

eul_wid: odi-ac

Ἡρων ὁ Ἀλεξανδρεὺς · Hero of Alexandria

Fragments of Mechanics

Ἀποσπάσματα Μηχανικῶν

Period: *Ρωμαϊκή* Roman
Dialect: *Κοινή τεχνική* Technical Koine
Domain: *Ἐπιστήμη* Science
Format: *Συναγωγή* Collection

1.1. (1t) HERONIS MECHANICORUM FRAGMENTA Τῇ δοθείσῃ δυνάμει τὸ δοθὲν βάρος κινήσαι διὰ τυμπάνων ὀδοντωτῶν παραθέσεως. Κατεσκευάσθω πῆγμα καθάπερ γλωσσόκομον· εἰς τοὺς μακροὺς καὶ παραλλήλους τοίχους διακεῖσθωσαν ἄξονες παράλληλοι ἑαυτοῖς ἐν διαστήμασι κείμενοι ὥστε τὰ συμφυῆ αὐτοῖς ὀδοντωτὰ τύμπανα παρακεῖσθαι καὶ συμπεπλέχθαι ἀλλήλοις, καθὰ μέλλομεν δηλοῦν. Ἐστω τὸ εἰρημένον γλωσσόκομον τὸ ΑΒΓΔ, ἐν ᾧ ἄξων ἔστω διακείμενος, ὡς εἴρηται, καὶ δυνάμενος εὐλύτως στρέφεσθαι ὁ ΕΖ. τούτῳ δὲ συμφυῆς ἔστω τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ΗΘ ἔχον τὴν διάμετρον, εἰ τύχοι, πενταπλασίονα <τῆς> τοῦ ΕΖ ἄξονος διαμέτρου. καὶ ἵνα ἐπὶ παραδείγματος τὴν κατασκευὴν ποιησώμεθα, ἔστω τὸ μὲν ἀγόμενον βάρος ταλάντων χιλίων, ἡ δὲ κινουσα δύναμις ἔστω ταλάντων ε', τουτέστιν ὁ κινῶν ἄνθρωπος ἢ παιδάριον, ὥστε δύνασθαι καθ' ἑαυτὸν ἄνευ μηχανῆς ἔλκειν τάλαντα ε'. οὐκοῦν ἐὰν τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ἐνδεδεμένα ὅπλα διὰ τινος <ὀπῆς οὐσης> ἐν τῷ ΑΒ τοίχῳ ἐπειληθῇ περὶ τὸν ΕΖ ἄξονα, κατειλούμενα τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ὅπλα κινήσει τὸ βάρος. ἵνα δὲ κινήθῃ τὸ ΗΘ τύμπανον, ... μὲν ὑπάρχειν πλέον ταλάντων διακοσίων διὰ τὸ τὴν διάμετρον τοῦ τυμπάνου τῆς διαμέτρου τοῦ ἄξονος, ὡς ὑπεθέμεθα, πενταπλὴν <εἶναι>. ταῦτα γὰρ ἀπεδείχθη ἐν ταῖς τῶν ε' δυνάμεων ἀποδείξεσιν. ἀλλ' <οὐκ> ἔχομέν τι τὴν δύναμιν ταλάντων διακοσίων, ἀλλὰ πέντε. γεγονέντω ὁ ἕτερος ἄξων διακείμενος <παράλληλος> τῷ ΕΖ ὁ ΚΛ ἔχων συμφυῆς τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ΜΝ. ὀδοντῶδες δὲ καὶ τὸ ΗΘ τύμπανον, ὥστε <τοὺς ὀδόντας αὐτοῦ> ἐναρμόζειν τοῖς ὀδοῦσι τοῦ ΜΝ τυμπάνου. τῷ δὲ αὐτῷ ἄξονι τῷ ΚΛ συμφυῆς <ἔστω> τύμπανον τὸ ΕΘ ἔχον ὁμοίως τὴν διάμετρον πενταπλασίονα τῆς τοῦ ΜΝ τυμπάνου διαμέτρου. διὰ δὴ τοῦτο δεήσει τὸν βουλούμενον κινεῖν διὰ τοῦ ΕΘ τυμπάνου τὸ βάρος ἔχειν δύναμιν ταλάντων μ', ἐπειδὴ περ τῶν σ' ταλάντων τὸ πέμπτον ἐστὶ τάλαντα μ'. πάλιν οὖν παρακεῖσθω τύμπανον ὀδοντωθὲν ἕτερον <τῷ ΕΘ> τυμπάνῳ ὠδοντωμένῳ τὸ ΠΡ συμφυῆς <ἐτέρῳ ἄξονι τῷ δ' αὐτῷ ἄξονι> ἕτερον συμφυῆς <τὸ ΣΤ> ἔχον ὁμοίως πενταπλὴν τὴν διάμετρον τῆς <τοῦ> ΠΡ τυμπάνου διαμέτρου. ἡ δὲ <δύναμις ἡ δι> αὐτοῦ ΣΤ τυμπάνου [ἡ] ἔλκουσα τὸ βάρος ταλάντων η'. ἀλλ' ἡ ὑπάρχουσα ἡμῖν δύναμις δέδοται ταλάντων ε'. ὁμοίως ἕτερον παρακεῖσθω τύμπανον ὀδοντωθὲν, τὸ ΥΦ τῷ ΣΤ ὀδοντωθὲν <τι τῷ> δὲ τοῦ ΥΦ τυμπάνου ἄξονι συμφυῆς ἔστω τύμπανον τὸ ΧΨ ὠδοντωμένον, οὗ ἡ διάμετρος πρὸς τὴν τοῦ ΥΦ τυμπάνου διάμετρον λόγον ἔχεν τὰ ὀκτώ

1.1. (50)

