ὀρθότης ἢ μὴ ὀρθότης αὐτοῦ θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἐλεγχθῇ διὰ τῶν παρατηρήσεων καὶ τότε θὰ εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ συνταχθῶμεν πρὸς τὴν ἐν ἀρχῇ ἀναφερθεῖσιν γνώμην τοῦ Heisenberg καὶ νὰ εἴπωμεν ὅτι ὁ ἔλεγχος οὗτος ἐγένετο καὶ ἔδωκεν ἀρνητικὰ ἀποτελέσματα. Αἱ σχετικαὶ ὁμῶς ἔρευναι ἀπέδειξαν ὅτι διατύπωσις τοῦ νόμου τῆς αἰτιότητος ὡς γενικῆς προτάσεως, ἀφορώσης γεγονότα τοῦ κόσμου τῶν αἰσθησέων προσ-

κρούει εἰς ἀνωπερβλήτους δυνατοῦς. Κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα μία τοιαύτη διατύπωση θὰ ἦτο π.χ. «ἄλλα τὸ γεγονός εἶνε κατ' ἀρχὴν δυνατὸν νὰ προβλεφθῆν». Εἶδομεν ὅμως ὅτι πρόβλεψις ἐνὸς γεγονότος σημαίνει ἐν τῇ Φυσικῇ ἀκριβῆ εἴρῃσιν αὐτοῦ ἐκ μιᾶς μαθηματικῆς σχέσεως εὐρεθείσης τῇ βοηθίᾳ παρατηρήσεων ἄλλων γεγονότων. Ἡ ἀφῃρησις ἐπομένως τῆς ἀκριβοῦς προβλέψεως ὑπὸ τῆς Μηχανικῆς τῶν Quanta θὰ ἐσήμαινε τότε ὅτι εἶνε ἀδύνατον εἶτι τῇ βῆσει μιᾶς περὶ παρατηρήσεων νὰ εὐρεθῇ σχέση ἀποδίδουσα ἀκριβοῦς τὰ ἀποτελέσματα καὶ ἄλλων παρατηρήσεων. Τοῦτο ὅμως δὲν σημαίνει ὅτι μία τοιαύτη σχέση δὲν εἶνε δυνατὸν νὰ ὑπάρξῃ, διότι ὡς ἀνεφερίμεν ἀνωτέρω, εἶνε ἐκ τῶν ὑατέρων δυνατῶν νὰ εὐρεθῇ συνάρτησις ἀποδίδουσα καὶ τὰ παλαιὰ καὶ τὰ νέα ἀποτελέσματα καὶ ἐπομένως παραστῶσα ταῦτα ὡς ἀπαιροῦνται ἐκ τοῦ αὐτοῦ νόμου. Συνεπῶς ἡ ὑπαρξις μιᾶς τοιαύτης σχέσεως δὲν εἶνε λογικῶς ἀδύνατος. Ἄν δύναται ὅμως νὰ θεωρηθῇ καὶ ὡς πραγματικῶς ἀδύνατος, διότι δὲν ἀποκλείεται ἡ περὶπτωσης νὰ εὐρίσκη τις πάντοτε τὴν ὀρθὴν σχέση καὶ τὴν. Τὸ ἀδύνατον τῆς ἀκριβοῦς προβλέψεως δὲν σημαίνει τίποτε ἄλλο, εἰμὴ ὅτι δὲν ὑπάρχει κανὼν πρὸς εἴρῃσιν μιᾶς μεταλλήλου πρὸς τοῦτο σχέσεως, ὅτι εἶνε ἀδύνατον νὰ ζητήσωμεν μιαν τοιαύτην σχέση. Ἀλλὰ τοῦτο δὲν εἶνε δυνατὸν νὰ διατυπωθῇ ὡς πρότασις ἀφορώσα τὰ γεγονότα τοῦ πραγματικοῦ κόσμου.

Ἐφ' ὅσον λοιπὸν αἱ προσπάθειαι πρὸς διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς αἰτιότητος ὡς γενικῆς ἐμπειρικῆς προτιάσεως ἀποτυγχάνουν, δὲν δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ νεωτέρα Φυσικὴ ἀπεδείξε τὴν μὴ ἰσχὺν τοῦ νόμου τῆς αἰτιότητος. Ὑπολείπεται λοιπὸν ἡ περίπτωση καὶ ἦν ὁ νόμος τῆς αἰτιότητος εἶνε πρότασις μὴ λέγουσα τίποτε περὶ τοῦ πραγματικοῦ κόσμου. Μία τοιαύτη πρότασις δυνατὸν ἢ νὰ ἀποτελῇ ταυτολογίαν ἢ νὰ εἶνε πρότασις προστακτικῆ.

Ἐὰν ὁ νόμος τῆς αἰτιότητος ἦτο πρότασις ταυτολογικὴ θὰ ἦτο ἀφ' ἑαυτῆς ἀληθὴς καὶ δὲν θὰ παρουσίαζε διὰ τὴν ἐπιστήμην κανέν ἐνδιαφέρον. Ἡ αἰτιοκρατία θὰ ἦτο αὐτονόητος ἢ δὲ ἀναιτιοκρατία ὡς ἀντίθετος μιᾶς ταυτολογίας θὰ ἦτο πρότασις ἀντιπρακτικῆ, συνεπῶς τὸ ζήτημα περὶ τοῦ ποῖου ἐκ τῶν δύο ἰσχύει δὲν θὰ ἦτο δυνατὸν νὰ τεθῇ.

Ἡ Φυσικὴ ὅμως ὄχι μόνον θέτει τὸ ζήτημα τῆς αἰτιότητος, ἀλλὰ καὶ ἀπαντᾷ εἰς αὐτὸ καθ' ὄρισμένον τρόπον στηριζόμενον εἰς τὴν ἐμπειρίαν· ἐπομένως ὁ νόμος τῆς αἰτιότητος δὲν εἶνε δυνατὸν νὰ ἀποτελῇ ταυτολογίαν.

Κατὰ ταῦτα πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ὁ νόμος τῆς αἰτιότητος εἶνε πρόστασις πρὸς περιγραφὴν τῶν φαινομένων διὰ νόμων. Μία τοιαύτη πρόστασις δὲν εἶνε οὔτε ὀρθὴ οὔτε ἐσφαλμένη, ἀλλὰ μόνον χρήσιμος ἢ ἀνωφελής. Ἡ δὲ θεωρία τῶν Quanta στηριζομένη ἐπὶ τῆς ἐμπειρίας, διδάσκει ὅτι ἡ ἀρχὴ τῆς αἰτιότητος εἶνε πράγματι ἐντὸς ὁρισμένων ὁρίων ἀχρηστος.

ΠΑΡΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ  
 ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΝΕΥΤΩΝΙΑΣ  
 ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ: ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΕΡΙΣΣΟΣ