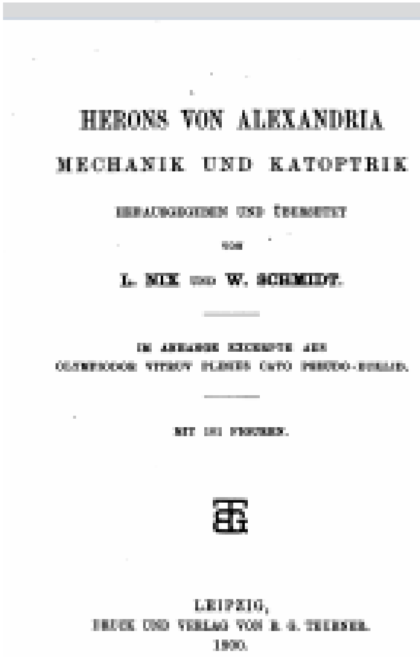
Ο ΒΑΡΟΥΛΚΟΣ ΤΟΥ ΗΡΩΝΟΣ ΒΙΒΛΙΟ 1$^{\text{Ο}}$

Ο Βαρουλκός του Ήρωνος του Αλεξανδρινού περιλαμβάνει 3 βιβλία.

Εδώ παρουσιάζω το 1$^{\text{ο}}$ βιβλίο. Θα ακολουθήσουν το 2$^{\text{ο}}$ και το 3$^{\text{ο}}$ βιβλίο.

Ο Βαρουλκός καλύπτει μια εισαγωγή στη στατική και στην κινηματική. Παρουσιάζονται μερικές πρώιμες απόψεις για το κεκλιμένο επίπεδο, για την ισορροπία. Στο 2$^{\text{ο}}$ βιβλίο παρουσιάζονται οι 5 απλές μηχανές, όμως στο 1$^{\text{ο}}$ βιβλίο παρουσιάζονται μερικά θέματα για τροχαλίες το κεκλιμένο επίπεδο και την κίνηση κοχλία και οδοντωτού τροχού. Ο Βαρουλκός σώθηκε κυρίως από αραβικά χειρόγραφα, αλλά υπάρχουν και ελληνικά αποσπάσματα.


HERONS VON ALEXANDRIA

MECHANIK UND KATOPTRIK

HERAUSGEGEBEN UND ÜBERSETZT

VON

L. NIX UND W. SCHMIDT.

LEIPZIG,

DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.

1900.

Ο Βαρουλκός μελετήθηκε από τους L. Nix & W.Schmidt και παρουσιάζεται το αραβικό κείμενο και γερμανική μετάφραση. Ο συγγραφεύς του παρόντος έχει σε έντυπη μορφή τον Βαρουλκό όμως υπάρχει δωρεάν σε ηλεκτρονική μορφή από τα Google Books. Μια άλλη έκδοση είναι στη Γαλλική γλώσσα του ασιανολόγου μελετητή Carra de Vaux: L' Elevateur.(1894) που μπορεί να ληφθεί στην θέση: [HÉRON D'ALEXANDRIE : les mécaniques ou l'élévateur de Héron (traduction française) (remacle.org)]

HÉRON D'ALEXANDRIE

LES MÉCANIQUES.

OU

L'ÉLÉVATEUR DE HÉRON D'ALEXANDRIE,

PUBLIÉES POUR LA PREMIÈRE FOIS

SUR LA VERSION ARABE DE QOSTÂ IBN LÛQÂ

ET TRADUITES EN FRANÇAIS

PAR

M. LE BARON CARRA DE VAUX

LIVRE I

Οι Άραβες με την αντιγραφή του Ήρωνα ανέπτυξαν τη μηχανική π.χ.

Mohammed Abattouy (Université Mohammed V, Rabat): Sinan Ibn Thabit on the theory of simple machines στο περιοδικό:

AL-MUKHATABAT ISSN 1737-6432 Numéro-Issue 13 Janvier – January 2015

Πολλά από τα θέματα που αντιμετωπίζει ο Ήρων αναφέρονται και στην εφαρμοσμένη μηχανική όπου εξετάζονται τα φορτία σε στύλους.

ΠΑΥΛΟΣ ΜΙΧΑΣ

ΚΟΥΚΟΣ ΚΑΤΕΡΙΝΗ 30 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2023

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.

Α. ΗΡΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗ.

ΒΙΒΛΙΟ I,

(1). σύστημα γραναζιών και αξόνων προς

να σηκώσει ένα δεδομένο φορτίο με μια δεδομένη δύναμη

(2). Κίνηση εμπλεκόμενων γραναζιών 7

(3). Ισότιμη και αντίθετη κίνηση των ατόμων

Σημεία δύο ίσων συμπλεκόμενων αρσενικών

(4) Ίδιος τύπος κίνησης με άνισους τροχούς

(5) Κίνηση τριών και περισσότερων τροχών. κίνηση

(6). Κίνηση άνισων τροχών στον ίδιο άξονα στον ίδιο άξονα

(7) Ίση κίνηση άνισων τροχών στον ίδιο άξονα

(8) Ένα σημείο που κινείται σε δύο κινήσεις, καθεμία σταθερής ταχύτητας, μπορεί να επιστρέψει άνισες διαδρομές

(9) Λαμβάνοντας υπόψη ένα επίπεδο σχήμα, παρόμοιο

να κατασκευάσει σύμφωνα με μια δεδομένη αναλογία

(10) Για ένα δεδομένο σωματικό σχήμα ένα παρόμοιο

να βρεθεί σύμφωνα με τη δεδομένη αναλογία. . .