τάλαντα πρὸς τὰ τῆς δοθείσης δυνάμεως τάλαντα ε'. καὶ τούτων κατασκευασθέντων ἐὰν ἐπινοήσωμεν τὸ ΑΒΓΔ <γλωσσόκομον> μετέωρον κείμενον καὶ ἐκ μὲν τοῦ ΕΖ ἄξονος τὸ βάρος ἐξάψωμεν, ἐκ δὲ τοῦ ΧΨ τυμπάνου τὴν ἔλκουσαν δύναμιν, οὐδοπότερον αὐτῶν κατενεχθήσεται εὐλύτως στρεφομένων τῶν ἄξόνων καὶ τῆς τῶν τυμπάνων παραθέσεως καλῶς ἄρμο <ζού> σης, ἀλλ' ὥσπερ <ἐπὶ> ζυγοῦ τινος ἰσορροπήσει ἡ δύναμις τῷ βάρει. ἐὰν δὲ ἐνὶ αὐτῶν προσθῶμεν ὀλίγον ἕτερον βάρος, καταρρέψει καὶ ἐνεχθήσεται ἐφ' ὃ προσετέθη βάρος, ὥστε ἐὰν ἐν <τῇ> τῶν ε' ταλάντων δυνάμει, εἰ τύχοι, μναΐαιον προστεθῇ βάρος, κατακρατήσεται καὶ ἐπισπάζεται τὸ βάρος. Ἀντὶ δὲ τῆς προσθέσεως [τούτῳ δὲ] παρακείσθω κοιλίας τῷ ΧΨ τυμπάνῳ ἔχων τὴν ἔλικα ἄρμοσθην τοῖς ὁδοῦσι τοῦ τυμπάνου στρεφόμενος εὐλύτως περὶ τόρμους ἐνόντας ἐν τρήμασι στρογγύλοις, ὧν ὁ μὲν ἕτερος ὑπερεχέτω εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος τοῦ γλωσσοκόμου κατὰ τὸν ΓΔ <τοῖχον τὸν παρακείμενον> τῷ κοιλίᾳ· ἡ ἄρα ὑπεροχὴ τετραγωνισθεῖσα λαβέτω χειρολάβην τὴν ζς, δι' ἧς ἐπιλαμβανόμενός τις καὶ ἐπιστρέφων ἐπιστρέψει τὸν κοιλίαν καὶ τὸ ΧΨ τύμπανον, ὥστε καὶ τὸ ΥΦ συμφυὲς αὐτῷ. διὰ δὲ τοῦτο καὶ τὸ παρακείμενον τὸ ΣΤ ἐπιστραφήσεται καὶ τὸ συμφυὲς αὐτῷ τὸ ΠΡ καὶ τὸ τούτῳ παρακείμενον τὸ ΞΟ καὶ τὸ τούτῳ συμφυὲς τὸ ΜΝ καὶ τὸ τούτῳ παρακείμενον τὸ ΗΘ, ὥστε καὶ ὁ τούτῳ συμφυὲς ἄξων ὁ ΕΖ, περὶ ὃν ἐπιλούμενα τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ὅπλα κινήσει τὸ βάρος. ὅτι γὰρ κινήσει, πρόδηλον ἐκ τοῦ προστεθῆναι ἐτέραν δύναμιν <τὴν> τῆς χειρολάβης, ἥτις περιγράφει κύκλον τῆς τοῦ κοιλίου περιμέτρου μείζονα. ἀπεδείχθη γὰρ ὅτι οἱ μείζονες κύκλοι τῶν ἐλασσόνων κατακρατοῦσιν, ὅταν περὶ τὸ αὐτὸ κέντρον κυλίνωνται.

1.11 Κατὰ δὲ τοὺς περὶ τὸν Ἡρώνα πῶς ἔστιν δυνατὸν δύο δοθεισῶν εὐθειῶν δύο μέσας ἀνάλογον λαβεῖν ὀργανικῶς, δείζομεν, ἐπειδήπερ ἔστιν τὸ πρόβλημα τοῦτο, καθά φησιν καὶ ὁ Ἡρων, στερεόν. ἐκθυσόμεθα δέ, φησίν, τῶν δείξεων τὴν μάλιστα πρὸς τὴν χειρουργίαν εὐθετον. Ἔστωσαν γὰρ αἱ δοθεῖσαι εὐθεῖαι αἱ ΑΒ, ΒΓ πρὸς ὀρθὰς ἀλλήλαις κείμεναι, ὧν δεῖ δύο μέσας ἀνάλογον εὑρεῖν. Συμπεπληρώσθω τὸ ΑΒΓΔ παραλληλόγραμμον, καὶ ἐκβεβλήσθωσαν αἱ ΔΓ, ΔΑ, καὶ ἐπεζεύχθωσαν αἱ ΔΒ, ΓΑ, καὶ παρακείσθω κανόνιον πρὸς τῷ Β σημείῳ καὶ κινείσθω τέμνον τὰς ΓΕ, ΑΖ, ἄχρις οὗ ἡ ἀπὸ τοῦ Η <ἄχθεισα> ἐπὶ τὴν τῆς ΓΕ τομὴν ἴση γένηται τῇ ἀπὸ τοῦ Η ἐπὶ τὴν τῆς ΑΖ τομὴν. γεγονέτω, καὶ ἔστω ἡ μὲν τοῦ κανονίου θέσις ἡ ΕΒΖ, ἴσαι δὲ αἱ ΕΗ, ΗΖ. λέγω οὖν ὅτι αἱ ΑΖ, ΓΕ μέσαι ἀνάλογόν εἰσιν τῶν ΑΒ, ΒΓ. Ἐπεὶ γὰρ ὀρθογώνιον ἔστιν τὸ ΑΒΓΔ παραλληλόγραμμον, αἱ τέσσαρες εὐθεῖαι αἱ ΔΗ, ΗΑ, ΗΒ, ΗΓ ἴσαι ἀλλήλαις εἰσίν. ἐπεὶ οὖν ἴση ἡ ΔΗ τῇ ΑΗ καὶ διῆκται ἡ ΗΖ, τὸ ἄρα ὑπὸ ΔΖΑ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΑΗ ἴσον ἔστιν τῷ ἀπὸ ΗΖ. διὰ τὰ αὐτὰ δὴ καὶ τὸ ὑπὸ ΔΕΓ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΓΗ ἴσον ἔστιν τῷ ἀπὸ ΗΕ. καὶ εἰσὶν ἴσαι αἱ ΗΕ, ΗΖ. ἴσον ἄρα καὶ τὸ ὑπὸ ΔΖΑ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΑΗ τῷ ὑπὸ ΔΕΓ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΓΗ. ὧν τὸ ἀπὸ ΓΗ ἴσον ἔστιν τῷ ἀπὸ ΗΑ. λοιπὸν ἄρα τὸ ὑπὸ ΔΕΓ ἴσον ἔστιν τῷ ὑπὸ ΔΖΑ. ὥς ἄρα ἡ ΕΔ πρὸς ΔΖ, ἡ ΖΑ πρὸς ΓΕ. ὥς δὲ ἡ ΕΔ πρὸς ΔΖ, ἡ τε ΒΑ πρὸς ΑΖ καὶ ἡ ΕΓ πρὸς ΓΒ, ὥστε ἔσται καὶ ὥς ἡ ΑΒ πρὸς ΑΖ, ἡ τε ΖΑ πρὸς ΓΕ καὶ ἡ ΓΕ πρὸς ΓΒ. τῶν ἄρα ΑΒ, ΒΓ μέσαι ἀνάλογόν εἰσιν αἱ ΑΖ, ΓΕ.

2.1 Τοσαῦτα μὲν οὖν περὶ τοῦ Βαρουλκοῦ, τῶν δὲ προειρημένων ε' δυνάμεων ἐκ τῶν Ἡρώωνος τὴν ἔκθεσιν ἐπιτομώτερον ποιησόμεθα πρὸς ὑπόμνησιν τῶν φιλομαθούντων προσθέντες ἔτι καὶ <τὰ> περὶ τῆς μονοκώλου καὶ δικώλου καὶ τρικώλου καὶ τετρακώλου μηχανῆς ἀναγκαίως λεγόμενα, μὴ ποτε καὶ τῶν βιβλίων ἐν οἷς ταῦτα γέγραπται ἀπορία γένηται τῷ ζητοῦντι. καὶ γὰρ ἡμεῖς κατὰ πολλὰ μέρη διεφθαρμένοις ἐνετύχομεν ἀνάρχους τε καὶ ἀτελέσι βιβλίοις. Πέντε τοίνυν οὐσῶν δυνάμεων δι' ὧν τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ βίᾳ κινεῖται, ἀναγκαῖόν ἐστιν τά τε σχήματα αὐτῶν καὶ τὰς χρείας, ἔτι δὲ καὶ τὰ ὀνόματα ἐκθέσθαι. ἀποδέδοται δὲ ὑπὸ τοῦ Ἡρώωνος καὶ Φίλωνος καὶ διότι αἱ προειρημέναι δυνάμεις εἰς μίαν ἄγονται φύσιν, καίτοι παρὰ πολὺ διαλλάσσουσιν τοῖς σχήμασιν. ὀνόματα μὲν οὖν ἔστιν τάδε· ἄξων ἐν περιτροχίῳ, μοχλός, πολύσπαστον, σφήν καὶ πρὸς τούτοις ὁ καλούμενος ἄπειρος κοιλίας. Ὁ μὲν οὖν ἄξων ὁ ἐν τῷ

περιτροχίω κατασκευάζεται οὕτως. ξύλον δεῖ λαβεῖν εὐτονον τετράγωνον καθάπερ δοκίδα καὶ τούτου τὰ ἄκρα σιμώνσαντα στρογγύλα ποιῆσαι καὶ χοινικίδας περιθεῖναι χαλκᾶς συναραρυίας τῷ ἄξονι, ὥστε ἐμβληθείσας αὐτὰς εἰς τρήματα στρογγύλα ἐν ἀκινήτῳ τινὶ πήγματι εὐλύτως στρέφεσθαι, τῶν τρημάτων τριβεῖς χαλκοῦς ἔχοντων ὑποκειμένους ταῖς χοινικίσι. καλεῖται δὲ τὸ εἰρημένον ξύλον ἄξων. περὶ δὲ μέσον τὸν ἄξωνα περιτίθεται τύμπανον ἔχον τρῆμα τετράγωνον ἄρμοστον τῷ ἄξονι, ὥστε ἅμα στρέφεσθαι τὸν τε ἄξωνα καὶ τὸ περιτρόχιον. Ἡ μὲν οὖν κατασκευὴ δεδήλωται, χρεια δ' ἐστὶν ἢ μέλλουσα λέγεσθαι. ὅταν γὰρ βουλώμεθα μεγάλα βάρη κινεῖν ἐλάσσονι βία, τὰ ἐκδεδεμένα ἐκ τοῦ βάρους ὅπλα περιθέντες περὶ τὰ σεισιμωμένα τοῦ ἄξονος καὶ ἐμβαλόντες σκυτάλας εἰς τὰ ἐν τῷ περιτροχίῳ τρήματα, ἐπιστρέφομεν τὸ περιτρόχιον κατάγοντες τὰς σκυτάλας, καὶ οὕτως εὐκόπως κινηθήσεται τὸ βάρος ὑπὸ ἐλάσσονος δυνάμεως τῶν ὅπλων περὶ τὸν ἄξωνα ἐπειλουμένων ἢ καὶ διαμηρυομένων ὑπὸ τινος πρὸς τὸ μὴ ἅπαν τὸ ὄπλον περικεῖσθαι τῷ ἄξονι. τοῦ δὲ εἰρημένου ὀργάνου τὸ μὲν μέγεθος ἀρμόζεσθαι δεῖ πρὸς τὰ μέλλοντα κινεῖσθαι βάρη, τὴν δὲ συμμετρίαν πρὸς τὸν λόγον ὃν ἔχει τὸ κινούμενον βάρος πρὸς τὴν κινουῦσαν δύναμιν, ὡς ἐξῆς δειχθήσεται.

2.2 Ἦν δὲ δευτέρα δύναμις ἢ διὰ τοῦ μοχλοῦ καὶ τάχα ἢ προεπίνοια τῆς περὶ τὰ υπεράγοντα βάρη κινήσεως. προελόμενοι γὰρ τινες μεγάλα βάρη κινεῖν, ἐπειδὴ ἀπὸ τῆς γῆς ἔδει πρῶτον μετεωρίσαι, λαβὰς δὲ οὐκ εἶχον διὰ τὸ πάντα τὰ μέρη τῆς ἔδρας τοῦ φορτίου ἐπικεῖσθαι τῷ ἐδάφει, ὑπορύξαντες βραχὺ καὶ ξύλου μακροῦ τὸ ἄκρον ὑποβαλόντες ὑπὸ τὸ φορτίον κατήγον ἐκ τοῦ ἐτέρου ἄκρου, ὑποθέντες τῷ ξύλῳ παρ' αὐτὸ τὸ φορτίον λίθον, ὃ δὴ καλεῖται ὑπομόχλιον. φανείσης δ' αὐτοῖς τῆς κινήσεως πάνυ εὐκόπου ἐνόησαν ὅτι δυνατόν κινεῖσθαι μεγάλα βάρη διὰ τοῦ τρόπου τούτου. καλεῖται δὲ τὸ ξύλον μοχλός, εἴτε τετράγωνον εἴη εἴτε στρογγύλον. ὅσω δ' ἂν ἐγγυτέρω τιθῆται τοῦ φορτίου τὸ ὑπομόχλιον, τοσούτῳ εὐχερέστερον κινεῖται τὸ βάρος, ὡς ἐξῆς δειχθήσεται.

2.3 Ἔστιν δὲ ἢ τρίτη δύναμις ἢ κατὰ τὸ πολὺσπαστον. ὅταν γὰρ βουλώμεθα τι βάρος ἔλκειν, ἐξάψαντες ὄπλον ἐξ αὐτοῦ ἐπισπώμεθα τοσαύτη βία, ὅση τῷ φορτίῳ ἰσόρροπός ἐστιν. ἐὰν δὲ ἐλκύσαντες ἐκ τοῦ φορτίου τὸ ὄπλον τὴν μὲν μίαν αὐτοῦ ἀρχὴν ἐκδήσωμεν ἕκ τινος μένοντος χωρίου, τὴν δὲ ἐτέραν βάλῳμεν διὰ τροχίλου ἐκδεδεμένου ἐκ τοῦ φορτίου καὶ ταύτην ἐπισπώμεθα, εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος. πάλιν δὲ ἐὰν ἐκ τοῦ μένοντος χωρίου ἐξάψωμεν ἕτερον τρόχιλον καὶ τὴν ἀγομένην ἀρχὴν διαβαλόντες διὰ τούτου ἐπισπώμεθα, ἔτι μᾶλλον εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος. καὶ πάλιν ἐὰν ἐκ τοῦ φορτίου τρόχιλον ἕτερον ἐκδήσωμεν καὶ τὴν ἀγομένην ἀρχὴν διὰ τούτου διαβαλόντες ἐπισπώμεθα, πολλῷ μᾶλλον εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος ... ἀεὶ τροχίλους ἕκ τε τοῦ μένοντος χωρίου ἐξάπτοντες καὶ ἐκ τοῦ φορτίου καὶ διαβάλλοντες ἐναλλάξ τὴν ἀγομένην ἀρχὴν εἰς τοὺς τροχίλους εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος. ὅσω δ' ἂν εἰς πλείονα κῶλα τὸ ὄπλον κάμπτηται, <τοσούτῳ> τὸ βάρος εὐκοπώτερον κινηθήσεται· δεῖ δὲ τὴν ἐκδεννυμένην ἀρχὴν ἐκ τοῦ μένοντος χωρίου ἐξάπτεσθαι. ἵνα οὖν μὴ καθ' ἓνα τοὺς τροχίλους ἕκ τε τοῦ μένοντος χωρίου καὶ ἐκ τοῦ φορτίου ἐξάπτωμεν, οἱ μὲν εἰρημένοι ... εἰς τὸ μένον εἶναι χωρίον εἰς ἓν ξύλον ἐντίθενται περὶ ἄξωνα κινούμενοι, ὃ καλεῖται μάγγανον —τοῦτο δὲ ἐξάπτεται ἐκ τοῦ μένοντος χωρίου διὰ τινος ἐτέρου ὅπλου—οἱ δὲ πρὸς τῷ φορτίῳ εἰς ἕτερον μάγγανον τούτῳ ἴσον, ὃ δὴ πάλιν ἐξάπτεται ἐκ τοῦ φορτίου μόνον. οὕτως δὲ δεῖ κατατετάχθαι ἐν τοῖς μαγγάνοις τοὺς τροχίλους, ὥστε τὰ κῶλα μὴ ἐμπλεκόμενα πρὸς ἄλληλα δυσπειθῆ γίνεσθαι. δι' ἣν δ' αἰτίαν πλείονων τῶν κῶλων γινομένων εὐκοπία παρακολουθεῖ, δείξομεν, καὶ δι' ἣν αἰτίαν ἢ ἐτέρα ἀρχὴ ἐκ τοῦ μένοντος ἐξάπτεται χωρίου.

