

ρισμόν, τό τε περιεχόμενον καὶ ὁ προσδιορισμὸς οὗτος ἐξαρτῶν-  
ται ἀκριβῶς ἐξ ἐμπειρικῶν καθορισμῶν καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἐκ  
τῶν ὑποθετικῶν ἐννοιῶν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάξης, αἵτινες  
εἰσέρχονται εἰς τὰς μετρικὰς ταύτας σχέσεις.

Ἐκτὸς τῆς, ὡς εἶκός, πρὸς πραγματικὰς παρατηρήσεις συν-  
δεομένης πιθανότητος, τῆς ἀφορώσης εἰς τὴν ἐμπειρικὴν ἀπόδει-  
κιν τοῦ κύρους τοῦ νόμου τῆς ἀδρανείας ἐν τῷ συνειρημῷ διαφό-  
ρων κινήσεων, ἐμπεριέχει ἀκριβῶς ὁ νόμος οὗτος λογικόν τι ἐλα-  
τήριον, περὶ οὗ δύναται τις νὰ εἴπῃ, ὅτι δύναται ν' ἀποδειχθῇ  
ὡς ἔγνωρον ὑπὸ ἄλλους καὶ οὐχὶ ὑπὸ τοὺς ἤδη πραγματικῶς  
ὑπάρχοντας ὄρους. Τὸ λογικὸν ἐλατήριον τοῦτο δύναται νὰ δια-  
τυπωθῇ ὡς ἑξῆς: «ἐν τῇ ἐνεστώσῃ καταστάσει ἀντικειμένου τινὸς  
οὐδεμία δύναται νὰ ἐπέλθῃ μεταβολὴ ἄνευ τῆς ἐπιδράσεως νέας  
τινὸς αἰτίας». Ὑπὸ τὴν γενικὴν ταύτην μορφήν δύναται τις νὰ  
θεωρήσῃ τὸν νόμον τῆς ἀδρανείας ὡς συναφῆ πρὸς τὴν ἀρχὴν  
τῆς αἰτιότητος. Ἄλλ' ὅσον καὶ ἂν συνέτεινε τὸ λογικὸν τοῦτο  
ἐλατήριον πρὸς εὑρεσιν τοῦ μνημονευθέντος νόμου, δὲν δύναται  
τις νὰ παρίδῃ, ὅτι ὁ τρόπος τῆς ἰσχύος αὐτοῦ δὲν εἶνε δυνατὸν  
νὰ καθορισθῇ ὡς πρὸς τὴν κίνησιν διὰ τοῦ ἐν λόγῳ ἐλατηρίου,  
διότι ἐν αὐτῷ δὲν περιέχονται προσδιορισμοί, ἀφορῶντες εἰς τὸ  
εὐθύγραμμον καὶ εἰς τὸ ὁμοιόμορφον τῆς ἀνωτέρω ὀρισθείσης  
παθητικῆς κινήσεως, δηλαδὴ προσδιορισμοί, οἵτινες αὐτοὶ προ-  
υποθέτουσιν, ὡς πρὸς τὴν δι' αὐτοὺς ἀπαιτουμένην ἀφαίρεσιν ἐκ  
τῶν πραγματικῶς συμβαινουσῶν παρεκκλίσεων καὶ περιπλοκῶν,  
τὰς ὑποθετικῶς ἐμπειρικὰς ἐννοίας τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάξης.  
Πρὸς τὸ λογικὸν μέρος τοῦ νόμου τῆς ἀδρανείας θὰ ἦδύνατο  
ὄντως νὰ συνδεθῇ ἡ αἰωνία, ἀνάτιος κυκλικὴ κίνησις τῆς ἀρι-  
στοτελικῆς κοσμολογίας.

#### γ'. Νόμος τῶν κεντρικῶν δυνάμεων.

Κατὰ τὸν νόμον τῶν κεντρικῶν δυνάμεων ἡ γένεσις τῆς κί-  
νήσεως ὑλικοῦ τινος στοιχείου ἢ ἡ μεταβολὴ μιᾶς ἤδη ὑφιστα-  
μένης κινήσεως αὐτοῦ συνδέεται μετὰ τῆς ὑπάρξεως ἐνὸς τοῦλά-  
χιστον ἄλλου.

Ὡς πρὸς τὴν ἐν λόγῳ δύναμιν προὑποτίθεται, ὅτι αὕτη δύ-  
ναται νὰ ἐλαττώσῃ ἢ νὰ αὐξήσῃ τὴν εὐθύγραμμον ἀπόστασιν  
τῶν στοιχείων, ἐν μέσῳ τῶν ὁποίων ἐνεργεῖ. Καὶ ἐν μὲν τῇ  
πρώτῃ περιπτώσει ἡ δύναμις αὕτη καλεῖται ἔλξις, ἐν δὲ τῇ δευ-  
τέρῃ ἀπώσις. Διάφοροι ὅμως κινήσεις συγκρίνονται ὡς πρὸς τὸ

ποσὸν αὐτῶν διὰ τοῦ προσδιορισμοῦ τῶν μεταβολῶν, ἃς ἐπιφέρουσιν ἐν ἐνὶ καὶ τῷ αὐτῷ μορίῳ τῆς ὕλης, ὅπερ νοεῖται εἴτε ἐν ἡρεμίᾳ, εἴτε κατὰ τὸν νόμον τῆς ἀδρανείας ἐν ὁμοιομόρφῳ κινήσει. Ὑπὸ ταύτην τὴν προϋπόθεσιν, τὸ μέγεθος δυνάμεως τίνος δύναται νὰ μετρηθῆ μόνον διὰ τοῦ μεγέθους τῆς πρὸς ταύτην σχετιζομένης **μεταβολῆς τῆς ταχύτητος**. Ἡ αὐτὴ ὅμως δύναμις, ἥτις διὰ τῆς ἐπιδράσεώς της ἐπιφέρει ἐν ὠρισμένῳ τινὶ τῆς ὕλης μορίῳ μεταβολὴν τῆς ταχύτητος αὐτοῦ, δὲν ἐκδηλοῖ ἀναγκαιῶς τὴν αὐτὴν ἐνέργειαν ἐν ἄλλῳ τινὶ οἴῳ δῆποτε μορίῳ, ἀλλὰ τοῦτο δύναται νὰ συμβῆ, — καὶ ἀκόμη ὅταν πᾶσαι αἱ ἐξωτερικαὶ συνθήκαι εἴνε ὅμοιαι, — μόνον ἐὰν οἱ εἰς αὐτὰ ταῦτα τὰ συγκριθέντα μόρια ὑφιστάμενοι ὅροι συμφωνῶσι πρὸς ἀλλήλους. Ἡ τελευταία ὅμως αὕτη περίστασις δύναται νὰ προσδιορισθῆ αὐθις μόνον διὰ τῆς σχέσεως αὐτῆς ὡς πρὸς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν κινητήριον δύναμιν. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συγκρίσεως ταύτης ἀποδίδεται εἰς διάφορα τῆς ὕλης μόρια διάφορος πρὸς τὴν κινητήριον δύναμιν ἀντίστασις, καθ' ὅσον ἢ ὑπὸ τῆς αὐτῆς δυνάμεως ἐπενεχθεῖσα μεταβολὴ τῆς ταχύτητος τυγχάνει μεγαλυτέρα ἢ μικροτέρα. Ἡ τῆ ὕλη συμφορῆς αὕτη ἀντίστασις εἴνε ἢ μᾶζα. Ὅθεν, τῆ βοήθειᾳ τῶν συναλλήλων ἐννοιῶν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μᾶζης, ὁ νόμος τῶν κεντρικῶν δυνάμεων δύναται νὰ συγκεκριασιωθῆ ἐν τοῖς ἑξῆς : « Πᾶσα δύναμις ἐνεργεῖ ἐν τῇ εὐθείᾳ συνδετικῇ γραμμῇ τῆς ἑαυτῆς ἀφετηρίας, ἢ δὲ ἐνέργεια ταύτης ἐγκεῖται ἐν τινὶ μεταβολῇ τῆς ταχύτητος, ἥτις εἴνε ἀνάλογος μὲν πρὸς τὸ μέγεθος τῆς δυνάμεως, ἀντιστρόφως δὲ ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν, ἐφ' ἧς ἐνεργεῖ αὕτη.

Τὸ ζήτημα, ἂν ἐν μονομερεῖ τινὶ περιπτώσει δυνάμις τις ἐνεργῇ ἑλκτικῶς ἢ ἀπωστικῶς, ἐπαφίεται εἰς τὴν ἐμπειρικὴν ἐξακρίβωσιν καὶ κατ' ἀναγκαιάν συνάρτησιν εἰς τὰς πρὸς ἐρμηνείαν τῶν καθ' ἕκαστα κινήσεων μορφωθείσας περὶ τῶν ἰδιοτήτων τῆς ὕλης εἰκασίας. Ἀναμφιβόλως ἢ προϋπόθεσις, ὅτι ἡ ὕλη δέον νὰ θεωρηθῆ ὡς βᾶσις τῶν κεντρικῶν κινήσεων, παρέσχε μεγίστην εἰς τὰς ἀτομιστικὰς ὑποθέσεις ἐπικουρίαν, δεδομένου ὄντος ὅτι ἡ ὕλη, συμφώνως πρὸς τὴν μνημονευθεῖσαν προϋπόθεσιν, δέον νὰ νοηθῆ ὡς σύνθετος ἐκ τοπικῶς κεχωρισμένων κέντρων κινήσεως. Οὗτος δὲ βεβαίως εἴνε ὁ λόγος, δι' ὃν ἡ ἀτομιστικὴ κατὰ γενικὸν κανόνα προκρίνεται ἐν ταῖς φυσικομαθηματικαῖς θεωρίαις τῆς θεωρίας τῆς συνεχείας. Εἰς τοῦτο μεγάλως συνέτεινε καὶ ἡ σύνδεσις τῆς ἀρχῆς τῶν κεντρικῶν κινήσεων πρὸς τοὺς θεμελιώδεις τῆς κινητικῆς νόμους.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς σχετικότητος, ἡ νοητῶς ἀπλουστάτη κίνησις ἐνὸς μεμονωμένου σημείου ἐν τῷ χώρῳ ἐγκείται ἐν τῇ μεταβολῇ τῆς θέσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς ἕτερον μεμονωμένον σημεῖον, ἣτις μεταβολὴ δύναται αὐθις νὰ προσδιορισθῇ ὡς εὐθύγραμμος ἐλάττωσις ἢ αὐξήσις τῆς ἀποστάσεως. Ὁ νόμος τῶν κεντρικῶν δυνάμεων μεταβάλλει τὸν ὄρον τοῦτον τῆς ἀντιλήψεως κινήσεώς τινος εἰς ὄρον τῆς ἀντικειμενικῆς γενέσεως ταύτης. Κατὰ ταῦτα ὁ νόμος οὗτος προϋποθέτει ὡς ἀπλούστατον ὄρον τῆς γενέσεως αὐτῆς ἕτερόν τι, ἐκτὸς τοῦ κινουμένου σημείου κείμενον φυσικὸν σημεῖον, ὅπερ γίνεται αἰτία προσεγγίσεως ἢ ἀπομακρύνσεως τοῦ πρώτου.