(11) Κατασκευή δύο μέσων αναλογικών . .

(12) Ορισμός της συνάφειας και της ομοιότητας.

(13) Ορισμός της ομοιότητας χρησιμοποιώντας το σημείο ομοιότητας

(14) Για κάθε δεδομένο επίπεδο σχήμα μπορεί να υπάρχει ένα παρόμοια σύμφωνα με τη δεδομένη αναλογία συν

(15) Όργανο για την κατασκευή παρόμοιων επιπέδων σχημάτων

(16) Μεταφορά ενός παρόμοιου επίπεδου σχήματος ένα άλλη θέση.

(17). Μεταφορά όμοιων τρισδιάστατων μορφών. .

(18). Όργανο για την κατασκευή όμοιων τρισδιάστατων μορφών.

(19) Συνέχιση. Κατασκευή τρισδιάστατων μορφών, κατασκευή κατοπτρικών εικόνων .... Κατασκευή τροχού με συγκεκριμένο αριθμό κεκλιμένων δοντιών σε ένα δεδομένο κοχλία εμπλοκής.

(20). Τα σώματα σε επίπεδα που μπορούν να κινηθούν με την ελάχιστη δύναμη. .

(21). Διαφορά μεταξύ της κίνησης του νερού και στερεών σωμάτων. Βοηθήματα για την κίνηση των τελευταίων.

(22) Ένα φορτίο μπορεί να προωθηθεί χωρίς μηχανή με μια δύναμη ίση με αυτό.

(23) Κίνηση κυλίνδρου σε κεκλιμένο επίπεδο προς α πάνω

(24). Βαρύτητα (κλίση) και κέντρο βάρους. Σημείο ανάρτησης και ισορροπία .

(25) Κατανομή φορτίων σε κολώνες: γενικά

(26) Η κατανομή ενός φορτίου σε 2-4 υποστηρίγματα εάν τα άκρα του φορτίου υποστηρίζονται.

(27) Μοίρασμα του φορτίου όταν το ένα άκρο υποστηρίζεται.

(28) Αλλαγή διανομής του φορτίου ανάλογα με την κατάσταση των στηριγμάτων. Λειτουργία του στηρίγματος ως υπομόχλιο

(29) Κατανομή του φορτίου στις κινούμενες δυνάμεις (π.χ. 2 άνδρες που κουβαλούν ένα φορτίο). Διαίρεση και ένωση δυνάμεων

(30) Κατανομή ενός φορτίου στα στηρίγματα όταν τα άκρα του στηρίγματος δε στηρίζονται.

(31) Κατανομή των δυνάμεων όταν εισάγεται ένα φορτίο.

(32) Ισορροπία του ζυγού με οποιαδήποτε αναρτώμενα φορτία.

(33) Ισορροπία σε μια ζυγαριά με ακανόνιστο σχήμα.

(34)Ισορροπία των φορτίων όταν κρέμονται στην περιφέρεια ενός δίσκου (τροχαλίας)

بسم الله الرحمن الرحيم ربّ يسّر بحمتك

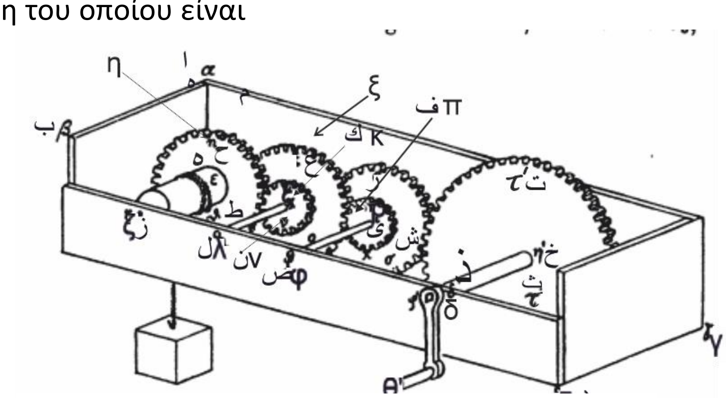
المقالة الأولى من كتاب أيرن في رفع الأشياء الثقيلة

أمر باخراجة من اللغة اليونانيّة الر اللغة العربيّة

أبو لعباس أحمد بن المعتصم وتولّى ترجمته قسطا
أبن لوقا البعلبكّىّ

[1]Θέλουμε να κινήσουμε ένα γνωστό βάρος με μια γνωστή δύναμη. Συναρμολογούμε μια κατασκευή που περιέχει δομές με δόντια, και δημιουργούμε ένα σταθερό σχήμα σαν κουτί και στα μακριά, παράλληλα τοιχώματά στηρίζονται παράλληλοι άξονες και η απόστασή τους είναι τέτοια ώστε τα δόντια να εμπλέκονται Η άκρη του οποίου είναι στα δόντια του άκρου, όπως θα δείξουμε.