2.4 Ἡ δὲ ἐξῆς δύναμις ἢ διὰ τοῦ σφηνός καὶ αὐτὴ μεγάλας χρείας παρεχομένη πρὸς τε τὰς μυρεψικὰς πιέσεις καὶ τὰς διὰ τῆς τεκτονικῆς υπεραγούσας κολλήσεις, τὸ δὲ πάντων μέγιστον,

ὅταν τοὺς ἐκ τῶν λατομιῶν λίθους ἀποσπᾶν δέη τῆς κατὰ τὸ κάτω μέρος συνεχείας, οὐδεμία τῶν ἄλλων δυνάμεων ἐνεργεῖν δύναται, οὐδ' ἂν ἅμα πᾶσαι συζευχθῶσιν, μόνος δὲ ὁ σφὴν ἐνεργεῖ διὰ τῆς τυχούσης, καὶ ἄνεσις μὲν οὐδ' ἥτισοῦν γίνεται κατὰ τὰ διαλήμματα τῶν ἐργαζομένων, καρτερὰ δὲ <ή> ἐπίτασις. τοῦτο δὲ φανερόν ἐκ τοῦ καὶ μὴ πλησσομένου τοῦ σφηνὸς ἐνίοτε ψόφους καὶ ῥήγματα γίνεσθαι διὰ τῆς τοῦ σφηνὸς ἐνεργείας. ὅσῳ δ' ἂν ἡ τοῦ σφηνὸς γωνία ἐλάσσων γίνηται, τοσοῦτ' εὐχερέστερον ἐνεργεῖ, τουτέστιν δι' ἐλάσσονος πληγῆς, ὡς δεῖξομεν.

2.5 Τὰ μὲν οὖν προειρημένα ὄργανα φανερὰς καὶ αὐτοτελεῖς ἔχει τὰς κατασκευὰς πολλαχοῦ ἐν ταῖς χρεῖαις φαινομένας, ὁ δὲ κοχλίας ἔχει τι περίεργον περὶ τε τὴν κατασκευὴν καὶ τὴν χρῆσιν. ὅτε μὲν [οὖν] γὰρ αὐτὸς καθ' αὐτὸν μόνος ἐνεργεῖ, ὅτε δὲ καὶ προσλαμβάνων ἔτι δύναμιν, πλήν ὅτι οὐδὲν ἕτερόν ἐστιν ἢ σφὴν εἰλημένος, ἀπολειπόμενος τῆς πληγῆς, διὰ μοχλοῦ δὲ καὶ τὴν κίνησιν ποιούμενος. τοῦτο δ' ἔσται δῆλον ἐκ τῶν μελλόντων λέγεσθαι. φύσις μὲν οὖν ὑπάρχει τῆς περὶ αὐτὸν πραγματείας τοιαύτης. ἐὰν κυλίνδρου πλευρὰ φέρεται κατὰ τῆς τοῦ κυλίνδρου ἐπιφανείας, πρὸς δὲ τῷ πέρατι ταύτης σημεῖον τι ἅμα κατὰ αὐτῆς τῆς πλευρᾶς φέρεται, καὶ ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ ἢ τε πλευρὰ μίαν ἀποκατάστασιν ποιήσεται καὶ τὸ σημεῖον τὸ πᾶν τῆς πλευρᾶς διεξέλθῃ, ἢ γενομένη ὑπὸ τοῦ σημείου ἐν τῇ κυλινδρικῇ ἐπιφανείᾳ γραμμὴ ἔλιξ ἐστίν, ἣν δὴ κοχλίαν καλοῦσιν. καταγράφεται δὲ ἐν τῷ κυλίνδρῳ οὕτως· ἐὰν ἐν ἐπιπέδῳ δύο εὐθείας ἐκθώμεθα ὀρθὰς ἀλλήλαις, ὧν ἡ μὲν μία ἴση ἐστὶν τῇ τοῦ εἰρημένου κυλίνδρου πλευρᾷ, ἡ δὲ ἑτέρα τῇ τοῦ κύκλου περιφερείᾳ, ὅς ἐστιν βάσις τοῦ κυλίνδρου, καὶ ἐπὶ τὰ πέρατα τῶν εἰρημένων εὐθειῶν ἐπιζεύξωμεν εὐθεῖαν ὑποτείνουσαν τὴν ὀρθὴν γωνίαν, τεθῇ δὲ ἡ ἴση τῇ τοῦ κυλίνδρου πλευρᾷ ἐπὶ τὴν τοῦ κυλίνδρου πλευρὰν, ἡ δὲ ἑτέρα τῶν περὶ τὴν ὀρθὴν ἐπιληθῇ κατὰ τῆς τοῦ κύκλου περιφερείας, εἰληθήσεται καὶ ἡ ὑποτείνουσα τὴν ὀρθὴν κατὰ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας, καθ' ἣς ἔσται ἡ εἰρημένη ἔλιξ. ἔξεστιν δὲ διελόντα τὴν τοῦ κυλίνδρου πλευρὰν εἰς ἴσα, ὅσα δᾶν τις προαιρήται, καθ' ἕκαστον αὐτῆς μέρος περιγράφειν ἔλικα, ὡς προεῖρηται, ὥστε ἐν τῷ κυλίνδρῳ πλείονας ἔλικας γράφεσθαι, καλεῖσθω δὲ ἡ ἅπαξ εἰληθεῖσα ἔλιξ μονόστροφος, τουτέστιν ἡ περὶ τὰ πέραθ' ἐκάστου μέρους γινομένη γραμμὴ. κατὰ αὐτῆς οὖν τῆς γραμμῆς σωλῆνα ἐντεμόντες εἰς τὸ βάθος τοῦ κυλίνδρου καὶ ἐκκόψαντες, ὥστε ἐν τῷ σωλῆνι τύλον ἐναρμόσαι στερεόν, χρῶνται τῷ κοχλίᾳ οὕτως. τὰ ἄκρα αὐτοῦ στρογγύλα ποιήσαντες ἐναρμόζουσιν εἰς τινὰ διαπήγματα ἐν στρογγύλοις τρήμασιν, ὥστε εὐκόπως αὐτὸν στρέφεσθαι, ὑπὲρ δὲ τὸν κοχλίαν κανόνα διατιθέντες παράλληλον αὐτῷ σωλῆνα ἔχοντα μέσον ἐν τῇ ἄνω ἐπιφανείᾳ ἐναρμόζουσιν εἰς τοῦτον τὸν σωλῆνα τὸν εἰρημένον τύλον, ὥστε τὸ μὲν ἕτερον ἄκρον τοῦ τύλου ... ἐν μὲν τῷ <τοῦ> κοχλίου σωλῆνι, τὸ δὲ ἕτερον ἐν τῷ εἰρημένῳ ἐτέρῳ σωλῆνι τῷ ἐν τῷ κανόνι. ὅταν οὖν βούλωνται φορτίον κινεῖν διὰ τούτου τοῦ ὀργάνου, ὅπλον λαβόντες τούτου τὴν μὲν μίαν ἀρχὴν ἐξάπτουσιν ἐκ τοῦ φορτίου, τὴν δὲ ἑτέραν ἐκ τοῦ προειρημένου τύλου καὶ τρημάτων ὄντων τῇ κεφαλῇ τοῦ κοχλίου σκυτάλας