Ἄλλ' εἰς τὰς ἐκ τῆς ἀρχῆς τῆς σχετικότητος παρελημμένας ποιτικὰς προϋποθέσεις ταύτας δεόν εἰσέτι νὰ προστεθῇ ἡ ποσοτικὴ παραδοχὴ, ὅτι τὸ μέγεθος τῆς δυνάμεως εἶνε ἀνάλογον μὲν πρὸς τὸ ποσὸν τῆς ὑπὸ ταύτης ἐπενεχθείσης μεταβολῆς τῆς κινήσεως, ἀντιστρόφως δὲ ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τῆς ὕλης ἢ τῆς μάζης.

Ἐν τούτοις ἡ παραδοχὴ αὕτη διατελεῖ ὑπὸ τὸ κράτος ἀξιώσεώς τινος, ἣτις δὲν δίδεται μὲν αὕτη καθ' ἑαυτὴν μετὰ τῆς γενικῆς ἀξιώσεως τῆς μηχανικῆς κοσμοθεωρίας, ἀλλὰ προκύπτει ἐκ τῶν βοηθητικῶν ἐννοιῶν, τῶν εἰδικῶς χρησιμοποιουμένων πρὸς ἐρμηνείαν τῆς κινήσεως σταθμητῶν σωμάτων. Κατὰ ταῦτα προϋποθέτει ἐπίσης ὁ νόμος τῶν κεντρικῶν δυνάμεων, ὅτι αἱ ὕλικαὶ βάσεις δύνανται ν' ἀναχθῶσιν, ἐφαρμοζομένης τῆς αἰτιώδους ἀρχῆς εἰς τὴν ἐννοιαν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάζης. Ἐπειδὴ τὸ κῦρος τῆς ἐν λόγῳ παραδοχῆς ἐξαρτᾶται, ὡς ἤδη εἵπομεν, ἐκ τῆς ἐμπειρικῆς ἀποδείξεώς της, ὁ νόμος τῶν κεντρικῶν δυνάμεων ἔχει κατὰ τὴν ἐννοιαν ταύτην ὑποθετικὴν ἀξίαν.

#### δ'. Νόμος τῆς ἀντιδράσεως.

Ὁ νόμος τῆς ἀντιδράσεως δηλοῖ, ὅτι ἡ ἐνέργεια, ἣν ἐξασκεῖ μέρος τι τῆς ὕλης ἐπὶ ἄλλου τινὸς μέρους ταύτης, παρακολουθεῖται ὑπὸ ἀντιδράσεως, ἣτις ἐξισοῦται, ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὸ ποσόν, πρὸς τὴν ἐνέργειαν.

Τὴν ἀρχὴν τούτην πολλαίαις ἐθεώρησαν ὡς ἀπλοῦν ἀξίωμα τῆς ἐμπειρίας. Ἐὰν πιέσωμεν διὰ τοῦ δακτύλου σῶμά τι, θὰ αἰσθανθῶμεν ἀντίστασιν. Ἐὰν ἵππος τις σύρῃ λίθον προσδεμένον εἰς σχοινίον, αὐτὸς οὗτος ὁ ἵππος θὰ ἔλειται πρὸς τὸν λίθον. Ἄλλ' αἱ ἐμπειρικαὶ αὗται γνώσεις οὐδὲν δύνανται ν' ἀπο-



δείξωσιν ὡς πρὸς τὴν ἀντικειμενικὴν ἀλληλεπίδρασιν τῶν μορίων ὕλης, οὐδεμίαν δὲ δύνανται νὰ παράσχωσιν εἰς ἡμᾶς πληροφορίαν περὶ τῆς ποσοτικῆς σχέσεως τοιούτων ἐπιδράσεων. Ὅπως ὁ νόμος τῶν κεντρικῶν δυνάμεων, οὕτω καὶ ὁ νόμος τῆς ἐνεργείας καὶ τῆς ἀντιδράσεως εἶνε ὑποθετικὴ θεμελιώδης ἀρχή, ὀφείλουσα τὸ ἐμπειρικὸν αὐτῆς κῆρος εἰς τὴν σημασίαν, ἣν κέκτηται ὡς πρὸς τὴν ἑρμηνείαν τῆς ἐμπειρίας. Ἐκ τούτου ἔπεται, ὅτι πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ ἐν λόγῳ νόμου δεόν νὰ προϋποτεθῆ τὸ εἰς τὸν νόμον τῶν κεντρικῶν δυνάμεων ὡς βάσις τεθὲν μέτρον τῆς δυνάμεως, τοῦθ' ὅπερ προϋποθέτει πάλιν τὸν νόμον τῆς ἀδρανείας. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον, ὁ νόμος τῆς ἀντιδράσεως προσθέτει εἰς τὸν νόμον τῶν κεντρικῶν δυνάμεων ὑποθετικὸν τινα προσδιορισμὸν, ὅστις δὲν περιείχετο ἕως τῶρα εἰς αὐτόν, ἀφορᾷ δὲ εἰς τὴν ἀμοιβαίαν σχέσιν ὑλικῶν μορίων.

Ὁ περὶ οὗ πρόκειται νόμος ὁρίζει, ὅτι ἡ ἐνέργεια τοιούτων μορίων οὐδέποτε δύναται νὰ εἶνε μονομερῆς, ἀλλ' ἀείποτε ἀμοιβαία, καὶ ὅτι ποσοτικῶς ἡ ἀντίδρασις εἶνε ἴση πρὸς τὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ποσὸν τῶν σχετικῶν μεταβολῶν τῆς ταχύτητος, ἃς ὑφίστανται δύο ἐπ' ἀλλήλας ἐνεργοῦσαι μᾶζαι, δεικνύεται ἀφ' ἑαυτοῦ ἐκ τοῦ ποσοτικοῦ περιεχομένου τοῦ νόμου τῶν κεντρικῶν δυνάμεων. Τὸ ποσὸν τοῦτο εἶνε δι' ἀμφοτέρα τὰ μέρη ἴσον, ὅταν αἱ μᾶζαι αὐτῶν εἶνε ἴσαι, εἶνε δὲ ἀντιστρόφως ἀνάλογον τοῦ μεγέθους τῶν μαζῶν, ὅταν αὐταὶ εἶνε ἀνισοί.

Καὶ ὁ νόμος οὗτος παριστᾷ, ὡς πρὸς τὴν ποιοτικὴν αὐτοῦ ὄψιν, ἀμεσὸν τινα μεταφορὰν ἐνὸς φερονομικοῦ εἰς ἓνα δυναμικὸν νόμον.

Ἐὰν νοήσωμεν δύο σημεῖα ἐν τῷ χώρῳ, κινούμενα σχετικῶς πρὸς ἀλλήλα, θὰ συναγάγωμεν, ὅτι τὸ ἐν μεταβάλλει τὴν θέσιν αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἕτερον κατὰ τὸ αὐτὸ μέτρον. Ὅθεν, ἂν νοηθῶσι δύο ὑλικά σημεῖα, ἔχοντα τὰς αὐτὰς ιδιότητες, καθίσταται διὰ τῆς φερονομικῆς ταύτης σχέσεως ἀποδεικτὴ καὶ ἡ δυναμικὴ προϋπόθεσις, ὅτι αἱ ἐνέργειαι αὐτῶν εἶνε ἀμοιβαῖαι καὶ ἴσαι ὡς πρὸς τὸ ἑαυτῶν ποσόν. Ἐὰν ὅμως αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τῶν ἐπ' ἀλλήλα ἐνεργούντων ὑλικῶν στοιχείων νοῶνται ὡς διάφοροι, τοῦτο δύναται νὰ διαγνωσθῆ ἀπὸ δυναμικῆς ἀπόψεως μόνον ἐν τῷ ὅτι αἱ μεταβολαὶ τῆς κινήσεως, ἃς ὑφίστανται ἀμφοτέρα, ἐν σχέσει πρὸς μίαν ἀνεξάρτητον ἀπὸ τούτων παθητικὴν κίνησιν, εἶνε διάφοροι.

Ἐνταῦθα ὁ νόμος τῆς ἀντιδράσεως μεταφέρει, ἀπὸ ποσοτι-

κῆς ἀπόψεως, τὴν ὑπὸ τὸν μνημονευθέντα ἀπλοῦν ὄρον γενομένην παραδοχὴν τῆς ἴσης κατανομῆς τῆς δυνάμεως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην. Ἐνεκεν δὲ τοῦ λόγου τούτου ἐγείρεται ἡ ἀξίωσις, ἵνα τὰς ἐν τῇ ἐμπειρίᾳ παρουσιαζομένας διαφορὰς τῆς σχετικῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος σχετίσωμεν πρὸς τινὰ διαφορὰν τῶν ἀντιστάσεων, τουτέστι τῶν μαζῶν τῶν ἐν ἀλληλεπιδράσει εὐρισκομένων ὑλῶν. Ὅπως οἱ ἀνωτέρω μνημονευθέντες νόμοι, οὕτω καὶ ὁ νόμος τῆς ἀδρανείας συνδέεται κατ' ἀκολουθίαν, ὡς πρὸς τὸ ἐμπειρικὸν κῦρος αὐτοῦ, μετὰ τῆς παραδοχῆς ἀμφοτέρων τῶν μηχανικῶν βοήθητικῶν ἐννοιῶν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάζης.

ε'. Νόμος τῆς συνδέσεως τῶν δυνάμεων.

Κατὰ τὸν νόμον τῆς συνδέσεως τῶν δυνάμεων, ὅταν πολλαὶ δυνάμεις ἐνεργῶσι κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον ἐπὶ τινος ὑλικῆς μάζης, ἢ ἐντεῦθεν προκύπτουσα ταχύτης ἢ ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος καθορίζεται ὑπὸ τῆς φερονομικῆς ἀρχῆς τῆς συνθέσεως τῶν κινήσεων. Ἐὰν μετὰ τινὰ δεδομένον χρόνον ἐπερχόμενον τελικὸν ἀποτέλεσμα εἶνε κατ' ἀκολουθίαν ἴσον πρὸς ἐκεῖνο, ὅπερ θὰ προέκυπτεν, ἐὰν ἐκάστη δύναμις ἐνήργει μεμονωμένως κατ' ἕξ ἴσου μακρὸν χρόνον.

