

ἔχει πρὸς τὸν τῶν ἑκάστου ἄξιος εἶη :: 10 : 1 · χρῶνται δὲ τῷ τοιούτῳ ὄργανῳ εἰς τὸ νήθειν, ἐκλώθειν, τὰ ἔρια, τὸς πάμβακας, τὰ λῖνα, ἐκμάλισα εἰς τὸ τροφαλίζειν τὰ καλωδία.

137. ΣΧΟΛΙΟΝ Γ'. Τοῖς πολυτροχίοις πολλαχῆ μὲν χρώμεθα, μάλισα δὲ εἰς τὸ ἐπιβραδύναι τὴν τῆς δυνάμεως ἐνέργειαν, ἵνα πλείων διαρκέση χρόνος (4), ἐντακτος δὲ ἀποτελεσθῆ κίνησις, οἷα μετρεῖν ἔχειν τὸν χρόνον, ἐκ τῆς τῆς ὀρολογίου ὀνομα τῷ πολυτροχίῳ. ἐκ εἰς τὸ μετρηῆσαι δὲ τὸ, ὅπερ ἄντις βαδίσεις χωρίον, ἐκ ὁδομέτρον οἷ τῆς τῆς προσφυῆς ἀπονέμεται ὄνομα. περὶ δὲ τῶν ἀρματείων τροχῶν κτλ. ὅθεν ἡμῖν ἐνταῦθα εἰρήσεται. ἢ γὰρ αὐτοῖς τῷ ὀνομα τὸ τῶν πολυτροχίων ἐφαρμόζει. ἐπεὶ μὴδ' αὖξυσιν ὅλως τὴν ἰσχύϊν τῆς δυνάμεως, χρήσιμα δὲ γίνεται μόνον, ὅτι τὴν τριεὴν τῶν κατὰ γῆν ἐλκυσθησομένων σωμάτων διακωλύει. ἀλλὰ γὰρ περὶ τε τῷ ὀρολογίῳ ἐκ τῷ ὁδομέτρου ρητέον ἐν τοῖς ἐφεξῆς δυοῖν κεφαλαίοις, ἀμέλειτοι περὶ ἑκατέρου ἰδίῳ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΚΑΤΟΝ ΤΡΙΤΟΝ.

### Περὶ Ὀρολογίου.

138. Εἴδ' ὅτε μὲν εἰς καταμέτρησιν τῷ χρόνῳ τῷ ἐξ ὕδατος ὀρολογίῳ, ὃ καλεῖται Κλεψύδρα, χρῶνται οἱ ἄθροιοι. εἴδ' ὅτε δὲ ἀγγυσι δυοῖν ἑλίνοις συγκεκολλημένοις, κοινὴν ὀπήν ἔχουσιν, ὧν ἐκ τῷ ἑτέρῳ εἰς θάτερον ψάμμος ἐμπίπτει, διὰ τῶν πληρωμάτων τὸν χρόνον καταμετρῶν. ἀλλὰ γὰρ τὰ τοιούτῳ ὀρολόγια

ἔδεν ὅλως εἰσὶ, πρὸς ἃ ἐφευρόν τε καὶ ἐτελείωσαν οἱ μηχανικοί, τοῖς πολυτροχίοις χρησάμενοι· τῆ τοίνυν ὠρολογίῳ τὸ μὲν ἐστὶν ὠρολόγιον ἀπλῶς, τὸ δ' ὠροσκόπιον, τὸ δ' ἐγκόλιον ὠρολόγιον· ὠρολόγιον μὲν ἔν καλεῖται, ὅταν ἡ κίνησις αὐτὸ δύναμις ἢ βαρὺ σῶμα· ὅταν δὲ ἢ τὸ κινῆσι ἢ σῶμα βαρὺ, ἀλλ' ἐλατήριον, τῆ νικαῦτα ὠροσκόπιον μὲν ἐστὶν, εἰάν μέγα ὄν μεταφέρεται μὴ ἔχη· ἐγκόλιον δ' ὠρολόγιον, εἰάν ἐν τῷ κόλπῳ αὐτὸ φέρωμεν.

193. Ἐκ τῶν προειρημένων εὐμαρῆς συνίσταται, πολλαχῶς ἂν ἔχειν συνάπτεσθαι τὸν τῶν ὀδόντων ἐκάστῃ τροχῷ ἀριθμὸν, καὶ τὸν τῶν ἀξόνων, ἵν' ὁ ὠροδείκτης ἐπὶ τῆ κατὰ τὸ ὠρολόγιον ἀβακίῃ σημάνῃ τὰ τῆ χρόνου μέρη, ἃ σημαίνεσθαι βυλόμεθα· περιφερέσθω γὰρ ὁ τροχὸς Α ἅπαξ ἐφ' ἐνὸς λεπτοῦ (α. 80)· βελόνῃ τοίνυν, προσηκολλημένη τῷ ἄκρῳ τῆ κατ' αὐτὸν ἀξονος, σημαίνει ἐπὶ ἐπιπέδῳ, τετμημένῳ εἰς 80 τμήματα ἰσάλληλα, τὰ δεύτερα λεπτά· εἰάν δὲ, τῆ τροχῷ Α ἐξηκοντάκις περιφεριμένῳ, τροχὸς ἕτερος ὁ Γ περιφέρηται ἅπαξ, βελόνῃ προσηκολλημένη τῷ ἄκρῳ τῆ κατὰ τὸν Γ τροχὸν ἀξονος, σημαίνει ἐπὶ τῆ εἰς ἐξήκοντα ἰσάλληλα μέρη τετμημένῳ ἐπιπέδῳ τὰ πρῶτα λεπτά· εἰάν δὲ τῆ Γ δωδεκάκις περιφεριμένῳ, ἕτερος τροχὸς ὁ Δ ἅπαξ περιφέρηται, βελόνῃ, ἢ προσηκολλημένη τῷ ἄκρῳ τῆ κατὰ τὸν τροχὸν Δ ἀξονος, σημαίνει ἐν ἀβακίῳ, εἰς δώδεκα ἰσάλληλα μέρη κατετμημένῳ, τὰς ὥρας. Βυλόμενοις δ' ἔχειν τροχὸν ἄλλον τὸν Ψ, ἢ περιφορὰ μίαν ἐμφάνοι τὸν ἐνιαυτὸν, σημειωτέον πρῶτον, ὅτι ὁ ἡλιακὸς ἐνιαυτὸς σύγκειται ἐκ λεπτῶν 525949· περιφορὰ δὲ μία τῆ Δ τροχῷ, γινομένη ἐν ὥραις 12, δύναται λεπτὰ 720· παρὰ ταῦτα δὲ δῆλον ἔκ

τῶν εἰρημένων (130), τὸν ἀριθμὸν τῶν τῆ Δ περιφορῶν, τῶν γινομένων ἐν ῶ ὁ ψ τροχὸς ἅπαξ περιφέρεται, ἐκδηλεῖται διὰ '  $\frac{2}{7} \frac{2}{2} \frac{2}{8}$  '· ἀλλὰ μὴν ὁ τῶν περιφορῶν τῆ Δ τροχῆ, τῶν γινομένων, ἐν ῶ ὁ τροχὸς ψ περιφέρεται ἅπαξ, ἀριθμὸς ἐμφαίνεται ὑπὸ τῆ ἐκ τῶν ἀριθμῶν τῶν κατὰ τὰς τρεῖς τροχὰς ὀδόντων γινομένῃ Π, διαιρεθέντος διὰ τῆ γινομένῃ π ἐκ τῶν ἀριθμῶν τῶν ὀδόντων τῶν ἀξόνων, οἷς ἐναρμόζονται οἱ τροχοί, εἴτ' ἐν διὰ  $\frac{\Pi}{\pi}$  (132)· ἄρα

$$\frac{\Pi}{\pi} = ' \frac{2}{7} \frac{2}{2} \frac{2}{8} ' \cdot \text{ἄρα } \frac{\Pi}{\pi} \times 720 = 525949 \text{ λεπτοῖς (Συμ.}$$

Λογ. 393)· ζητηθῆτω ἄρα ἀριθμὸς τροχῶν τοιῶςδε, ὡς ἐκάστῳ τροχῷ ἀποδοθέντος ὠρισμένῃ ἀριθμῷ ὀδόντων, ἐκίκατῳ τῶν ἀξόνων, οἷς ἐναρμολογήσονται οἱ τροχοί, ὠρισμένῃ ἑτέρῃ ὀδόντων ἀριθμῷ, τὸ γινόμενον ὑπὸ τῶν ἀριθμῶν τῶν κατὰ τὰς τρεῖς τροχὰς ὀδόντων, διαιρεθὲν διὰ τῆ ἐκ τῶν ἀριθμῶν τῶν κατὰ τὰς ἀξονας ὀδόντων γινομένῃ, ἔκ πολλαπλασιασθὲν ἐπὶ 720, ἀποτελεῖν λεπτὰ 525949.