2.5. (50) ἐμβαλόντες κατάγουσιν, καὶ οὕτως ὑπὸ τῆς ἔλικος ὁ τύλος παραγόμενος ἐν τῷ σωλῆνι ἐπισπᾶται τὸ ὅπλον δι' οὗ καὶ τὸ φορτίον. ἔξεστιν δὲ ἀντὶ τῶν σκυταλῶν χειρολάβην τινὰ περιθεῖναι τῷ ἄκρῳ τοῦ κοχλίου ὑπερέχοντι εἰς τὸ ἐκτὸς τοῦ διαπήγματος καὶ οὕτως στρέφοντα τὸν κοχλίαν ἐπισπᾶσθαι τὸ φορτίον. ἡ δ' ἐν τῷ κοχλίᾳ ἔλιξ ὅτε μὲν τετράγωνος γίνεται, ὅτε δὲ φακοειδῆς, τετράγωνος μὲν, ὅταν ὁ ἐν αὐτῷ σωλῆν ὀρθὰς ἔχῃ τὰς ἐντομάς, φακοειδῆς δέ, ὅταν λοξὰς καὶ εἰς μίαν συναγομένας γραμμὴν. καλεῖται δὲ ὁ μὲν τετράγωνος, ὁ δὲ φακωτός.

2.6 Ὅταν μὲν οὖν αὐτὸς καθ' αὐτὸν ὁ κοχλίας ἐνεργῇ, ταύτην λαμβάνει τὴν κατασκευὴν. γίνεται δὲ καὶ ἐτέρως. προσλαμβάνοντες γάρ τινὰ ἑτέραν δύναμιν τὴν διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ ἐν τῷ

περιτροχίω καλουμένου [κατασκευήν] νοήσομεν τὸ περὶ τὸν ἄξονα τύμπανον ὠδοντωμένον εἶναι, κοχλίαν δὲ τίνα παρακεῖσθαι τῷ τυμπάνῳ ἥτοι ὀρθὸν κείμενον πρὸς τὸ ἔδαφος ἢ παράλληλον τῷ ἐδάφει ἔχοντα τὴν μὲν ἔλικα ἐμπεπλεγμένην τοῖς ὁδοῦσι τοῦ τυμπάνου, τὰ δὲ ἄκρα ἐν στρογγύλοις τρήμασιν πολευόμενα ἔν τις διαπήγμασιν, καθάπερ καὶ προεῖρηται, καὶ ὑπεροχῆς οὐσῆς τοῦ ἄκρου τοῦ κοχλίου εἰς τὸ ἐκτὸς τοῦ διαπήγματος μέρος, ἥτοι χειρολάβην τινὰ περικεῖσθαι, δι' ἧς ἐπιστραφήσεται ὁ κοχλίας, ἢ τρήματα, ὥστε σκυταλῶν ἐμβληθειςῶν ὁμοίως ἐπιστρέφεσθαι αὐτόν. πάλιν οὖν τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ὅπλα περιβαλόντες περὶ τὸν ἄξονα ἐφ' ἑκάτερα τοῦ τυμπάνου καὶ ἐπιστρέφοντες τὸν κοχλίαν, δι' οὗ καὶ τὸ ὠδοντωμένον τύμπανον, ἐπισπασόμεθα τὸ βάρος.

2.7 Αἱ μὲν οὖν κατασκευαὶ καὶ αἱ χρήσεις τῶν προειρημένων πέντε δυνάμεων δεδήλωνται. τίς δὲ ἐστὶν ἡ αἰτία, δι' ἣν δι' ἑκάστης αὐτῶν μεγάλη βάρη κινεῖται μικρὰ παντάπασιν δυνάμει, Ἡρῶν ἀπέδειξεν ἐν τοῖς Μηχανικοῖς.

