

ΜΗΧΑΝΙΚΗ.— 'Η προέλευση τῆς θεωρίας τῶν ταλαντώσεων, ὑπὸ Ἀνδρέα Δ. Δημαρόγωνα*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Περικλῆ Θεοχάρη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

'Η ανάπτυξη τῆς θεωρίας τῶν ταλαντώσεων σὰν ὑποδιαίρεση τῆς μηχανικῆς, ἦρθε σὰν ἓνα φυσικὸ ἐπακόλουθο τῆς ανάπτυξης τῶν βασικῶν ἐπιστημῶν στὶς ὁποῖες βασίζεται, δηλαδὴ τὰ μαθηματικὰ καὶ τὴν ἴδια τὴ Μηχανικὴ. Αὐτὲς οἱ ἐπιστῆμες ὀρίστηκαν μὲ αὐστηρὸ τρόπο στὰ μέσα τῆς πρώτης χιλιετίας π.Χ. στὴν Ἀρχαία Ἑλλάδα. Ὅμως, οἱ ἄνθρωποι χρησιμοποιοῦσαν τὶς βασικὲς τοὺς ἀρχὲς στὴν καθημερινὴ ζωὴ πολὺ πρὶν ἀπὸ αὐτό, μερικὲς φορὲς μὲ ἓνα συστηματικὸ τρόπο. Γιὰ παράδειγμα ἡ γεωμετρία καὶ ἄλλοι τομεῖς τῶν μαθηματικῶν χρησιμοποιήθηκαν ἐκτεταμένα κατὰ τὴ δευτέρη καὶ τρίτη χιλιετία π.Χ. στὴ Μεσοποταμία καὶ τὴν Αἴγυπτο γιὰ τὴν ἀντιμετώπιση προβλημάτων ὅπως ἡ τοπογραφία. Οἱ κανόνες ποὺ ἀναπτύχθηκαν καὶ χρησιμοποιήθηκαν ἦταν γενικὰ ἐμπειρικοῦ χαρακτήρα καὶ δὲν ἔγιναν προσπάθειες νὰ καταλήξουν σὲ αὐτοὺς τοὺς κανόνες ξεκινώντας ἀπὸ βασικὲς ἀρχὲς μὲ ἓναν αὐστηρὸ τρόπο.

'Η ἐπιστημονικὴ μέθοδος μελέτης τῆς φύσης ἄρχισε μὲ τὴν Ἴονια Σχολὴ τῆς Φυσικῆς Φιλοσοφίας, τῆς ὁποίας ἐξέχων ἡγέτης ἦταν ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος (640-546 π.Χ.), ὁ πρῶτος ἀπὸ τοὺς 7 Σοφοὺς τῆς Ἀρχαιότητος. Εἶναι ἴσως καλύτερα γνωστὸς γιὰ τὴν ἀνακάλυψη τῶν ιδιοτήτων τοῦ ἤλεκτρου καὶ τὴν εἰσαγωγὴ τοῦ ὄρου ἤλεκτρισμός, τὸ φαινόμενο ποὺ σχετίζεται μὲ τὴν τριβὴ τοῦ ἤλεκτρου σὲ ἓνα μάλλινο ὕφασμα. Πιο ἐνδιαφέρον εἶναι τὸ γεγονός ὅτι ὁ Θαλῆς εἰσήγαγε τὴν ἰδέα τῆς λογικῆς ἀπόδειξης τῶν θεωρημάτων [1]. Ὁ Θαλῆς, ποὺ ἦταν καὶ ἓνας πολὺ ἐπιτυχημένος ἐπιχειρηματίας, ταξίδεψε ἐκτεταμένα στὴ Μεσοποταμία καὶ τὴν Αἴγυπτο καὶ σπούδασε τὴ γνώση τῆς γεωμετρίας καὶ τῆς ἀστρονομίας.

'Ο Πυθαγόρας ὁ Σάμιος (περίπου 570-497 π.Χ.) ἦταν σχεδὸν σύγχρονος μὲ τὸν Βούδδα, τὸν Κομφούκιο καὶ τὸν Λάο-Τσέ. Ἀφοῦ ταξίδεψε στὴ Βαβυλώνα καὶ τὴν Αἴγυπτο καὶ ἴσως στὴν Ἰνδία, μετακινήθηκε ἀπὸ τὴ Σάμο στὸν Κρότωνα τῆς

Κάτω Ἰταλίας ὅπου δημιούργησε τὴν Πυθαγόρειο Σχολή, τὸ πρῶτο Ἰδρυμα ἀνώτατης παιδείας καὶ ἐπιστημονικῆς ἔρευνας στὴν ἱστορία. Τὰ κύρια ἐπιτεύγματα τῆς Πυθαγόρειας Σχολῆς ἦταν ἡ ἀνάπτυξη τῆς θεωρίας τῶν ἀριθμῶν καὶ τῆς θεωρίας τῆς μουσικῆς καὶ τῆς ἀρμονίας. Σύμφωνα μὲ τὸν Πρόκλο (485-410 π.Χ.) [2] «ὁ Πυθαγόρας πρὸ τὸν διαδέχθηκε [τὸ Θαλῆ], μετασχημάτισε αὐτὴ τὴν ἐπιστήμη [μαθηματικά] σὲ ἓνα φιλελεύθερο τρόπο παιδείας, ἐξετάζοντας τὶς βασικῆς ἀρχὲς ἀπὸ τὴν ἀρχὴ καὶ ἀποδείχνοντας τὰ θεωρήματα μὲ ἓνα θεωρητικὸ καὶ ἐπιστημονικὸ τρόπο».

Κατὰ τὴ χρυσὴ ἐποχὴ τῆς Ἀθήνας, τὸ κέντρο τῆς μάθησης καὶ τῆς φιλοσοφίας κινήθηκε ἐκεῖ, ὅπου ὁ Πλάτων (περίπου 429-347 π.Χ.) ἔδρασε τὴν Ἀκαδημία. Διακεκριμένος μαθητῆς τοῦ Πλάτωνα ἦταν ὁ Ἀριστοτέλης (384-322 π.Χ.) πρὸ ἔγραψε τὶς πρῶτες μονογραφίες στὴ φυσικὴ, τὴ μηχανικὴ καὶ τὴν ἀκουστικὴ καὶ ἦταν ὁ ἰδρυτῆς τῆς Περιπατητικῆς Σχολῆς. Διάδοχοι τοῦ Ἀριστοτέλη σὺν ἡγέτες τῆς Περιπατητικῆς Σχολῆς ἦταν ὁ Θεόφραστος (370-285 π.Χ.) καὶ ὁ Στράτων ὁ Λαμψακηνὸς (περίπου 330-270 π.Χ.), ἓνας πειραματιστῆς πρὸ ἀπέδειξε τὴν ὕλικὴ δομὴ τοῦ ἀέρα καὶ φαίνεται ὅτι συνδύασε τὶς θεωρίες γιὰ τὴ φύση τοῦ Ἀριστοτέλη καὶ τοῦ Δημόκριτου.

Ἡ δύση τῆς Ἀθήνας καὶ ἡ δημιουργία τῆς αὐτοκρατορίας τοῦ Μεγάλου Ἀλεξάνδρου ἔφερε τὴν Ἀλεξάνδρεια στὸ προσκήνιο καὶ τὴν ἔκανε κέντρο τῆς μάθησης καὶ τῆς ἔρευνας, ὅπου ὁ Εὐκλείδης (330-275 π.Χ.) καὶ ὁ Ἡρων (περίπου 50-120 μ.Χ.) ἔκαναν βασικῆς προόδους στὴ γεωμετρία καὶ στὸ σχεδιασμὸ μηχανῶν ἀντίστοιχα.

Ἡ πιὸ πολλὴ ἀπὸ τὴ γνώση τῆς περιόδου 600-300 π.Χ. εἶτε δὲν γράφτηκε γιὰ λόγους μυστικότητας, ὅπως στὴν περίπτωσι τῆς Πυθαγόρειας Σχολῆς, ἢ χάθηκε. Εὐτυχῶς, στὴν περίοδο πρὸ ἀκολούθησε τὴν ἀνάπτυξη τῆς Ρωμαϊκῆς Αὐτοκρατορίας καὶ ἀργότερα τὴν ἐποχὴ τοῦ Ἰσλάμ, πολλοὶ συγγραφεῖς μετέφρασαν καὶ διέδωσαν τὸ ἔργο τῆς Ἑλληνικῆς ἐποχῆς σώζοντας πολλὰ κομμάτια ἀπὸ γραπτὰ ἔργα πρὸ σήμερα ἔχουν χαθεῖ. Ἀπὸ τὶς πιὸ ἐνδιαφέρουσες τέτοιες ἐργασίες εἶναι τοῦ Βιτρούβιου (τελευταῖος αἰῶνας π.Χ.) καὶ τοῦ Βοήθιου (470-524 μ.Χ.).

Πρέπει νὰ σημειώσουμε ὅτι τὰ ἔργα αὐτὰ θὰ πρέπει νὰ τὰ δεχόμεστε μὲ κριτικὴ διάθεση διότι, γιὰ παράδειγμα, ἡ ἀναφορὰ τοῦ Βοήθιου στὴ δουλειὰ τοῦ Πυθαγόρα ἔγινε 1000 χρόνια μετὰ τὴ δουλειὰ αὐτὴ καὶ βασίζεται κατὰ ἓνα μέρος στὴν παράδοσι. Τέτοια μετὰδοσι τῆς γνώσης ὅμως δὲν πρέπει νὰ τὴν ἀποκλείουμε γιὰ τὴ ἀποτέλεσε τὴν κύρια μέθοδο γιὰ τὴν ἐποχὴ ἐκείνη καὶ διέσωσε ἓνα μεγάλο κομμάτι τῆς ἀρχαίας γραμματείας.

2. ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ, ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

‘Ο ὄρος «ταλάντωση» ἐχρησιμοποιεῖτο ἀπὸ τὴν ἐποχὴ τοῦ Αἰσχύλου. Στὸν Τίμαιο τοῦ Πλάτωνα [3] ἡ ἰδέα ὅτι ἀκανόνιστες δυνάμεις παράγουν ταλαντώσεις ἀναγνωρίζεται καθαρὰ: «... δυνάμεις ποὺ δὲν εἶναι ἴδιες, δηλαδὴ ποὺ δὲν ἰσοροποῦν, δὲν ὀδηγοῦν σὲ ἰσορροπία ἀλλὰ σὲ ἀκανόνιστη ταλάντωση, πράγμα ποὺ προκαλεῖ τὴν κίνηση». ‘Ο Διόδωρος Σικελιώτης (πρῶτος αἰώνας π.Χ.) περιγράφει τὴν περιδίνηση ἑνὸς ἄξονα στὸ διάκενο ἑνὸς ἐδράνου [4]. ‘Η γωνιακὴ ἐπιτάχυνση τῆς κυκλικῆς κίνησης τῶν ἀστέρων καὶ ἡ προπορεία εἶχαν παρατηρηθεῖ ἀπὸ τὸν Ἰππάρχο (2ος αἰώνας π.Χ.) καὶ τὸν Πτολεμαῖο (2ος αἰώνας μ.Χ.) [3,5].

Στὴ θεωρία τῶν ταλαντώσεων ὁ χρόνος παίξει ἓνα βασικὸ ρόλο. Πέρα ἀπὸ τὶς ἀστρονομικὲς μονάδες τοῦ χρόνου (ἡμέρα, μῆνας, ἔτος κλπ.), ποὺ εἶναι πολὺ μεγάλες μονάδες γιὰ νὰ χρησιμοποιήσουμε γιὰ τὴ μέτρηση ταλαντώσεων, στὴν πρώτη χιλιετία π.Χ. ὀρίστηκαν οἱ τεχνικὲς μονάδες τοῦ χρόνου μὲ ἓναν τρόπο μᾶλλον αὐθαίρετο. ‘Η μέρα χωρίστηκε σὲ δώδεκα ὥρες ποὺ εἶχαν διάρκεια μεταβλητὴ μὲ τὴν ἐποχὴ. Γιὰ μικρότερα χρονικὰ διαστήματα, χρησιμοποιοῦσαν τὴν κλεψύδρα, ποὺ μετροῦσε τὸ χρόνο ποὺ χρειάζεται μιὰ ποσότητα ρευστοῦ ἢ ἄμμου νὰ τρέξει μέσα ἀπὸ μιὰ στένωση. Μιὰ ἀναπαράσταση κλεψύδρας μετρήθηκε καὶ ἔδωσε χρόνο 6 λεπτῶν. Ρολόγια νεροῦ μὲ ἔνδειξη ὥρας καὶ μὲ ἐποχικὴ προσαρμογὴ, γιὰ τὴ ρύθμιση τῆς μεταβλητῆς διάρκειας τῆς ἡμέρας, ἦταν διαθέσιμα στοὺς χρόνους τοῦ Κτησίβιου (περίπου 283-247 π.Χ.) [3,6]. ‘Επιπρόσθετα, ἀντὶ γιὰ μηχανικὸ συμψηφισμό, ὁ Κτησίβιος εἰσήγαγε τὸ νομογράφημα, ἓνα χάρτη ὅπου ὁ σωστὸς χρόνος μπορούσε νὰ βρεθεῖ ἀπὸ τὶς ἀδιόρθωτες ἀκόμη ἔνδειξεις. Στὴν καλύτερη περίπτωση ὅμως αὐτὰ τὰ ρολόγια θὰ μπορούσαν νὰ διαβάσουν μόνο χονδρικὲς ὑποδιαιρέσεις τῆς ὥρας καὶ δὲν μπορούσαν νὰ ἐφαρμοστοῦν γιὰ τὴ μέτρηση τῆς περιόδου τῶν ταλαντώσεων τῶν μηχανικῶν συστημάτων.