Ζητηθέντων ἐν τῶν ἀριθμῶν τούτων, καθὰ προείρηται (127), εὐρήσομεν ὡς εἰ· α'. 8 μὲν ὀδόντες ἀπονεμηθῶσι τῷ ἄξονι Α, 50 δὲ τῷ ἐφεξῆς τροχῷ Β, ὅς τῷ ἄξονι τέτῳ ἐναρμολογήσεται· β'. 7 μὲν ὀδόντες τῷ τῆ Β τροχῷ ἄξονι, 69 δὲ τῷ τροχῷ Γ, ὅς ἐναρμολογήσεται τῷ τῆ Β ἄξονι· γ'. 7 μὲν ὀδόντες τῷ τῆ Γ ἄξονι, 83 δὲ τῷ Δ τροχῷ, ὅς ἐναρμολογήσεται τῷ τῆ Γ τροχῷ ἄξονι, εὐρήσομεν λέγω ἐν τῇ περιπτώσει  $\frac{\Pi}{\pi} \times 720$ , ὅτι

$$\frac{50 \times 69 \times 83}{8 \times 7 \times 7} \times 720 \text{ ἀποτελεῖ ὡς ἔγγιστα μὲν λεπτὰ}$$

525949, ἀκριβῶς δὲ λεπτὰ 525948  $\frac{1}{4}$ .

Τοιγαρῶν περιφορὰ μία τῆ τροχῆ Δ σημαίνει ἀκριβῶς ἐνιαυτὸν πλὴν  $\frac{1}{4}$  λεπτῶν· βελόνῃ δὲ, προσηρμοσμένη τῷ τῆ τροχῆ Δ ἄκρῳ, σημαίνει ἐν ἀβακίῳ, εἰς δώδεκα ἰσάλληλα μέρη τετμημένῳ, τὸς δώδεκα τῆ ἐνιαυτῆ μῆνας, ἰσάλληλος μέντρῳ ἅπαντας, ὡς ἕκαστον αὐτὸν διαρκεῖν  $30 \frac{1}{2} \times 2 = 30$  ἡμέραις, ὥραις δώδεκα, 29 λεπτοῖς πρώτοις, 5 δευτέροις.

Ἐῶς ἤδη τροχὸς ἄλλος ὁ Η, ἐπιπεριφερέσθω ταχυτῆτι ὑποδεκαπλασίᾳ τῆς τῆ προτέρου τροχῆ Δ, ἐπιτροχὸς ἄλλος ὁ Ι, περιφερόμενος ταχυτῆτι ὑποδεκαπλασίᾳ τῆς τῆ πρὸ αὐτῆ Η· ἔκῃν ὁ τροχὸς Ι κινήσεται ταχυτῆτι ὑπεκατόνταπλασίᾳ τῆς τῆ τροχῆ Δ, ἢ ἡ βελόνῃ ἐν ἐνιαυτῷ ἐνὶ ἅπαξ περιεφέρετο· ἡ ἄρα βελόνῃ τῆ τροχῆ Ι ἅπαξ περιενεχθήσεται ἐν ἐνὶ αἰῶνι· ἐπὶ ἐν ἐν ἀβακίῳ, τετμημένῳ εἰς μέρη ἰσάλληλα 100, σημαίνει τὸς τῆ αἰῶνος ἐνιαυτούς.

Ὁ πρὸς τῷ ἄκρῳ τῆ πολυτροχίῳ τροχὸς Α βασιάζεται ὑπ' ἄξονος, ἐπισκηριζομένῳ δυσὶ σύλῃσι, διατιθεμέναις ἕτως, ὡς τὸν ἕτερον ἐναρμόζεσθαι μεταξὺ δυοῖν ὀδόντων τῆ τροχῆ, θατέρῳ ὄντος ἐλευθέρῳ, ἐπὶ αὐτὸν τὸν ἕτερον ἀμμιβαδόν· ὁ δὲ ἄξων ἕτος ἅπτεται τῆ ἐκρεμῆς, περὶ ἣ τῶν ιδιοτήτων εἴρηται ἐν (Φυσ. 246 κτλ.)· ἔργον δ' αὐτῆ τὸ εἰδιαθετεῖν τὴν τῆ ὠρολογίᾳ κίνησιν· ἀνευ γὰρ τῆ ἐκρεμῆς, τὸ τὴν κίνησιν τῷ ὠρολογίῳ ἐμπαιῖν βαρὺ τῶμα, ταχυνόμενον ἀδιαλείπτως (Φυσ. 173), ἔκ ἂν ἐνεργείαι αὐτῷ ἰσομερῆ κίνησιν, ἐπὶ οἷαν χρόνον καθίσασθαι μέτρον· ἐπεὶ μέντρῳ οἱ τῆ ἄξονος, ὧ τὸ ἐκρεμῆς συνάπτε-

ται, σύλοι ἕνα μόνον ὀδόντα τῷ τροχῷ εἴωσι παρέρχεσθαι ἐφ' ἐκάστης τῷ ἐκκρεμῆς ἀναλικνήσεως, αἶτε ἀναλικνήσεις ἐκκρεμῆς μακροτάτῃ ἐν τοῖς μεγάλοις ὠρολογίοις, ἐλάχισα κυκλικὰ τόξα γράφεσθαι, ὡς πρὸς αἰωθῆσιν εἰσὶν ἰσόχρονοι (Φυσ. 256. Τόμ. Δ'). ὡς ἔγγιστα ἄρα ἰσομερῆς ἐσὶν ἢ τῆς ὅλης μηχανῆς κινήσις.

140. Ἰν' ἐκάστη τῷ ἐκκρεμῆς ἀναλικνήσις λεπτόν δευτέρον τῆς ὥρας ἐμφαίνῃ, ἐπάναγκες αὐτῷ τὸ μῆκος ἰσῆσθαι, ὑπὲρ τῶν ἐν τῇ αὐτῇ μοίρᾳ τῷ πλάτους κειμένων τόπων, ἐν ἢ εἴη πόλις τῶν Παρισίων, 3 ποσί, καὶ γραμματὶς 8, 57· ἐκληπτέον δὲ τῷτο ἐπὶ τῶν ἀναλικνήσεων ἐκκρεμῆς, ἐλευθέρως ἀναλικνημένῃ· ἢ γὰρ συνέζευκταί πως ἢ τῷ ἐκκρεμῆς ἀναλικνήσις τῇ τῷ ὠρολογίῳ κινήσει, ἀμήχανον ἐκ τῷ μῆκους συναγαγεῖν τὴν ἐκάστης ἀναλικνήσεως ἀκριβῆ διάρκειαν· ἀνθ' ὅτου δὲ, ἴν' εὐτακτοτέρα ἢ τῷ ὠρολογίῳ γίνηται κίνησις, προσαρμόζουσι τῷ κινημένῳ ἄκρῳ τῷ ἐκκρεμῆς φακόν ἐξ ὕλης σερρῆας, οἷον μολιβδου, διὰ κοχλίῃς ὑπεισερχόμενον τῷ τῷ ἐκκρεμῆς ἄκρῳ (87)· κἂν μὲν τὸ ὠρολόγιον βραδύτερον τῷ δέοντος κινήται, ἀναβιβάζεται ὁ φακὸς διὰ τῷ κοχλίῃ· ἀν δὲ τάχιον, καταβιβάζεται· προφανῆς δὲ ὁ λόγος ἐκ τῶν εἰρημένων περὶ τῷ τῶν δευτέρων λεπτῶν ἐκκρεμῆς (Φυσικ. 252. κτλ.).

141. Τῶν ἄλλων τῶν αὐτῶν μερόντων, τὰ ὠρολόγια, ὧν τὸ ἐκκρεμῆς = 3 ποσί, εἰσὶν ἀκριβέστερα τῶν ἄλλων· αἱ γὰρ ἀναλικνήσεις, καὶ τοὶ ἀλλήλαις ἄνισοι, γράφουσαι τόξα 4°, ἢ 5°, ἴσον σχεδόντι διαρκῆσι (Φυσικ. 256)· τοιῦτον ἄρα ἐκκρεμῆς δεξιώτατόν ἐστι τὴν ἐν τῷ πολυτροχίῳ τῆς κινήσεως ἀνωμαλίαν διορθώσασθαι. Τὸ δ' ὠροσκόπιον τῷ ὠρολογίῳ διενήνοχε τῇ τε κινήτικῃ αἰ-

τία ἐ τῷ τῆς κινήσεως διευθετητῆ· ἐν μὲν γὰρ τῷ ὠρο-  
 λογίῳ ἢ κινῆσα αἰτία σώμα ἐσι βαρὺ, ὃ διὰ κλειδίου,  
 ἐνειλιγμένον κυλίνδρῳ τῷ Α, διήκοντι διὰ τῆ ἄξονος τῆ  
 πρώτης τροχῆ, μεταδίδωσι τῆς ἑαυτῆ ἐνεργείας τῆς μέ-  
 χρι τῆ ἐσχάτης τροχοῦ· τῷ δ' ὠροσκοπίῳ ἔξ' ἢ κινῆσα  
 αἰτία, ἔτε μὲν ὃ διευθετητῆς ὑπάρχεισι σώματα βαρέα.