Ας είναι αυτό το σχήμα ένα κουτί με ένα *αβγδ* πάνω του και ας έχει έναν ευκίνητο άξονα *εζ* του οποίου η κίνηση είναι ομαλή, και ας είναι στερεωμένος πάνω του ένας οδοντωτός τροχός, του οποίου η διάμετρος είναι *ηθ*, και ας είναι, για παράδειγμα,



Εικόνα 1 Ανύψωση βάρους με δύναμη=1/200 φορτίου

πενταπλάσια από τη διάμετρο του άξονα *εζ*. Γύρω από την κατασκευή μας θα μπορούμε να στηρίξουμε ένα βάρος που κρέμεται και που είναι χίλια τάλαντα, και η κινητήρια δύναμη που ασκεί ένας άνδρας ή ακόμη και ένα παιδί χωρίς μηχανικά μέσα, είναι πέντε τάλαντα. (*=1/200 του βάρους*) Όμως για να κινήσει κάποιος τον οδοντωτό τροχό *ηϑ* θα χρειαστεί μια δύναμη διακοσίων ταλάντων, καθώς η διάμετρος του άξονα είναι σύμφωνα με την υπόθεση μας το ένα πέμπτο του τροχού *εζ, (και αυτό το αποδείξαμε στην απόδειξη ας για τις πέντε απλές μηχανές).*Εμείς όμως δε διαθέτουμε μια δύναμη 200 ταλάντων και έχουμε στη διάθεση μας μόνο πέντε τάλαντα οπότε δε θα μπορέσουμε να τραβήξουμε το βάρος. Κατασκευάζομε άλλον ένα άξονα παράλληλο προς τον άξονα *εζ* δηλαδή τον άξονα *κλ* και έχουμε ένα οδοντωτό τροχό *μν* που εμπλέκεται με τον οδοντωτό τροχό *ηϑ*, και εάν στον άξονα *κλ* είναι στερεωμένος ένας άλλος τροχός, δηλαδή ο *ξο*, του οποίου η διάμετρος είναι πενταπλάσια από τη διάμετρο του *μν*, τότε είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσει για να κινήσει τον τροχό *ξο*, 40 τάλαντα δύναμης, γιατί το πέμπτο μέρος των 200 ταλάντων είναι 40 τάλαντα. Ας εμπλέκουμε περαιτέρω έναν άλλο τροχό στον τροχό *ξο*, δηλαδή τον τροχό *πχ*, ο οποίος είναι στερεωμένος σε έναν άλλο άξονα, δηλαδή τον άξονα *φι*, ας στερεωθεί ένας άλλος τροχός σε αυτόν τον άξονα, η διάμετρος του οποίου είναι πενταπλάσια της διαμέτρου του *πχ*, δηλαδή ο …

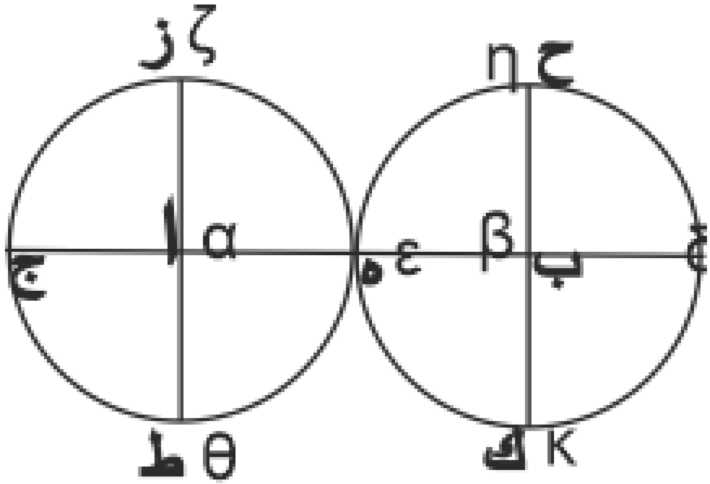
…τροχός *ρσ*, οπότε η δύναμη που κινεί τον οδοντωτό *ρσ* θα είναι 8 τάλαντα. αλλά η δύναμη που υιοθετήσαμε είναι μόνο πέντε τάλαντα.