‘Η διαφορὰ στὴν ὀξύτητα τοῦ ἤχου ἦταν γνωστὴ ἀπὸ τὴν ἀπαρχὴ τῆς μουσικῆς. ‘Αν καὶ ἔχει ὑποστηριχθεῖ ὅτι μουσικὰ ὄργανα ὑπῆρχαν στὸ 13.000 π.Χ. [7], εἶναι βέβαιο ὅτι ἡ ἀντίληψη τῆς μουσικῆς καὶ τῆς συγχορδίας πηγαινέει πίσω στὸ 3.000 π.Χ. στὴν Κίνα, ὅπου ὁ φιλόσοφος Fohi ἔγραψε δύο μονογραφίες στὴ θεωρία τῆς μουσικῆς [8].

‘Ο Πυθαγόρας ποσοτικοποίησε τὴ θεωρία τῆς μουσικῆς καὶ τὴ συσχέτισε μὲ τὴ θεωρία τῶν ἀριθμῶν. ‘Ο Βοήθιος ἀναφέρει ἓνα θρυλούμενο περιστατικὸ μὲ τὸν Πυθαγόρα [3,9]: «... περνοῦσε ἔξω ἀπὸ ἓνα σιδεράδικο καὶ ἄκουσε τὰ σφυριὰ ὅταν χτυποῦσαν στὸ ἀμόνι νὰ παράγουν κάποια συγχορδία ἀπὸ τοὺς διαφορετικoὺς τοὺς ἤχους. Μὲ ἐκπληξή του βρῆκε κάτι ποὺ προσπαθοῦσε γιὰ πολὺ καιρὸ νὰ βρεῖ καὶ

πῆγε μέσα στο σιδεράδικο και ὕστερα ἀπὸ πολὺ μελέτη συμπέρανε ὅτι ἦταν ἡ μεταβολὴ τῆς δυνάμης αὐτῶν ποὺ χρησιμοποιοῦσαν τὰ σφυριά ποὺ ἔκανε τὴ διαφορὰ στοὺς ἤχους. Γιὰ νὰ τὸ ἐπιβεβαιώσει, ζήτησε ἀπὸ τοὺς ἐργάτες νὰ ἀλλάξουν τὰ σφυριά. Τὸ ἀποτέλεσμα ἦταν ὅτι ὁ χαρακτήρας τῶν ἤχων δὲν ἐξαριτιόταν ἀπὸ τὴ δυνάμει τῶν ἐργατῶν ἀλλὰ παρέμενε ὁ ἴδιος και ἀφοῦ τὰ σφυριά ἐναλλάχτηκαν. Μὲ αὐτὴ τὴν παρατήρηση ζύγισε τὰ σφυριά. Συνέβη τότε νὰ ὑπάρχουν πέντε σφυριά και αὐτὰ ποὺ ἔδωσαν τὴ συγχορδία μιᾶς ὀγδῶς (διαπασῶν) βρέθηκαν νὰ ζυγίζου στοὺς λόγους 2/1. Πῆρε τότε αὐτὸ ποὺ ἦταν διπλάσιο τοῦ ἄλλου και βρῆκε ὅτι τὸ βᾶρος του ἦταν 4/3 τοῦ βάρους τοῦ σφυριοῦ μὲ τὸ ὁποῖο ἔδωσε συγχορδία τοῦ τετάρτου (διατεσσάρων). Πάλι βρῆκε ὅτι τὸ ἴδιο σφυρὶ ἦταν 3/2 τοῦ βάρους τοῦ σφυριοῦ μὲ τὸ ὁποῖο ἔδωσε μιὰ συγχορδία 1/5 (διαπέντε). Τώρα τὰ δυὸ σφυριά πρὸς τὰ ὁποῖα τὰ προηγούμενα σφυριά ποὺ εἶχαν λόγους 4 πρὸς 3 πρὸς 2 ἀντίστοιχα, βρέθηκαν νὰ ἔχουν μεταξύ τους τὸν λόγους 9 πρὸς 8. Τὸ πέμπτο σφυρὶ ἀπορρίφθηκε γιατί δὲν ἔκανε συγχορδία μὲ τὰ ἄλλα».

Ἔτσι, ἂν και εἶναι γνωστὸ ὅτι ὑπῆρχε γνώση τῶν συγχορδιῶν πρὶν ἀπὸ τὸν Πυθαγόρα, ἡ ὀγδῶ (διαπασῶν), ἡ πέμπτη (διαπέντε) και ἡ τετάρτη (διατεσσάρων), ἡ τελευταία εἶναι ἡ μικρότερη συγχορδία, ὁ Πυθαγόρας ἦταν ὁ πρῶτος ποὺ βρῆκε μὲ αὐτὴ τὴ μέθοδο τις ἀναλογίες συχνότητας ποὺ ὑπῆρχαν σ' αὐτὲς τις συγχορδίες.

Τὸ ἰδιαίτερο ἐνδιαφέρον τῆς παρατήρησης τοῦ Πυθαγόρα στὴ θεωρία ταλαντώσεων θὰ ἐξεταστῆ ἀργότερα. Ἐδῶ πρέπει νὰ παρατηρήσουμε ὅτι ὁ Πυθαγόρας δημιούργησε μιὰ αὐστηρὴ μέθοδο μέτρησης συχνοτήτων ἤχου τουλάχιστο κατὰ ἀκέραια ὑποπολλαπλάσια και πολλαπλάσια τῶν βασικῶν ἤχων τῶν μουσικῶν ὀργάνων. Ἡ τυπικὴ συχνότητα γιὰ βαθμονόμηση θὰ ἦταν ἡ ἀντίληψη τῶν πεπειραμένων μουσικῶν ποὺ θεωρήθηκε ἀρκετὴ γιὰ τις ἀνάγκες τῆς ἐποχῆς.

Κατὰ τὸ χρόνον αὐτό, ὁ Πυθαγόρας ἔδρασε ὅχι μόνο τὴν ἐπιστήμη τῆς ἀκουστικῆς ἀλλὰ και τὴ θεωρία τῶν ταλαντώσεων, ἐπειδὴ ἀρκετὰ και πρὶν τὴν ἐπιστήμη τῆς ἀκουστικῆς ἦταν γνωστὴ ἡ σχέση τοῦ ἤχου και τῆς ταλάντωσης. Ἀργότερα ὁ Ἀρχύτας (περίπου 380 π.Χ.) εἶπε ὅτι [3,10] «ἂν ἕνας πάρει ἕνα ραβδὶ και τὸ κινεῖ ἀργὰ και μαλακά, ἡ κίνηση αὐτὴ προκαλεῖ χαμηλῆς συχνότητας ἤχο, ἐνῶ, ἂν τὸ χτυπάει γρήγορα και δυνατά, τὸ χτύπημα δημιουργεῖ ἕναν ὑψηλῆς συχνότητας ἤχο».

Ὁ Βοήθιος εἶναι πιὸ ξεκάθαρος [3]: «Ἀλλὰ ἂν κανεὶς κουνάει τὸ χέρι του, μπορεῖ νὰ τὸ κάνει μὲ μιὰ πυκνὴ ἢ ἀραιὴ κίνηση. Τώρα, ἐὰν ἡ κίνηση εἶναι μὲ ἀργὴ και χαμηλὴ συχνότητα, ἀναγκαστικὰ παράγεται ἤχος χαμηλῆς συχνότητας γιὰ τὸν λόγον ὅτι ἡ δυνάμει ποὺ τὸ προκαλεῖ εἶναι ἀργὴ και χαμηλῆς συχνότητας. Ἄν ὁμοῦς ἡ κίνηση εἶναι γρήγορη και πυκνὴ, τότε ὑψηλότεροι ἤχοι παράγονται ἀναγκαστικὰ».

Ἔτσι λοιπὸν στὴν ἀρχὴ τοῦ ἑβδόμου αἰῶνα π.Χ., δημιουργοῦνται μετρήσεις συ-

χνότητας. Αντίθετα πρὸς τὴ γενικὴ παραδοχὴ ὅτι ὁ Γαλιλαῖος πρῶτος παρατήρησε τὸν ἰσοχρονισμό τοῦ ἐκκρεμοῦς, καὶ ὁ ἰσοχρονισμὸς καὶ τὸ ἐκκρεμὸς ἦταν γνωστὰ πολὺ πρὶν.

Ὁ Θρύλος λέει ὅτι ὁ Δαίδαλος (μέσα τῆς δεύτερης χιλιετίας π.Χ.) εἶναι ὁ ἐφευρέτης τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἐμφανίζεται σὰν ἀλφάδι γιὰ τὴν ὀριζοντίωση καὶ γιὰ τὴ γνέση σὲ σχέδια τοῦ 6ου αἰώνα π.Χ. Εἶναι γνωστὸ ὅμως ὅτι ἡ γνέση ἦταν γνωστὴ στὴν Ἰνδία στὰ 2.500 χρόνια π.Χ. Ἡ πρώτη ἔνδειξη τῆς χρήσης τοῦ ἐκκρεμοῦς σὰν ὄργανου μέτρησης χρόνου εἶναι στὸ ἔργο τοῦ Ἀριστοφάνη (450-388 π.Χ.). Στους Βατράχους [11] κάνει μιὰ ἄμεση ἀναφορά: «... μουσικὴ ταλάντω σταθμίζεται». Αὐτὴ ἡ φράση μπορεῖ νὰ ἔχει διαφορετικὲς ἐρμηνεῖες. Ἡ κρατοῦσα ἐρμηνεία εἶναι ὅτι ἡ ποίηση θὰ πρέπει νὰ ζυγιστεῖ μὲ λεφτά. Κατὰ λέξη ὅμως σημαίνει ὅτι ἡ μουσικὴ πρέπει νὰ ρυθμιστεῖ μὲ ἓνα ταλαντωτὴ. Εἶναι φανερὸ κάτι ποῦ εἶναι συχνὸ στὸν Ἀριστοφάνη, ἡ χρησιμοποίησις μιᾶς ἔκφρασης μὲ διπλὴ ἐρμηνεία σὰν ἀστεῖο. Δὲν ὑπάρχει ἄλλη ἄμεση ἀναφορά στὸ ἐκκρεμὸς μέχρι τὸν Ἡρωδιανὸ [12] (2ος αἰώνας μ.Χ.). Τέτοιες ὅμως ἀναφορὲς δὲν εἶναι ἀπόλυτες, ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τους τὴν ἐποχὴ ἐκείνη εἶναι πολὺ μικρὸς. Θὰ πρέπει ὅμως νὰ ὑποθέσουμε ὅτι τὸ ἐκκρεμὸς ἦταν πολὺ γνωστὸ: Ὁ ζυγὸς (ποῦ εἶναι καὶ αὐτὸς ἐκκρεμὸς) ἦταν γνωστὸς ἀπὸ τὸ 4.500 π.Χ. καὶ ἀπὸ τὶς διαστάσεις ζυγῶν σὲ σχέδια ποῦ βρισκόμε φάινεται νὰ ταλαντώνονται γύρω στὸ 1 Hz, μιὰ πρακτικὴ συχνότητα γιὰ ζύγιση. Μποροῦμε νὰ ὑποθέσουμε παραπέρα ὅτι τοὺς εἶχαν σχεδιάσει ὥστε νὰ ἔχουν αὐτὴ τὴ συμπεριφορὰ καὶ ἔτσι ὅτι ὁ ἰσοχρονισμὸς ἦταν γνωστὸς.

Κατὰ τὴν Ἰσλαμικὴ ἐποχὴ ὁ ἀστρονόμος ibn Yunus (;-1009 μ.Χ.) στὴν Αἴ-γυπτο χρησιμοποίησε τὸ ἐκκρεμὸς γιὰ μέτρηση χρόνου [13,14] πράγμα ποῦ ἔχει ἀμφισβητηθεῖ ἀπὸ τοὺς King καὶ Wiedeman [15] σὰν παρεξήγησις. Ἀκόμη ὁ ἀστρονόμος Qutb al Din al Schirazi (1311 μ.Χ.) ἀναφέρει [15] τὴ χρῆσις τοῦ ἐκκρεμοῦς - ἀλφαδιοῦ γιὰ τὸν προσδιορισμὸ τοῦ μεσημβρινοῦ. Κατὰ τὸ χρόνον αὐτὸ τὸ μηχανικὸ ρολοὶ ἦταν κιόλας γνωστὸ. Ἐπειδὴ ὁ μηχανισμὸς διαφυγῆς βρέθηκε τοὺς μέσους χρόνους, καὶ δὲν ἦταν τότε γνωστὸς, τὸ ἐκκρεμὸς δὲν χρησιμοποιήθηκε πλατιὰ γιὰ μέτρηση χρόνου στὴν ἀρχαιότητα.

3. Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Ὁ Πυθαγόρας μὲ τὶς παρατηρήσεις του στὸ σιδεράδικο εἰσήγαγε τὴν πειραμα-τικὴ μέθοδο στὴ φυσικὴ ἐπιστήμη. Μάλιστα ὁ Βοήθιος συνεχίζει [3] «ὅταν γύρισε στὸ σπίτι του ὁ Πυθαγόρας, προσπάθησε νὰ προσδιορίσει σὲ διάφορες ἔρευνες ἐὰν ἡ ὅλη θεωρία τῶν συγχορδιῶν μποροῦσε νὰ ἐξηγηθεῖ μὲ αὐτὲς τὶς ἀναλογίες. Ἔτσι

κρέμασε διάφορα βάρη σέ χορδές και μελέτησε τίς συγχορδίες μέ τò αὐτί. Ἀκόμη, μετέβαλε τή διαδικασία διπλασιάζοντας ἤ κáνοντας μισά τὰ μήκη τῆς χορδῆς και χρησιμοποιώντας ἄλλες ἀναλογίες. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ πέτυχε ἓνα πολὺ σημαντικὸ βαθμὸ βεβαιότητας».