142. Ἀκρον τὸ ο ἐλατηρίου (α. 82), τῆτ' ἐσι τε-  
 τάλῃ παραλληλογραμμειδῆς, ἐκ χάλυβος προσαρμύζε-  
 ται τῷ εὐλάῳ ΑΒ τῆ ΓΔ κυλίνδρῳ, θάτερον δὲ αὐτῷ  
 τῷ κυλίνδρῳ· διὰ κλειδῶς δὲ τῆς ΕΖΘ περιστρέφουσι τῆ  
 ἄξονα ΘΗ τῆ κωνοειδῆς σώματος ΘΗΙΤ· ἄλυσις δὲ χυ-  
 λυβίνη, ἧς τὸ μὲν τῶν ἄκρων τῷ κυλίνδρῳ συγκολλη-  
 ται, θάτερον δὲ τῷ κωνοειδεῖ σώματι, ἐνελισσομένη τῆ  
 τῆ κωνοειδῆς σπείρα, καταναγκάζει τὸν ΓΔ κύλινδρον πολ-  
 λάκις περιφέρεισθαι περὶ τὸν ἀκίνητον ἄξονα ΑΒ· ταιγαρῶν  
 τῆ κατὰ τὸ ἐλατήριον ἄκρον ρ ἀναγκασμένον ὑπὸ τῆ σημείῃ  
 τῆ κυλίνδρου, ὡ συγκολληθῆται, περιφέρεισθαι περὶ τὸν ἄ-  
 ξονα ΑΒ, θάτερον δὲ τῆ ο συγκολλημένον τῷ ἄξονι Α  
 Β, τὸ ἐλατήριον ἀναγκάζεται πολλάκις περὶ ἑαυτὸ περι-  
 εχεθῆναι· καλεῖται δὲ τῆτο τῆ ὠροσκοπίῳ ἄνοδος τῆ  
 δ' ἐλατήριον, ἔτω συνθλιβόμενον, σπεῦδον ἐξελιχθῆναι,  
 ἀναγκάζει τὸν κύλινδρον περιφέρεισθαι κατὰ τὴν φοράν Δ  
 Γ, τὴν ἐναντίαν τῆ, κατ' ἢν κεκίνηται ὑπὸ τῆς ἀλύσεως  
 διὰ τῆς κλειδῶς· ἐντεῦθεν ἄρα ὁ κύλινδρος, ἔλκων τὴν ἄ-  
 λυσιν ΓΔΤΙ, κινεῖ μὲν τὸ κωνοειδῆς σώμα ΘΗΙΤ, συγκι-  
 νεῖ δὲ ἐ τὸν τροχὸν ΠΞ, ὅστις κινεῖ ἅπαν τὸ πολυτρο-  
 χικῶν· διότι δὲ τὸ σώμα κωνοειδῆς ἐστίν, ἀλλ' ἢ κυλιν-  
 δροειδῆς, εἴρηται (64).

143. Βυλομένοις δὲ τὸ ὠροσκοπίον ἐγκόλπιον ἀπ-  
 εργάσασθαι, ἀντι ἐκκρεμῆς διαρρήεντος τὴν κίνησιν, ἀντείσ-

ακτέον κύκλον, ὅς, ὀδόντος ἐνὸς παρερχομένου, ἅπαξ ἀναλικνεῖται, αἱ δ' ἀναλικνήσεις, ἐν μεγάλῳ τόξῳ κύκλου γινόμεναι, πλείον διαρκῆσιν, ὅταν ὡσι μείζους· ἀντὶ ὅτου δὴ πρὸς διόρθωσιν τῆς τῷ ὠροσκοπίῳ κινήσεως τίθεται τῷ διευθετητῇ νῆμα χαλύβος· ἐξ τάχιον μὲν, ἢ ὅσον ἀπόχρη, κινημένου τῷ ὠροσκοπίῳ, ἐπιμηκύνεται τὸ νῆμα, ἐξ τὸν διευθετητῆν ἀναλικνεῖσθαι ποιεῖ ἀναλικνήσεις μείζονος τόξου, ἐξ ἐπομένως μακροτέρας· βραδύτερον δὲ, ὑποσυσέλλεται τὸ νῆμα, ἵν' ἐκάσῃ ἀναλικνύσεως τῷ διορθωτῷ ἐλαττωμένης, προσυπελαττώται ἐξ ἢ αὐτῷ διάρκεια.

Ἐντε τῷ ὠροσκοπίῳ, καὶ τῷ ἐγκολπίῳ ὠροσκοπίῳ, ἢ αὐτῇ ἐσι κινητικῇ ἰσχύϊ· ἐλατήριον γὰρ ἐν ἐκατέρῳ· ἐπεὶ μέντοι τὸ ὠροσκοπίον ἢ φέρομεν ἐφ' ἑαυτῶν, διευθετητῆς αὐτῷ μένει τὸ ἐκκρεμές· ἐπεὶ δὲ πολλαχῶς ἐνεσι τὸ ὠροσκοπίον θεῖναι, ἐπὶ τραπέζης, ἐπὶ τῆς γῆς αὐτῆς κτλ. διὰ τῆτο τῷ ὠρολογίῳ ἐπίπροθεν ἀγασσι τὸ ὠροσκοπίον.

144. Ἀρετὴ δὲ παντὸς πολυτροχίῳ ἐσι ἄ. τῆς τῶν τροχῶν ὀδόντας ἀκριβῶς τοῖς ἄξοσιν ἐναρμόζεσθαι· β'. τὰς αἰς οἱ τῶν τροχῶν ἄξονες εἰσέρχονται, ὅπας μὴ λίαν εἶναι μεγάλας· γ' ἐξωμαλισμένα εἶναι ἅπαντα τὰ ἐν αὐτῷ ἕνεκα τῷ μὴ γίνεσθαι τριβῆν· δ'. τὴν ὕλην, ἐξ ἧς κατασκευάζεται, σερρῶν ὑπάρχειν ἐξ ἀκαμπτου.

Τὸ πρῶτον τέτων ἀναγκαιότατον ὑπάρχει ἀναμφισίως ἐν παντὶ πολυτροχίῳ εἶδει· ὅτι προτέρημα πρώτισον ἐν αὐτοῖς πάντα τὰ τῷ ἔργῳ μέρη προσφύεσθαι ἀλλήλοις προσεναρμόζεσθαι· τὸ δὲ δεύτερον ἐπίσης ἀναγκαιον· ἄλλως γὰρ κλονοῖντ' ἂν οἱ τῶν τροχῶν ἄξονες, ἐξ ἕτως ἐκάσῃ τῶν κατὰ τῆς τροχῆς ὀδόντων προσφυῶς μὴ ἐμπίπτοντος τοῖς τῶν ἄξόνων ὀδοῖσι, δυσχερῶς ἀποτελεῖ.

ται ἢ κίνησις, πολλάκις δὲ ἐπαύεται· ἢ δὲ τριβὴ ἀπομειοῖ τὴν ἰσχύϊν τῆς δυνάμεως· διὸ ὡς οἴοντες μειωτέον αὐτὴν τρεῖσιν παντοίοις· τὸ δὲ τέταρτον ἐν μὲν τοῖς ὠρολογίοις ἐν ὠροσκοπίοις, ὧν ἔργον ἐστὶ κίνησιν εὐτακτῆ ἐὸμαλὴν ἀπεργάσασθαι, εὐμαρῶς εὐρίσκεται· δυσχερῶς δὲ ἐν τοῖς παγκρατίοις, δι' ὧν, ὡς εἴρηται, βαρέα σώματα αἴρουν (123)· εἴαν ἔν μὴ πάντα τὰ μέρη τῆ παγκρατίε σκληρὰ ὡς ἐκκεντρα, οἱ μὲν ἄξονες λιγυροῦνται, οἱ δ' ὀδόντες θραυροῦνται, τὸ δ' ὅλον ὄργανον τῆ δυνάμει ἀντικείμεται· πολλῶν γὰρ ἐδει τῆ ταύτης συναντιλαβεῖσθαι· ἀλλ' ἡμῖν ὕλη, ἐξ ἧς τὰ τοιαῦτα κατασκευάζεται, ξύλα ἕσα ἐσὶ σίδηροι, ἐσὶ τὰλλα μέταλλα, σώματα δηλονότι κατὰ τὸ μᾶλλον ἐν ἥττον παμπτόμενα ἐθλιβόμενα (Φυσ. 320), ἕκ ἂν ἐχέγγυος γένοιτο τῆ διὰ τῶν παγκρατίων ἅπαν σώμα, ὅσον ἂν εἴη βαρὺ, ἀνασπᾶσαι, ἐν ἀναίρειν· χρήσιμα μὲν γὰρ τὰ παγκρατία γίνονται μέχρι τινὸς ὀρίου βάρους, αὐξομένης τῆς κατὰ τὴν δυνάμιν ἰσχύος· ἄχρηστα δ' ἐπέκεινα τούτου, τῆς ὕλης ἐγγίει τὸ βάρους ἀδυνατύτης.