Καὶ ὁ νόμος οὗτος δύναται νὰ διαιρεθῇ, καθὼς καὶ οἱ προηγούμενοι, εἰς ἕν ποιοτικὸν καὶ εἰς ἕν ποσοτικὸν μέρος. Ἐὐ ποιοτικὸν μέρος ἔγκειται ἐν τῇ ἀναγωγῇ τῆς ἀρχῆς τῆς συνθέσεως τῶν κινήσεων εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν δυνάμεων. Ἐνταῦθα πρόκειται πάλιν περὶ μιᾶς ἀναγωγῆς καὶ οὐχὶ περὶ ἐνὸς ἀπλοῦ συμπεράσματος. Διότι ἡ δυναμικὴ ἀρχὴ περιέχει μαρτυρίαν τινὰ περὶ ἀπολύτων δυνάμεων, ἐνῶς ἡ φερονομικὴ καθορίζει μόνον τὴν ἐποπτικὴν συνάφειαν τῶν σχετικῶν κινήσεων. Ὅθεν ἐνταῦθα προστίθεται ἡ παραδοχὴ, ὅτι αἱ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν κινήσιων αἰτιῶν ἐπερχόμεναι πραγματικαὶ κινήσεις ἀκολουθοῦσι τὸν ὡς πρὸς τὴν ἐποπτείαν ἔγκυρον νόμον τῆς σχετικότητος. Ἡ παραδοχὴ αὕτη συνδέεται εἴτα μετὰ τῆς περαιτέρω, τὴν ποσοτικὴν ὄψιν τοῦ εἰρημένου νόμου συγκροτούσης ὑποθέσεως, καθ' ἣν τὸ ἐν δεδομένῳ τινὶ χρόνῳ ἐπερχόμενον τελικὸν ἀποτέλεσμα δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ διὰ τῆς διαδοχικῆς ἀθροίσεως τῶν ἐπὶ μέρους ἀποτελεσμάτων, ὅποτε τὰ τελευταῖα ταῦτα ἀποτελέσματα δεόν νὰ σχετισθῶσι πρὸς ἕν ἐν τῷ χώρῳ νοούμενον σύστημα συνδιατεταγμένων καὶ πρὸς μίαν ὡς ἀπολύτως ὁμοίμορφον νοουμένην

κίνησιν. Οὕτως εἰσέρχεται εἰς τὸν νόμον τῆς συνδέσεως τῶν δυνάμεων πρὸς τῆ δύναμει καὶ ἡ μᾶζα, ὡς παράγων οὐσιώδης, προσδιορίζων τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως. Τούτου δὲ τοῦ νόμου δρίζοντος, ὅτι αἱ ἐνέργειαι τῶν καθ' ἕκαστα δυνάμεων συστήματός τινος διατηροῦνται ἐν τῇ συνολικῇ ἐνεργείᾳ, ἀγόμεθα εἰς ἄλλον τινὰ νόμον, τουτέστιν εἰς τὸν γενικὸν νόμον τοῦ «ἀνωλέθρου τῆς ἐνεργείας».

στ'. Αἱ δυναμικαὶ ἀρχαὶ ὡς ὑποθέσεις τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν.

Δεδομένου ὅτι πᾶσαι αἱ δυναμικαὶ ἀρχαὶ συνίστανται ἐξ ἑνὸς λογικοῦ καὶ ἑνὸς ἐμπειρικοῦ παράγοντος, ἐξ ὧν ὁ μὲν πρῶτος ἔλκει τὴν καταγωγὴν ἐκ τῆς φύσεως τῆς ἐποπτείας τῆς κινήσεως καὶ τῶν ἐπὶ ταύτης ἐρειδομένων φερονομικῶν ἀρχῶν, ὁ δὲ ἕτερος ἐκ τῆς ἐποπτείας τῶν πραγματικῶν κινήσεων ἐνεργειῶν, αἱ ἀρχαὶ αὗται εὐρίσκονται ἐν τῷ μεταχμίῳ μαθηματικῆς ἀναγκαιότητος καὶ ὑποκειμενικῶν αὐθαιρέτων εἰκασιῶν· συνεπεία δὲ τοῦ συμφυρμού τούτου ἔχουσι, — καθὼς καὶ ἡ ἔννοια τῆς ὕλης μετὰ τοῦ ἀκριβοῦς καθορισμοῦ τῆς ὁποίας στενῶς συνδέονται, — αἰείποτε ὑποθετικὸν χαρακτῆρα.

Τὸν χαρακτῆρα τοῦτον θὰ ἠδυνάμεθα νὰ παρίδωμεν εἴτε ἐὰν μετὰ τοῦ Γαλιλαίου ἀπεδίδομεν, κατὰ τρόπον ἀπλοϊκόν, τὰ αἰσθήματα, τὰ παρακολουθοῦντα τὸν ἐκ τινος ὑποκειμενικῆς κινήσεως προερχόμενον κάματον εἰς τὰς κινήσεις τῶν ἀντικειμένων, εἴτε ἐὰν ἐθεωροῦμεν, ὡς τοῦτο συνέβη, καθ' ἣν ἐποχὴν ἐλησμονήθη ἡ ὑποκειμενικὴ προέλευσις τῶν ἐννοιῶν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μᾶζης, ἀμφοτέρως τὰς ἐννοίας ταύτας ὡς πραγματικὰς, ἀντικειμενικῶς δεδομένας ὄντοτητας.

Ἐν τούτοις τοιαύτη τις δογματικὴ ἐφαρμογὴ ἀμφοτέρων τῶν ἐννοιῶν τούτων κωλύεται ὑπὸ δύο ἀπόψεων. Αἱ ἀπόψεις δὲ αὗται παρέσχον ἤδη ἀπὸ τῆς ἐποχῆς τοῦ d'Alembert εἰς τινὰς ἐπιστήμονας ἀφορμὴν, ὅπως δυσπιστήσωσιν ὡς πρὸς τὰς εἰρημένους ἐννοίας. Ἡ δυσπιστία ὅμως αὕτη ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον συνεδέθη ἐσφαλμένως πρὸς αὐτὴν ταύτην τὴν αἰτιώδη ἀρχήν, ἀντὶ νὰ συνδεθῇ πρὸς τὴν ἰδιαιτέραν, καθ' ἑαυτὴν ἀμφίβολον ψυχοφυσικὴν αἰτιότητα, περὶ ἧς ἐπρόκειτο ἐνταῦθα.

Πᾶσα τυχὸν δυσπιστία δύναται μόνον νὰ δικαιολογηθῇ ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ, τοῦτο μὲν ἕνεκεν τῆς καταγωγῆς τῶν εἰρημένων ἐννοιῶν ἐκ τῆς ὑποκειμενικῆς αἰσθήσεως, τοῦτο δὲ ἕνεκεν



τοῦ δυϊσμοῦ αὐτῶν, ὅστις, καὶ ἂν εἶνε ἢ μὴ ἀναπόφευκτος, πάντως ἀπάρδει πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀπλότητος.

Τὸ κυριώτατον τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν ἀποτελεσμα δὲν συνίσταται, ὡς πρὸς τὴν κατεργασίαν τῆς ἐννοίας τῆς ὕλης, ἐν τούτῳ, ὅτι αὐταὶ ἀπήλλαξαν πλήρως τὴν ἐννοίαν ταύτην ἀπὸ παντὸς περιεχομένου τῆς ὑποκειμενικῆς αἰσθήσεως, ὅπως ἀναγάγωσιν αὐτὴν εἰς καθαρῶς εἰδολογικὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα; Καὶ δὲν θὰ ἔπρεπε ν' ἀπαιτηθῆ παρομοία τις ἀναγωγή εἰς τὸ ὑποκείμενον ὡς πρὸς τὰς δύο δυναμικὰς θεμελιώδεις ἐννοίας, αἵτινες ἐν τῇ τελευταίᾳ αὐτῶν ἀναλύσει ἀπορρέουσιν ἐκ τῶν ὑποκειμενικῶν αἰσθημάτων τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως;

Καὶ ἂν δοθῆ εἰς τὸ ἐρώτημα τοῦτο ἡ ἀπόκρισις, ὅτι αἱ εἰρημέναι ἐννοίαι ἀπηλλάγησαν, ὡς πρὸς τὰς ἐν ταῖς φυσικαῖς ἐπιστήμαις ἐφαρμογὰς αὐτῶν, πάντων τῶν ὑποκειμενικῶν στοιχείων καὶ ὅτι εὖρον τὸ δυναμικὸν μέτρον αὐτῶν εἰς τὰ ἀντικειμενικῶς δεδομένα φαινόμενα τῆς κινήσεως, δὲν θὰ ἠδύνατο ν' ἀποσιωπηθῆ τὸ γεγονός, ὅτι ἄνευ τῶν στοιχείων ἐκείνων δυσκόλως θὰ ἠδύνατο νὰ μορφωθῶσιν αἱ ἐν λόγῳ ἐννοίαι ὑπὸ ταύτην τὴν μορφήν. Εἰς τοῦτο εἶτα ἐπιπροστίθεται ἰδιάζουσά τις ἀμοιβαία σχέσις, καθ' ἣν ἡ μᾶζα χρησιμοποιεῖται τοσοῦτο πρὸς ὑπολογισμόν τῆς δυνάμεως, ὅσο ἀντιστρόφως ἡ δύναμις πρὸς καταμέτρησιν τῆς μάζης. Ἡ σχέσις αὕτη δύναται νὰ γίνῃ ἀφορμή, ὅπως ἀπευθύνωμεν τὴν ἐρώτησιν, ἂν ἡ μία τῶν ἐννοιῶν τούτων θὰ ἦτο δυνατόν ν' ἀντικατασταθῆ ὑπὸ τῆς ἑτέρας. Ὅντως δὲ ἀπαντᾷ ἐν τῇ φυσικῇ τοῦ Καρτεσίου φιλοσοφίᾳ μία καταφανῶς ἀποτυχοῦσα ἀπόπειρα, ὅπως θεωρηθῆ μόνον ἡ μᾶζα ὡς θεμελιώδης τῆς μηχανικῆς ἐννοία, καὶ αὐτὸς δὲ ὁ Η. Hertz προέβη μετὰ μείζονος μὲν, ἀλλ' οὐχὶ καὶ πλήρως τελικοῦ ἀποτελέσματος, εἰς παρομοίαν ἀπόπειραν. Ἀφ' ἑτέρου εἶχεν ἤδη ἐκφράσει ὁ Δεϊβνίτιος τὴν ἰδέαν, ὅτι ἡ ἀρχικὴ τῆς ὕλης ιδιότης εἶνε ἡ δύναμις, ἐξ ἧς δέον νὰ παραχθῆ καὶ ἡ μᾶζα. Αὕτη δὲ ἰδέα ἀνεκρίθη ὑπὸ τὴν αὐτὴν μορφήν καὶ κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους, τοῦτο μὲν εἰς τὰς διαφόρους ἀποπείρας, αἵτινες ἀπεσκοποῦν τὴν παραγωγὴν τῶν ἐξ ἀποστάσεως ἐνεργειῶν τῆς βαρύτητος ἐκ τινος σχετικῶς ἑστερημένου μάζης διαμέσου φορέως, τοῦτο δὲ εἰς τὰς ὑποθέσεις περὶ τῶν φαινομένων τῆς ὀπτινοβολίας καὶ τῶν παλμικῶν κινήσεων τῶν πάλαι ποτὲ οὕτω δὴ καλουμένων ἀσταθμῶν των φορέων. Οὕτως, ἐν τῇ ἀντιλήψει τῶν δυναμικῶν ἀρχῶν καὶ τῇ χρησιμοποίησει τούτων πρὸς γενικὴν ἐρμηνείαν τῶν φυσικῶν φαινομένων, δύνανται ἐν τέλει νὰ ὑπάρξωσι τρεῖς διακεκριμέναι

κατευθύνσεις. Ἡ πρώτη εἶνε ἡ τῆς κλασσικῆς μηχανικῆς, ἣτις προβαίνει εἰς τὸ ἑαυτῆς ἔργον μετὰ τῶν δύο βοηθητικῶν ἐννοιῶν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάξης. Ἡ δευτέρα προϋποθέτει, πλὴν τῶν εἰς τὴν μάξαν ἀναφερομένων ἰδιοτήτων τῆς ὕλης, τὴν ὑπαρξιν ἑνὸς καὶ μόνου γενικοῦ νόμου τῆς κινήσεως<sup>1</sup>.