«Συχνὰ σάν μέσο ἐλέγχου τῶν ἀναλογιῶν ἔριχνε κυάθια ὕγρου συγκεκριμένης περιεκτικότητας σέ δοχεῖα και μέ μιὰ μπρούτζινη ἢ σιδερένια ράβδο κτυποῦσε τὸ δοχεῖο πού περιεῖχε τὰ διάφορα βάρη ὕγρου. Μὲ μεγάλη του χαρὰ βρῆκε ὅτι δὲν ὑπῆρχε λόγος νὰ ἀλλάξει τὰ συμπεράσματά του. Προχώρησε τότε νὰ ἐξετάσει τὸ μῆκος και τὸ πάχος τῆς χορδῆς. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ βρῆκε τὴν ἀρχὴ τοῦ μονόχορδου γιὰ τὸ ὅποιο θὰ μιλήσουμε μετὰ. Τὸ μονόχορδο, πού ὀνομαζόταν κανὼν ὄχι μόνο ἀπὸ τὸ ξύλινο βαθμονομημένο χάρακα μέ τὸν ὅποιο μετῶμε τὸ μῆκος τῶν χορδῶν πού ἀντιστοιχοῦν σέ συγκεκριμένο τόνο, ἀλλὰ ἐπειδὴ σχηματίζει ἓνα πολὺ συγκεκριμένο και ἀκριβὲς πρότυπο αὐτὸ τὸ εἶδος τῆς ἔρευνας ἔτσι πού ὁ ἐρευνητῆς δὲν μπορεῖ νὰ ξεγελαστεῖ ἀπὸ ἀμφίβολης ἀκριβείας ἀποτελέσματα».

Ἄ Ο Πυθαγόρας ἔκανε διάφορα πειράματα μέ σφυριά, χορδές, σωλῆνες και δοχεῖα, πού θὰ ἐξετάσουμε ἀργότερα. Εἶναι πολὺ ἐνδιαφέρον ἐδῶ ὅτι δημιουργήθηκε τὸ πρῶτο ἐργαστήριο ἔρευνας στίς ταλαντώσεις (σχῆμα στήν παραπομπή 15, σύμφωνα μέ ἓνα σχέδιο τοῦ Βοήθιου), τὸ πρῶτο γνωστὸ ἐργαστήριο ἔρευνας πού ἔγινε ἀπὸ τὸν ἄνθρωπο. Παραπέρα, ἀνακάλυψε τὸ μονόχορδο [17], ἓνα καθαρὰ ἐπιστημονικὸ ὄργανο, γιὰ νὰ κάνει πειραματικὴ ἔρευνα στίς ταλαντώσεις τεταμένων χορδῶν και νὰ βάλει ἓνα πρότυπο γιὰ μετρήσεις ταλαντώσεων.

4. ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Ἡ ἔκταση στήν ὁποία οἱ Πυθαγόρειοι ἐπηρεάστηκαν ἀπὸ ἀνατολικές ιδέες εἶναι ἓνα πρόβλημα πού μπορεῖ κανεὶς νὰ συζητήσει. Ἡ Πυθαγόρεια Σχολὴ ὅμως ἀνέπτυξε τὴ θεωρία τῆς ἀρμονίας και ἔβαλε τίς βάσεις τῆς ἀκουστικῆς. Καταλάβαιναν τὸ μηχανισμό παραγωγῆς, διάδοσης και ἀντίληψης τοῦ ἤχου. Ἦξεραν ὅτι εἶχε χαρακτήρα κυματικὸ. Ὁ Βοήθιος περιγράφει τὴν παραγωγή και διάδοση τοῦ ἤχου σέ ὕρου κυμάτων πού παράγονται ὅταν μιὰ πέτρα πέφτει σέ ἤσυχο νερό. Καταλάβαιναν τὴ διάδοση κυμάτων μέσα στὸν ἀέρα και πιθανὸν τὴ συμπίεστότητα τοῦ ἀέρα κατὰ τὴ διάρκεια τῆς διάδοσης τοῦ ἤχου.

Ἡ ἀναγκαιότητα ἐνὸς μέσου γιὰ τὴ διάδοση τοῦ ἤχου εἶναι φανερὴ στὸν Ἀριστοτέλη [48]. Στὴν πραγματικὴ ὑποστηρίζει ὅτι ἡ διάδοση τοῦ ἤχου ἐξαρτιέται ἀπὸ τίς ιδιότητες τοῦ μέσου. Ἡ ταχύτητα διάδοσης τοῦ ἤχου προκάλεσε κάποια

άμηχανία σχετικά με τη σχέση της με τη συχνότητα. Αυτό το ζήτημα ξεκαθαρίστηκε από τον Θεόφραστο [19] που έδωσε μια αυστηρή απόδειξη για το ότι η ταχύτητα διάδοσης είναι ανεξάρτητη από τη συχνότητα του ήχου: «Η ύψηλη νότα δέν διαφέρει σέ ταχύτητα, γιατί, αν αυτό συνέβαινε, θα έφτανε στην ακοή γρηγορότερα και δέν θα υπήρχε συγχορδία. Αν υπάρχει συγχορδία, και οι δύο νότες πρέπει να έχουν την ίδια ταχύτητα».

Η πρώτη μονογραφία σέ άκουστική [3] γράφτηκε από τον Άριστοτέλη. Εισήγαγε έτσι τον όρο που παραδοσιακά αποδίδεται στον Sauveur (1653-1716) [20]. Ο λόγος γι' αυτό είναι ίσως ότι αυτή η εργασία ήταν γνωστή στη Δύση με το λατινικό όρο De Audibilibus. Η πατρότητα τής εργασίας αυτής έχει άμφισβητηθεί: πιθανόν η εργασία γράφτηκε από τον Στράτωνα το Λαμψακηνό (330-270 π.Χ.) ή τον Ήρακλείδη τον Πόντιο (388-312 π.Χ.) και δύο σπουδαστές τής Περιπατητικής Σχολής. Ο συγγραφέας φαίνεται να έχει μιá πλήρη αντίληψη τής σχέσης τής ταλάντωσης με τον ήχο: «Σώματα που μπορούν να ταλαντώνονται παράγουν ήχους... χορδές είναι παραδείγματα από τέτοια σώματα».

Η ιστορία τής άκουστικής έχει μελετηθεί έκτεταμένα από τους Lindsey [20] και Hunt [1]. Φαίνεται όμως ότι οι συγγραφείς αυτοί είχαν πολύ λίγη πληροφόρηση για τις προόδους τής άκουστικής στην αρχαιότητα.

5. ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Οι κανόνες τής στατικής ισορροπίας ήταν γνωστοί εμπειρικά σέ πολύ αρχαίους χρόνους, αλλά μιá αυστηρή όργάνωση σέ έπτά θεωρήματα και έπτά λήμματα προτάθηκε πρώτα από τον Αρχιμήδη (περίπου 287-212 π.Χ.) στο έργο του «Έπί τής Ισορροπίας τών έπιπέδων» [3].

Ο Άριστοτέλης [3] στη Μηχανική του προσπάθησε να ορίσει τη στατική μέσα στο γενικό πλαίσιο τών κανόνων τής κίνησης. Καταλάβαινε το διανυσματικό χαρακτήρα τών δυνάμεων και εισήγαγε τον κανόνα του παραλληλογράμμου για την πρόσθεση δυνάμεων. Για να αποδείξει την εξίσωση στατικής ισορροπίας $\Sigma F_{ix} = 0$, εισήγαγε την αρχή τών δυνατών έργων $\Sigma F_i d_i = 0$. Καταλάβαινε την αρχή τών ροπών, έπειδή ο όρος ισορροπία στα έλληνικά αυτό ακριβώς σημαίνει.

Ο Άριστοτέλης στα Φυσικά [3] παρατηρεί ότι «δέν μπορεί κανείς να πεί, γιατί κάτι που το βάζει κανείς σέ κίνηση θα σταματούσε όπουδήποτε, έπειδή υπάρχει το έρώτημα, γιατί θα σταματούσε έδω παρά εκεί; Έτσι ένα σώμα θα είναι είτε σέ στάση είτε σέ άενκη κίνηση μέχρις ότου κάτι που έχει μεγαλύτερη δύναμη παρεμβάλλεται στο δρόμου του». Αυτό μπορεί να θεωρηθεί μιá άνεκτη άναλογία στον πρώ-

το νόμο του Νεύτωνα. Πρέπει να σημειώσουμε όμως ότι ο Ἀριστοτέλης δὲν το παρουσιάζει αὐτὸ σὰν ἀξίωμα ἀλλὰ δίνει μιὰ ἀπόδειξη διὰ τῆς εἰς ἄτοπον ἀπαγωγῆς.

Ἡ βασικὴ διαφορὰ ἀνάμεσα στὴν Ἀριστοτέλεια καὶ τὴν Νευτώνεια δυναμικὴ δὲν εἶναι οἱ ἐξιιώσεις γιὰ τὴν ἔκφρασή τους. Ἡ βάση γιὰ τὴν πρώτη εἶναι ἡ φιλοσοφικὴ σύλληψη τῆς ἁρμονίας τοῦ κόσμου, ποὺ βασίζεται σὲ μιὰ μεταφυσικὴ θεώρηση τῆς φύσης. Ἡ βάση γιὰ τὴ δεύτερη εἶναι μιὰ *a priori* ἀντίληψη τοῦ χρόνου καὶ χώρου.

Ἡ ἐπιτάχυνση ἦταν γνωστὴ καὶ εἶχε συσχετιστεῖ μὲ τὴ δύναμη. Ὁ Σιμπλίσιος [3], σὲ ἓνα σχόλιο στὸ ἔργο τοῦ Ἀριστοτέλη «Ἐπὶ τῶν Οὐρανίων Σωμάτων», εἶπε ὅτι ἡ δύναμη ἀνάμεσα σὲ δυὸ οὐράνια σώματα ἐξαρτιέται ἀπὸ τὴν ἀπόσταση καὶ τὶς μάζες τους. Παραπέρα, ὑποστήριξε ὅτι ἡ ἐπιτάχυνση εἶναι ἀνάλογη τῆς δύναμης γιὰ τὴν ἴδια μάζα, σὲ ἀναλογία μὲ τὸ δεύτερο νόμο τοῦ Νεύτωνα. Ὁ ἴδιος ὁ Ἀριστοτέλης [3], στὰ Φυσικά, ὑποστηρίζει ὅτι ἡ δύναμη εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ βάρος ὅταν διανύει τὴν ἴδια ἀπόσταση στὸν ἴδιο χρόνο. Δὲν εἶναι σίγουρο ὅμως ὅτι κάνει καθαρὴ διάκριση ἀνάμεσα στὴ μάζα καὶ στὸ βάρος. Ἀναγνωρίζει τὴν ταχύτητα ποὺ ἐπιτεύχθηκε κατὰ τὴ σταθερὴ ἐπιτάχυνση: Γιὰ μιὰ δοσμένη δύναμη «οἱ σχετικὲς ταχύτητες δυὸ σωμάτων θὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογες πρὸς τὰ σχετικὰ μεγέθη τους» (Ἐπὶ τῶν Οὐρανίων Σωμάτων [3]). Δὲν κάνει σωστὰ ὅμως τὴ δεύτερη ὁλοκλήρωση τῆς διανυόμενης ἀπόστασης: «γιὰ τὸ ἴδιο βάρος καὶ διανυόμενη ἀπόσταση ἡ δύναμη εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὸ χρόνο», ἀντὶ πρὸς τὸ τετράγωνο τοῦ χρόνου. Ἀκόμη ἡ ἀδυναμία νὰ κάνει ἀκριβεῖς μετρήσεις τοῦ χρόνου δημιούργησε κάποια ἀμυχανία στὸν Ἀριστοτέλη καὶ τοὺς συγχρόνους του σὲ ὅτι ἀφορᾷ στὴν ἐπίδραση τοῦ ἀέρα στὴν κίνηση στερεῶν σωμάτων.

Στὴν ἀρχὴ τῆς δράσης καὶ ἀντίδρασης, ὁ Ἀριστοτέλης παρατηρεῖ «τὸ κινούμενο σῶμα δέχεται δράση ἀπὸ τὸ σῶμα ἐπὶ τοῦ ὁποίου δρᾷ» καὶ πλατύνει τὸ πεδίο ἐφαρμογῆς αὐτοῦ τοῦ ἀξιώματος γιὰ νὰ καλύψει ροὴ θερμότητας καὶ ὑγρῶν (Ἐπὶ τῶν Οὐρανίων Σωμάτων) [3]. Αὐτὸ εἶναι ταυτόσημο μὲ τὸν τρίτο Νόμο τοῦ Νεύτωνα.

Στὴ σχέση τῆς κίνησης μὲ τὴ δυναμικὴ καὶ κινητικὴ ἐνέργεια, ὁ Ἀλέξανδρος Ἀφροδισιεύς, σχολιαστὴς τοῦ Ἀριστοτέλη, ἔγραψε [21] «γι' αὐτὸ τὸ πράγμα ποὺ τὰ κάνει νὰ περνᾶνε ἀπὸ βαρύτητα δυναμικὴ σὲ βαρύτητα κινητικὴ, τὰ κάνει νὰ βρῖσκονται σὲ διαφορετικὴ κατάσταση ἀπὸ αὐτὴ ποὺ ἦταν πρῖν, εἶναι ἡ αἰτία τῆς φυσικῆς κίνησης».

Ἡ ἀκρίβεια τῆς Ἀριστοτέλειας δυναμικῆς ὅμως δὲν πρέπει νὰ σκιάζει τὴν πιὸ σπουδαία πλευρὰ τῶν Μηχανικῶν: τὴν εἰσαγωγὴ τῶν μαθηματικῶν μεθόδων στὴν περιγραφὴ τῆς φύσης, δηλαδὴ τὴ Μαθηματικὴ Φυσικὴ.

6. ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Τò γεγονόςò ότι για ένα (γραμμικό) σύστημα, υπάρχουν συχρότητες στις οποίες μπορεί να έχει αρμονική κίνηση ήταν γνωστή στους μουσικούς, αλλά προτάθηκε σαν νόμος τής φύσης από τον Πυθαγόρα. Ακόμη απέδειξε πειραματικά με τὰ πειράματά του με τὰ σφυριά ότι οι ιδιοσυχνότητες είναι ιδιότητες του συστήματος και δέν εξαρτιόνται από τò μέγεθος τής διέγερσης. Προχώρησε πειραματικά στο να αποδείξει τὰ παρακάτω όπως δόθηκαν από τò Θεώνα τόν Σμυρναίο (2ος αιώνας μ.Χ.) [17].

α) Οι ιδιοσυχνότητες τής χορδής είναι αντίστροφα ανάλογες προς τò μήκος και τή διάμετρο. Αύξάνονται με τήν αύξανόμενη τάση αλλά ó νόμος τής τετραγωνικής ρίζας δέν φαίνεται να έχει αναγνωριστεί. Είναι όμως ενδιαφέρουσα ή διατύπωση του Βοήθιου, παραπάνω «...και χρησιμοποιώντας άλλες αναλογίες». Πιθανότατα αναφέρεται στην ακριβή σχέση τετραγωνικής ρίζας. Γενικά, οι αρχαίοι αναγνωρίζαν σχέσεις αναλογίας αλλά συχνά δέν μπορούσαν να αναγνωρίσουν σχέσεις δύναμης, ίσως επειδή δέν υπήρχαν ακριβείς μετρήσεις αλλά όμως ίσως επειδή είχαν μια φιλοσοφική προσκόλληση στους νόμους τής αναλογίας και τής αρμονίας. Είναι πολύ πιθανό όμως ότι ó Πυθαγόρας ήξερε τò σωστό κανόνα τής εξάρτησης τής ιδιοσυχνότητας από τήν τάση, επειδή ή μέτρηση του βάρους μπορούσε να γίνει με πολύ μεγάλη ακρίβεια, και τò κενό σ' αυτό τò σημείο μπορεί να οφείλεται σε μη ακριβή μεταφορά στους σχολιαστές αρκετούς αιώνες αργότερα.

β) Οι ιδιοσυχνότητες για διαμήκεις ταλαντώσεις στύλων είναι αντίστροφα ανάλογες προς τò μήκος.

γ) Τò ίδιο συμβαίνει για ταλαντώσεις δοχείων: άλλαζε τις ιδιοσυχνότητες βάζοντας στα δοχεία νερό. Είναι φανερό ότι χρησιμοποίησε λεπτά δοχεία.

δ) Δοκίμασε δίσκους αλλά δέν έχουν αναφερθεί αποτελέσματα. Υπάρχει μια αναφορά στον Φαίδωνα του Πλάτωνα (108D) ότι ó "Ιππασος (μαθητής του Πυθαγόρα που λέγεται ότι σκοτώθηκε γιατί μαρτύρησε μυστικά των Πυθαγορείων), δοκίμασε τέσσερις μπρούντζινους δίσκους και βρήκε ότι ή ιδιοσυχνότητά τους είναι αντίστροφα ανάλογη προς τò πάχος τους [3].

7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Οί Πυθαγόρειοι και κατοπινοί συγγραφείς αναφέρουν τήν άνησυχία τους για τήν ακρίβεια των μετρήσεων. Τόν Πυθαγόρα άπασχολούσε ή επίδραση τής άνομομορφίας τής διαμέτρου τής χορδής και ή ύγρασία του περιβάλλοντος (οί χορδές γίνονταν τότε από ζωϊκές ίνες).

Ἐκείνη, ἐγνώριζαν τὴ σχετικὴ ἀνακρίβεια τῆς μέτρησης τῆς συχνότητος μὲ τὸ αὐτί. Σύμφωνα μὲ τὸν Βοήθιο [9], «ὁ Πυθαγόρας ἐγκατέλειψε τὴν ἀντίληψη τῆς ἀκοῆς σὰν κριτήριον ἐκτίμησης καὶ βασιζόταν στὶς διαβαθμίσεις τῆς μετρητικῆς ράβδου. Δὲν εἶχε ἐμπιστοσύνη στὸ ἀνθρώπινο αὐτί ποὺ παθαίνει ἀλλαγές ὄχι μόνον φυσιολογικά ἀλλὰ καὶ ἀπὸ λόγους ἐξωτερικῶν ἀτυχημάτων καὶ μεταβάλλεται μὲ τὸ χρόνο. Ἀντίθετα, προσπάθησε μακρόχρονα καὶ ἐντατικὰ νὰ βρεῖ μιὰ μέθοδο μὲ τὴν ὁποία θὰ μπορούσε νὰ βρῆται τὶς σταθερὲς καὶ ἀμετάβλητες μετρήσεις τῶν συγχορδιῶν».

Ὁ Ἡρόδοτος (περίπου 484-425 π.Χ.) ἀναφέρει [22] γιὰ ἓνα ὄργανο ταλαντώσεων μὲ μιὰ ἀσπίδα ποὺ ἦταν σκεπασμένη μὲ ἓνα πολὺ λεπτὸ στρώμα μπρούντζου. Κρατώντας τὴν πάνω στὸ ἔδαφος καὶ ἀκούγοντας τὸν ἦχο ἀπὸ τὴν ταλαντούμενη μπρούντζινη πλάκα μπορούσαν νὰ ἀνακαλύψουν τὸ σιάψιμο ὑπόγειων στοῶν στὴ Βάρκη, μιὰ πόλη τῆς Βόρειας Ἀφρικῆς ποὺ εἶναι ὅπου βρίσκεται ἡ Λιβύη σήμερα, ὅταν ἦταν κάτω ἀπὸ Περσικὴ πολιορκία. Εἶναι φανερὸ ὅτι τὸ πυκνὸ φάσμα τῶν ἰδιοσυχνότητων τῆς λεπτῆς πλάκας μπορούσε νὰ βοηθήσει στὸ νὰ ἐπιτύχουν συντονισμοὺς μὲ τὶς κρούσεις ἀπὸ τὸ σιάψιμο ὅπως αὐτὲς φιλτράρονταν μέσα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀναγνωρίσει ἐδῶ ἓνα μηχανικὸ μετρητῆ-ἐνισχυτῆ ταλαντώσεων, πολὺ παράλληλο πρὸς ἀρχὴ πρὸς τὸ συχνόμετρο προβόλου.

Γιὰ τὴν ἴδια τεχνικὴ ἐφαρμογή, ὁ Βιτρούβιος ἀναφέρει [1] τὴν πρώτη χρῆση τοῦ ἐκκρεμοῦς σὰν ἓναν ἄλλο τύπο μηχανικοῦ μετρητῆ-ἐνισχυτῆ. Ὁ ἀρχιτέκτων Τρύφων τῆς Ἀλεξανδρείας χρησιμοποίησε κρεμασμένα βάζα ποὺ ἄρχιζαν νὰ ταλαντώνονται, σὰν ἀποτέλεσμα ἀπὸ ὑπόγειες κρούσεις, ὅταν ὁ ἐχθρὸς ἔσκαβε κανάλια κάτω ἀπὸ τὴν πόλη μὲ σιδερένια ἐργαλεῖα κατὰ τὴ διάρκεια τῆς πολιορκίας τῆς πόλης Ἀπολλωνίας τῆς Ἰλλυρίας ἀπὸ τὸ Φίλιππο τὸν Ε', τὸ βασιλεῖα τῆς Μακεδονίας, τὸ 214 π.Χ. Μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀναγνωρίσει μιὰ ἀντίληψη τῆς ἀρχῆς τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ συντονισμοῦ καὶ τῶν συμπαθητικῶν ταλαντώσεων.

Ὁ ὄρος «ζυγοστάθμιση», ὅπως καὶ μὲ τὶς ταλαντώσεις, πάει πίσω στοὺς χρόνους τοῦ Αἰσχύλου. Ὁ ὄρος «χρονισμὸς» φαίνεται νὰ εἶναι γνωστὸς γιὰ μουσικὰ ὄργανα ἀπὸ πολὺ παλιούς χρόνους. Γιὰ μηχανές, οἱ καταπέλτες χρονίζονταν γιὰ νὰ ἐπιτύχουν τὴν κατάλληλη πρόταση γιὰ μέγιστη ἀποθήκευση ἐνέργειας ἐλαστικῆς παραμόρφωσης [3, 23]: «ἔτσι, μὲ σφιχτὲς σφῆνες οἱ καταπέλτες χρονίζονταν γιὰ τὴν κατάλληλη ὀξύτητα ἦχου ἀπὸ τὴ μουσικὴ ἀντίληψη τῆς ἀκοῆς». Ὁ Βιτρούβιος ἀναφέρει [6] ὅτι, γιὰ νὰ βοηθήσουν τὴν ἀκουστικὴ τῶν θεάτρων, συντόνιζαν μεγάλα βάζα πρὸς διαφορετικὲς νότες καὶ συγχορδίες καὶ τὰ διασκόρπιζαν ἀνάμεσα στὸ ἀκροατήριον καὶ ἔτσι γίνονταν τὴν πραγματικότητά μηχανικοὶ ἐνισχυτῆς ἢ καλύτερα συστήματα ἀντανάκλασης.

Ένα όργανο, ακριβέστατος σειсмоγράφος με τὰ σημερινὰ δεδομένα, πού χρησιμοποιούσε τὸ ἐκκρεμές γιὰ τὴ μέτρηση τῆς κατεύθυνσης καί, σὲ μικρότερη ἔκταση, τοῦ μεγέθους τῶν σεισμῶν, χρησιμοποιήθηκε στὴν Κίνα τὸν 2ο αἰώνα μ.Χ. [25].

8. ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ

Ὁ θρύλος τῆς Ἱεριχοῦς, ὅπου οἱ τοῖχοι γκρεμίστηκαν σὲ συντονισμό με μουσικὰ ὅργανα, μπορεῖ βέβαια νὰ ἦταν μόνο συμβολικός. Εἶναι φανερό ὅμως ὅτι οἱ μηχανικὰ στὰ χρόνια τοῦ Ἰησοῦ τοῦ Ναυῆ ἤξεραν καλὰ τὰ φαινόμενα πού συνδυάζονται με τὸ συντονισμό καὶ τὶς συμπαθητικὲς ταλαντώσεις.

Λιπαντικὰ χρησιμοποιοῦνταν στὴ Μεσοποταμία καὶ τὴν Αἴγυπτο ἀπὸ τὴ δευτέρα χιλιετία π.Χ. ἀλλὰ μόνο γιὰ μείωση τῆς φθορᾶς καὶ τῆς τριβῆς [25]. Ὁ Ἀριστοτέλης [3] εἰσάγει ἕναν ἀριθμὸ ἀπὸ τριβολογικὰ προβλήματα.

Οἱ τροχοὶ τῶν ἀμαξιῶν στὴν ἀνατολή ἦταν βαρεῖς. Στὴν Ἑλλάδα ἔπρεπε νὰ λειτουργήσουν σὲ βραχῶδες ἔδαφος καὶ γιὰ νὰ ἀποκτήσουν μεγάλες ταχύτητες, ἔπρεπε νὰ ἀλλάξουν τὴν κατασκευή. Ἔτσι μείωσαν τὸ μέγεθος σημαντικὰ καὶ οἱ τροχοὶ πού εἶχαν συνήθως τέσσερις ἀκτίνες ἔγιναν πολὺ ἐλαφροὶ καὶ πολὺ εὐκαμπτοί. Μάλιστα ἡ ξύλινη στεφάνη ἔγινε πολὺ λεπτή καὶ με πολὺ μεγάλες τάσεις σὲ σημεῖο πού, ἂν τὴν ἄφηναν τὴ νύχτα νὰ ὑποστηρίζει τὸ βάρος τοῦ ἀμαξιῶ, θὰ πάθαινε μόνη παραμόρφωση ἀπὸ ἐρπυσμό. Αὐτὸ ἦταν πολὺ γνωστὸ στοὺς ὀμηρικὸς χρόνους. Ὁ Τηλέμαχος στὴν Ὀδύσσεια σηκώνει τὸ ἀμάξι του κατακόρυφα στὸν τοῖχο, ἐνῶ ἄλλοι βγάζανε τοὺς τροχοὺς ἐντελῶς γιὰ τὸ βράδυ [23]. Παραπέρα οἱ τροχοὶ στηρίζονταν σὲ πολὺ λεπτοὺς προεξέχοντες ἄξονες καὶ ἔτσι τὸ ὄχημα ἦταν πολὺ ἐλαστικὸ πετυχαίνοντας μεγάλη ἀπομόνωση ταλαντώσεων.

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ἡ Ἴονια Σχολὴ τῆς φυσικῆς φιλοσοφίας εἰσήγαγε τὴν ἐπιστημονικὴ μέθοδο τῆς θεώρησης τῶν φυσικῶν φαινομένων με ἀυστηρὲς ἀποδείξεις γιὰ ἐπίσημα θεωρήματα. Ὁ ἰδρυτὴς τῆς σχολῆς, Θαλῆς ὁ Μιλήσιος, μελέτησε τὶς ἐμπειρικὲς μεθόδους πού χρησιμοποιοῦσαν οἱ ἀνατολικὲς αὐτοκρατορίες καὶ εἰσήγαγε τὴν ἐπιστημονικὴ μέθοδο.

Ἡ θεωρία τῶν ταλαντώσεων ἀναπτύχθηκε ἀπὸ τοὺς Πυθαγόρειους τὸν 5ο αἰώνα π.Χ. σὲ συνάρτηση με τὴ θεωρία τῆς μουσικῆς καὶ τὴ θεωρία τῆς ἀκουστικῆς. Ἀνάπτυξαν μιὰ πειραματικὴ μέθοδο γιὰ τὴν εὔρεση βασικῶν φυσικῶν νόμων καὶ

δημιούργησαν τὸ πρῶτο ἐργαστήριο ἐρευνῶν ταλαντώσεων. Παρατήρησαν τὶς ιδιοσυχνότητες ταλαντούμενων συστημάτων καὶ ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ιδιοσυχνότητα εἶναι μιὰ ιδιότητα τοῦ συστήματος καὶ δὲν ἐξαρτιέται ἀπὸ τὴν διέγερση. Οἱ Πυθαγόρειοι προσδιόρισαν τὶς βασικὲς ιδιοσυχνότητες πολλῶν ἀπλῶν συστημάτων ὅπως ταλαντούμενων χορδῶν, σωλῆνων, δοχείων καὶ κυκλικῶν πλακῶν καὶ τὴν ἐξάρτησή ἀπὸ τὶς διαστάσεις τους.