145. Τὸ ἄρα εἰρημένον περὶ τῆ εἰς ἀνάσπασιν τῆς γῆς δεξιῆ παγκρατίε (134) καίτοι δεδειγμένον ἀκριβῶς ὡς πρὸς τὴν ἰσχύϊν τῆς δυνάμεως, καὶ τὸν αὐτῆς πρὸς τὴν ἀντίσπασιν λόγον, ἀδύνατον μὲντοι ἐκτελεσθῆναι, ἔχ' ὅπως χήτει ὑπομοχλίε, ἀλλὰ ἐν ὕλης ἀκρίμπτει, ἐξ ἧς ἂν συντεθείη τὸ παγκρατίον.

146. Ἀλλὰ ἐν τούτῳ παρατηρητέον, ὅτι ὅσῳ μικρότεροι εἰσιν οἱ τῶν τροχῶν ἄξονες, τοσούτω ἥττον ἐθλίβονται, ἐν οἱ τροχοὶ ἥττον ὑποκείμενοι κλονισμῶς τε ἐν διαθοροῖς· ὅθεν συναγεται τὰ ἐγκλίπια ὠροσκοπίε



παρὰ τὴν τῆ μεταφέρεσθαι εὐκόλως χρησιμότητα, καὶ  
φερρότερα γίνονται.

Ἐν γένει δὲ, ὅσῳ πολυσύνθετός ἐστιν ἡ μηχανή, το-  
σούτῳ πλείονι φθορᾷ ὑπόκειται· ἐπεὶ γὰρ ἡ τῆς δυνάμεως  
ἐνέργεια μεταδίδεται ἐκ διαδοχῆς ἅπασιν τοῖς τῆς μηχαν-  
ῆς μέρεσι μέχρι τῆς ἀντιστάσεως, τὸ ἐνὸς μόνου μέρους  
πάθημα πᾶσαν καταργεῖ τὴν μηχανήν· ἀλλ' ὅσῳ πλείω  
τὰ μέρη, τοσούτῳ πιθανώτερον ἐν τέτων παθήματι τινὶ καθ-  
υποπεσεῖν, ἐντεῦθεν ἄρα συνάγεται ῥᾶσα, α'. ὡς, εἴπερ ὠ-  
ρολογίε, μόνως τὰς ὥρας σημαίνοντος, κρείττον ἐστὶ τὸ  
πάντοτε μέρη τῆ χρόνου ἐμφαίνον, δεῖ μὲν τοι εἰδέναι, ὅτι  
τῆτο ἐκεῖνον κινδυνεύει μᾶλλον διαφθερῆναι· β'. ὅτι ἔδει  
ἀνάγκης ἀνευ πολλαπλασιάζειν ἐν τοῖς ὠρολογίοις τῆς  
τροχῆς· βύλομαι φέρε τροχόν τινα περιφέρεσθαι ἅπαξ,  
τῆ πρὸ αὐτῆ δωδεκάκις περισρεφομένον· τυτὶ ἔν ποιῆσαι  
δύναμαι, ἤτοι τῷ καινῷ τροχῷ δωδεκαπλασίως ὀδόντας  
ἐνεργασάμενος τῶν τῆ κατὰ τὸν πρὸ αὐτῆ ἄξονος, ἢ  
χρησάμενος τροχῷ ἄλλῳ μεταξὺ τῆ πρώτου ἢ τῆ δευτέρου  
κειτομένον μετ' ἄξονος ἄλλου, ὥστε τῆς μὲν ὀδόντας τῆ με-  
ταξὺ τροχῆ τριπλασίως εἶναι φέρε τῶν τῆ ἄξονος τῆ  
πρώτου τροχῆ, τῆς δὲ ὀδόντας τῆ τρίτου τετραπλασίως  
τῶν τῆ ἄξονος τῆ μεταξὺ τεθέντος τροχῆ· ἀλλ' ἀδιάφο-  
ρον ἄλλως ὄν, πρὸς μέντοι τὸ ἀκινδυνώτερον ἀνθαιρετέον  
εἰς τῆ λαβεῖν τρεῖς τὸ δύο.

147. Τὸ δὲ τῶν ὠρῶν κατὰ τε ψύχη ἢ θάληπη διά-  
φορον τὴν τῶν ὠρολογίων κίνησιν ἀδιαλείπτως ἀλλοιοῖ·  
ἢ γὰρ ὀφόμεθα ἐν τοῖς ἐφεξῆς, ὅτι θέρμη μὲν αὖξει,  
διασέλωσα τὸν ὄγκον τῶν σωμάτων, ἐψύχος δὲ μειοῖ, συ-  
σέλωσιν· κατὰ ταύτην ἔν τὴν ἀρχὴν, τὴν ἀπειραριθμοῖς  
μοντὸν κεκυρωμένην πειράμασιν, ἢ θέρμη αὖξει τῆς ἄξονος·

Τόμ. Ε'.

Ο

διασέλωσα δὲ τὴν ὕλην, ἐξ ἧς σύγκεινται αἱ τὰς ὀπὰς ἔχεται μετάλλιναι πλάκες, ἐλάττωι τὰς τῶν ὀπῶν διαμέτρους· ἢ κεν ἐν ταῖς ὀπαῖς κατασκευασθέντες οἱ ἄξονες, ἵνα περιέχωνται, πλείονα τριβὴν κατανικῆσαι ἀναγκάζονται· ἐντεῦθεν ἄρα· α'. ἡ θέρμη βραδύνει τὰ ὠρολόγια· β'. τὰς ὀπὰς κατασκευασθέντος τοσαύτας τῷ μεγέθει, ὥστε τὰς αὐτῶν διαμέτρους ὑπερέχειν τι τῶν κατὰ τὴν ἄξονα, μὴ μείναι παρά πολὺ μείζους (144)· γ'. τὰ κενὰ τῶν ὠρολογίων, ἐν οἷς αἱ ὀπαὶ ἀκριβέστεραί εἰσιν, ὑσερῶσι τῷ δέοντος χρόνῳ, καὶ μάλιστα ὥρα θέρους. Ο' δ' εἰρηται περὶ τῶν ἄξόνων τῶν εἰς τὰς ὀπὰς εἰσερχομένων, ἐννοητέον καὶ περὶ τῶν κατὰ τὴν τροχῶν ὀδόντων· εἰ γὰρ ὀδὸς τροχῶ ἀκριβῶς πληρῆ τὸ μεταξὺ δυοῖν τῶν ἄξονος ὀδόντων κενόν, μικρόν τι θάλαρος αὐξήθην σμικρυνεῖ μὲν τὸ τῷ κενῷ πλάτος, μεγαλυνεῖ δὲ τὸν τῷ ὀδόντος ὀγκον· ὁ ἄρα ὀδὸς ἢ μὴ εἰσελεύσεται εἰς τὸ κενόν, ὅτι μὴ βία, καὶ αὐθις ἔτις ἐξελεύσεται κατακρατηθεὶς μικρόν· ὑσερήσει ἄρα καὶ ἔτις τῷ δέοντος χρόνῳ τῷ ὠρολογίῳ ἢ κινήσει.

148. Τὸναντίον δὲ τὸ ψύχος, συσέλωσεν καὶ συμπυκνῶσεν τὴν τῶν μεταλλίνων πλακῶν καὶ ἄξόνων ὕλην, ἐλάττωι μὲν τὴν ἐκάστη ἄξονος διάμετρον, μεγαλύνει δὲ τὰς τῶν ὀπῶν· τηρικαῦτα δὲ τῶν ἄξόνων ἐλάττωσεν τῶν ὀπῶν ἐπιφανείας ἐπιφανούντων, καὶ ἤττωι τριβὴν ἀπαντώντων, ἢ κινῶσα αἰτία ῥᾶσιν τὸ πολυτρόχιον κινεῖ· καὶ ἐκ τούτου ἢ τῶν ὠρολογίων κινήσεις μᾶλλον τῷ δέοντος ταχύνεται.

Εἶπομεν ἤδη, ὡς, μεγάλων ἔσῶν τῶν ὀπῶν, οἱ ἄξονες κλωνεῖται (144), καὶ μέγα ἐμπόδιον ἐκ τούτου τῇ κινήσει ἐπισυμβῆναι δύναται· τούτι ἄρα ἐπισυμβαίνει χειμῶνος ὥρα ψυχρῆ, καὶ μάλιστα τοῖς παλαιαῖς ὠρολογίοις, ἂν ἢ.