Ἡ τρίτη, ἣς ἡ ἐφαρμογὴ εἰς τὴν μηχανικὴν σταθμητῶν σωμάτων εἶνε εἰσέτι ἀμφίβολος, θὰ παρήγαγεν ἀντιστρόφως πάντα τὰ φαινόμενα, μεταξὺ δ' αὐτῶν καὶ τὰ φαινόμενα τῆς μάξης, ἐξ ὄλικῶν στοιχείων, ἅτινα αὐτὰ καθ' ἑαυτὰ δὲν ἔχουσι μάξαν. Ἡ κατεύθυνσις αὕτη θ' ἀφορμᾶτο, ὡς εἰκόσ, ἀπὸ τῶν μηχανικῶς ἐξηγητέων φαινομένων τῶν «ἀσταθμῆτων σωμάτων», ἣτοι τοῦ οὕτω δὴ καλουμένου αἰθέρος καὶ τῶν ἠλεκτρονίων, ἀντὶ ν' ἀφορμηθῆ ἀπὸ τῆς μηχανικῆς τῶν σταθμητῶν.

Τίς τῶν τριῶν τούτων κατευθύνσεων θὰ κατισχύσῃ ἐν τέλει, ἂν ἡ μηχανικὴ τῶν σωμάτων θὰ δυνηθῆ νὰ ὑπαγάγῃ εἰς ἑαυτὴν τὴν δυναμικὴν τοῦ αἰθέρος, καθὼς πρὸ πολλοῦ ἐπεχείρησε νὰ πράξῃ τοῦτο, εἴτε ἂν ἀντιστρόφως μία ἐκ ταύτης ἀφορμωμένη ἐνωτικὴ ἀντίληψις θὰ ἄρῃ τὸν καὶ ἔτι σήμερον ἐπικρατοῦντα δυϊσμόν, εἶνε ἄδηλον. Μόνον τὸ πραγματικὸν τῶν ὑποθέσεων ἀποτέλεσμα δύναται νὰ καθορίσῃ τοῦτο. Ἐν πάσῃ ὅμως περιπτώσει θὰ διατυπωθῆ ὁ συμφυρμὸς ἐκεῖνος τῶν ἐκ τῶν προτέρων καὶ τῶν ἐμπειρικῶς συναγομένων παραγόντων, καθ' ὃν τρόπον οὗτος στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ταυτοχρόνου μετὰ τῶν φερνομικῶν ἀρχῶν συνειρμοῦ. Πάντως ἡ ἐκ τῆς καθαρᾶς παραστάσεως τῆς κινήσεως ἄρσις τῶν ὑποκειμενικῶν στοιχείων τῆς αἰσθήσεως τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως φαίνεται δικαιολογημένη, ἐφ' ὅσον αὕτη ἀνταποκρίνεται πρὸς τὸ γενικὸν ἀξίωμα τῆς θεωρίας τῆς γνώσεως, συμφώνως πρὸς τὸ ὁποῖον τὰ ὑποκειμενικὰ τῆς αἰσθήσεως συστατικὰ στοιχεῖα δεόν νὰ αἴρονται ἐκ τῶν εἰς τὴν φύσιν ἀφορῶσῶν γενικῶν ἐννοιῶν. Κατὰ

1. Ἡ κλασσικὴ μηχανικὴ μὲ τὸν δυϊσμόν τῶν ἐννοιῶν τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάξης καὶ τῆς τάσεως, ὅπως ἀναγάγῃ τοὺς μηχανικοὺς νόμους εἰς τι σύνολον ἀπλουστάτων ἀξιοματικῶν προϋποθέσεων, ἐκπροσωπεῖται νῦν ὑπὸ τοῦ L. Boltzmann. (Vorlesungen über die Prinzipien der Mechanik, 1897. Μέρ. I.). Ὁ Hertz προσεπάθησεν, ὡς ἐλέχθη ἄνωτέρω, νὰ στηρίξῃ ἅπασαν τὴν μηχανικὴν ἐπὶ τῆς ἐννοίας τῆς μάξης, λαβὼν ὑπ' ὄψιν προϋπόθεσιν τινα, ἣτις ἀποφεύγει μὲν τὴν ἐννοιαν τῆς δυνάμεως, ἀλλ' ἣτις εἶνε τελεολογικὴ κατὰ βάθος. Ἡ ὑπόθεσις αὕτη εἶνε ἡ οὕτω δὴ καλουμένη ἀρχὴ τοῦ Hammlton. Ἴδε Hertz, «die Prinzipien der Mechanik, Ges. Werke», Τόμ. 3. 3. 1894. Ἴδε καὶ τὴν Λογικὴν μου, τόμ. II, Μέρ. III., κεφ. I.



ταῦτα αἱ ἔννοιαι τῆς δυνάμεως καὶ τῆς μάξης, καὶ ἂν αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται ὁμοῦ ἢ μεμονωμένως, δεόν ἀποκλειστικῶς ν' ἀναχθῶσιν εἰς τὴν ἀντικειμενικὴν πραγματικότητα, ἥτις εἶνε ἡ βᾶσις αὐτῶν ἐν τῇ ἐποπτεία τῆς κινήσεως.

Ἐνταῦθα ἡ ῥοπή πρὸς ἀπλοποίησιν τῶν δυναμικῶν θεμελιωδῶν ἐννοιῶν συναντᾶται συγχρόνως μετὰ τῆς τάσεως πρὸς ἐνιαίαν διαμόρφωσιν τῆς ἐννοίας τῆς ὕλης. Ὅπως ὡς πρὸς τὴν πρώτην ἡ μάξα ἴσταται ἔναντι τῆς δυνάμεως, οὕτω καὶ ἐν σχέσει πρὸς τὴν δευτέραν εὔρηται εἰς τὰς παραδεδομένας θεωρίας ἡ σταθμητὴ ὕλη ἔναντι τοῦ αἰθέρος. Ἡ μηχανικὴ ὅμως τῶν σταθμητῶν σωμάτων δὲν συνταυτίζεται ἀναγκαίως ἢ τοῦλάχιστον ἀπὸ πάσης ἀπόψεως πρὸς τὴν μηχανικὴν τοῦ αἰθέρος. Τοῦτο τῷ ὄντι δεικνύεται λίαν πρωίμως, ὑποδηλοῦται δὲ ἤδη καὶ ἐν ταῖς θεωρίαις τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν διὰ τῆς λέξεως «ἀστάθμητος», ἐπειδὴ τὰ κινητὰ μέρη εἴτε προὔλοισθαι ὡς ἐστερημένα μάξης, εἴτε ἀποδίδεται τὸ πολὺ εἰς αὐτὰ κατὰ τινὰς περιπτώσεις μᾶζά τις, ἐνῶ ταῦτα θεωροῦνται πάντοτε ὡς βᾶσις κινήσεων ἐνεργειῶν.

Ἡ πρώτη ὅμως διαμόρφωσις τῆς μηχανικῆς τῶν σωμάτων ἐγένετο ἀφορμὴ, ὅπως, εὐθὺς ὅταν ἐγένετο σκέψις περὶ τινος μηχανικῆς τοῦ αἰθέρος, μετενεχθῶσιν εἰς αὐτὴν αἱ παραστάσεις τῆς μηχανικῆς τῶν σωμάτων. Ἀφ' ἧς ὅμως στιγμῆς ἐμορφώθη ἡ γνώμη, ὅτι τὸ πλεῖστον μέρος τῶν φαινομένων τῆς φύσεως ἔδει ν' ἀναχθῆ εἰς τὰς κινήσεις ἐνεργείας τοῦ αἰθέρος, δὲν ἦτο μακρὰν καὶ ἡ ἑτέρα εἰκασία, ὅτι ἡ συνουσίωσις (Vereinlichung) τῆς ἐννοίας τῆς ὕλης εὑρίσκειτο ἐν τῇ ἀντιθέτῳ κατευθύνσει. Ἡ σταθμητὴ ὕλη ἔδει συνεπῶς νὰ παραχθῆ ἐκ τοῦ αἰθέρος καὶ κατ' ἀναγκαίαν συνάρτησιν ἢ μηχανικῆ τῶν μαζῶν ἐκ τῆς μηχανικῆς τοῦ αἰθέρος. Κατὰ πᾶσαν πιθανότητα θὰ ὠδήγει ἡμᾶς τὸ βῆμα τοῦτο, εἰς ἄριστον τινὰ τῶν μαζῶν ἐκ τῶν τῆς μηχανικῆς θεμελιωδῶν ἐννοιῶν, τουτέστιν εἰς τινὰ παραγωγὴν αὐτῶν ἐξ ὀρισμένων περιπτώσεων τῶν κινήσεων τοῦ αἰθέρος. Οὕτω θὰ ἐπετυγχάνετο ὁ διττὸς σκοπός, ὁ ἀφορῶν εἰς τὴν μείωσιν τῶν δυναμικῶν ἀρχῶν καὶ εἰς τὴν συνουσίωσιν τῆς ἐννοίας τῆς ὕλης. Ὄντως δὲ αἱ παρατηρήσεις, αἱ ἀφορῶσαι εἰς τὰς ἀντισπαστικὰς ἐνεργείας ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν δυνάμεων ἐπὶ τῶν καθοδικῶν ἀπλόνων καὶ ἐπὶ τῶν τοῦ ῥαδίου, ἄγουσιν εἰς τὴν εἰκασίαν, ὅτι τὰ καθ' ὑπόθεσιν παραδεδεγμένα ἠλεκτρόνια δὲν εἶνε μὲν ἐστερημένα μάξης, ἀλλ' ὅτι ἡ μάξα αὐτῶν εἰς μικρὰν ταχύτητα εἶνε ἐλάχιστη, αὐξανό-