Ὁ Ἀριστοτέλης καὶ ἡ Περιπατητικὴ Σχολὴ ἔβαλαν τὶς βάσεις τῆς μηχανικῆς καὶ ἀνέπτυξαν μιὰ βασικὴ ἀντίληψη τῆς στατικῆς καὶ δυναμικῆς. Προσπάθησαν νὰ βασίσουν τὴ θεωρία τους σὲ βασικὲς φιλοσοφικὲς ιδέες ἀντὶ σὲ ἐμπειρικὰ θεμελιωμένα ἀξιώματα [26]. Ὁ Ἀρχιμήδης ἔβαλε τὶς βάσεις τῆς στατικῆς μὲ αὐστηρότητα στὴ μορφή πὺ ξέρουμε σήμερα.

Στοὺς Ἀλεξανδρινούς χρόνους ὑπῆρχαν σημαντικὲς τεχνολογικὲς πρόοδοι στὸν τομέα τοῦ σχεδιασμοῦ μηχανῶν καὶ ταλαντώσεων.

Τὸ ἐγκρεμὲς σὰν ἓνα σύστημα μέτρησης χρόνου καὶ ταλαντώσεων ἦταν γνωστὸ στὴν Ἀρχαία Ἑλλάδα καὶ Κίνα καὶ ἀναπτύχθηκε στὴν ἀρχαιότητα στὸ βαθμὸ πὺ μὲ τὸ τέλος τῆς πρώτης χιλιετίας μ.Χ. εἶχε ἤδη χρησιμοποιηθεῖ σὰν ὄργανο μέτρησης ταλαντώσεων καί, πιθανόν, χρόνου.

S U M M A R Y

The origins of vibration theory and experimental Physics.

It is generally assumed by western epistemology, that ancient Greeks were theoreticians and were involved only in philosophical investigations which did not involve experimentation and that the experimental method of studying nature started in Western Europe with Galileo. Platon, in his «Republic», downgraded the experimental methods the Pythagoreans used and this passage was used by western epistemologists to establish the dogma that ancient Greeks were not experimentalists.

The Ionian School of natural philosophy introduced the scientific method of dealing with natural phenomena and the rigorous proofs for abstract propositions. The School's distinguished leader was Thales of Miletos, the first of the seven Wise Men of antiquity.

Pythagoras of Samos moved to Croton where he established the Pythagorean School, the first institution of Higher Education and Scientific Research. The primary contributions of the Pythagorean School were the developments of the theory of numbers, the theory of music and harmony and the experimental physics.

During the Golden Age of Athens, the center of learning and philosophy moved there, where Platon founded his Academy. A noted student of Platon was Aristoteles who wrote the first treatises on Physics, Mechanics and Acoustics and was the founder of the Peripatetic School.

The term "vibration" was used from the Aeschylus times. In Platon *Timaeos*, the idea that irregular forces produce vibrations is recognized. Diodoros Siceliotus describes the whirling motion of a shaft in the bearing clearance. Angular acceleration of the circular motion of the stars and precession was observed by Hipparchos and Ptolemeos.

The difference in the pitch of sound was understood since the evolution of music. Pythagoras has quantified the theory of music and related it to his theory of numbers. Boethius reported a legendary incident involving Pythagoras. He noticed that the sound of the hammers in a ironsmith shop were related to their manner and not the force of the user. Further he establishes a rational method of measuring sound frequencies, at least integer fractions and multiples of basic sounds of musical instruments.

Contrary to the traditional belief that Galileo Galilei observed first the isochronism of the pendulum, they probably were both known long before.

Legend suggests Daedalus is the inventor of the Pendulum. It appears as a bob for spinning and levelling devices in vases of the 6th century BC. Spinning was also known in India in 2,500 BC. The first indication of use of the pendulum as timing device is in Aristophanes. In his *Frogs* he made a direct reference: "...the music should be balanced with an oscillator". This, of course, has also a different interpretation but used as a joke shows the familiarity with the pendulum isochronism. It can be assumed that the pendulum was known, in fact the balance (which is a compound pendulum) was known in 4,500 BC and with the dimensions of balances or drawings found they would oscillate at about 1 Hz, a practical frequency for a balance. It can be further assumed that they designed them so and that the isochronism was known.

Pythagoras, with his observations in the metal workers shop and the

development of a special experimental facility for further investigations, introduced the experimental method. Pythagoras conducted several experiments with hammers, strings, pipes and shells. He thus established the first vibration and experimental physics research laboratory, the first known man-made research laboratory. He found experimentally, the relation of the frequency of natural vibration of taught strings, columns, plates and shells to their physical dimensions, traditionally attributed to Galileo, Mercenne, Chladni, Sauver and other experimentalists of Western Europe. Further, Pythagoras established experimentally the fundamental law of linear system theory: Natural frequencies depend on the system properties and not on the excitation. Moreover, he invented the monochord, a purely scientific instrument to conduct experimental research in the vibrations of taught springs and to set a standard for vibration measurements.

Pythagoreans systematic experimentation can be also concluded from their concern with the accuracy of their measurements and with the effect of nonuniformity of string diameter and the humidity of the environment (strings were made of animal tissue). Moreover, they were aware of the relative inaccuracy of measuring frequency by ear.

Pythagoreans understood the wave propagation through the air and probably the compressibility of the air during sound propagation as well. The necessity of a medium for the propagation of sound is apparent in Aristoteles. In fact he stipulated that sound propagation depends on the medium properties. Theophrastos offered a national proof for the independence of sound propagation velocity on sound frequency.

The first monograph on acoustics was written by Aristoteles, in his book : «*On Acoustics*», introducing the term which was traditionally attributed to Sauver.

Static equilibrium rules were known empirically at very early times, but a rigorous organization into seven postulates and seven propositions was first proposed by Archimedes in his work "*on the Equilibrium of Planes*". Aristoteles understood the vectorial character of the forces and introduced the law of the parallelogram for force addition. He introduced the principle of virtual work $\sum F_i \delta_i = 0$ and the laws of dynamics. The first and third are identical to the corresponding Newton's Laws, the second is very similar, though not rigorously defined. The Aristoteleian work on dynamics was discredited by Western epistemologists on account of his understanding of fal-

ling bodies. On this respect, the difference from Galileo's observations was that the Aristoteles overestimated the effect of air resistance while Galileo underestimated it.

On the relation of motion to potential and kinetic energy, Alexander of Afrodisias, introduced the conservation of energy and the conservation of the sum (kinetic+potential energy) which became the basis for Rayleigh's Method.

Herodotos reported on a vibration transducer, a shield coated with a thin sheet of bronze, very similar in principle to the reed tachometer attributed to Frahm (1902). Similar systems were known in China in 370 BC.

Vitruvius reports on the first use of a pendulum as another type of mechanical vibration transducer-amplifier: The architect Tryphon of Alexandria used hanged vases which begun to oscillate in response to underground shocks.

The term balancing, as with vibrations, dates back to Aeschylus times. The term "*tuning*" seems that must have been known for musical instruments at very early times. For machinery, tuning was performed in catapults to achieve the desired prestress for maximum strain energy storage.

An instrument using falling balls to measure direction and to a limited extend, magnitude of an earthquake was used in China in 132 AD, using a 3 m long pendulum.

Experimental physics, mechanics and vibration analysis, thought to have started with da Vinci, Galileo and the West European Scientists of the 17th-18th Centuries, dates back to Ancient Greece where systematic experimentation in purposely made research facilities was extensively used not only for the solution of practical problems but for the investigation and proof of fundamental laws of physics.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. F. V. Hunt, *Origins in Acoustics*. New Haven & London: Yale University Press, 1978.
2. Lycios Proclus (surnamed Diadochus) (410-485), *Commentary on Euclid's Elements*. Translated by T. Taylor 1792. London: publisher anonymous.
3. M. R. Cohen and I. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science*. Cambridge: Harvard University Press, 1958.
4. Diodoros Sicelias (Diodorus Siculus, first century BC), (I. Bekker, L. Dindorf and F. Vogel, Editors), 1988-1906. Leipzig: C. Th. Fischer.
5. Ptolemeos (Ptolemy, first century AD), *Harmonics* (edited by Ingemar Düring) Gotteborg: Elanders, 1930.
6. Vitruvius (first century BC) *De Architectura* (in R. B. Lindsey (editor) *Acoustics: Historical and Philosophical Development*. Stroudsburg, Pa: Dowden, Hutchinson & Ross).
7. N. K. Sandars, *Prehistoric Art in Europe*. London: Penguin, 1968.
8. E. Skudrzyk, *Die Grundlagen der Akustik*. Wien: Springer-Verlag, 1954.
9. Boethius (AD 480-524) *Concerning the Principles of Music* (in R. B. Lindsey (editor) *Acoustics: Historical and Philosophical Development*. Stroudsburg, Pa: Dowden, Hutchinson & Ross).
10. Archytas (c. 380 BC), frag. 1: quotations from the Freeman translation of Diels' *Fragmente...* [27].
11. Aristophanes (450-388 BC) *Frogs*. Oxford: Clarendon Press, (1905).
12. W. G. Liddel and R. Scott, *Greek-English Lexicon*. Oxford: Clarendon Press, 1879.
13. O. A. Farukh, *The Arab Genius, in Science and Philosophy*, 1954. Washington, D. C.: American Council of Learned Societies.
14. H. Schimaneck, *Zeitschrift der Technischen Physik* 17, 500-506. *Zur Fruehgeschichte der Akustik*, 1936.
15. E. Wiedeman, *Zeitschrift für Physik* 10, 267-268. *Ueber die Angebliche Verwendung des Pendels bei en Araben*, 1922.
16. C. B. Boyer, *A History of Mathematics*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1968.
17. Theon of Smyrna (second century AD) *On Mathematical Matters Useful in Reading Platon* (edited and translated into French by Jean Dupuis 1982. Paris: Librairie Hachette et Cie).
18. Aristoteles (384-322 BC) *On the Soul (De Anima)* (translated by J. L. Stocks 1930 in *Oxford Aristotle vol. 2*. Oxford: Clarendon Press).
19. Theophrastos of Eresos (370-285 BC) *Opera Omnia* (Greek text revised by Friedrich Wimmer 1886, Paris: A. F. Didot).

20. R. B. Lindsey, *Journal of the Acoustical Society of America* 39 (4), (629-644). The story of acoustics, 1966.
21. Alexander of Aphrodisias (early third century BC) Commentary on Aristotle's *Metaphysics* (translated in Sir Thomas L. Heath 1932 *Greek Astronomy*. London: J. M. Dent and Sons).
22. Herodotus (c. 484-425 BC) *Stories* (translated by A. D. Godley, 1921. Vol. 2 (of 4), — 118 of the Loeb Classical Library. London: Heinemann; and New York: G. P. Putman's Sons).
23. J. E. Gordon, *Structures*. New York & London: Plenum Press, 1978.
24. Joshua 6:20.
25. A. D. Dimarogonas, *Lectures in History of Technology* (in Greek). Patras University Press, 1978.
26. M. G. Evans, *The Physical Philosophy of Aristotle*. Albuquerque: The University of New Mexico Press, 1964.
27. H. Diels, *Die Fragmente der Vorsokratiker* (5th edition 1934-37 edited by W. Kranz). Berlin: Wiedmann, 1903.
28. A. D. Dimarogonas, *The Origins of Vibration Theory*. Academic Press: *Journal of Sound and Vibration* v. 137 (1), pp. 1-9, 1990.
29. I. Amato, «First Lab» attributed to Ancient Greeks. *Science News*, vol. 137, p. 296, 1990.

‘Ο Ἀκαδημαϊκὸς κ. Περικλῆς Θεοχάρης, παρουσιάζων τὴν ἀνωτέρω ἀνακοίνωσιν, λέγει τὰ ἑξῆς:

Αἱ σύγχρονοι δοξασίαι τοῦ ἐπιστημονικοῦ κόσμου διὰ τὴν συμβολὴν τῶν Ἀρχαίων Ἑλλήνων εἰς τὴν ἐπιστήμην δύνανται νὰ συνοψισθοῦν ὡς κατωτέρω:

Κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ἡ ἑλληνικὴ φιλοσοφία ἤτο ἐκείνη ποὺ ἐδημιούργησε τὴν μετάβασιν ἀπὸ τὴν μυθολογίαν εἰς τὴν λογικὴν σκέψιν. Κατ’ ἀρχὰς τὸ κεντρικὸν πρόβλημα τῆς φιλοσοφίας αὐτῆς ἤτο ἡ ἐξήγησις τῶν φυσικῶν φαινομένων διὰ λογικῶν αἰτίων. Συντόμως ὁ σκοπὸς αὐτὸς συνεχωνεύθη μὲ τὴν εὐρυτέραν προσπάθειαν πρὸς συστηματικὴν ἔρευναν τῶν διαφόρων μορφῶν γνώσεως, τὴν θεμελιώδη φύσιν τῆς πραγματικότητος, καὶ τὴν θέσιν τοῦ ἀνθρώπου εἰς τὸν κόσμον.

Δεδομένου ὅτι τὸ κεντρικὸν ἐρώτημα τῆς φιλοσοφίας εἶναι τὸ «Διατί», καὶ τὸ «Πῶς», εἶναι ὑποτεταγμένον εἰς τὸ διατί, ὁ μακρὺς αὐτὸς σύνδεσμος τῆς φιλοσοφίας μὲ τὰς φυσικὰς ἐπιστήμας κατέστη ἐπιζήμιος διὰ τὴν πρόοδον τῶν ἐπιστημῶν αὐτῶν.