τε τριβὴ ἡλάττωται λίαν ἢ αἱ ὀπαὶ ἐμεγεθύνθησαν. αὖξει δὲ τὸ ὑπερβάλλον ψύχος τὰς ὀπάς ἢ τῷ ἐλαττώσει τὰς τῶν ἄξόνων διαμέτρους· ὁ δὲ τροχὸς τῷ ἄξονος τύτῃ ῥᾶσα κλονεῖται· ἐντεῦθεν δυνατόν τὸν ὀδόντα μὴ ἐμπίπτειν τῷ μεταξὺ κενῷ τῶν τῷ ἄξονος ὀδόντων, ἀλλ' ἐπ' αὐτὸν τὸν τῷ ἄξονος ὀδόντα· κἀντεῦθεν ὑσερεῖν τῷ δέοντος χρόνῳ τὸ ὠρολόγιον· οἱ μὲν ἔν τὰς τῶν ὠρολογίων ἀνιχνεύσαντες κινήσεις, ἢ τὴν προτεθείσαν τῆς Φυσικῆς ἀρχῆν ἀποδεχόμενοι, ταχύνεσθαι ἢ ἐπιβραδύνεσθαι τὰ ὠρολόγια διὰ τε τὴν θέρμην ἢ τὸ ψύχος συνομολογῆσιν· οἱ δὲ μὴ προχόντες τὸν νόον τῆ ῥηθήσει ἀρχῆ, μηδὲ τὰς συζολὰς ἢ διαζολὰς τῶν μετάλλων ἔντε θέρμην ἢ ψύχει συνεωρακότες, τὴν τῷ ὑκαλείφοντος ἐλαίῳ πῆξιν αἰτιῶνται τῆς ἐν ψύχει γινομένης προβάσεως· σμικρύνονται γὰρ ἔτι αἱ ἀναλικνήσεις, ἢ δὴ ἤττον διαρκῆσι· τῆτο μὲν ἔν ὡς ἔχ οἶόν τε ποιεῖν τὴν τῶν ὠρολογίων πρόβασιν ἤμισα ἀρησόμεθα· ὅτι δὲ ἢ μόνον, τῆτ' ἔσιν, ὅπερ ἔδαμῶς ἀποδεξόμεθα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΚΑΤΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ.

### Περὶ Ὀδομέτρων.

149. Τὸ δυοῖν τόπων Α, Β ἀπόστημα ἐπὶ πίνακος γεωγραφικῆ δια γραμμῆς εὐθείας εὐρίσκεται· ἵνα μέντοι ἀπὸ τοῦ Α μεταβῶμεν ἐπὶ τὸ Β πολλὰς ἀνόδοις ἢ καθόδοις, ὅτι πλείσταις ἀπαντήσομεν ἀνωμαλίαις· ἢ δὴ ὁ τῆς ἀμάξης τροχὸς ἐφαρμόσεται τὴν περιφέρειαν ἀπάσαις ταῖς ἐφεξῆς κειμέναις ἐπιφανείαις τῶν ἐπιπέδων· ἢ κ-

οὖν ὁ τοῦ τροχοῦ ἄξων, ἔξ ὃ ἀρματηλάτης αὐτὸς, ἀλλὰ ἔξ οἱ τὸ ἄρμα ἔλκοντες ἵπποι, ἀπανονιστοτάτην καμπύλην γράψουσιν· εἰάν οὖν ἐπισηθῆ γραμμὴ εὐθεῖα τοὺς Α, Β τόπος ἐπιζευγνῦσα, οἷα ἐσὶν ἢ ἐπὶ τοῦ γεωγραφικοῦ πίνακος, ἢ ἀληθῆς γραμμὴ, ἣν ἀρματηλάτης γράφει δι' ὅλης τῆς ὁδοπορίας, αἰεὶ σχεδὸν ἀποσῆσεται, οὖν μὲν εἰς δεξιά, οὖν δὲ πρὸς ἀρισεράν, ἔξ ὅτε μὲν πρὸς τὰ ἄνω, ὅτε δὲ πρὸς τὰ κάτω, τῆς ἐπιζευγνυμένης εὐθείας· ἔξ αἰεὶ μείζων ἐκείνη ταύτης ἔσαι, ἔξ διπλάσιος, ἢ καί τι πλέσι ἐκείνης εἶναι δυνήσεται.

Πῶς ἔν ἄρα διοριθεῖ τὸ ἀληθὲς διάστημα τὸ ὑπὲρ τῆς διαφορατικῆς διακυσθῆν; τῆ ὀργυμᾶ; ἀλλὰ α. ἢ πρᾶξις ἔσαι πολυχρόνιος· β. καὶ αὐτὴ ἢ ὀργυμᾶ, εὐθεῖα γραμμὴ ἔσαι, ἐδύναται μετρῆσαι τὰς κωλύσεις ἔξ κωλύσεως τῆς ὁδοῦ· ἔλαττον ἄρα τῆ ὀργυμᾶ μετρηθήσεται, ἢ ὅταν τῷ διαφορεύσῃ διήνυσαι· ἀλλὰ τῷ χρόνῳ; ἀλλὰ τῶν ταχυτήτων τῶν ἀμαξῶν, τῶν φερόντων ζώων, αὐτῶν τῶν πεζῶν περιπατούντων, ποικιλλομείων, ἀδύνατόν ἐστι συναγαγεῖν τὸ πραγματικὸν μῆκος τῆς προκειμένης ὁδοπορίας.

Ἀλλὰ γὰρ ἐκ ἄντικ ἐῖποι ὅσης ἂν πληρωθεῖ τῆς ἡδοῆς ὁ ὁδοπόρος, εἴπερ δυνήθει ἐπὶ ὀργάνῳ τινὸς ἀναγνώσκῃν ἐφ' ἐκάστῳ λεπτοῦ α. τὴν ἐν τῷ τῷ λεπτοῦ τοῦ ἄρματος ταχύτητα· β. πόσον τῆς ὁδοῦ ἔωθεν διήνυσεν, ἢ ἐξ ὅτε ἀπῆρε τῷ τόπῳ Α, ἢ, εἰ βεληθει, δι' ὅλε μῆκος, ἐνιαυτῶν, κτλ.· εἰάν ἔν τριετότι ὀργανον τὸν, ἣν διανύει ὁ ὁδοπόρος, καθήμενος ἐπὶ τῆς ἀμάξης, καταμετρεῖ ἀκριβῶς ὁδόν, ἔξ μᾶλλον, ἢ εἴπερ τῆ ὀργυμᾶ χρῆσαιτο, ἢ ἀληθῶς παντὸς λόγου ἄξιον τὸ ὀργανον κριθεῖν, ἄλλως τε καὶ ὀλίγης πρὸς κατασκευὴν δέσῃ.

το τῆς δαπάνης; τῆτ' ἔσιν ἔν, περὶ ἧ ἡμῖν ἐνταῦτα ὁ λόγος, τὸ ὀδόμετρον.

150. Εἶδομεν ἐν τῇ Γεωμετρῖᾳ (364. Τόμ. Β΄.) ὅπως ἄντις ἀπλῶς ἐν εὐθείᾳ γραμμῇ μετρήσεις τὴν περιφέρειαν κύκλου, οἷον τροχῆ ἀρματεῖς· εἰάν γὰρ τροχὸς ὁ ΑΓΔΕ (σχ. 83) ἐκκυλιθῆ ἐν ἐπιπέδῳ τῷ ΑΖΑ'', ὡς ἅπαντα τὰ τῆς αὐτῆς περιφέρειᾶς σημεῖα ἐκ διαδοχῆς ἐφαρμολῆναι τοῖς κατὰ τὴν γραμμὴν ΑΖΑ'' σημεῖοις, δῆλον ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν σημείων τῆς περιφέρειᾶς ΑΓΔΕ ἀκριβῶς ἰσωθήσεται τῷ ἀριθμῷ τῶν σημείων, ἐξ ὧν σύγκριται ἡ γραμμὴ ΑΖΑ'', ἡ ἀπολαμβανομένη ἀπὸ τῆς σημείου Α, τῆς σημειωθέντος ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὑπὸ τῆς κατὰ τὴν περιφέρειαν ΑΓΔΕ σημείου Α, ἢ ἀπὸ τῆς σημείου Α'', τῆς σημειωμένου ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιπέδου, ὅταν αὐτὸ τὸ σημεῖον Α τῆς περιφέρειᾶς ἐφάπτηται τῆς ἐπιπέδου ΑΖΑ''. Τῆτι τούτων ἀκριβῶς ἐπισυμβαίνει τῇ περιφέρειᾳ ΑΓΔΕ τροχῆ ἀρματεῖς· τῆ γὰρ ἄξονος Β τῆς τροχοῦ κατὰ τὴν γραμμὴν ΒΟΠ = ΑΖΑ'' φερομένη, ὡσαύτως δὲ ἢ τῆς ἀρματηλάτου, ὁ τροχὸς ΑΒΓΔΕ περιφέρεται διὰ τὴν τριβὴν μόνην, ἢ περὶ ἅπαντᾶ ἐπὶ τῆς ΑΖΑ'' ἐπιπέδου ἕκασον τῶν ἐφεξῆς κειμένων αὐτῆς σημείων Α, Δ κτλ.· εἴπει γὰρ ἡ τῆς τροχῆ ἀκτὶς ΒΑ παρὰ πολὺ ἐστὶ μείζων τῆς τῆς ἄξονος ἀκτίνος Βτ, ἢ τριβῆς, ἢ περὶ ἅπαντᾶ ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὁ τροχὸς, ἐφαρμοζομένη τῷ τῆς ΒΑ ἀκτίνος ἀκρῷ, ὑπερνικήσει τὴν ἀντίστασιν τῆς τριβῆς, ἢ περὶ ὁ τροχὸς ἅπαντᾶ κατὰ τὸ τ, ἢ ἀναγκάσει ταύτην τὴν ἀντίστασιν τ περιφέρεσθαι περὶ τὸ τῆς ἄξονος κέντρον Β ὡς περὶ ὑπομόχλιον, εἰ μόνον τὸ τῆς τροχῆ εὐκίνητον διατηροῦτο, ἀλειφομένῳ ἐνίοτε τῆς ἄξονος ἢ τῆς κοίλου τροχῆ ἔλαιώδει ἢ ὀλιωθῆρα ὕλη· ἔτως ἔν ἕκασον σημεῖον τῆ