2.18 ... δηλὸν ὡς καθ' ἑκάστην στροφὴν τοῦ κοχλίου εἰς ὁδοὺς (sc. τοῦ τυμπάνου ὠδοντωμένου ὁδοῦσιν λοξοῖς) παρενεχθήσεται· τοῦτο γὰρ Ἡρῶν ἀπέδειξεν ἐν τοῖς Μηχανικοῖς, γραφήσεται δὲ καὶ ὑφ' ἡμῶν, ἵνα μηδὲν ἔξωθεν ἐπιζητῶμεν. Νοεῖσθω γὰρ κοχλίας ὁ AB, ἡ δὲ ἐν αὐτῷ ἔλιξ ἢ ΑΓΔΕΖΒ, [νοεῖσθωσαν δὲ μονόστροφοι αἱ εἰρημέναι ἔλικες]. τύμπανον δὲ ἔστω [τὸ] παρακείμενον καὶ ὠδοντωμένον τὸ ΗΓΕΘ ὁδόντας ἔχον τοὺς ΗΓ, ΓΕ, ΕΘ ἀρμόζοντας τῇ ἔλικι ... οἱ ἄρα λοιποὶ οὐκ ἐναρμόσουσιν εἰς τὰς λοιπὰς ἔλικας. ἐὰν οὖν ἐπιστρέφωμεν τὸν κοχλίαν, ὥστε τὸ Ε σημεῖον παρωθεῖσθαι ἐπὶ τὰ Γ μέρη, παρέσται τὸ Ε ἐπὶ τὸ Γ, ὅταν ὁ κοχλίας ἀποκατάστασιν μίαν ποιήσεται, καὶ ἔξει ὁ μὲν ΓΕ ὁδοὺς τὴν τοῦ ΓΗ θέσιν, ὁ δὲ ΕΘ τὴν τοῦ ΓΕ, καὶ πάλιν ὁ ΕΘ θέσιν ἐσχηκῶς τὴν ΓΕ ἐν μιᾷ τοῦ κοχλίου περιστροφῇ ὅλος παραχθήσεται. καὶ ἐπὶ τῶν ἐξῆς ὁδόντων τὰ αὐτὰ ἐπινοεῖν χρή, ὥστε ὅσους ἐὰν ὁδόντας ἔχη τὸ τύμπανον, τοσαυτάκις ὁ κοχλίας κινήθῃς μίαν ἀποκατάστασιν τοῦ τυμπάνου ποιήσεται.

2.35 Τὸ μὲν οὖν μάλιστα συνέχον τὴν κεντροβαρικὴν πραγματείαν τοῦτ' ἂν εἴη, μάθοις δ' ἂν τὰ μὲν στοιχειώδη ὄντα διὰ ταύτης δεικνύμενα τοῖς Ἀρχιμήδους Περὶ ἰσορροπιῶν ἐντυχῶν καὶ τοῖς Ἡρῶνος Μηχανικοῖς, ὅσα δὲ μὴ γνώριμα τοῖς πολλοῖς γράψομεν ἐφεξῆς, οἷον τὰ τοιαῦτα. Ἔστω τρίγωνον τὸ ABΓ ... τετμήσθωσαν γὰρ αἱ ΒΓ, ΓΑ δίχα τοῖς Δ, Ε, καὶ ἐπεξεύχθωσαν αἱ ΑΔ, ΒΕ [τὸ Ζ ἄρα κέντρον βάρους ἐστὶν τοῦ ABΓ τριγώνου]. ἐὰν γὰρ τὸ τρίγωνον ἐπὶ τινος ὀρθοῦ ἐπιπέδου ἐπισταθῇ κατὰ τὴν ΑΔ εὐθεΐαν, ἐπ' οὐδέτερον μέρος ρέψῃ τὸ τρίγωνον διὰ τὸ ἴσον εἶναι τὸ ΑΒΔ τρίγωνον τῷ ΑΓΔ τριγώνῳ. ἐπισταθὲν δὲ ὁμοίως τὸ ABΓ τρίγωνον κατὰ τὴν ΒΕ ἐπὶ τοῦ ὀρθοῦ ἐπιπέδου ἐπ' οὐδέτερον μέρος ρέψῃ διὰ τὸ ἴσα εἶναι τὰ ΑΒΕ, ΓΒΕ τρίγωνα. εἰ δὲ ἐφ' ἑκατέρας τῶν ΑΔ, ΒΕ ἰσορροπεῖ τὸ τρίγωνον, τὸ ἄρα κοινὸν αὐτῶν σημεῖον τὸ Ζ κέντρον ἔσται τοῦ βάρους. νοεῖν δὲ δεῖ τὸ Ζ, ὡς προεῖρηται, κείμενον ἐν μέσῳ τοῦ ABΓ τριγώνου ἰσοπαχοῦς τε καὶ ἰσοβαροῦς δηλονότι ὑποκειμένου. καὶ φανερόν ὅτι διπλασία ἐστὶν ἡ μὲν ΑΖ τῆς ΖΔ, ἡ δὲ ΒΖ τῆς ΖΕ, καὶ ὅτι ὡς ἡ ΓΑ πρὸς ΓΕ, οὕτως ἡ ΑΒ πρὸς ΔΕ καὶ ἡ ΒΖ πρὸς ΖΕ καὶ ἡ ΑΖ πρὸς ΖΔ διὰ τὸ ἰσογώνια εἶναι καὶ τὰ ΔΖΕ, ΑΒΖ τρίγωνα καὶ τὰ ΓΔΕ, ΑΒΓ ... καὶ εἰσὶν παράλληλοι αἱ ΑΒ, ΔΕ, καὶ ἐπεξευγμένοι αἱ ΑΔ, ΒΕ τέμνουσιν ἀλλήλας κατὰ τὸ Ζ ...