μένη ἐν ταχείᾳ προόδῳ εἰς μεγάλην ταχύτητα, παραπλησίαν πρὸς τὴν τῆς μεταδόσεως τοῦ φωτός. Ἐὰν ἡ μᾶζα εἶνε λειτουργία τῆς ταχύτητος, δὲν δύναται πλέον νὰ θεωρηθῆ ὡς σταθερὰ ἰδιότης τῆς ὕλης. Ἡ γνώμη τοῦ Λεϊβνιτίου, ὅτι αὕτη αὕτη δέον νὰ παραχθῆ ἐκ τῶν κινητηρίων ἐνεργειῶν κινητῶν στοιχείων, ἀναφαίνεται κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον, καίτοι ὑπὸ ὅλως διάφορον ὄψιν. Ἐν τούτοις ἡ περίστασις αὕτη δὲν θὰ παρεῖχεν εἰς ἡμᾶς ἀκόμη τὸ δικαίωμα, ὅπως ὀμιλήσωμεν περὶ τινος ἄρσεως αὐτῆς ταύτης τῆς ἐννοίας τῆς ὕλης. Διότι ἡ ἐννοια αὕτη θὰ ἠδύνατο αὖθις νὰ ἐφαρμοσθῆ ἐπὶ τῆς δυναμικῆς βάσεως, ἣτις ἀπομένει μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς ἐννοίας τῆς μάζης, ἅτε διατηρουμένης τῆς θεμελιώδους τῆς ὕλης ἰδιότητος, ἣτις ἐγκείται ἐν τῇ κινητηρίῳ τῶν μορίων αὐτῆς ἀλληλεπιδράσει. Ἄν ὅμως τὰ μόρια ταῦτα ἔχωσι τὴν μᾶζαν ὡς ἀρχικὴν αὐτῶν ἰδιότητα, ἢ ἂν αὕτη γεννᾶται τὸ πρῶτον ἐκ τῶν κινητηρίων ἐνεργειῶν, ἵνα ἐν ταῖς ὀρκαῖς ἐκείναις περιπτώσεσιν, ἃς δέον νὰ παραδεχθῆ τις ὡς πρὸς τὴν σταθμητὴν ὕλην, προσλάβῃ μόνιμόν τινα ἀξίαν, τοῦτο εἶνε διὰ τὴν ἐννοίαν τῆς ὕλης, ὡς σταθερὰν τῶν φυσικῶν φαινομένων βᾶσιν, αὐτὸ καθ' ἑαυτὸ ἀδιάφορον.

#### 4. Περὶ ἐνεργείας.

Κατὰ τὸν νόμον τῆς συνδέσεως τῶν δυνάμεων, μόνον ἐν μέρος τῶν ἐπὶ τῆς μάζης ἐνεργουσῶν δυνάμεων παράγει πραγματικὰς προσθετικὰς κινήσεις. (Beschleunigungen). Τὸ ἕτερον τείνει μὲν νὰ παραγάγῃ τοιαύτας, ἰσοπεδοῦται ὅμως ὑπὸ τῶν ἐνεργειῶν ἄλλων δυνάμεων. Τὸ σύνολον τῶν ἐν τινι δεδομένη στιγμῇ ὑπαρχουσῶν ἐνεργειῶν δύναται συνεπῶς νὰ διαιρεθῆ εἰς πραγματικὰς προσθετικὰς κινήσεις καὶ εἰς κινήσεις ἀερομένας δι' ἀντιδρωσῶν δυνάμεων. Κατὰ τὸν νόμον τῆς ἀντιδράσεως ἐκάστη μᾶζα ἀσκεῖ τοσαύτην ἐνέργειαν, ὅση ἀσκεῖται ἐπὶ ταύτης. Ὅθεν πᾶσα ἢ ἐν τινι μάζῃ ἐνυπάρχουσα περιεκτικότης ἐνεργείας δύναται νὰ ὑπολογισθῆ διὰ τοῦ καθ' ἕκαστον ὑπολογισμοῦ καὶ τῆς προσθέσεως πασῶν τῶν ἐνεργειῶν, ἀδιάφορον ἂν αὗται παράγωσι πραγματικὰς προσθετικὰς κινήσεις ἢ ἂν μένωσιν ἐν καταστάσει ἰσορροπίας. Ἐνταῦθα ἐκάστη μερικὴ ἐνέργεια εἶνε ἀνάλογος πρὸς τὸ ποσὸν τῆς κινητηρίου δυνάμεως καὶ πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ διαστήματος, ὅπερ διανύει ἡ μᾶζα κατὰ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως. Ἡ οὕτω καθοριζομένη περιεκτικότης τῆς ἐνεργείας μάζης τινὸς καλεῖται ἐνέργεια ταύτης καὶ διαιρεῖται πάλιν,



καθ' ὅσον αἱ ἐνέργειαι δύνανται ν' ἀρθῶσιν δι' ἀντιδράσεων ἢ μί, εἰς δυνάμει καὶ ἔργῳ ἐνέργειαν.

Ἐπειδὴ ἔν τινι μηχανικῷ συστήματι ἡ μεταβολὴ ἀπὸ τῆς ἔργῳ εἰς τὴν δυνάμει ἐνέργειαν συμβαίνει συνεπείᾳ τελέσεως ἔργου, καθ' ὃ μᾶζά τις διατρέχει ὠρισμένον τι διάστημα, ἡ δυνάμει ἐνέργεια δύνανται ὡσαύτως νὰ κληθῆ ἐνέργεια ἐξ ἀποστάσεως. (Distanzenergie). Ἐὰν ὑποθέσωμεν περαιτέρω, ὅτι σύστημα τι μηχανικῶν δυνάμεων ἀποτελεῖ αὐτοτελὲς σύστημα, ὅπερ οὔτε ἐνεργεῖ ἐκτὸς ἑαυτοῦ οὔτε λαμβάνει ἐξωθεν ἐπιδράσεις, καὶ ὅτι συμβαίνει μεταβολὴ τις μόνον μεταξὺ τῶν οὕτω δὴ καλουμένων δύο μορφῶν μηχανικῆς ἐνεργείας, οὐχὶ δὲ μεταβάσις τις εἰς ἄλλας κατὰ ποιὸν διαφόρους μορφὰς ἐνεργείας, θὰ συναγάγωμεν, ὅτι ἐκ τῶν εἰρημένων μηχανικῶν νόμων καὶ ἰδίᾳ ἐκ τοῦ νόμου τῆς συνδέσεως τῶν δυνάμεων προκύπτει, ὅτι ἐν τοιούτῳ συστήματι τὸ ποσὸν τῆς ἔργῳ ἐνεργείας καὶ τῆς δυνάμει ἐνεργείας ἐξ ἀποστάσεως μένει σταθερόν. Ὑπὸ τὴν μορφήν ταύτην ἀνεπτύχθη τὸ ἀξίωμα τοῦ ἀνωλέθρου τῆς ἐνεργείας ὡς ἀπλῆ ἀκολουθία τῶν γενικῶν μηχανικῶν ἀρχῶν. Ἡ φυσικὴ σχετικῶς ἐπειράθη ὀλίγον ὀψίμως νὰ ἐπεκτείνη τὸ ἀξίωμα τοῦτο, τὸ ὑπὸ τοῦ Λεϊβνιτίου ἐν πάσῃ αὐτοῦ τῇ σπουδαιότητι προεικονισθέν, ἀλλὰ τοῦ πεδίου τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἄλλας φυσικὰς δυνάμεις, τουτέστιν εἰς τὴν θερμότητα, τὸν ἤλεκτρισμόν, τὴν χημικὴν συγγένειαν. Διὰ νὰ δυνηθῆ νὰ συντελεσθῆ τοῦτο, ἔδει νὰ γίνῃ ἀποδεικτόν, ὅτι καὶ ἐνταῦθα ἡ ἐνέργεια εἶνε σταθερὰ ποσότης, καὶ ὅτι κατ' ἀκολουθίαν, ἂν σώμα τι ἐπὶ παραδείγματι ἢ σύστημα σωμάτων οὔτε παρέχη, οὔτε λαμβάνῃ ἐξωθεν θερμότητα, ἡ δὲ θερμότης αὐτοῦ δὲν μεταβάλλεται εἰς ἄλλην τινὰ μορφήν ἐνεργείας, ἡ ἐνεστῶσα ἐνέργεια τῆς θερμότητος μένει σταθερά. Ἐπίσης καὶ ἐνταῦθα ἐδίδετο ἐκάστοτε ἀφορμὴ, καθὼς καὶ ἐπὶ μηχανικοῦ πεδίου, πρὸς διάρρισιν διπλῆς τινος μορφῆς ἐνεργείας, ἥτοι τῆς ἔργῳ καὶ δυνάμει ἐνεργείας, δεδομένου ὄντος ὅτι καὶ κατὰ τὰς περιπτώσεις ταύτας μόνον διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τῆς τελευταίας βοηθητικῆς ταύτης ἐννοίας καθίσταται δυνατὴ ἡ παραδοχὴ τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Ἡ κατὰ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Robert Mayer γενομένη ἐπέκτασις τῆς εἰρημένης ἀρχῆς ἐπὶ ἄλλων μορφῶν τῆς ἐνεργείας ἤγαγεν εἰς περαιτέρω συμπεράσματα. Ἐν ἡ περιπτώσει δηλαδὴ μεταξὺ τῶν ὡς πρὸς τὴν σταθερότητα τῆς ἐνεργείας γενομένων προὑποθέσεων τηρεῖται μόνον ἡ μία, τουτέστιν ἡ ἀφορῶσα εἰς τὸ αὐτοτελὲς τοῦ συστήματος, οὐχὶ δὲ καὶ ἡ ἕτερα, ἡ ἀπτομένη τῆς διατηρήσεως

τῆς αὐτῆς μορφῆς τῆς ἐνεργείας. Ὄταν δηλαδή διάφοροι μορφαι ἐνεργείας μεταβάλλονται ἢ μία εἰς τὴν ἄλλην, δύναται τις νὰ παραδεχθῆ, ὅτι διατηρεῖται καὶ ἡ ἀρχὴ τῆς σταθερότητος τῆς ἐνεργείας. Μία ἀπόδειξις περὶ τῆς ὀρθότητος τῆς ἐν λόγῳ προϋποθέσεως δύναται, ἕνεκεν τῆς κατὰ ποιὸν διαφορᾶς τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας, νὰ ὑπάρξῃ μόνον, ἐφ' ὅσον εἶνε δυνατὸν νὰ καταδειχθῆ μεταβολὴ τις εἰς σταθερὰς σχέσεις ἰσορροπήσεως καὶ συνεπῶς, — εἴαν τις νοήσῃ πάσας τὰς μορφὰς τῆς ἐνεργείας ὡς μεταβαλλομένας πάλιν εἰς μίαν καὶ μόνην μορφήν, — μία σταθερὰ σχέσις πρὸς ταύτην.