ΑΓΔΕ τροχῷ ἐφαρμοσθήσεται ἐκάσῳ σημείῳ τῶν ἐν τῇ γραμμῇ ΑΖΑ'' τῷ, ἐφ' ᾧ ἐκκυλίεται ἐπιπέδῳ· σημείον δὲ τῆς κυκλικῆς περιφερείας τὸ Α ἢ μὴ ἐφαρμοσθήσεται κατὰ τὸ ἐφεξῆς δυοῖν συνεχέσι σημείοις τῆς εὐθείας ΑΖ Α''· ἢ δεήσει τήνικαῦτα τὸ Α σημείον διολιθῆσαι πρὸς τὸ θ ἄνευ περιφοράς τῷ τροχῷ· δεήσει ἄρα τὴν ἐν τῷ Α τῆς τριβῆς ἀντίστασιν ἀφνευεσθῆναι γενέσθαι τῆς ἐν τῷ τ' τῷτι μέντοι ἔδεπτε ἐπισυμβαίνει τοῖς τροχοῖς, παχέσιν, ὅσον ἀπόχρη, κατασκευαζομένοις.

Ὡσαύτως ἔδεπτε συμβήσεται δύο συνεχῇ τῷ τροχῷ σημεία Α, ν ἐφαρμοσθῆναι τῷ αὐτῷ τῷ ἐπιπέδῳ σημείῳ Α· τῷτι δὲ γενήσεται, εἴπερ, τῷ ἄρματος ἄφνω τῆς κινήσεως παυομένῳ, ὁ τροχὸς ΑΓΔΕ, τὸ ἐνδόσιμον τῆς κινήσεως ἔχων, δύο ἐφεξῆς σημεία τὰ Α, ν περιστρέψει περὶ τὸ αὐτὸ σημείον Α τῷ ἐπιπέδῳ· ἐπεὶ μέντοι διὰ τὸ ἐνδόσιμον τῆς κινήσεως τὰ σημεία Α, ν διολιθῶσιν ἐπὶ τῷ ἐπιπέδῳ, ὑπερνικήσουσιν ἄρα τὴν τῆς τριβῆς ἀντίστασιν, ἢ περὶ ὁ τροχὸς ἐπὶ τῷ ἐπιπέδῳ ἀπαντᾷ, ὅπερ ἔχ' οἶοντε· τοιγαρῶν ἄρματος ταχυτῆτι μεγάλη φερομένῳ, καὶ ἄφνω σῆ, οἱ τροχοὶ αὐτῷ ἢ περιστρέφονται περὶ τὸν ἄξονα, τῷ ὑποκειμένῳ σημείῳ τῆς γῆς ἐπισηριζόμενοι. Συμβαίνει ἀλλ' ἔν ε' ὅτε τὸν τροχὸν ἐν τῷ ὑπερβαίνειν λάκκον τινὰ τῆς γῆς ἐν ἀέρι ἀπαρτᾶσθαι· τήνικαῦτα τοῖνον, εἴποιτις ἂν, τὸ αὐτῷ σημείον Α διὰ τὴν τῆς μεταβάσεως τῷ ἄρματος κίνησιν ἀντιστοιχῆσει πολλοῖς ἐφεξῆς τῆς γῆς σημείοις Α, θ· ἀλλ' ἐν τῷ τῷ χρόνῳ, ὅς αἰέσειν ἐλάχιστος, ὁ τροχὸς ΑΓΔΕ, ἔχων τὸ ἐνδόσιμον τῆς περὶ τὸν Β ἄξονα κινήσεως ἐκ τῷ πρώτῳ χρόνῳ, οὐ σῆσεται· ἐπιπατήσας δ' αὐτῷ τῇ γῇ κατὰ τὸ Ι, ἐπιβῆσει τῷ σημείῳ Ι τὸ σημείον υ τῆς ἑαυτῆ α.

ψίδος, ὡς εἶπερ ἐκινεῖτο παραλλήλως τῷ ἐπιπέδῳ ΑΖΑ'',  
 καὶ τῷ ὄντι ἐφῆρμιζε τὰ πρότερα σημεῖα Α, γ τοῖς τῆς  
 γῆς προτέροις σημείοις Α, θ. σαφὲς ἄρα ἐκ τῶν εἰρη-  
 μένων ὅτι ἡ ΑΖΑ'' γραμμὴ, ἡ ἐπὶ τῆς γῆς δι' ἀρματεῖς  
 τροχῶ γραφομένη, ἀπαξ περιενεχθέντος, ἰσῆται τῇ γραμ-  
 μῇ ΒΟΠ, ἣν διανύει ὁ ἀρματηλάτης ἐν τῷ τῷ χρόνῳ.

151. Ἐσὼ νῦν πολυτρόχιον τὸ ΑΒΓΔ (σχ. 40),  
 τροχῶ προσηρμοσμένον ἀρματεῖω τῷ Π, ὅς ἐχέτω ἦλον,  
 δι' ἧς ὁδὸς εἰς ὁ τ τῆ κατὰ τὸ πολυτρόχιον τροχῶ Α διέρ-  
 χοῖτο ἐν ἐκάσῃ περιφορᾷ τῆ ἀρματεῖς τροχῶ. τελευταίην  
 δὲ, ἵν' εὐρωμεν ὄρον παραθέσεως, ὅς τότε πρᾶγμα εὐ-  
 ληπτότερον ἀπεργάσεται, καὶ τὸν ὑπολογισμὸν ἐξευμαρ-  
 σαι, ἔστω ἡ ὅλη ἀψὶς τῆ ἀρματεῖς τροχῶ Π = 10 ποσί,  
 καὶ ἐκασὸς μὲν τῶν τῆ πολυτροχίω τροχῶν ἐχέτω ὀδόντας  
 100, ἐκασὸς δὲ τῶν ἀξόνων, 10· τῶν τεθέντων ἐκ  
 τῶν, ὧν εἰρήκαμεν (184), ἀναγκαίως τὰ ἐφεξῆς ποριωθή-  
 σονται.

152. α'. Ἐκασὸν τῶν τῆ τροχῶ Α διαβημάτων,  
 τῶν ἐσὶν ἐκάστῃ παρέλευσις ὀδόντος, δυνησεται πόδας  
 δεκά· καὶ ἐπομένως ἕκαστον μὲν τῶν τῆ Β τροχῶ διαβημά-  
 των δυνησεται πόδας 100, ἕκαστον δὲ τῶν τῆ Γ, 1000·  
 ἕκαστον δὲ τῶν τῆ Δ, 10000, καὶ ἐφεξῆς ὡσπύτως· τρι-  
 γαρῶν τῶν ἐφεξῆς κειμένων τροχῶν τὰ διαβήματα συγ-  
 κροτήσεσι τὴν ἐφεξῆς γεωμετρικὴν πρόοδον P.