Τὸ παράδοξον αὐτὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὅποιον ἡ φιλοσοφία ἐπετέλεσε τὴν

ιστορικήν αποστολήν νὰ εἰσαγάγῃ τὴν ἐπιστημονικὴν ἀποψιν εἰς τὴν μελέτην τῆς φύσεως, ἀλλὰ ταυτοχρόνως καὶ ἀπετέλεσε ἓνα ἐκ τῶν κυρίων παραγόντων οἱ ὅποιοι ἐμπόδισαν τὴν περισσότερον πλεονεκτικὴν ἀνάπτυξιν αὐτῆς τῆς μελέτης, ἔχει ἰδιαιτέρως τονισθῆ ἀπὸ τοὺς συγχρόνους ἐπιστήμονας.

Θεωρώντας περισσότερον σταθμιστάς ἐπιδράσεις αὐτοῦ τοῦ φαινομένου ἐπὶ τοῦ προβλήματος τῶν τεχνικῶν ἐπιτεύξεων τῶν Ἑλλήνων, διάφοροι θεωρίαι καὶ ἐξηγήσεις ἔχουν μέχρι σήμερον προταθῆ.

Ἐν συγκρίσει μὲ τὰ ἐπιτεύγματα τῶν λαῶν τῆς Ἀνατολῆς καὶ εἰδικῶς τῆς Αἰγύπτου, οἱ Ἕλληνες δὲν κατώρθωσαν νὰ κάμουν σημαντικὰς τεχνολογικὰς προόδους κατὰ τὴν ἀρχαίαν ἐποχὴν. Ἡ συμβολὴ τῶν Αἰγυπτίων εἰς τὴν τεχνολογίαν κατὰ τὴν πορείαν πολλῶν χιλιετιῶν ἰδιαιτέρως εἰς τὰς τέχνας τῶν κατασκευῶν κτιρίων, ἐξορύξεων, μεταφορῶν, ἀνυψώσεων μεγάλων στηλῶν καὶ ὀβελίσκων, αἱ λεπτομέρειαι τῶν ὁποίων ἐξήσκησαν σημαντικὴν ἐπίδρασιν εἰς τὴν σκέψιν τῶν συγχρόνων μηχανικῶν καὶ ἱστορικῶν, εἶναι πρωτοφανῆς καὶ σημαντικὴ.

Ἐξ ἄλλου, ἡ τεχνικὴ πρόοδος τῶν Αἰγυπτίων, βασιζομένη καὶ αὐτὴ εἰς τὴν συνεισφορὰν τῶν σκλάβων, καταρρίπτει τὴν ἀποψιν ὅτι ἡ ὑπαρξὶς σκλάβων κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ἀπετέλεσε ἀποφασιστικὸν ἐμπόδιον διὰ τὴν τεχνολογικὴν ἀνάπτυξιν τῆς Ἀρχαίας Ἑλλάδος. Ἡ ἀντίθετος ἀποψὶς τῆς ἀνωτέρω τονίζει ὅτι ἡ ἀδυναμία αὐτῆ τῶν ἀρχαίων προγόνων μας βασίζεται εἰς τὴν μεγεθυμένην ἐκτίμησιν τῆς οἰκονομικῆς ἀπόψεως τῆς χρησιμοποίησεως τῶν σκλάβων. Ταυτοχρόνως παραδέχονται ὅτι ψυχολογικὸς παράγων, βασιζόμενος εἰς τὴν καταφρόνησιν διὰ τοὺς σκλάβους, ἐπεξετείνετο ἐπίσης καὶ εἰς τὴν καταφρόνησιν τῶν ἐργασιῶν τῶν σκλάβων, δηλαδὴ εἰς τὴν χειρωνακτικὴν ἐργασίαν. Ἦτοι ἡ νοοτροπία τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων ἦτο βασικῶς ἀριστοκρατικὴ.

Ὁ Πλάτων εἰς τὴν Πολιτείαν λέγει: «Διατί, ἄραγε, εἶναι τὸ μηχανικὸν ἐργαλεῖον δυσφημισμένον ὡς ταπεινωτικόν; Ἴσως αὐτὸ νὰ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι τὸ ὑψηλότερον πρᾶγμα εἰς τὴν φύσιν τοῦ ἀνθρώπου εἶναι φυσικῶς τόσον ἀδύνατον ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ ἐλέγχῃ τὰ ζωώδη ἔνστικτα τοῦ ἀνθρώπου» (Πλάτωνος Πολιτεία 590 C). Καὶ ὁ Ἀριστοτέλης λέγει εἰς τὰ Μεταφυσικά του: «Ἐπομένως, πιστεύομεν ἐπίσης ὅτι οἱ ἀρχιτεχνῆται εἰς κάθε ἐπάγγελμα εἶναι περισσότερον ἀξιότιμοι καὶ κατέχουν γνώσεις κατὰ τὴν ἀληθεστέραν τῶν ἔννοιαν, εἶναι δὲ σοφώτεροι ἀπὸ τοὺς χειρῶνακτας, διότι γνωρίζουν τὰς αἰτίας τῶν πραγμάτων, τὰ ὅποια κατασκευάζουν. Πράγματι, πιστεύομεν ὅτι οἱ χειρῶνακτες εἶναι ὡς ἄψυχα πράγματα, τὰ ὅποια δροῦν μὲν, ἀλλὰ χωρὶς νὰ γνωρίζουν τί πράττουν» (Μεταφυσικά, 980A).

Ἄρα ἡ συνήθεια εἶναι ἡ ἀκατάληπτος ἀπόκτησις τῆς ἐμπειρίας. Κατὰ συνέπειαν, ὁ ἀρχιτεχνίτης ἢ ὁ ἐπικεφαλῆς, ὁ ὅποιος εἶναι ἰκανὸς νὰ μεταβιβάξῃ τὴν γνώ-

σιν του εἰς ἄλλους, εἶναι ἀνώτερος τῶν ἐργατῶν καὶ τεχνιτῶν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐξηγεῖται ἡ ἀποστροφή τῶν Ἑλλήνων διὰ χειρωνακτικὴν ἐργασίαν καὶ ἡ ἀπόρριψις οἰασθήποτε πρακτικῆς ἐφαρμογῆς τῆς ἐπιστήμης.

Ὁ θαυμασμὸς ὁ ἐπιδεικνυόμενος εἰς ἐξαιρετικούς καλλιτέχνους, ἰσχυρίζεται ὁ Ἀριστοτέλης, ὀφείλεται ὄχι εἰς τὸ ὅτι ἀνακαλύπτουν κάτι τὶ χρήσιμον, ἀλλὰ εἰς τὴν σοφίαν των καὶ τὸ μοναδικόν των ταλέντον. Λέγει: «Ἀλλὰ καθὼς περισσότεραι τέχναι ἀνακαλύπτονται καὶ μερικαὶ ἐξ αὐτῶν ἀπευθύνονται εἰς τὰς ἀνάγκας τῆς ζωῆς, ἐνῶ ἄλλαι εἰς τὰς τέρψεις, οἱ ἐπινοοῦντες τὰς τελευταίας πρέπει φυσιολογικῶς νὰ θεωροῦνται ὡς ἐξυπνότεροι τῶν ἐπινοούντων τὰς πρώτας, διότι αἱ περιοχαὶ αὐταὶ γνώσεων δὲν σκοπεύουν πρὸς τὴν χρησιμότητα» (Μεταφυσικά, 980a).

Ἐξ ἄλλου λίαν διδακτικὴ εἶναι ἡ σύγκρισις τὴν ὁποίαν ὁ Ἀριστοτέλης ἐπιχειρεῖ μεταξὺ τῶν διαφόρων εἰδῶν τῆς ἐπιστήμης καὶ τῆς κοινωνικῆς θέσεως τοῦ ἀνθρώπου: «Ἀλλὰ ὅπως ἰσχυρίζεται τις ὅτι ὁ ἄνθρωπος εἶναι ἐλεύθερος, διότι ὑπάρχει διὰ τὸν ἑαυτὸν του καὶ ὄχι διὰ τοὺς ἄλλους, οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀναγάγωμεν τὴν ἐννοίαν αὐτὴν εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιστήμην, ὅταν αὐτὴ μόνη τῆς ὑπάρχει πρὸς χάριν τῆς» (Μεταφυσικά 982b).

Ἐπομένως καὶ ἡ φιλοσοφία τῆς ἱστορίας τοῦ Ἀριστοτέλους ἐκθέτει καὶ παρουσιάζει τὴν αὐτὴν ἀριστοκρατικὴν νοοτροπίαν.

Πέραν τῶν ἀνωτέρω ὑπάρχει καὶ περαιτέρω σημαντικὸς λόγος προκύπτων ἀπὸ τὸν χαρακτήρα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων ἀφορῶν εἰς τὴν προτίμησίν των εἰς τὰς θεωρητικὰς ἐπιστήμας, παρὰ εἰς τὰς πρακτικὰς καὶ πειραματικὰς τεχνικὰς ἐπιστήμας.

Ὁ λόγος οὗτος εἶναι ὅτι ὁ Ἀρχαῖος Ἕλληνας δὲν αἰσθάνεται καμμίαν ἀνάγκην νὰ βελτιώσῃ περαιτέρω τὰ τεχνικὰ ἐπιτεύγματα πού ἤδη εἶναι γνωστὰ εἰς αὐτόν. Ὁ Ἀριστοτέλης διὰ μίαν φοράν ἀκόμη ἀποκαλύπτει τὴν ψυχολογίαν αὐτὴν εἰς τὴν φιλοσοφίαν του τῆς ἱστορίας. Δι' αὐτὴν ἐξεφράσθη εἰς τὸ χωρίον τὸ ἀναφερόμενον εἰς τὸ πρῶτον βιβλίον τῶν Μεταφυσικῶν, λέγων: «Ὅτι δὲν εἶναι μία ἐπιστήμη παραγωγῆς εἶναι φανερόν ἀπὸ τὴν ἱστορίαν τῶν ἀρχαίων φιλοσόφων. Πράγματι, λόγῳ τοῦ θαυμασμοῦ των καὶ τῆς ἐκπλήξεώς των οἱ ἄνθρωποι τῶρα καὶ παλαιότερον ἄρχισαν νὰ φιλοσοφοῦν. Ἐθαύμαζον καὶ ἀποροῦσαν ἐν ἀρχῇ εἰς τὰς πρωτοφανεῖς δυσκολίας, ἐν συνεχείᾳ προῶδευαν ὀλίγον κατ' ὀλίγον καὶ διετύπωναν τὰς γνώμας των διὰ τὰ μεγάλα γεγονότα, δηλαδὴ περὶ τὰ φαινόμενα τῆς σελήνης, τοῦ ἡλίου καὶ τῶν ἀστέρων, καὶ ἐν τέλει περὶ τὴν γένεσιν τοῦ σύμπαντος», καὶ περαιτέρω: «Κατὰ συνέπειαν ἐφιλοσόφουν διὰ νὰ ἀποφύγουν τὴν ἄνοιαν καὶ ἐπομένως, προφανῶς, ἀνέπτυσσον τὴν ἐπιστήμην μὲ τὸν σκοπὸν νὰ μάθουν καὶ ὄχι διὰ τινὰ χρήσιμον σκοπόν».

Συμπυκνωμένη σὲ αὐτὲς τὶς λίγες γραμμὰς ἐνυπάρχει ὅλη ἡ νοοτροπία τῶν Ἑλ-

λήνων ὡς πρὸς τὰς σχετικὰς ἀξίας τῶν βασικῶν ἀγαθῶν τῆς ζωῆς. Στὴν ἀρχὴ ἔρχεται ἡ μελέτη αὐτῆ καθ' ἑαυτὴν, ἡ ἔρευνα διὰ τὸν σκοπὸν τῆς γνώσεως, ὅχι διὰ τὴν βελτίωσιν τῶν συνθηκῶν τῆς ζωῆς.

Μία περαιτέρω βασικὴ ἐλληνικὴ νοοτροπία διὰ τὴν ζωὴν ἔδωσε πρόσθετον ὠθησιν εἰς τὴν κατεύθυνσιν αὐτὴν τῆς σκέψεως. Αὐτὴ ἦτο ἡ ἐπιμονὴ εἰς τὸ μέτρον καὶ τὴν ἐγκράτειαν ἰδιαίτερος εἰς τὰς ὑλικὰς ἀπαιτήσεις. Ὅ,τιδήποτε ἄλλο, πέραν τῆς αὐστηρᾶς ἀνάγκης, ἐθεωρεῖτο ὡς πολυτέλεια ἢ ὁποῖα δὲν ἠδύνατο νὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἀπαιτούμενον δι' αὐτὴν ἔργον.

Ὅλαι αὐταὶ αἱ τάσεις εἶχον ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐνίσχυσιν τῶν ἀπαγορεύσεων κατὰ τῶν τεχνικῶν προσπαθειῶν καὶ τῶν τολμηρῶν ἐφαρμογῶν τῆς ἐπιστήμης, τῶν τεχνικῶν αὐτῶν αἱ ὁποῖαι, οὔσαι τέκνα τῆς ἐπειγούσης ἀνάγκης, θὰ ἠδύνατο νὰ γίνουσι οἱ πυρῆνες σημαντικῶν καὶ πολυπλευρῶν τεχνολογικῶν ἀναπτύξεων, ἰδιαίτερος ὅταν ἡ πρόοδος ποῦ ἐγένετο εἰς τὰ μαθηματικὰ διὰ τοῦ Ἀρχιμήδους καὶ τῶν μαθητῶν καὶ διαδόχων του ἔθετε τὰς θεωρητικὰς βάσεις διὰ μίαν τοιαύτην ἀναπτυξίν. Ἐν τούτοις ὁ ἀρχαῖος Ἕλληνας βασικῶς ἐπίστευεν ὅτι ὁ κόσμος πρέπει νὰ γίνῃ ἀντιληπτός, ἀλλὰ δὲν ὑπάρχει ἀνάγκη νὰ τὸν ἀλλάξωμεν.