Τοποθετούμε άλλον ένα οδοντωτό τροχό, δηλαδή τον τροχό *ττ* του οποίου η διάμετρος είναι το διπλάσιο της διαμέτρου του τροχού *ρ σ* και είναι στερεωμένος σε ένα άλλο άξονα, τον άξονα *η΄δ΄* και ο τροχός *ττ΄* χρειάζεται μια δύναμη τεσσάρων ταλάντων, έτσι υπάρχει ένα περίσσευμα δύναμης ενός ταλάντου, που χρησιμοποιείται για την υπερνίκηση της αντίστασης των τροχών που θα εμφανιστεί. Με αυτή την κατάσταση καταλαβαίνουμε: όταν και περιστρέφουμε τον τροχό *ττ΄*, περιστρέφεται ο άξονας *ήδ΄* με την περιστροφή του περιστρέφουμε τον τροχό *ρσ*, και έτσι περιστρέφεται ο άξονας *φι* και αυτός περιστρέφει τον τροχό *πχ˙* και εξίσου περιστρέφεται ο τροχός *ξο* και ο άξονας *κλ˙* κατά συνέπεια περιστρέφεται ο άξονας *εζ* και το νήμα που είναι τυλιγμένο στον άξονα και κατά συνέπεια σηκώνεται το φορτίο. Έχουμε λοιπόν με μια δύναμη πέντε ταλάντων την ανύψωση ενός φορτίου 1000 ταλάντων, μέσω του μηχανισμού που περιγράψαμε

[2] Περί των τροχών . Οι τροχοί που είναι στερεωμένοι πάνω σε άξονα, έχουν μια κίνηση που είναι πάντα προς μια κατεύθυνση, δηλαδή προς την πλευρά προς την οποία ο άξονας κινείται.

Οι τροχοί που βρίσκονται σε δύο άξονες κινούνται σε διαφορετικές κατευθύνσεις, ο ένας προς τα δεξιά και ο άλλος προς τα αριστερά. Αν οι δύο τροχοί είναι ίσοι θα ισούται η περιστροφή του ενός προς τα δεξιά με την περιστροφή του άλλου προς τα αριστερά και αν δεν είναι ίσοι αν ο ένας είναι μεγαλύτερος από τον άλλο , ο μικρότερος θα περιστραφεί τόσες φορές …

…. ώσπου ο μεγαλύτερος να προχωρήσει τόσο όσο ο μικρότερος.



Εικόνα 2 δύο κύκλοι που περιστρέφονται αντίθετα

[3] Για να εξηγήσουμε αυτά που αναφέραμε σ’ αυτήν την εισαγωγή, ας σχεδιάσουμε δύο ίσους κύκλους, τους *ηεκδ* και *ζγθε.* Τα κέντρα τους είναι τα σημεία *α* και *β* πέριξ των οποίων περιστρέφονται έχοντας αρχικά την επαφή τους στο σημείο ε. Ξεκινώντας έτσι που με μισή περιστροφή το σημείο *ε* του τόξου *εηδ* φθάσει στη θέση του σημείου *δ* που κινείται όπως το σημείο *γ* στο τόξο *γθε*. Τότε μπορεί να συμβεί τα σημεία να κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση και μερικές φορές να κινούνται προς αντίθετες κατευθύνσεις. Όσα βρίσκονται στην ίδια πλευρά κινούνται προς αντίθετες κατευθύνσεις, όσα βρίσκονται στις απέναντι κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Αλλά μπορεί να συμβεί σημεία που λέγεται ότι βρίσκονται σε αντίθετη κίνηση να πηγαίνουν προς την ίδια κατεύθυνση (και τα δύο προς τα πάνω ή και τα δύο προς τα κάτω).

Διότι αν τα σημεία κινούνται και η κίνησή τους ξεκινά από ένα σημείο, δηλαδή το σημείο ε, και σκεφτόμαστε δύο ευθείες *ζαθ* και *ηβκ* κάθετες στην ευθεία *γδ*, τότε η κίνηση στο τόξο *εζ* είναι αντίθετη από την κίνηση στο τόξο *εη*, αφού το ένα πηγαίνει δεξιά και το άλλο αριστερά. Η κίνηση μπορεί να γίνει…

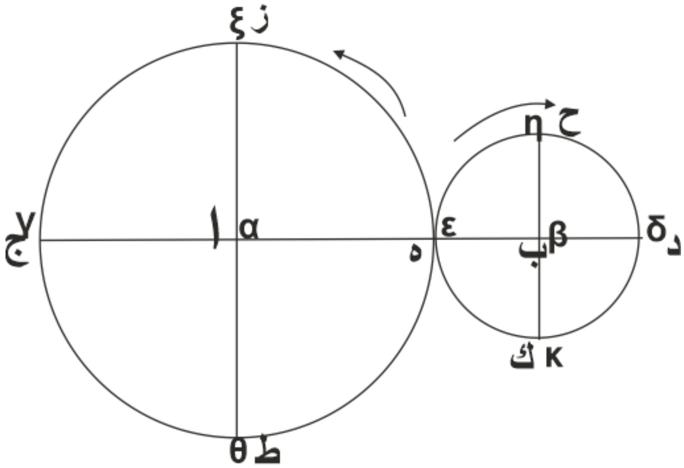
… και προς την ίδια κατεύθυνση αν θεωρήσουμε ότι οι αποστάσεις των σημείων είναι σταθερές από το *ζη* (κείμενο *ζκ*). Ομοίως αν η κίνηση στο τόξο *ζγ* και *ηδ* προς το γ και το δ συμβαίνει εξίσου. Το ίδιο πρέπει να υποθέσουμε και για τα τόξα *γϑ*, *δκ* και για τα τόξα *ϑε* και *κε*. Επίσης θα πρέπει να πούμε επίσης για τα τόξα *γϑ*, *δκ* και για τα τόξα *ϑε* και *κε*