α'. τροχός· β'. τροχός· γ'. τροχός· δ'. τροχός· ε'. τροχός  
 10                      100                      1000                      10000                      100000  
 ε'. τροχός· ζ'. τροχός, κτλ.  
 1000000    10000000

153. β'. Ἐκασὸν ἄρα πρὸς τὸ δοκῶν λαμβανομέ-  
 νου τροχῶ διάβημα δυνησεται τὸ γινόμενον ὑπὸ τῆ πρώτῃ

ὄρα 10, ἢ τῆ πηλίκου 10, ὑψωθέντος εἰς βαθμὸν, ἐκδηλά-  
μενον ὑπὸ τῆ ἀριθμῆ τῶν ἠγυμένων τροχῶν (Συμβ. Λογ.  
269. Τόμ. Α΄.)· διάστημα ἄρα τῆ μὲν φέρ' εἶπεν πέμ-  
πτε τροχῆ δύναται =  $10 \times 10^4 = 10000$  ποσί· τῆ  
δ' ἐβδόμῃ =  $10 \times 10^6 = 10000000$ .

γ'. Περιφορὰ ἄρα ὅλη τῆ τροχῆ Α ἐμφαίνει  $10 \times$   
 $100 = 1000$  ποσί, τῆ δὲ Β, 10000, τῆ δὲ Γ, 100000,  
ἢ ἕως ἐφεξῆς· ὅθεν αὖ πρόεισιν ἡ ἐφεξῆς Γεωμετρικὴ  
πρόοδος

περιφ.	περιφ.	περιφ.	περιφ.	περιφ.
τῆ α' τροχ.	τῆ β'.	τῆ γ'.	τῆ δ'.	τῆ ε'.
1000 ποδ.	10000 π.	100000 .	1000000 .	10000000
περιφ.				
τῆ ς' κτλ.				
100000000.				

δ'. Τῆς κοινῆς Λεύγης τῶν Γαλατῶν δυναμένης =  
2282 ὀργυαίς, τῆς δ' ὀργυαῖς = 6 ποσί, ἡ Λεύγη δύ-  
ναται = 13692 ποσί· ἀναχθήσεται ἄρα εἰς Λεύγας ὁ  
ἀριθμὸς τῶν ποδῶν ὁ ὑπὸ τῶν τροχῶν ἐμφαινόμενος, δι-  
αιρεθεὶς διὰ τῆ ἀριθμῆ 13692· περιφορὰ ἄρα μία τῆ τε-  
τάρτε τροχῆ, εἴτ' ἔν ὁ ἀριθμὸς 1000000, διαιρεθεὶς διὰ  
τῆ 13692, παρέχεται Λεύγας 73  $\frac{1}{2}$  ὡς ἔγγιστα.

ε'. Εἴαν ἔν τῷ τετάρτῳ τροχῷ δείκτης, οἷος ὁ τῶν  
ὠρολογίων, προσαρμοσθῆ, ἢ ὁδοδείκτης κληθῆ, ἢ ὑπ'  
αὐτὸν ἀβάκιον τετμημένον εἰς μέρη ἰσάλληλα 73, ἕκα-  
στον τέτων διαλύων ὁ ὁδοδείκτης, σημανεὶ ὁδὸν Λεύγης μιᾶς.

ς'. Περιφορᾶς μιᾶς τῆ τετάρτε τροχῆ ἐμφαινέσης  
Λεύγας 73, περιφορὰ μία τῆ τρίτε ἐμφαίνει  $\frac{1}{3}$  Λεύ-  
γας, περιφορὰ δὲ μία τῆ δευτέρου,  $\frac{1}{2}$ · περιφορὰ μόντοι  
τῆ πέμπτε δυνήσεται  $73 \times 10 = 730$  Λεύγαις, περι-



φορὰ δὲ τῆ ἑκτῆ 7300, τῆ δὲ ἑβδόμῃ 73000, ἢ ἑφεξῆς ὡσαύτως· εἰ δὲ τὴν ἀκρίβειαν ζηρώμεθα τῶν διαστημάτων, τὸ κλάσμα  $\frac{7}{25}$  πολλαπλασιασθήσεται μὲν ἐπὶ 10 ἐν τῷ πέμπτῳ τροχῷ, ἐπὶ δὲ 100 ἐν τῷ ἕκτῳ κτλ., τὸ δὲ γινόμενον ἐν τῷ ἕκτῳ ἔσται = 4 λεύγαις, ἃς προσθεῖναι δεῖ ταῖς 7300· ὅθεν δῆλον τὸ  $\frac{7}{25}$  λεύγης κατὰ λοιπὸν παρορᾶν ἐξέσθαι.

154. ΠΡΟΒΛΗΜΑ Α'. Εὕρετεν διὰ τῆ ὁδομέτρου τὸ ἀληθὲς διάστημα, ὅπερ τῷ ὄντι ὁδοιπόρος διφρεύων διαβύει, ἴν' ἐκ τῆ τόπῃ Μ ἐπὶ τὸν τόπον Ν ἀφίκηται.

ΛΥΣΙΣ. α'. Ἀπάραις ἐκ τῆ τόπῃ Μ, τιθείτω τῆς ὁδοδείκτας πάντων τῶν τροχῶν ἐπὶ τῆς Ο κορυφῆς τῆ κυκλικῆ ἄεακος· β'. ἀφικόμενος δὲ ἐπὶ τὸν τόπον Ν πολλαπλασιασάτω τὸν ἀριθμὸν, ἐφ' ᾧ εὔρε τὸν ὁδοδείκτην τῆ ἑχάστη τροχῆ ἐπὶ τὸν τῶν ποδῶν ἀριθμὸν, ὃν δύναται διάστημα αὐτῆ τῆ τροχῆ ἐν κατὰ τὴν προεκτεθεισάν γεωμετρικὴν πρόοδον Ρ· γ'. ἐφ' ἑκάστῃ τῶν ἑφεξῆς πρὸς τὰ λαϊὰ κειμένων τροχῶν, πολλαπλασιασάτω μόνον τὸν ὑπὲρ τὸν 10 ἀριθμὸν, ὃν ἐμφαίνει ὁ τῆ τροχῆ τῆδε ὁδοδείκτης, ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν ποδῶν, ἕως ἐν τῇ προόδῳ Ρ δύναται ἕκασον διάστημα αὐτῆ, ἀφαιρῶν πάσας τὰς δεκάδας, ἃς ἐμφαίνει ὁ ὁδοδείκτης· δ'. συναψάτω πάντα τὰ γινόμενα· τὸ δὲ ἄθροισμα ἐμφανεῖ τὸ ἀληθὲς διάστημα, ὃ διήτυσεν ὁ ὁδοιπόρος, ἴν' ἐκ τῆ Μ ἐπὶ τῆ Ν γένηται.

Τὰ δὲ τῆς πράξεως ταύτης σαφηνιθήσεται διὰ τῶν ἑφεξῆς δύο ὑποδειγμάτων· ἐχέτω γὰρ τὸ ὁδομέτρον τροχῆς τέσσαρας· κ, ὁ ὁδοιπόρος, ἀπαίρων ἐκ τῆ Μ, τιθείτω πάσας τῆς ὁδοδείκτας ἐπὶ τῆς Ο κορυφῆς τῆ ἄεακος ἑκάστη τροχῆ· φθάσας δὲ εἰς τὸν τόπον Ν, ὁρᾷ τὸν ὁδοδείκτην τῆ τετάρτῃ τροχῆ Δ ἀντιστοιχῶντα τῷ 80· ἐπεὶ δὲ ἕκασον

διάστημα τῆ τετάρτη ὁδοδείκτη κατὰ τὴν πρόοδον Ρ δύναται πόδας 10000, πολλαπλασιασάτω 10000 ἐπὶ 80· τὸ δὲ γινόμενον 800000 ἐκδηλοῖ, ὅτι πόδας 800000 διήνυσεν ὁ ὁδοπόρος, ἔν' ἐκ τῆ Μ ἐπὶ τὸν Ν τόπον ἀφίκηται.