Ἡ ἀπεριόριστος ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης τῆς μεταβολῆς ἐμπεριέχει τὴν προϋπόθεσιν, ὅτι πᾶσα ἐνέργεια δύναται νὰ μεταβληθῆ ἐντελῶς εἰς οἵανδήποτε ἄλλην. Πρὸς παραδοχὴν τοιαύτης τινὸς ἀρχῆς, ἀφορώσης εἰς τὸ ἀπεριόριστον τῶν μεταβολῶν τῆς ἐνεργείας, οὐδεμία ὑπάρχει ἀποχρῶσα αἰτία. Μᾶλλον ἡ ἐμπειρία δύναται μόνον ἐν γένει ν' ἀποφανθῆ κατὰ πόσον ὠρισμένα ἐνέργεια δύνανται νὰ μεταβληθῶσιν εἰς ἄλλας ὠρισμένας ἐνεργείας ἢ μή. Οὕτω δύναται τῷ ὄντι ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια νὰ μεταβληθῆ εἰς θερμότητα ἢ θερμότης ὅμως δὲν δύναται ἢ ν' ἀναμετατραπῆ μόνον ἐν μέρει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ὅποτε ἡ ποσότης τοῦ ἐναπομείναντος ὑπολοίπου ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν ἰδιαιτέρων τοῦ συστήματος ὄρων. Ὄθεν, ἂν καλέσωμεν ἐκ δύο μορφῶν ἐνεργείας ἰσχυροτέραν ἐκείνην, ἣτις δύναται νὰ μεταβληθῆ ἐντελῶς εἰς τὴν ἑτέραν, ἀσθενεστέραν δ' ἐκείνην, ὡς πρὸς τὴν ὁποίαν δὲν δύναται νὰ συμβῆ τοῦτο, θὰ ἴδωμεν, ὅτι τοιαύτη τις τῶν ἐνεργειῶν διάταξις ἀπαιτεῖ, α') ὅπως κατὰ τὴν μεταβολὴν τῶν ἀσθενεστέρων εἰς ἰσχυροτέρας μορφὰς ἐναπομένη μία πρὸς τὴν μεταβληθεῖσαν ἐνέργειαν ἰσοδύναμος ποσότης ἐνεργείας, καὶ β') ἵνα ἡ συνολικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος προσεγγίξῃ πρὸς τινὰ κατάστασιν, ἐν ἣ ἡ πᾶσα ἐνέργεια μετηνέχθη εἰς τὴν ἀσθενεστέραν μορφήν.

Ἐάν τις, ὡς τοῦτο συμβαίνει κατὰ κανόνα, νοήσῃ ὡς γενικὴν τῆς ἐνεργείας ἀρχὴν τὸ περιεχόμενον πάντων τῶν ἐν τοῖς ἀνωτέρω μνημονευθέντων νόμων, θὰ ἴδῃ, ὅτι τὸ περιεχόμενον τοῦτο ἐγκλείει τρεῖς, ὑπὸ λογικὴν ἔποψιν πλήρως ἀνεξαρτήτους ἀλλήλων ἀρχάς. Πρῶτον τὴν ἀρχὴν τῆς σταθερότητος πασῶν τῶν ἀμεταβλήτων ἐνεργειῶν ἐνὸς καθ' ἑαυτὸ αὐτοτελοῦς συστήματος. Τὴν ἀρχὴν ταύτην δυνάμεθα νὰ καλέσωμεν ἀρχὴν τῆς σταθερότητος, κατὰ τὴν στενωτέραν τῆς λέξεως σημασίαν. Δεύτερον τὴν ἀρχὴν τῆς μεταβολῆς τῶν ἐνεργειῶν εἰς ἰσοδυνάμους



σχέσεις, ἦτοι τὴν ἀρχὴν τῆς *ισορροπήσεως*, καὶ τρίτον τὴν ἀρχὴν τῆς βαθμιαίας μεταβολῆς ἰσχυροτέρων εἰς ἀσθενεστέρας μορφὰς ἐνεργείας, ἦτοι τὴν ἀρχὴν τοῦ *ἐντροπισμοῦ*. (Prinzip der Entropie). Ἡ πρώτη καὶ ἡ δευτέρα τῶν ἀρχῶν τούτων δύνανται νὰ κληθῶσι συλλήβδην *ἀξίωμα τοῦ ἀνώλεθρου τῆς ἐνεργείας*, ὁπότε ἡ κατ' ἰσοδυνάμους σχέσεις μεταβολῆ θεωρεῖται μόνον ὡς ἰδιαιτέρα τῆς σταθερότητος περίπτωσις. Ὄντως δὲ ἡ πρώτη καὶ ἡ δευτέρα ἀρχὴ παραλλήλως καὶ ἐν μέρει ἀνεξαρτήτως ἀλλήλων ἐγένοντο ἀφορμὴ, ὅπως μορφωθῆ τὸ γενικὸν ἀξίωμα τοῦ ἀνώλεθρου τῆς ἐνεργείας. Ἀφ' ἐνὸς δηλαδή τὸ ἀξίωμα τοῦτο παρήχθη ἐκ τῆς καθαρῶς μηχανικῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῶν οὔτω δὴ καλουμένων «ζωτικῶν δυνάμεων» (lebendige Kräfte), ἀντικαταστάσεως τῆς ἐννοίας τοῦ ἔργου διὰ τῆς ἐν τοῖς ἀνωτέρω μνημονευθείσης ἐννοίας τῆς ἐνεργείας ἐξ ἀποστάσεως. Ἀφ' ἑτέρου ἡδραιώθη ἐπὶ τῆς ἐννοίας τῆς ἰσορροπήσεως, καὶ ἡ ἐδραίωσις αὕτη παρέσχεν εἰς αὐτὸ χαρακτηριστῆρα ἐνὸς γενικωτάτου νόμου, περιλαμβάνοντος τὰς ἀμοιβαίας σχέσεις πασῶν τῶν φυσικῶν ἐνεργειῶν ἢ σύμψασιν τὴν οἰκονομίαν τῆς φύσεως. Ὑπὸ τὴν τελευταίαν ταύτην μορφήν προσαρμόζεται σύναμα εἰς τὰς κοικίλας ἀποπείρας, τὰς ἀφορώσας εἰς τὴν μόρφωσιν μιᾶς τὸ σύνολον τῆς φύσεως περιλαμβανούσης *ἀρχῆς τοῦ σκοποῦ*. Ὄντως δὲ τοιαύτη ἀρχὴ εἶνε ἡ τῆς ἐνεργείας, παρὰ τὴν αἰτιώδη αὐτῆς ἐδραίωσιν, ἣτις καθ' ἑαυτὴν δύναται νὰ συνδεθῆ πλήρως πρὸς τὴν ἐννοίαν τοῦ σκοποῦ. Διότι, ὅπως συμβαίνει εἰς πᾶσαν ἐξακριβωσιν ἀποβλέπουσαν εἰς τὴν ἐννοίαν τοῦ σκοποῦ, οὔτω καὶ ἐνταῦθα ἡ αἰτιώδης ἐπισκόπησις εἶνε *ἀναδρομικὴ*. Τὸ ἀνώλεθρον τῆς ἐνεργείας νοεῖται ὡς ἐπιδιωκόμενον ἀποτέλεσμα, ὅπερ δεόν νὰ διατηρηθῆ πάντοτε κατὰ τὰς διαφόρους ἐνεργείας τῆς μεταβολῆς τῆς δυνάμει εἰς ἔργον ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως, πρὸς δὲ κατὰ τὰς διαφόρους μεταβολὰς τῶν διαφόρων μορφῶν τῆς ἐνεργείας, τῆς μιᾶς εἰς τὴν ἄλλην.

Οὐχ ἦττον ὀφείλει τὸ ἀξίωμα τῆς ἐνεργείας τὴν θέσιν αὐτοῦ ἐν τῇ συγχρόνῳ φυσικῇ εἰς τὴν περίστασιν, ὅτι τοῦτο ἐπιτρέπει τῇ βοήθειᾳ τῆς ἐν ἑαυτῷ περιεχομένης ἀρχῆς τῆς ἰσορροπήσεως, ὅπως ἀχθῶσιν εἰς ἀρμονικὸν συνειρμὸν καὶ τοιαῦτα ἔτι φυσικὰ φαινόμενα, ἅτινα εἴτε δὲν δύνανται νὰ ὑποβληθῶσιν εἰς αὐστηρὰν μηχανικὴν ἀνάλυσιν, εἴτε ὡς πρὸς τὰ ὅποια τοιαύτη τις ἀνάλυσις στηρίζεται, τό γε νῦν ἔχον, ἐπὶ ὑποθέσεων ἀμφιβόλων. Αὕτη δὲ εἶνε ἡ αἰτία, δι' ἣν ἐπίστευσάν τινες, ὅτι ἦτο δυνατὴ ἡ ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς ἐνεργείας ἐδραίωσις μιᾶς πλήρως

ἀπηλλαγμένης ὑποθέσεων φυσιογνωστικῆς ἐπιστήμης, διότι αἱ ἐν τῇ ἀρχῇ ταύτῃ περιεχόμεναι τρεῖς προϋποθέσεις θὰ ἦτο δυνατόν νὰ θεωρηθῶσιν ὡς καθαραὶ γενικεύσεις, εἰλημμένοι ἐκ τῆς ἐμπειρίας. Ἐν τούτοις ἡ ἀπόπειρα αὕτη ἐλέγχεται πρῶτον ὡς μὴ δυναμένη νὰ καταλήξῃ εἰς ὀριστικὰ ἀποτελέσματα. Δεύτερον αὕτη αὕτη ἡ ἀρχὴ τῆς ἐνεργείας παρέχει ἡμῖν τὸ ἐνδόσιμον νὰ πιστεύσωμεν, ὅτι δέον νὰ θεωρηθῇ οὐχὶ ὡς πρώτη ἀρχή, ἀλλ' ὡς συνέπεια τῶν ἀπλουστερῶν μηχανικῶν ἀρχῶν, καὶ τρίτον ἐν τῇ εἰρημένῃ ἀποδείξει δὲν ἐλήφθησαν πρὸ ὀφθαλμῶν αἱ θεωρητικαὶ γνωστικαὶ αἰτίαι ἐκεῖναι, περὶ ὧν ἐγένετο λόγος κατὰ τὸν ἔλεγχον τῆς ἐννοίας τῆς οὐσίας ἐν ταῖς φυσικαῖς ἐπιστήμαις καὶ συμφώνως πρὸς τὰς ὁποίας ἡ πλήρης ὑπαγωγή τῶν φυσικῶν φαινομένων εἰς τὰς ἀρχὰς τῆς φυσικῆς αἰτιότητος φαίνεται ἀπαραίτητος.