3.1 Ἐν δὲ τοῖς ἐξῆς ἐκ τοῦ γ' τῶν Ἡρῶνος μηχανὰς γράψομεν πρὸς εὐκοπίαν καὶ λυσιτέλειαν ἀρμοζούσας, δι' ὧν πάλιν μεγάλα βάρη κινήθῃσεται. τὰ μὲν οὖν ἀγόμενα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, φησίν, ἐπὶ χελώναις ἄγεται. ἡ δὲ χελώνη πηγμὰ ἐστὶν ἐκ τετραγώνων ξύλων συμπεπηγός, ὧν τὰ ἄκρα ἀνασεσίμωται. ταύταις οὖν ἐπιτίθεται τὰ βάρη, καὶ ἐκ τῶν ἄκρων αὐτῶν ἥτοι πολὺσπαστα ἐκδέννυται ἢ ὀπλων ἀρχαί. ταῦτα δὲ ἥτοι ἀπὸ χειρὸς ἔλκεται ἢ εἰς ἐργάτας ἀποδίδεται, ὧν περιανομένων ἢ χελώνῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους σύρεται ὑποβαλλομένων σκυταλίων ἢ σανίδων. ἐὰν μὲν γὰρ μικρὸν ἢ τὸ φορτίον, σκυτάλαις χρῆσθαι δεῖ, ἐὰν δὲ μεῖζον, ταῖς σανίσιν διὰ τὸ ταύτας μὴ εὐκόλως σύρεσθαι. αἱ γὰρ σκυτάλαι κυλιόμεναι κίνδυνον ἔχουσιν τοῦ

φορτίου ὀρμὴν λαβόντος. ἔνιοι δὲ οὔτε σκυτάλαις οὔτε σανίσι χρῶνται, ἀλλὰ τροχοὺς ναστοὺς προσθέντες ταῖς χελώναις ἄγουσιν.

3.2 Ἐπὶ δὲ τῶν εἰς ὕψος βασταζομένων φορτίων, φησὶν, μηχαναὶ γίνονται αἱ μὲν μονόκωλοι, αἱ δὲ δίκωλοι, αἱ δὲ τρίκωλοι, αἱ δὲ τετράκωλοι. Αἱ μὲν οὖν μονόκωλοι οὕτως. ξύλον εὗτονον λαμβάνεται ὕψος ἔχον μεῖζον ἢ οὗ βουλόμεθα τὸ φορτίον μετεωρίσαι, κἂν μὲν αὐτὸ καθ' αὐτὸ ἰσχυρὸν ᾗ, ὅπλον βάλλοντες περὶ αὐτὸ [καὶ σφίγγοντες] καὶ διαμηρυόμενοι κατὰ ἐπέλησιν ἀποσφίγγουσιν. τῶν δὲ ἐπειλήσεων τὸ μεταξὺ διάστημα οὐ πλεῖον γίνεται παλαιστῶν δ', καὶ οὕτως εὗτονώτερόν τε γίνεται τὸ ξύλον καὶ αἱ τοῦ ὅπλου ἐπειλήσεις ὥσπερ βαθμοὶ τοῖς ἐργαζομένοις καὶ βουλομένοις εἰς τὸ ἄνω μέρος ἐργάζεσθαι εὐχρηστοὶ γίνονται. ἐὰν δὲ μὴ ᾗ εὗτονον τὸ ξύλον, [ἐκ πλειόνων συμβλητὸν γίνεται,] στοχάζεσθαι δεῖ τῶν μελλόντων βαστάζεσθαι φορτίων, ὅπως μὴ ἀσθενέστερον τὸ κῶλον ὑπάρχει. ἴσταται οὖν τὸ κῶλον ὀρθὸν ἐπὶ τινος ξύλου, καὶ ἐκ τοῦ ἄκρου αὐτοῦ ὅπλα ἐκδέννυται τρία που ἢ τέσσαρα καὶ ἀποταθέντα ἀποδίδεται πρὸς τινὰ μένοντα χωρία, ὅπως τὸ ξύλον, ὅπου ἂν τις βιάζεται, μὴ παραχωρῇ κατεχόμενον ὑπὸ τῶν ἀποτεταμένων ὅπλων. ἐκ δὲ τοῦ ἄνω μέρους αὐτοῦ πολύσπαστα ἐξάψαντες καὶ ἀποδιδόντες εἰς τὸ φορτίον ἐπισπῶνται ἥτοι ἀπὸ χειρὸς ἢ εἰς ἐργάτας ἀποδόντες, εἰς ὅταν μετεωρισθῇ τὸ φορτίον. κἂν δέη τὸν λίθον ἐκτεθῆναι ἐπὶ τεῖχος ἢ ὅπου βούλεται τις, ἐκλύσαντες ἐν τῶν ἐκδεννυμένων ἐκ τοῦ ἄκρου ὅπλων τὸ ἐπὶ τὰ ἕτερα μέρη τοῦ φορτίου κείμενον ἐγκλίνουσιν τὸ κῶλον καὶ τὰς σκυτάλας ὑποβάλλοντες ὑπὸ τὸ φορτίον ἐν τοῖς μέρεσιν, ἐν οἷς ἡ σφενδόνη ἐν τῷ λίθῳ οὐκ ἐπέιληται, χαλῶσι τὰ ἀγόμενα τῶν πολυσπαστῶν, ἄχρι ἂν ἐπικαθίσῃ τὸ φορτίον ταῖς σκυτάλαις, εἴτ' ἐκλύσαντες τὴν σφενδόνην μοχλεύουσι τὸ φορτίον, ἄχρι οὗ εἰς ὃν βούλονται τόπον παράξωσιν. εἴτα πάλιν τὸ ὑποκείμενον τῷ κῶλῳ ξύλον ὅπλῳ ἐπισπασάμενοι ἀπὸ χειρὸς περιάγουσιν ἐπὶ ἕτερον μέρος τοῦ οἰκοδομήματος ἅμα ἀνιέντες τοὺς ἀποτόμους, καὶ πάλιν ἐκδήσαντες χρῶνται, ὡς προεῖρηται.