Δηλώνουμε επίσης ότι μπορούν να κινηθούν προς την ίδια κατεύθυνση. Δηλαδή, ισχυριζόμαστε ότι τα σημεία δ ε κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση (αυτή τη φορά προς τα αριστερά) όταν το σημείο ε κινείται στο τόξο *εζγ* και το σημείο δ κινείται στο τόξο *δκε*, και η απόσταση τους από τα σημεία *ζ, κ,* καθώς και η προσέγγισή τους σε αυτά παραμένει η ίδια, ώστε η κίνηση να ονομάζεται αντίθετη (γιατί το ε ανεβαίνει, μετά κατεβαίνει, δ κατεβαίνει, μετά ανεβαίνει). Γι' αυτό το ίδιο και το αντίθετο είναι μόνο κάτι πρόσθετο και σε κάθε κίνηση πρέπει να διακρίνει κανείς το ίδιο και το αντίθετο. Αυτή η συζήτησή μας πρέπει να παρατηρηθεί στους ίδιους κύκλους.' αυτό είναι το ίδιο και στην αντίθετη περίπτωση και θα πρέπει να ξεχωρίσουμε κάθε κίνηση ως του ίδιου είδους ή του αντίθετου είδους. Όσο για τους διαφορετικούς κύκλους, θα το εξηγήσουμε στη συνέχεια.

4. Για τους διαφορετικούς κύκλους . Έστω τώρα ότι οι δύο κύκλοι δεν είναι ίσοι˙ και ότι τα κέντρα τους είναι στα σημεία *α* και *β,* και έστω επιπλέον ο μεγαλύτερος κύκλος έχει το κέντρο του στο σημείο *α* , οπότε με αυτούς τους κύκλους η σειρά δεν θα είναι τέλεια όπως με τους ίδιους κύκλους. Αν τώρα υποθέσουμε δύο σημεία τα οποία αφήνουμε να περάσουν από το σημείο ε και, για να δώσουμε ένα παράδειγμα, κάνουμε τη διάμετρο *γε* διπλάσια από τη διάμετρο *εδ*, τότε το τόξο *εζγ* θα είναι διπλάσιο από το τόξο *εηδ*, που το απέδειξε ήδη ο Αρχιμήδης. Τότε τον ίδιο χρόνο που το σημείο *ε* στην κίνησή του προς το γ διασχίζει το τόξο *εζ*, το σημείο *ε* θα διασχίσει το τόξο *εηδ* στην αντίθετη

κίνηση. Επιπλέον, τον ίδιο χρόνο που το σημείο ε, που ξεκινά από το ζ, στο οποίο το σημείο ε,…..

…. που αρχίζει στο ζ, διασχίζει το τόξο ζγ, το σημείο ε, που αρχίζει στο δ, διασχίζει το τόξο δκε και



Εικόνα 3 Άνισοι κύκλοι

φτάνει στο σημείο ε. Έτσι το σημείο που διασχίζει το τόξο εηδκε θα κάνει μια φορά την αντίθετη κίνηση του σημείου που διασχίζει το τόξο εζγ, την άλλη φορά θα είναι στο ίδιο σημείο. Επιπλέον, στον ίδιο χρόνο που το σημείο γ διασχίζει το τόξο γθε, το σημείο ε διασχίζει το τόξο εηδκε εν μέρει στην ίδια κατεύθυνση με το γ, εν μέρει στην αντίθετη κατεύθυνση.

Όταν λοιπόν το ένα τόξο είναι τριπλάσιο σε μέγεθος σε σχέση με το άλλο, ή σε μια άλλη σχέση με αυτό, θα δείξουμε ότι τα κινούμενα σημεία κατά ένα μέρος κινούνται κατά την ίδια κατεύθυνση, κατά ένα μέρος κατά την αντίθετη.

5. Αν φανταστούμε να τοποθετείται ένας τρίτος κύκλος, ο οποίος αγγίζει τον κύκλο με το κέντρο β, τότε αποδεικνύουμε για τον τρίτο κύκλο αυτό που αναφέραμε από τον πρώτο. Διότι εάν ο πρώτος κύκλος είναι σε κίνηση αντίθετη από αυτή του δεύτερου και ο δεύτερος κύκλος είναι σε αντίθετη κίνηση από αυτόν του τρίτου, η κίνηση του πρώτου κύκλου είναι ίση με αυτή του τρίτου.

Δηλαδή, αν κάτι βρίσκεται σε παρόμοια κίνηση με κάτι άλλο, αλλά αυτό κάνει μια κίνηση αντίθετη με κάτι τρίτο, τότε το πρώτο είναι σε κίνηση αντίθετη από το τρίτο.