Ἡ ἐπιστήμη εἰς τὴν ἀρχαίαν Ἑλλάδα εἶναι ἡ δημιουργικὴ σκέψις, ποῦ μεσολαβεῖ μεταξὺ τοῦ ἐνσυνειδήτου καὶ τῆς φύσεως. Ἀλλὰ πρέπει νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ἐλληνικὴ ἐπιστήμη ἐξέκίνησε ἐκ τῆς ἀνθρωπίνης σκέψεως, ὅπου αἱ διάφοροι ἔννοιαι προεβάλλοντο ἐκ τοῦ ἀνθρώπου εἰς τὸν περιβάλλοντα κόσμον, μὲ τὸν σκοπὸν νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα. Ἡ νεωτέρα φυσικὴ, ἀντιθέτως, ἐκκινεῖ ἐκτὸς τῆς σκέψεως τοῦ ἀνθρώπου καὶ ἀνάγει γεγονότα εἰς ἐννοίας. Ἡ μετὰ βαςίς ἀπὸ τὴν ὑποκειμενικότητα εἰς τὴν ἀντικειμενικότητα ἠκουλουθήθη ἀπὸ τὴν στροφὴν ἐκ ποιοτικῆς εἰς τὴν ποσοτικὴν διαμόρφωσιν τῶν ἐννοιῶν.

Ἄλλο βασικὸν σημεῖον διαφορᾶς τῆς ἀρχαίας ἐλληνικῆς καὶ τῆς νεωτέρας ἐπιστήμης ἀποτελεῖ ὁ ρόλος ποῦ ἔπαιξε καὶ παίζει ἡ τεχνολογία. Ὁ ρόλος αὐτὸς συνδέεται στενῶτα μὲ τὴν ἐπιστήμην καὶ προέκυψε ὡς ἀποτέλεσμα τῆς μεγάλης ὠθήσεως διὰ τὴν κατάρτησιν τοῦ κόσμου, ποῦ ἐδημιουργήθη κατὰ τοὺς χρόνους τῆς Ἀναγεννήσεως. Ἀντιστρόφως, ὑπάρχει καὶ ἡ ἀνάδρομος ἐπίδρασις τῆς τεχνολογίας πρὸς τὴν ἐπιστήμην, δηλαδὴ ἡ ἐπιστήμη, αὐτὴ καθ' ἑαυτὴν, κατέστη προοδευτικῶς ὄλον καὶ περισσότερον ἐνδύνατος, μέχρι τοῦ σημείου ποῦ τὸ πείραμα ἐξετόπισε τὴν φαντασίαν καὶ τὴν λογικὴν, οὐχὶ ὡς δημιουργὸς τῆς ἐπιστήμης, ἀλλὰ ὡς τρόπος ἐρεύνης καὶ ἐλέγχου τῆς θεωρίας.

Ἀλλὰ ἐνῶ ἡ ἐπιστήμη δύνανται νὰ ἀλλάσῃ, ἡ φύσις, ἡ ὁποῖα ἀποτελεῖ τὸ ἀντικείμενον τῆς ἐπιστήμης, δὲν μεταβάλλεται, καὶ διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἀληθὴς ἐπιστήμη πρέπει ἐξ ὀρισμοῦ νὰ παρουσιάξῃ ὠρισμένα σταθερὰ καὶ ἀναλλοίωτα χαρα-

κτηριστικά. Πράγματι, συγγενείς βασικά επιστημονικά έννοιαι πρέπει κατ' ανάγκην να δημιουργούν τα αυτά πρότυπα σκέψευς και μέσα έκφρασεως, ανεξαρτήτως των τεχνικών εξελίξεων των διαφόρων εποχών.

Κατά την προοπτικήν αυτήν δυνάμεθα να παραδεχθώμεν ότι η επιστήμη δὲν ἤρchiσε με τὰς ἐμπειρικές και ἀριθμητικές τεχνικές, τὰς ἐπεξεργασθείσας ὑπὸ τῶν Βαβυλωνίων και τῶν Αἰγυπτίων, διὰ τὴν ἐξέτασιν και ἐπίλυσιν διαφόρων ἀστρονομικῶν και πρακτικῶν προβλημάτων, ἀλλὰ ἀνεπτύχθη ὑπὸ τῶν Ἑλλήνων και δὴ ὑπὸ τῶν Μιλησίων φιλοσόφων, οἱ ὅποιοι προέτειναν τὴν βασικὴν ἰδέαν τῆς φύσεως διὰ τὴν ὀρθολογιστικὴν σύλληψιν τοῦ κόσμου, ἐνὸς κόσμου με τὴν μορφήν τακτοποιημένου συνόλου, πὸ ὑπακούει σὲ βασικούς νόμους, οἱ ὅποιοι δύνανται νὰ ἀνακαλυφθοῦν διὰ τῆς σκέψεως. Οἱ Μιλήσιοι ἦσαν οἱ πρῶτοι, οἱ ὅποιοι ἔθεσαν ὡς βασικὴν ἀποστολήν τῆς ἐπιστήμης τὴν ἐρμηνείαν τῆς φύσεως.

Περαιτέρω, δυνάμεθα νὰ συναγάγωμεν, ἀπὸ τὰς διατυπώσεις τῶν ἀρχῶν τῶν Ἀρχαίων Ἑλλήνων, τὴν σκιαγραφίαν τῶν βασικῶν τρόπων τῆς ἐπιστημονικῆς σκέψεως. Ἡ ἔρευνα τῶν Μιλησίων φιλοσόφων διὰ τὴν βασικὴν οὐσίαν τοῦ κόσμου ἐξυπηρέτησε τὴν ἀρχὴν τῆς οἰκονομίας τῶν ὑποθέσεων. Ὁ ὀρισμὸς ὅλων τῶν μεταβλητῶν στὴν φύσιν, ὡς μετασχηματισμῶν τῆς βασικῆς αὐτῆς οὐσίας, εἰσήγαγε διὰ πρῶτην φορὰν τοὺς περιβοήτους νόμους τῆς διατηρήσεως.

Και πράγματι, εἰς τὴν βραχεῖαν ἔκφρασιν τῶν ἀρχαίων φιλοσόφων «*Ἡ ποιότης δύναιται νὰ ἀναχθῆ εἰς τὴν ποσότητα*», περιλαμβάνεται ἡ πεμπτοσύνη τῆς ἐπιστήμης, ἀπὸ τῆς ἀρχαίας ἐποχῆς μέχρι σήμερον. Ἀλλὰ μόνον μετὰ τὸν διαστατικὸν καθορισμὸν τῆς κινήσεως, δηλαδὴ με φυσικὰ μεγέθη, ἀπὸ τὸν Γαλιλαῖον, κατέστη δυνατόν νὰ διανοίξῃ ὁ ἄνθρωπος τὸν δρόμον πρὸς τὸ φῶς και πρὸς τὴν ἀντικειμενικότητα.

Ἡ σκέψις με φυσικὰ μεγέθη και ἡ μέτρησις, προκάλεσε και τὴν προσοχὴν τῶν Πυθαγορείων, οἱ ὅποιοι εἰσήγαγον εἰς τὰς ἐπιστημονικὰς τῶν μελέτας και ἐπιτεύγματα, τὴν βασικωτέραν ἐξ ὅλων τῶν ἀπόψεων, κατὰ τὴν προσπάθειάν των νὰ περιλάβουν ὅλην τὴν φύσιν μέσα στοὺς ἀριθμούς, τὴν ἔννοιαν τῆς συνεχείας. Καθίσταται σήμερον, με τὶς τελευταῖες ἐξελίξεις τῆς ἐπιστήμης, και εἰδικὰ τῆς Μηχανικῆς, ὅλον και περισσότερον ἀπαραίτητον νὰ προσδώσωμεν τὸ ὕψιστον ἐνδιαφέρον εἰς τὴν γένεσιν τοῦ γεωμετρικοῦ συνεχοῦς, και πρέπει νὰ παραδεχθώμεν ὅτι ἡ ἔννοια αὐτοῦ τοῦ γεωμετρικοῦ, ἀλλὰ και τοῦ μηχανικοῦ συνεχοῦς, προῆλθεν ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἀρρήτων ἀριθμῶν ὑπὸ τῶν Πυθαγορείων.

Ἡ ἀναγγελία τῶν νόμων τῆς μουσικῆς ἀρμονίας ἀπὸ τοὺς Πυθαγορείους δύναιται νὰ θεωρηθῆ ὡς ἡ πρώτη ἐφαρμογὴ μαθηματικῆς περιγραφῆς κάποιας φυσικῆς ποσότητος. Οἱ νόμοι τῆς ἀρμονίας ἀπετέλεσαν τὸ σπέρμα ἢ τὴν μήτραν μέσα ἀπὸ τὴν

όποιαν ανεπτύχθη ἡ μετρητικὴ φυσικὴ. Οἱ νόμοι αὐτοὶ ἐξέφραζον τὴν ἐφαρμογὴν τῆς μετρητικῆς εἰς τὴν φύσιν.

Μποροῦμε ἐπομένως νὰ ἴδωμεν τὴν φυσικὴν τῶν Ἀρχαίων Ἑλλήνων ὑπὸ μίαν πολὺ δυναμικωτέραν μορφήν, παρ' ὅσῃν εἶναι δυνατόν νὰ πιστεύσωμεν, καὶ αἱ κρατοῦσαι σήμερον δοξασίαι θεωροῦν. Μποροῦμε δηλαδὴ νὰ εἴπωμεν ὅτι ὁ Αἰγυπτιακὸς πολιτισμὸς ἐδημιούργησεν ἓνα εἶδος τεχνολογίας εἰς τὴν προεπιστημονικὴν ἐποχὴν. Μὲ τὴν παρακμὴν τῆς Αἰγύπτου, ὁ Ἑλληνικὸς πολιτισμὸς ἐγέννησε τὴν ἐπιστήμην, ὅπως τὴν ἀντιλαμβάνομεθα σήμερα, χωρὶς ὅμως νὰ μᾶς δώσῃ ἔμπρακτα στοιχεῖα συνδέσεως τῶν ἐπιστημονικῶν προόδων καὶ ἐπιτευγμάτων μὲ τὴν τεχνολογίαν. Ἐξετάζοντες ἐν τούτοις βαθύτερα τίς κατασκευές καὶ τὰ τεχνολογικὰ ἐπιτεύγματα τῆς Ἀρχαίας Ἑλλάδος, μέχρι τὴν ἐπικράτησιν τοῦ χριστιανισμοῦ, παρατηροῦμε τεχνολογικὴν πρόοδον ὑψίστης τελειότητος ποὺ δὲν μπορεῖ νὰ ἐξηγηθῇ μόνον μὲ τὴν ἐξελίξιν τῆς ἐμπειρίας, χωρὶς τὴν παρέμβασιν τῆς ἐπιστήμης. Μέχρι σήμερον ὅμως μᾶς ξεφεύγει ὁ συνδυαστικὸς κρίκος μεταξὺ τῆς ἐπιστημονικῆς ἐξελίξεως τῶν Ἀρχαίων καὶ τῆς ἐπιδράσεώς της στὴν ἐκλεπτυσμένην καὶ προοδευμένην τεχνολογίαν τους. Αὐτὸ ὅμως δὲν σημαίνει ὅτι ἡ ἀλληλοεπίδρασις αὐτὴ δὲν ὑπῆρχε. Κατὰ τὴν γνώμην μας τὸ μέλλον καὶ οἱ ἔρευνοι θὰ δεῖξουν αὐτὴν τὴν ἀλληλοεξάρτησιν. Σήμερα ὅμως χρεώνεται ὁ ἀρχαῖος ἑλληνικὸς κόσμος μὲ τὴν ἀδυναμίαν αὐτὴν τῆς μὴ ἐπιδράσεως τῆς ἐπιστήμης εἰς τὴν τεχνικὴν τῶν καιρῶν.

Πάντως, ἔπειτα ἀπὸ χίλια καὶ πλέον χρόνια τέλματος καὶ ἀδρανείας στὴν Εὐρώπῃν, ὁ Εὐρωπαϊκὸς Πολιτισμὸς ἐγκαινίασε τὴν ἐποχὴν τῆς ὀλοκληρώσεως τῆς ἐπιστήμης καὶ τῆς τεχνολογίας. Ἡ καρποφορία τῆς τεχνολογίας ἀπὸ τὴν ἐπιστήμην εἶναι καταφανὴς στὸν σύγχρονον πολιτισμόν. Ἀλλὰ καὶ ἡ ἀντίθετος δρᾶσις εἶναι καὶ αὐτὴ ὀρατὴ καὶ ἔντονος, ἂν καὶ ὄχι τόσο καταφανής.

Ἐν κατακλειδί δύναται τις νὰ εἴπῃ ὅτι: «Ἄν ἡ πνευματικὴ περιπέτεια τῆς συγχρόνου ἐπιστήμης εἶναι ἴσως ἡ μεγαλυτέρα ἐξ ὅλων τῶν περιπετειῶν ποὺ ἐγκαινιάσθησαν στὴν σύγχρονον ἐποχὴν μας, αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν μαθηματικῶν, ποὺ ἀπετέλεσαν τὸ κλειδί γιὰ τοὺς νόμους τῆς φύσεως».