Ἐὰν ὁ τῆ τρίτη τροχῆ Γ ὁδοδείκτης ἀκριβῶς ἢ ἐπ' ἀριθμῶ δεκάδας ἐμφαίνοντος, εἴτ' ἔν' ἐπὶ 10, ὁ ὁδοδείκτης τῆ τετάρτη τροχῆ Δ ἐπισήσεται ἀκριβῶς ἐπὶ μονάδα, φέρ' εἰπεῖν, ἐπὶ 81· ταῦτ' ὁ ἀναγκαιῶς γίνεται, ὅτι 10 διαστήματα τῆ προτέρα δείκτη Γ ἰσοδυναμῶσιν ἀκριβῶς ἐνὶ τῶν τῆ ἐφεξῆς δείκτη Δ· ἐντεῦθεν ἄρα α'. ὅταν δείκτης τις ὁ Γ πρὸς τὰ λαιὰ ἀκριβῶς ἢ ἐπὶ δεκάδος τινός, φέρ' εἰπεῖν ἐπὶ τῆ 30, ἔθεν ὅλως ὑπολογισέον ἐπὶ τῆ τῆ τροχῆ, εἴγε τῶν δεκάδων ἐκάστη ἠρίθμηται ἤδη ἐπὶ τῆ ἐφεξῆς τροχῆ Δ, ἐφ' ἧ ἐκάστη τῶν προτέρων δεκάδων εἰσι διαστήματι ἰσοδυναμῶσιν τῶν ἤδη πολλαπλασιασθέντων· β'. εἰ μὲνται ὁ πρότερος τροχὸς Γ ἢ ἐπὶ τῆ 35 φέρ' εἰπεῖν, ἀφαιρετέον τὸν 30, ὅς ὑπολελόγισαι ἐν τοῖς 3 διαστήμασι τῆ ἐφεξῆς τροχῆ Δ· κ' πολλαπλασιασέον τὰς 5 μονάδας ἐπὶ τὸν 1000, ὅς τις ἐν τῆ πρόδῳ Ρ ἐμφαίνει, πόσας πόδας δύναται διάστημα τῶν τῆ τρίτη τροχῆ Γ, κ' συναπτέον τὸ γινόμενον 5000 τοῖς 800000 ποσῖν, οἷ περ εὔρηται ἐπὶ τῆ τετάρτη τροχῆ Δ· ταῦτ' ὁ ἐννοητέον κ' περὶ παντὸς ἄλλης τῶν πρὸς τὰ λαιὰ τροχῶν, παραβαλομένη πρὸς τὸν ἐν τοῖς δεξιοῖς αὐτῆ πρότερον. Ο. Ε. Π. κ' Δ.

155. ΤΠΟΔΕΙΓΜΑ Β'. Ἐῶσ' ὁ μὲν ὁδοδείκτης Δ ἐπὶ τῆ 45 καίτι πρὸς· ὁ δὲ Γ ἐπὶ τῆ 57 καίτι πρὸς, ὁ δὲ Β ἐπὶ τῆ 74 καίτι πρὸς· τελευταῖον δὲ ὁ Α ἐπὶ τῆ 47.

α'. Οὖν πολλαπλασιασθήτω 45 ἐπὶ 10000· ὅθεν πρόεισι 450000· β'. πολλαπλασιασθήτω 7 ἐπὶ 1000· ὅθεν προκύπτει 7000· γ'.  $4 \times 100 = 400$ · δ'.  $7 \times 10 =$

70· τὸ δὲ ἄθροισμα 457470 ἐμφάνει τὸ διανυθὲν τῶν ποδῶν διάστημα.

156. ΠΟΡΙΣΜΑ Α'. Δήλον δὲ, ὅτι ἡ ἄρτι ἀποδομένη θεωρία ἀμετάτρεπτος ἔσται, ὅσοις ἂν εἴη ὁ τῶν τροχῶν ἀριθμὸς· αἶτι γὰρ 10 διαστήματα τῶν πρὸς ἀρισερὰν τροχῶν ἰσοδυναμῆσιν ἐνὶ τῶν τῆ πρὸς δεξιὰν ἐφεπομένα· καὶ ληφθείσης ἀπαξ τῆς δυνάμεως ἐκάστη διαστήματος τῶν τῆ δὲ τῆ ἑκάστη τροχῆ, καὶ ἐπομένως ἐκάστης δεκάδος διαστημάτων τῶν τῆ ἠγασμένα, ἕδεν λοιπὸν ἢ λαβεῖν τὸν ἀριθμὸν τῶν διαστημάτων τῆ πρὸς ἀρισερὰν ἐπομένα τροχῆ τὸν ὑπὲρ τὰς δεκάδας· ἔστω γὰρ πολυτρόχιον, ἐξ ἑπτὰ συγκείμενον τροχῶν· καὶ ὁ μὲν ὁδοδείκτης τῆ ἰσδόμῃ ἔστω ἐπὶ τῆ 50, ὁ δὲ τῆ ἕκτη ἐπὶ τῆ 8 (ὡς γὰρ ἐκ τῶν εἰρημένων δήλον γίνεται, καλῶς ἂν ποιήσαιμεν, τὰς δεκάδας μὲν παρορῶντες, μόναις δὲ ταῖς μονάσι τὸν νῦν προσέχοντες)· ὁ δὲ τῆ πέμπτη ἐπὶ τῆ 7, ὁ δὲ τῆ τετάρτη ἐπὶ τῆ 9, ὁ δὲ τῆ τρίτη ἐπὶ τῆ 3, ὁ δὲ τῆ δευτέρα ἐπὶ τῆ 6, ὁ δὲ τῆ πρώτη ἐπὶ τῆ 2· τῆς δὲ ἀριθμὸς τῆτοις λαμβάνομεν πρὸς τὸ δοκῆν, ἵνα μόνον τὴν τῆ ὑπολογισμῶ μέθοδον σαφηνίσωμεν.

Ἐν ἔν διαστήμα τῆ ἰσδόμῃ τροχῆ κατὰ τὴν πρόοδον P δύναται πόδας 10000000· ἄρα  $50 \times 10000000 = 500000000$ · διάστημα δὲ τῆ ἕκτη δύναται 1000000· ἄρα  $8 \times 1000000 = 8000000$ · διάστημα δὲ τῆ πέμπτη δύναται 100000, ὅς ἐπὶ 7 πολλαπλασιασθεὶς ποιεῖ 700000, καὶ ἐφεξῆς ὅτω· συναφθέντων δ' ἀπάντων, εὐρίσκονται πόδες 508793620.

157. ΠΟΡΙΣΜΑ Β'. Δυνατὸν δὲ διὰ τῆ ὁδομέτρου κατιδεῖν α'. τὴν ταχύτητα τῆ ἄρματος ἐν χρόνῳ δεδομένῳ, διαιρῶντας τὸ διανυθὲν διάστημα, ὅπερ ἐμφαίνει τὸ ὁδομέτρον, διὰ τῆ δαπανηθέντος χρόνου· β'. δυνατὸν κατασκευά-

σαι πίνακα ἀκριβῆ τῶν ἀποσημάτων διαφόρων κυριωτέρων τόπων χώρας τινός · γ'. μετὰ πολυχρόνιον ὁδοιπορίαν εὐρεῖν τὸ ἔλον διάστημα τὸ διανυθέν.

158. ΠΡΟΒΛΗΜΑ Β'. Τῆ ὁδομέτρῳ, ὡς προδεδεικται, κατασκευασμένῳ, εὐρεῖν πόσων δεῖται τροχῶν, ἔν ᾧ ἔχατος ἀπαξ περιενεχθῆ, τῆς περιφέρειας τῆ μεγάλης τῶν ἐν τῇ γῆ κύκλων ὅλης περιπατηθείσης, ἐν ὑποθέσει τῆ γῆν περιπατεῖν πανταχῶ, ὑδαμῶ δὲ θάλασσαν.

ΛΥΣΙΣ. Ἡ εἰρημένη τῆς γῆς κυκλικὴ περιφέρεια ἔστι = 9000 λεύγαις · ἐὰν ᾖν 10 λεύγαι τῆς ἡμέρας διανύονται, δεησόμεθα ἡμερῶν 900, εἴτ' ᾖν ἐνιαυτῶν περίπε  $2\frac{1}{2}$  · ἀλλ' εἶδομεν (153. σ'), ὅτι περιφορὰ μία τῆ τετάρτῃ κύκλῳ δύναται λεύγαις 73, τῆ δὲ πέμπτῃ 730, τῆ δ' ἕκτῃ, 7300, τῆ δ' ἑβδόμῃ, 73000 · α'. ἄρα περιφορὰ μία τῆ ἕκτῃ τροχῶ σημαίνει περίπε  $\frac{1}{4}$  τῆς κατὰ τὴν γῆν περιφορᾶς · β'. περιφορὰ δὲ τῆ ἑβδόμῃ ἕχ' ὅλην, ὅκτω τῆς γῆς περιφορᾶς, καὶ ἐπομένως ὁδὸν ἐνιαυτῶν πέντε, διανυομένῳ ἐκείνης ἡμέρας λευγῶν δέκα.

159. ΣΧΟΛΙΟΝ. Ἡ κατασκευὴ τῆ ἕκτεθέντος ὁδομέτρῳ ἀπλυσάτη τε καὶ εὐχερεςάτη ἐστίν · εἶγε α'. πάντες οἱ τροχοὶ καὶ οἱ ἄξονες καὶ οἱ ὁδοδείκται καὶ οἱ ἄβαντες ὁμοιοὶ ὑπάρχουσι · β'. σφρόντητος μεγάλης τῆς τῶν μερῶν μηχανῆς ἢ ἐστὶ χρεία · ξύλινοι γὰρ τροχοὶ τὴν χρείαν πληρῶσιν, εἰ μόνον ἀλλήλαις προσφυῶς ἐναρμόζοιντο · τὸ ἄρα πολυτρέχιον τῆτο ἀπλυσάτόν τε ἐστὶ, καὶ ὀλίγης προφυλακῆς χρῆζον, καὶ μὴν καὶ μικρᾶς δαπάνης πρὸς κατασκευάσιν.