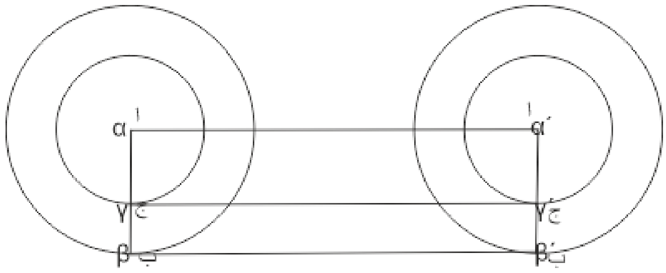
Αν υπάρχει και τέταρτος κύκλος, προχωράμε με τον ίδιο τρόπο. Γενικά, ό,τι συμβαίνει στους τρεις κύκλους θα συμβαίνει σε όλους τους περιττούς κύκλους, και ό,τι συμβαίνει με τους δύο κύκλους συμβαίνει σε όλους τους ζυγούς κύκλους.

Αλλά βλέπει κανείς όχι μόνο με δύο ή περισσότερους κύκλους ότι η κίνηση είναι άλλοτε ίση, άλλοτε αντίθετη, αλλά με έναν κύκλο βλέπει ότι το ίδιο σημείο κινείται άλλοτε προς μια κατεύθυνση, άλλοτε προς την αντίθετη κατεύθυνση. Γιατί αν κινηθεί σε οποιοδήποτε σημείο, η κίνησή του αρχίζει μέχρι να διασχίσει ένα ημικύκλιο. αν τώρα διατρέχει το δεύτερο 6ημικύκλιο, κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση.

6. Επιπλέον, οι μεγάλοι κύκλοι δεν είναι πάντα πιο γρήγορα από τους μικρούς, αλλά μερικές φορές οι μικρότεροι είναι πιο γρήγορα από τους μεγαλύτερους. Διότι όταν οι κύκλοι είναι στερεωμένοι σε έναν άξονα, οι μεγαλύτεροι κινούνται ταχύτερα από τους μικρότερους. Από την άλλη πλευρά, όταν οι κύκλοι είναι απομακρυσμένοι μεταξύ τους, αλλά στο ίδιο σώμα, δηλαδή όχι στον ίδιο άξονα, όπως συμβαίνει στα αμάξια με πολλούς τροχούς, οι μικροί τροχοί (κύκλοι) κινούνται πιο γρήγορα από τους μεγάλους, επειδή η κίνησή τους είναι ένα και το αυτό, και ταυτόχρονα κάθε ένα από αυτά κινείται (με την ίδια ποσότητα). Ως εκ τούτου, ο μικρότερος τροχός (κύκλος) πρέπει να κάνει πολλές στροφές πριν ο μεγαλύτερος κάνει μία, και επομένως ο μικρότερος είναι σε ταχύτερη κίνηση.

7. Μερικές φορές, όμως, η κίνηση του μικρότερου και του μεγαλύτερου κύκλου μπορεί να είναι ίσες, παρόλο που οι κύκλοι είναι κολλημένοι και περιστρέφονται γύρω από το ίδιο κέντρο. Ας

φανταστούμε δύο κύκλους συνδεδεμένους στο ίδιο κέντρο α, και ας δοθεί μια εφαπτομένη του μεγαλύτερου κύκλου, δηλαδή η ευθεία <u>*ββ΄*</u>. Αν συνδέσουμε και τα σημεία *α, β* τότε η ευθεία <u>*αβ*</u> είναι κάθετη στην ευθεία <u>*ββ'*</u> και η ευθεία <u>*ββ'*</u> είναι παράλληλη στην ευθεία <u>*γγ΄*</u> τότε η ευθεία <u>*γγ*</u>΄ είναι εφαπτομένη του μικρότερου κύκλου. Επιπλέον, αν τραβήξουμε μέσα από το σημείο α μια ευθεία παράλληλη προς αυτές τις ευθείες, δηλαδή την ευθεία <u>*αα΄*</u>, τότε, αν φανταστούμε τον μεγαλύτερο κύκλο να κυλά στην ευθεία <u>*ββ΄*</u>, ο μικρότερος κύκλος θα κυλήσει, προχωρώντας στην ευθεία ."Αν



Εικόνα 4

τώρα που ο μεγαλύτερος κύκλος έχει κάνει περιστροφή, βλέπουμε ότι και ο μικρότερος έχει κάνει περιστροφή, έτσι ώστε η θέση των κύκλων είναι αυτή των κύκλων των οποίων το κέντρο είναι στο α΄, και η θέση της ευθείας <u>*αβ*</u> είναι αυτή που καταλαμβάνει η ευθεία <u>*α΄β'*</u>. Επομένως η ευθεία <u>*ββ΄*</u> είναι ίση με την ευθεία <u>*γγ΄*</u>. Αλλά η ευθεία <u>*ββ'*</u> είναι η γραμμή στην οποία κυλάει ο μεγαλύτερος κύκλος όταν κάνει μία περιστροφή, και η γραμμή <u>*γγ'*</u> είναι η γραμμή στην οποία ….