Εἰς τὴν ἐργασίαν αὐτὴν, τὴν ὁποίαν ἔχω τὴν τιμὴν νὰ παρουσιάσω, ὁ Καθηγητὴς κ. Ἀνδρέας Δημαρόγκωνας ἐπιχειρεῖ νὰ ἀποδείξῃ τὴν ὑπαρξιν κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ἐργαστηρίου μελέτης τῶν ταλαντώσεων ὑπὸ τῶν Πυθαγορείων. Πράγματι, αἱ διαφοραὶ εἰς τὴν ὀξύτητα τοῦ ἤχου ἦσαν γνωσταὶ ἀπὸ τῶν ἀπαρχῶν τῆς μουσικῆς. Ἄν καὶ ἔχει ὑποστηρικθῆ ὅτι μουσικὰ ὄργανα ὑπῆρχαν στὴν 13ην χιλιετίαν π.Χ., εἶναι τουλάχιστον βέβαιον ὅτι ἡ ἀντίληψις τῆς μουσικῆς καὶ τῆς συγχορδίας ἀνάγεται εἰς τὴν τρίτην χιλιετίαν π.Χ. εἰς τὴν Κίναν, ὅπου ὁ φιλόσοφος Fohi ἔγραψε δύο μονογραφίας διὰ τὴν θεωρίαν τῆς μουσικῆς.

Ὁ Πυθαγόρας εἰσήγαγε ποσοτικὰ μεγέθη εἰς τὴν θεωρίαν τῆς μουσικῆς καὶ τὴν συνεσχέτισε μὲ τὴν θεωρίαν τῶν ἀριθμῶν. Ὁ Βοήθιος (Amicius Manlius Severinus Boethius, 480-524 μ.Χ.) ἀναφερόμενος εἰς θρυλούμενον περιστατικὸν μὲ τὸν Πυθαγόραν, λέγει: «...περνοῦσε ἔξω ἀπὸ ἑνα σιδεράδικο καὶ ἄκουσε σφυριά πού χτυποῦσαν στὸ ἀμόνι καὶ παρῆγγαν συγχορδίες ἀπὸ τοὺς διαφορετικοὺς τοὺς ἤχους. Μὲ ἐκπληξή του βρῆκε κάτι πού προσπαθοῦσε γιὰ πολὺ καιρὸ νὰ βρεῖ. Ὑστερα ἀπὸ πολλὴ μελέτη συνεπέρανε ὅτι ἦτο ἡ μεταβολὴ τῆς δυνάμεως τῶν ἐργατῶν πού χρησιμοποιοῦσαν τὰ σφυριά, πού δημιουργοῦσε τὴν διαφορὰ στοὺς ἤχους. Διὰ νὰ τὸ ἐπιβεβαιώσῃ, ζήτησε ἀπὸ τοὺς ἐργάτες νὰ ἀλλάξουν τὰ σφυριά. Τὸ ἀποτέλεσμα ἦταν ὅτι ὁ χαρακτήρ τῶν ἤχων δὲν ἐξηρτᾶτο ἀπὸ τὴν δύναμιν τῶν ἐργατῶν, ἀλλὰ παρέμενε ὁ ἴδιος καὶ ἀφοῦ τὰ σφυριά ἐναλλάχθησαν. Μὲ αὐτὴν τὴν παρατήρησιν ζύγισε τὰ σφυριά. Συνέβη τότε νὰ ὑπάρχουν πέντε σφυριά καὶ αὐτὰ πού ἔδωσαν τὴν συγχορδίαν ὀγδόης (διαπασῶν) βρέθησαν νὰ ζυγίζουν εἰς λόγον 2/1. Πῆρε τότε αὐτὸ πού ἦταν διπλάσιον τοῦ ἄλλου καὶ βρῆκε ὅτι τὸ βάρος του ἦτο τὰ 4/3 τοῦ βάρους τοῦ σφυριοῦ μὲ τὸ ὅποιο ἔδωσε συγχορδίαν τοῦ τετάρτου (διατεσσάρων). Πάλιν εὔρε ὅτι τὸ ἴδιο σφυρὶ εἶχε τὰ 3/2 τοῦ βάρους τοῦ σφυριοῦ μὲ τὸ ὅποιο ἔδωσε συγχορδίαν 1/5 (διαπέντε). Τὰ δύο σφυριά πρὸς τὰ ὅποια τὰ προηγούμενα εἶχαν λόγον 4 πρὸς 3 πρὸς 2 ἀντιστοίχως εὑρέθησαν νὰ ἔχουν μεταξύ τους λόγον 9 πρὸς 8. Τὸ πέμπτον σφυρὶ ἀπερίφθη διότι δὲν ἔκανε συγχορδίαν μὲ τὰ ἄλλα».

Ἔτσι, ἂν καὶ εἶναι γνωστὸν ὅτι ὑπῆρχε γνῶσις τῶν συγχορδιῶν πρὶν ἀπὸ τὸν Πυθαγόραν, τῆς ὀγδόης, τῆς πέμπτης καὶ τῆς τετάρτης, ὁ Πυθαγόρας ἦτον ὁ πρῶτος ὁ ὅποιος ἀνεκάλυψε διὰ τῆς μεθόδου αὐτῆς τὶς ἀναλογίες συχνότητος πού ὑπῆρχαν στὶς συγχορδίες αὐτές. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁ Πυθαγόρας ἐδημιούργησεν αὐστηρὰν μέθοδον μετρήσεως συχνοτήτων ἤχου, τουλάχιστον κατὰ ἀκέραια ὑποπολλαπλάσια καὶ πολλαπλάσια τῶν βασικῶν ἤχων τῶν μουσικῶν ὀργάνων. Ἡ τυπικὴ συχνότης διὰ τὴν βαθμονόμησιν ἐστηρίχθη ἐπὶ τῆς ἀντιλήψεως πεπειραμένων μουσικῶν καὶ ἐθεωρήθη ἱκανοποιητικὴ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς ἐποχῆς.

Οὕτω, ὁ Πυθαγόρας ἴδρυσεν ὄχι μόνον τὴν ἐπιστήμην τῆς ἀκουστικῆς, ἀλλὰ καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ταλαντώσεων, ἐπειδὴ ἀρκετὰ ἐνωρίς εἰς τὴν σχολὴν του ἦτο γνωστὴ ἡ σχέσις τοῦ ἤχου καὶ τῆς ταλαντώσεως.

Ὁ ἐκ Ρώμης Βοήθιος μετὰ χίλια ἔτη, ἀναφέρει: «Ἀλλὰ ἐὰν κανεὶς κινῆ τὸ χεῖρι του, μπορεῖ νὰ τὸ κἀνῃ μὲ μιὰ πυκνὴν ἢ ἀραιὰν κίνησιν. Τώρα ἐὰν ἡ κίνησις εἶναι μὲ ἀργὴν καὶ χαμηλὴν συχνότητα, ἀναγκαστικὰ παράγεται ἤχος χαμηλῆς συχνότητος, διὰ τὸ λόγον ὅτι ἡ δύναμις πού τὸν προκαλεῖ εἶναι ἀργὴ καὶ χαμηλῆς συχνότητος. Ἐὰν ὅμως ἡ κίνησις εἶναι γρήγορη καὶ πυκνὴ, τότε ὑψηλότεροι ἤχοι παράγονται ἀναγκαστικὰ».

Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ βου αἰῶνος π.Χ., δημιουργοῦνται μετρήσεις συχνότητος, ἀντιθέτως πρὸς τὴν γενικὴν παραδοχὴν ὅτι ὁ Γαλιλαῖος πρῶτος παρετήρησε τὸν ἰσοχρονισμόν τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἀφοῦ ὁ ἰσοχρονισμὸς καὶ τὸ ἐκκρεμές ἦσαν ἤδη γνωστὰ πολὺ πρὶν.

Ἡ πρώτη ἐνδειξις χρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ὡς ὄργανου μετρήσεως τοῦ χρόνου παρουσιάζεται εἰς τὴν κωμωδίαν τοῦ Ἀριστοφάνη (450-338 π.Χ.), εἰς τοὺς Βατράχους. Ἐκεῖ ὁ Ἀριστοφάνης κάνει ἄμεσον ἀναφορὰν λέγων: «...μουσικὴ ταλάντω σταθμίζεται». Αὐτὴ ἡ φράσις δύναται νὰ ἔχη διαφορετικὰς ἐρμηνεῖας. Ἡ κρατοῦσα ἐρμηνεία εἶναι ὅτι ἡ μουσικὴ θὰ πρέπει νὰ ζυγίζεται διὰ χρημάτων. Κατὰ λέξιν ὅμως σημαίνει ὅτι: «ἡ μουσικὴ πρέπει νὰ ρυθμίζεται μὲ ταλαντωτήν». Εἶναι φανερόν, κάτι ποῦ εἶναι συχνὸν εἰς τὸν Ἀριστοφάνη, ὅτι γίνεται χρήσις ἐκφράσεως μὲ διπλὴν ἐρμηνείαν ὡς ἀστέιου. Δὲν ὑπάρχει ἄλλη ἄμεσος ἀναφορὰ εἰς τὸ ἐκκρεμές μέχρι τὸν Ἡρωδιανὸν (2ος αἰὼν μ.Χ.). Τοιαῦται ὅμως ἀναφοραὶ δὲν εἶναι ἀπόλυτοι ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τους τὴν ἐποχὴν ἐκείνην εἶναι πολὺ μικρός. Θὰ πρέπει ὅμως νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἐκκρεμές ἦτο πολὺ γνωστόν: Ὁ ζυγὸς (ποῦ εἶναι καὶ αὐτὸς ἐκκρεμές) ἦτο γνωστός ἀπὸ τὸ 4.500 π.Χ., καὶ διαστάσεις ζυγῶν σὲ σχέδια ποῦ εὐρίσκομεν ὑποδεικνύουν ὅτι οἱ ζυγοὶ αὐτοὶ ταλαντώνονται περὶ τὸ 1 Hz, πρᾶγμα ποῦ ἀποτελεῖ πρακτικὴν συχνότητα διὰ ζύγισιν. Δυνάμεθα νὰ ὑποθέσωμεν περαιτέρω ὅτι τοὺς ζυγοὺς αὐτοὺς τοὺς εἶχον σχεδιάσει ὥστε νὰ ἔχουν αὐτὴν τὴν συμπεριφορὰν καὶ ἐπομένως ὅτι ὁ συγχρονισμὸς ἦτο γνωστός εἰς τὴν ἀρχαιότητα.

Τοιοτοτρόπως, κατὰ τὸν ἐρευνητὴν ὑπάρχουν σοβαραὶ ἐνδείξεις ὅτι οἱ Πυθαγόριοι εἶχαν δημιουργήσει κατὰ τὴν ἀρχαιότητα τὸ πρῶτον πειραματικὸν ἐργαστήριον. Τοῦτο ἀποτελεῖ σημαντικὴν συμβολὴν εἰς τὴν θεωρίαν ὅτι οἱ Ἀρχαῖοι Ἕλληνες ὄχι μόνον εἰς τὰς θεωρητικὰς ἐπιστήμας διέπρεψαν, ἀλλὰ καὶ εἰς τὰς πρακτικὰς τῶν ἐφαρμογῶν.

Ἐν κατακλειδί σημειώνομεν ὅτι ὁ μελετητὴς δὲν ἀναφέρει καὶ φαίνεται ὅτι τὰς ἀγνοεῖ τὰς πληροφορίας τὰς παρεχομένας ἀπὸ τὸν Πυθαγόρειον Ἀρχύταν τὸν Ταρραντῖνον ὡς αὐταὶ δίδονται ἀπὸ τὸν Πορφύριον κατὰ τὸν 3ον μ.Χ. αἰῶνα (Ἀρχύτα, fragmenta D44B1). Ἐτέρα ἐνδιαφέρουσα πηγὴ ἀγνοηθεῖσα εἶναι καὶ ὁ Θέων ὁ ἐκ Σμύρνης ποῦ ἔζησε τὸν 2ο μ.Χ. αἰῶνα καὶ ὁ ὁποῖος ἀναφέρει λεπτομερῶς τὰ πειράματα τὰ ἐκτελεσθέντα ἀπὸ τὸν Πυθαγόραν καὶ τοὺς μαθητάς του μὲ χορδὰς διαφόρων μηκῶν καὶ παχῶν, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐφηρμόζοντο διάφοροι ἐφελκυστικαὶ τάσεις τῆ βοηθεία κοχλιῶν. Ἐπίσης ὁ αὐτὸς συγγραφεὺς ἀναφέρει πειράματα δοχείων ἀπολύτως ὁμοίων κατὰ τὸ σχῆμα πληρουμένων διὰ διαφόρων ὄγκων ὕδατος καὶ δημιουργούντων οὕτω ταλαντώσεις στηλῶν ἐξ ἀέρος μεταβλητοῦ μήκους.

Ἐξ ἄλλου, ἐνδιαφερούσας πληροφορίας παρέχει καὶ ὁ Νεο-Πυθαγόρειος Νικό-

μαχος ὁ Γεραστηνός, ὁ ταυτίσας τοὺς Πυθαγορείους ἀριθμούς μὲ τοὺς Ἀρχαίους Ἑλληνικοὺς Θεοὺς (Νικομάχου, Ἀριθμητικὴ Εἰσαγωγὴ 26,2 (D44A24)).

Ἐὰν ὁ συγγραφεὺς τοῦ ἄρθρου τούτου ἐπεξετείνετο καὶ εἰς τὰς γνώμας τῶν ἀνωτέρω φιλοσόφων καὶ μαθηματικῶν, θὰ ἠδύνατο καλύτερον νὰ στηρίξῃ τὴν θεωρίαν του περὶ ὑπάρξεως πραγματικοῦ ἐρευνητικοῦ ἐργαστηρίου ὑπὸ τῶν Πυθαγορείων καὶ θὰ διέλυε τὰς ἐπιφυλάξεις συναδέλφων του εἰς τὰς Η.Π.Α., τῶν καθηγητῶν V. Foley καὶ W. Sodell, οἱ ὅποιοι παραδέχονται μὲν ὅτι αἱ ἔρευναι αὐταὶ τῶν Πυθαγορείων εἶναι σημαντικαί, ἀλλὰ ἀμφιβάλλουν περὶ τῆς δημιουργίας ἀληθοῦς ἐργαστηρίου τὴν ἐποχὴν αὐτήν.