Εἶνε ἀδύνατον νὰ στηρίξωμεν ὅλην τὴν ἐπιστήμην τῆς φύσεως ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς ἐνεργείας, πρὸ παντὸς ἐφ' ὅσον τὰ πεδία ἀκριβῶς ἐκεῖνα, ἅπερ ἐν πρώτοις ἐχρησιμοποίησαν τὴν λογικὴν παραγωγὴν ταύτης τῆς ἀρχῆς, τουτέστιν ἡ μηχανικὴ μετὰ τῶν ἐαυτῆς ἐφαρμογῶν καὶ ἡ ἀστρονομία, δὲν δύνανται νὰ παραγάγωσι πλήρως ἐκ τῆς ἀρχῆς τῆς ἐνεργείας τοὺς ἐαυτῶν νόμους, ἐνῶ ἀφ' ἑτέρου αὕτη παρέχει τὰς λυσιτελεῖς ὑπηρεσίας αὐτῆς ἐκεῖ ἔνθα, — καθὼς ἐν τε τῇ χημείᾳ καὶ τῇ φυσιολογίᾳ, — ἡ παρακολούθησις τῶν μεταβολῶν τῆς ἐνεργείας εἶνε μὲν κατὰ κανόνα ἐφικτή, ἡ φύσις ὅμως τῶν φαινομένων δὲν ἐξηκριβώθη τοσοῦτῳ ἀκριβῶς, ὡς θ' ἀπητεῖτο ὡς πρὸς τὴν μετάστασιν εἰς τὰς διὰ τὴν μηχανικὴν θεωρίαν ἀναγκαίως συμβολικὰς εἰκόνας. Ἰδίᾳ δὲ ὁ προσδιορισμὸς γενικοῦ τινος συνειρμοῦ τῶν φαινομένων, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἐνεργείας, δὲν εἶνε κατὰ τὰς περιπτώσεις ταύτας λίαν ὠφέλιμος, ὅταν εἶνε ἀδύνατος ἡ βαθμιαία παρακολούθησις τῶν μεταβολῶν τῆς ἐνεργείας, ἀλλ' ὅταν, ἀντὶ τούτου, ὀφείλῃ τις ν' ἀρκεσθῇ εἰς τι αὐτοτελὲς ἢ ὡς τοιοῦτον προϋποτιθέμενον σύστημα ἐνυπαρχόντων ποσῶν ἐνεργείας κατὰ διάφορα χρονικὰ διαστήματα, εἴτε ἐν σχέσει πρὸς τὰς συνολικὰς ἀξίας τῶν κατὰ τινὰ οἶονδῆποτε τρόπον εἰς ἀλλήλας μετενεχθεισῶν τῆς ἐνεργείας μορφῶν.

Ἀκριβῶς ἐν τῷ σημείῳ τούτῳ, ὅπερ κεῖται πέραν πραγματικῆς τινος τῶν φυσικῶν ἐνεργειῶν ἀναλύσεως, παρέχει ἡ μορφὴ τῶν ἐξισώσεων τῆς ἐνεργείας τὸ πρῶτον βοηθητικὸν μέσον τῆς ἐν τινὶ συνόλῳ συνενώσεως διακεκριμένων μὲν, ἀλλὰ κατὰ κανόνα αἰτιωδῶς πρὸς ἀλλήλας συνδεομένων ἐνεργειῶν. (Ἴδε τόμ. I, σχετ. κεφ.).



"Ὅτι ἡ ἀρχὴ τῆς ἐνεργείας δὲν εἶνε ἀρχικός, ἀπλοῦς θεμελιώ-  
 δης νόμος τῆς περὶ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τῆς φύσεως  
 ἀσχολουμένης ἐπιστήμης, τὸ ὑποδηλοῖ ἤδη ἕκαστον τῶν τριῶν συ-  
 στατικῶν μερῶν, ἐξ ὧν συνίσταται αὕτη. Ἡ ἐν λόγῳ ἀρχὴ κα-  
 θωρίσθη τὸ πρῶτον διὰ τὴν *μηχανικὴν* ἐνέργειαν ὡς ἀρχὴ τῆς  
 σταθερότητος κατὰ τὴν διατήρησιν τῆς μορφῆς τῆς ἐνεργείας.  
 Ἐνταῦθα ὅμως ἐλέγχεται αὕτη ἐξ ὀλοκλήρου ὡς συνέπεια τῶν  
 ἀπλουστέρων μηχανικῶν ἀρχῶν καὶ οὐχὶ ὡς βάσις τούτων. Πρὸς  
 δὲ τούτοις ἡ ἐννοία τῆς «*δυνάμει ἐνεργείας*» κέκτηται ἐπὶ μηχανι-  
 κοῦ πεδίου μίαν ἐπακριβῶς δυναμένην νὰ καθωρισθῇ σημασίαν, καθ'  
 ἣν αὐτῆς ἐμφανίζεται ὡς προϊὸν ἀπλουστέρων μηχανικῶν ἐννοιῶν,  
 δεδομένου ὅτι ἡ ἐξ ἀποστάσεως ἐνέργεια προσθέτει ἐν τῷ καθο-  
 ρισμῷ τοῦ ἑαυτῆς ποσοῦ τὴν ἐννοίαν τοῦ «*ἔργου*», ἣτις μετρεῖ-  
 ται διὰ τοῦ προϊόντος τῆς δυνάμεως ἐν τῷ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν  
 ταύτης διανυθέντι διαστήματι. Τὴν ἀρχὴν τῆς ἰσορροπήσεως  
 θὰ δυνηθῶμεν νὰ κατανοήσωμεν ἐπίσης ὅσον οἶόν τε ἐπακριβῶς,  
 εἰάν παραδεχθῶμεν, ὅτι αἱ διάφοροι ἐνέργειαι, τουτέστιν ἡ μη-  
 χανικὴ ἐνέργεια, τὸ φῶς, ἡ θερμότης, ὁ ἠλεκτρισμὸς κτλ., εἶνε  
 μεταβληταὶ μιᾶς καὶ μόνης ἐνεργείας μορφαί, καὶ ὅτι αἱ ἰδιαί-  
 τεραι μεταξὺ τοιούτων τινῶν τῆς ἐνεργείας μορφῶν σχέσεις,  
 καθὼς ἐπὶ παραδείγματι μεταξὺ τῆς θερμότητος καὶ τοῦ φωτός,  
 τοῦ φωτός καὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ μαγνη-  
 τισμοῦ, ὑποστηρίζουσι τὴν ὑπόθεσιν ταύτην. Ἐὰν ὅμως ἅπασαι  
 αἱ μορφαὶ τῆς ἐνεργείας εἶνε μεταβολαὶ μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς θε-  
 μελιώδους μορφῆς, ἔχει ὑπὲρ ἑαυτῆς μεγαλυτέραν πιθανότητα,  
 ὅπως θεωρηθῇ ὡς τοιαύτη ἐκείνη, ἣτις δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς  
 τοὺς μηχανικοὺς αὐτῆς παράγοντας καὶ ὡς πρὸς τὴν ὁποῖαν αἱ  
 καταστάσεις τῆς ἔργῳ καὶ δυνάμει ἐνεργείας δύνανται ν' ἀναχθῶ-  
 σιν εἰς μίαν ἀπλὴν καὶ ἐποπτικὴν ἀμοιβαίαν σχέσιν. Ἐν τέλει  
 ἡ ἀρχὴ τοῦ ἐντροπισμοῦ μετὰ τῆς διαβαθμίσεώς της τῶν  
 μορφῶν τῆς ἐνεργείας φαίνεται ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τοῦ ἀπλοῦ  
 ἀξιώματος τῆς ἐνεργείας ὡς καθαρῶς τυχαῖον χαρακτηριστικὸν  
 γνῶρισμα τῶν εἰρημένων μορφῶν. Διὰ τίνα λόγον ἡ μηχανικὴ  
 ἐνέργεια μεταβάλλεται τελείως εἰς θερμότητα, αὕτη ὅμως οὐχὶ  
 πλήρως εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, εἶνε ζήτημα μὴ δυνάμενον νὰ  
 λυθῇ περαιτέρω. Ἡ προῦπόθεσις, ὅτι πᾶσαι αἱ λοιπαὶ μορφαὶ  
 τῆς ἐνεργείας εἶνε μεταβολαὶ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, ὡς γενι-  
 κῶς θεμελιώδους αὐτῶν μορφῆς, καθιστᾷ καταληπτὴν τὴν ἀρχὴν  
 τοῦ ἐντροπισμοῦ κατὰ τοῦτο, ὅτι ἐφεξῆς ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια,  
 ὡς ἐνέργεια μαζῶν, ἀντίκειται πρὸς τὰς λοιπὰς ἐκείνας ἐνεργ-

γείας, ὡς *ἐνεργείας μορίων*. Εἶνε δὲ πάλιν εἷς ἀπὸ μηχανικῆς ἀπόψεως καταληπτὸς νόμος, ὅτι δεδομένη τις ποσότης ἐνεργείας μάξης τινὸς δύναται πλήρως νὰ μεταβληθῆ εἰς ἐνέργειαν μορίων, οὐχὶ ὅμως καὶ ἀντιστρόφως ἐνέργεια μορίων εἰς ἐνέργειαν μάξης.

Πάντα ταῦτα τὰ ἐκ τῶν ἐπὶ μέρους ἀρχῶν τοῦ ἀξιώματος τῆς ἐνεργείας συναχθέντα τεκμήρια εἶνε, ὡς τοῦτο δέον νὰ ὁμολογηθῆ ἀνεπιφυλάκτως, *τεκμήρια πιθανότητος*. Πᾶσα μορφή ἐνεργείας, ὡς ἤδη καταφαίνεται ἐκ τῆς πανταχοῦ ἐπανερχομένης σχέσεως τῆς «ἔργω» καὶ «δυνάμει» ἐνεργείας, δύναται ν' ἀναλυθῆ εἰς διαφόρους *παράγοντας*. Οὕτω π. χ. ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια εἰς μάξαν καὶ εἰς τετράγωνον ταχύτητος (*Geschwindigkeit-quadrat*). Ἡ ἐνέργεια τῆς θερμότητος εἰς θερμοαντικὴν περιεκτικότητα (*Wärmekapazität*) καὶ εἰς θερμοκρασίαν κτλ. Ἐὰν κατὰ ταῦτα καὶ αὐτὴ αὐτὴ ἡ ἐνέργεια δὲν εἶνε ἐν οὐδεμιᾷ τῶν ἑαυτῆς μορφῶν ἀπλῆ ἐννοια, δὲν θὰ εἶνε ἀπὸ λογικῆς ἀπόψεως αὐτὸ καθ' ἑαυτὸ ἀδιανόητον, ὅτι μεταξὺ τῶν παραγόντων τῶν διαφόρων τῆς ἐνεργείας μορφῶν δὲν ὑπάρχει, καθὼς παραδέχεται ἡ μηχανικὴ θεωρία, σχέσις τις, στηριζομένη ἐπὶ τοῦ γενικοῦ συνειρμοῦ αὐτῶν τούτων τῶν ἐνεργειῶν ὡς μηχανικῶν κινήσεων τῆς μάξης καὶ τῶν μορίων, ἀλλ' ὅτι τὸ *προῖδον τῶν παραγόντων τούτων*, ἡ σύνθετος τῆς ἐνεργείας ἐννοια, καθιστᾷ νοητὴν τὴν ἀλληλουχίαν τῶν διαφόρων φαινομένων τῆς φύσεως. Ὡσαύτως οὐδεμίαν ἐμπεριέχει λογικὴν ἀντίφρασιν τὸ ὅτι αἱ διάφοροι ἐνέργειαι ἀντίκεινται ὡς ξέναὶ δυνάμεις (*P o t e n z e n*) πρὸς ἀλλήλας, αἵτινες δέον νὰ θεωρηθῶσιν ὡς ποικίλαι, ἀπὸ τοῦ ποσοῦ τῆς ἡμετέρας αἰσθησιακῆς ἀντιλήψεως προδήλως διάφοροι, ἄρα ἄγνωστοι ἰδιότητες τῆς φύσεως, συνδεόμεναι πρὸς ἀλλήλας μόνον διὰ τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἰσοδυνάμων μεταβολῶν τῆς μιᾶς εἰς τὴν ἄλλην. Ἐν τέλει δὲ δὲν εἶνε ἐπίσης ἀδιανόητον, ὅτι μεταξὺ τῶν διαφόρων τούτων τῆς ἐνεργείας μορφῶν ὑπάρχει διαφορὰ τις «τελειότητος», — ἢ ὅπως δὴποτε ἄλλως ἤθελέ τις καλέσει ταύτην, — ἢ τις δὲν δύναται ν' ἀναχθῆ περαιτέρω καὶ ἢ τις εὐρίσκει ἐν τῇ τοῦ ἐντροπισμοῦ ἀρχῇ τὴν ἑαυτῆς ἔκφρασιν. Οὕτως ὅμως ἡ ἀνάγκη τῆς ἐνότητος τῆς ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς φύσεως θεραπεύεται μόνον ἐν περιορισμένῳ τινὶ μέτρῳ, τὸ δὲ ἀξίωμα ἐκεῖνο τῆς «ἐποπτείας», ὅπερ δὲν ἀπαιτεῖ μὲν παραστάσεις ἀναποκρινόμενας πρὸς τὴν πραγματικότητα τῶν ἀντικειμένων, ἀλλ' ἰσοδυνάμους πρὸς ταύτας συμβολικὰς εἰκόνας θὰ παρεβλέπετο τελείως. Ἡ ἐρμηνεία τῆς φύσεως θὰ καθίστατο, ἐξερχομένη τοῦ



ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ μίαν ὅλως ἰδιάζουσαν θέσιν κατέχοντος πεδίου τῆς μηχανικῆς, καθαρῶς ἰδεατὴ καί, ἐφ' ὅσον αὕτη θὰ ἐπανήρχετο εἰς διαφόρους ιδιότητας τῆς φύσεως, μὴ δυναμένας νὰ ἐξαρτηθῶσιν ἀπ' ἀλλήλων, θ' ἀπέβαινε εἰδὸς τι ὑπὸ θετικῆν μορφήν ἀποκαταστάσεως τῆς παλαιᾶς «ποιοτικῆς θεωρίας»<sup>1</sup>. Ἡ ἀπάρνησις ὅμως αὕτη τῆς ἐποπτείας προέρχεται ἐκ τῶν τεκμηρίων ἐκείνων, ἅπερ δὲν πρέπει νὰ θεωρηθῶσι πλέον ὡς τεκμήρια πιθανότητος, ἀλλ' ὡς *καθοριστικαὶ ἀνταποδείξεις*, ἐναντίον τῆς σημασίας, ἣν κέκτηται ἡ ἔννοια τῆς ἐνεργείας.

Ἐπειδὴ κατὰ τοὺς ἤδη διερευνηθέντας ὅρους τῆς γνώσεως, (Τόμ. I, σχετικὸν κεφάλ.), ὡς μόνη ἀντικειμενικὴ βᾶσις τῶν φυσικῶν φαινομένων ἐναπομένουσιν αἱ ἐν χρόνῳ καὶ χώρῳ ἐνεργεῖαι, πᾶσα περαιτέρω ἀπονομὴ εἰς τὴν βᾶσιν ταύτην ιδιοτήτων, ὅποιαιδῆποτε καὶ ἂν εἶνε αὗται, ἦτοι αἱ γνωσταὶ τῆς αἰσθησιακῆς ἀντιλήψεως ιδιότητες ἢ ἄγνωστα κατηγορήματα, νοούμενα κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὰς ιδιότητας ταύτας, δεόν νὰ θεωρηθῆ ὡς φορτίον ἀδικαιολογήτων, παρεμπιπτουσῶν παραστάσεων. Ἄμα τῷ ἐκτοπισμῷ τῆς ἐννοίας τῆς ποιότητος ὑπὸ τὴν παλαιὰν ταύτης ἀριστοτελικὴν μορφήν καὶ τῇ ἐπαναγωγῇ αὐτῆς εἰς τὴν *μαθηματικὴν* μορφήν, ἡ μηχανικὴ θεωρία τῆς φύσεως ἀποβαίνει πρώτη τις ἀρχή, ἣτις, καίπερ μὴ δυναμένη ν' ἀποδειχθῆ ἐντελῶς ἐπὶ τοῦ παρόντος, δεόν ὅμως νὰ καθορίῃ τὴν σχετικὴν τῶν ἐρευνῶν κατεύθυνσιν. Ἡ ἀρχὴ τῆς ἐνεργείας οὐδαμῶς χάνει ἕνεκα τούτου τὴν ἀξίαν της. Διότι αὕτη συνίσταται ὡς πρὸς μὲν τὴν μηχανικὴν ἐν τῇ λυσιτελεῖ συγκεφαλαιώσει τῶν διὰ τὴν σύνδεσιν τῶν δυνάμεων συστήματός τινος ἰσχυουσῶν μηχανικῶν ἀρχῶν, ὡς πρὸς δὲ τὸ σύνολον τῆς ἐρμηνείας τῶν φυσικῶν φαινομένων ἐν τούτῳ, ὅτι αὕτη τυγχάνει προσωρινή τις ἀρχὴ τῆς συνδέσεως τῶν φυσικῶν ἐνεργειῶν ἐκείνων, εἰς τὴν μηχανικὴν ἐρμηνείαν τῶν ὁποίων ἐπιπροσθοῦσιν ἀνυπέρβλητα κωλύματα.

Ἐκ τῆς τελευταίας ιδιότητος ταύτης προκύπτει τὸ γεγονός, ὅτι ἡ ἀρχὴ τῆς ἐνεργείας, ἰδίᾳ δὲ ὑπὸ τὴν μορφήν τοῦ ἀξιώματος τοῦ «*ἀνωλέθρου τῆς ἐνεργείας*», ἀπέβη γενικωτάτη τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν ἀρχή, καταλαβοῦσα ἐν ταύταις μίαν πρὸς τὸ

1. Ὡς πρὸς τὰς σχέσεις τῆς συγχρόνου θεωρίας τῆς ἐνεργείας πρὸς τὴν ἀριστοτελικὴν ποιοτικὴν θεωρίαν πρὸβλ. τὸ ἔργον μου «Grundzüge der physiologischen Psychologie», σελ. 707 καὶ ἐφεξῆς, ἔκδοσις 5η (Naturwissenschaft und Psychologie σελ. 39 καὶ ἐπέκεινα).

ἀξίωμα τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης, πρὸς ὃ συγγενεῦει κατὰ τὸ περιεχόμενον αὐτῆς, ἰσοδύναμον θέσιν. Ἐννοεῖται ἡ ἀρχὴ τῆς ἀφθαρσίας τῆς ὕλης εἶνε ὑπόθεσις καὶ δὴ, ἐν σχέσει πρὸς ἄλλας μᾶλλον ἀφηρημένας δυναμικὰς ἀρχάς, κατὰ τινὰ ἔννοιαν, ὑπόθεσις δευτερευούσης κατηγορίας. Διότι ἐν τῇ ἐφαρμογῇ αὐτῆς εἰς τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν προϋποθέτει τὰς γενικωτέρας μηχανικὰς ἀρχάς· ὡς γενικὴ δὲ τῇ συνδέσει τῶν διαφορῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας ἐξυπηρετοῦσα ἀρχὴ τῆς φυσικῆς αἰτιότητος ἐγκλείει ἐν τῇ ἀξιώσει ἑνὸς ἐξωθεν ἀνεπηρεάστου συστήματος ὕλικῶν μαζῶν μίαν προϋπόθεσιν, ἣτις ἐν οὐδενὶ τῶν εἰς ἡμᾶς ἐν τῇ ἐμπειρίᾳ δεδομένων συστημάτων ἀποδεικνύεται ὡς ὀρθὴ ἐξ ὀλοκλήρου. Διὸ πάντα αἱ ἀπλῶς κατὰ προσέγγισιν ἐφαρμογαὶ τοῦ νόμου τῆς ἐνεργείας στηρίζονται ἐν μέρει ἐπὶ τῆς προϋποθέσεως, ὅτι τὸ ἀπόλυτον αὐτοῦ κῦρος θὰ ἠδύνατο τὸ πρῶτον νὰ εὐρεθῇ ἐν τῷ συστήματι τῶν συστημάτων, ἐν τῷ Σύμπαντι. Τὸ Σύμπαν ὅμως δὲν εἶνε ἐμπειρικὴ ἔννοια, ἀλλ' ἰδέα, δι' ἧς νοοῦμεν πάντα τὰ αντικείμενα καὶ πάσας τὰς καθ' ἕκαστα ἐνεργείας τῆς φύσεως συνδεδεμένας εἰς ἀπείρον ἀρμονικὴν ἐνότητα. Οὕτω τὸ ὡς πρὸς πάσας τὰς δυναμικὰς ἀρχὰς ἰσχύον ἀξίωμα, καθ' ὃ οἱ γενικώτατοι νόμοι δὲν εἶνε ἐμπειρικοὶ νόμοι, ἀλλ' ἀφηρημέναι προϋποθέσεις, ἐφ' ὧν, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὠρισμένων τινῶν λογικῶν ἐλατηρίων, στηρίζομεν τὴν ἐρμηνείαν τῶν ἐν τῇ ἐμπειρίᾳ δεδομένων, ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὸν ὑψιστον τοῦτον νόμον τῆς φύσεως. Ἐνῶ ὡς πρὸς τοὺς δυναμικοὺς νόμους τὸ ἀδύνατον τῆς ἐμπειρικῆς ἀποδείξεως αὐτῶν προκύπτει ἐκ τῆς ἀναλύσεως τῶν καθ' ἕκαστα ἐνεργειῶν, ἣτις δύναται νὰ συντελεσθῇ μόνον ἐν τῷ νῶ, οὐδέποτε δὲ ἐν τῇ πραγματικῇ ἐμπειρίᾳ, ὃ ὑπερεμπειρικός χαρακτήρ τοῦ νόμου τῆς σταθερότητος προέρχεται ἐκ τοῦ ἀπείρου τῆς συνθέσεως, ἣν ἀπαιτεῖ ἡ ἔννοια τοῦ Σύμπαντος ὡς μόνου αὐτοτελοῦς συστήματος τῶν ἐν ἀλληλεπιδράσει εὐρισκομένων ὕλικῶν μαζῶν.

Δεδομένου ὄντος ὅτι ἡ ἀρχὴ τῆς ἐνεργείας συνενοῖ οὕτω τὸ ἀφηρημένον περιεχόμενον τῶν καθ' ἕκαστα δυναμικῶν νόμων εἰς ἐνιαίαν ἔκφρασιν, ἀξιοῦσαν ὅπως τὸ μέρος ἐρευνᾶται ἐν τῇ σχέσει αὐτοῦ πρὸς τὸ εἰς ὃ ἀνήκει σύνολον, καθιστᾷ ἐφικτὴν τὴν λύσιν πάντων ἐκείνων τῶν *κοσμολογικῶν προβλημάτων*, ἅπερ ἔνεκεν τῆς σχέσεως αὐτῶν πρὸς τὴν γενικὴν ἐρμηνείαν τοῦ κόσμου προσλαμβάνουσι φιλοσοφικὸν χαρακτήρα.