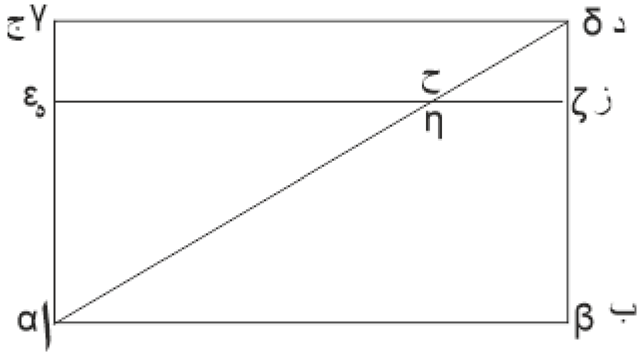
…ο μικρότερος κύκλος κυλιέται όταν κάνει μια στροφή, τότε η κίνηση του μικρότερου κύκλου είναι τόσο γρήγορη όσο αυτή του μεγαλύτερου, γιατί η ευθεία <u>*ββ΄*</u> είναι ίση με την ευθεία <u>*γγ΄*</u>. Αλλά πράγματα που διανύουν ίσες αποστάσεις σε ίσους χρόνους έχουν ίση ταχύτητα και ίση κίνηση.

Θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί ότι αυτή η πρόταση είναι παράλογη, αφού δεν είναι δυνατόν η περιφέρεια του μεγαλύτερου κύκλου να είναι ίση με την περιφέρεια του μικρότερου. Υποστηρίζουμε τώρα ότι όχι μόνο η περιφέρεια του μικρότερου κύκλου έχει κυλίσει στο χείλος <u>*γγ΄*</u>, αλλά ότι ο μικρότερος κύκλος διατρέχει τη διαδρομή του μεγαλύτερου, έτσι ώστε να αποδειχθεί ότι ο μικρότερος κύκλος έχει αποκτήσει την ίδια ταχύτητα μέσω δύο κινήσεις, όπως ο μεγαλύτερος.

Διότι αν φανταστούμε τον μεγαλύτερο κύκλο να κυλά, αλλά τον μικρότερο να μην κυλά, αλλά να κάθεται σταθερά στο σημείο *γ*, τότε θα καλύψει τη γραμμή *γγ΄* ταυτόχρονα, μετά βρίσκεται το Κέντρο *α* σε αυτό το διάστημα διανύει προς τα πίσω τη γραμμή *αα΄*. Αυτό όμως ισούται με τις δύο γραμμές *ββ΄* και γγ΄, τότε Επομένως, η εξέλιξη της ανάπτυξης του μικρότερου κύκλου δεν έχει σημασία για την κίνηση, και κατά συνέπεια το μήκος του τμήματος του μεγαλύτερου κύκλου είναι το ίδιο με αυτό που προχωρά ο μικρός κύκλος. γιατί βλέπουμε ότι το κέντρο, χωρίς να κυλάει, διανύει αυτήν την απόσταση, χάρη στην κίνηση στην οποία βρίσκεται ο μεγάλος κύκλος.

8. Τώρα, όσον αφορά την περίπτωση που ένα σημείο το οποίο εκτελεί δύο κινήσεις, καθεμία σταθερής ταχύτητας, μπορεί να καλύψει άνισες γραμμές, αυτό θα το αποδείξουμε τώρα. Ας υποθέσουμε *ένα* ορθογώνιο, δηλαδή το *αβγδ*, και έστω ότι η γραμμή *αδ* είναι διαγώνιος. Επιπλέον, αφήστε το σημείο *α* να κινείται με ομοιόμορφη κίνηση στην ευθεία *αβ* και η ευθεία *αβ* να κινείται με ομοιόμορφη κίνηση στις δύο ευθείες *αγ*, *βδ*, έτσι ώστε να είναι πάντα παράλληλη προς την ευθεία *γδ*. ας είναι ίδιος ο χρόνος στον οποίο το σημείο α μετακινείται προς το *β*…

…ο χρόνος που χρειάζεται η ευθεία *αβ* για να φτάσει στη *γδ*. Έτσι Ισχυρίζομαι ότι το σημείο *α* διασχίζει δύο άνισες γραμμές σε ορισμένο χρόνο. Απόδειξη αυτού: Εάν η γραμμή *αβ* κινείται ένα συγκεκριμένο χρόνο και η θέση της συμπίπτει με την ευθεία *εζ*, τότε το σημείο που μετακινείται στην ευθεία *αβ* έρχεται στην ευθεία *εζ* και εμφανίζεται μια σταθερή αναλογία. Ο λόγος της ευθείας *αγ* προς την ευθεία *αβ* δηλαδή προς την ευθεία *γδ* ισούται με τον λόγο της ευθείας *αε* προς την ευθεία που



Εικόνα 5 Για την εξήγηση της σύνθεσης ταχυτήτων

βρίσκεται μεταξύ του σημείου $\underline{\varepsilon}$ και του σημείου που κινείται σε αυτό. Αλλά η ευθεία $\underline{\alpha\gamma}$ σχετίζεται με την ευθεία $\underline{\gamma\delta}$ όπως η $\underline{\alpha\varepsilon}$ με την $\underline{\varepsilon\eta}$. Τότε το σημείο που κινείται στην ευθεία $\underline{\alpha\beta}$ συμπίπτει με το $\underline{\eta}$ στην ευθεία $\underline{\alpha\delta}$, που είναι η διαγώνιος. Ομοίως αποδεικνύομε ότι το σημείο που διατρέχει την ευθεία $\underline{\alpha\beta}$ προχωρά πάντα κατά μήκος της ευθείας $\underline{\alpha\delta}$, και ταυτόχρονα κινείται κατά μήκος των ευθειών $\underline{\alpha\delta}$ και $\underline{\alpha\beta}$. Ωστόσο, οι δύο ευθείες $\underline{\alpha\delta}$ και $\underline{\alpha\beta}$ είναι διαφορετικές, επομένως το σημείο που προχωρά με ομοιόμορφη κίνηση καλύπτει άνισες ευθείες ταυτόχρονα. Ωστόσο, όπως είπαμε, η κίνηση του σημείου στην ευθεία $\underline{\alpha\beta}$ είναι απλή, αλλά η κίνησή του στη διαγώνιο $\underline{\alpha\delta}$ είναι σύνθετη της κίνησης του $\underline{\alpha\beta}$ και τις δύο ευθείες…

… κινήσεις στις ευθείες $\underline{\alpha\gamma}$ και βδ και τις κίνησης του $\underline{\alpha}$ πάνω στην $\underline{\alpha\beta}$. Έτσι η κίνηση του σημείου $\underline{\alpha}$ μπορεί να αποδοθεί ως ομαλή κίνηση σε δύο άνισες ευθείες. ό.έ.δ.

Ο.ε.δ.

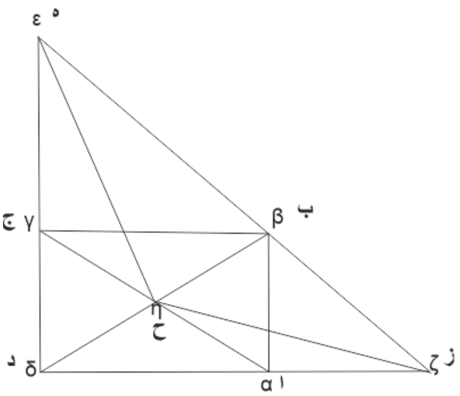
Σημείωση: εδώ έχουμε σύνθεση ταχυτήτων: η ταχύτητα $\vec{v}_{\alpha\delta} = \vec{v}_{\alpha\beta} + \vec{v}_{\alpha\gamma}$

9. Πώς να μπορεί κανείς επίπεδες ή τρισδιάστατες φιγούρες να τις μεγαλώσουμε ή να τις ελαττώσουμε κατά μια ορισμένη αναλογία, τώρα θέλουμε να δείξουμε ότι π.χ. να μπορεί κάποιος ένα πήχη (βραχίονα) να σχεδιάσει σε τρισδιάστατο ή επίπεδο σχήμα σύμφωνα με την ίδια αναλογία. Ας ασχοληθούμε πρώτα με τις φιγούρες του επιπέδου. Ας υποθέσουμε λοιπόν οποιαδήποτε γραμμή καθορίζεται ανάλογα με το είδος της. Ας βρούμε τώρα μια τέτοια γραμμή ώστε τα παρόμοια σχήματα που περιγράψαμε παραπάνω οι δύο γραμμές να βρίσκονται σε σχέση μεταξύ τους, ίση με τη γνωστή σχέση. Η γνωστή γραμμή βρίσκεται σε μια γνωστή σχέση με μια άλλη, και αν υποθέσουμε τη μέση αναλογία μεταξύ των δύο γνωστών ευθειών, τότε αυτή είναι η γραμμή που αναζητούμε. γιατί αν οι γραμμές είναι ανάλογες μεταξύ τους, η αναλογία της πρώτης προς την τρίτη είναι ίση με αυτή της πρώτης και δεύτερης

παρόμοια σχήματα που περιγράφονται σύμφωνα με την ομοιότητα.

10. Αλλά τώρα θέλουμε να βρούμε μια γραμμή έτσι ώστε οι τρισδιάστατες μορφές που περιγράφονται σύμφωνα με την ομοιότητά τους να βρίσκονται σε μια ορισμένη σχέση μεταξύ τους πάνω από τις δύο γραμμές. Ας υπάρχει λοιπόν μια γραμμή που σχηματίζει μια ορισμένη σχέση με μια άλλη γραμμή. Τώρα ας πάρουμε μεταξύ των δύο γραμμών δύο άλλες γραμμές σε συνεχή αναλογία, τότε η σχέση της πρώτης προς την τέταρτη είναι ίση με τη σχέση κάθε τρισδιάστατης φιγούρας που έχει κατασκευαστεί πάνω από την πρώτη με την παρόμοια τρισδιάστατη δομή που περιγράφεται παραπάνω στη δεύτερη σύμφωνα με την όμοια τρισδιάστατη φιγούρα.

11. Πως μπορεί κανείς να βρει δύο μέσες ανάλογες σε δύο δεδομένες ευθείες, θέλουμε των να το κάνουμε με η βοήθεια ενός εργαλείου με το οποίο δε χρειάζεται να έχουμε οποιαδήποτε τρισδιάστατη φιγούρα και θέλουμε να δώσουμε αυτήν την εύκολη μέθοδο.

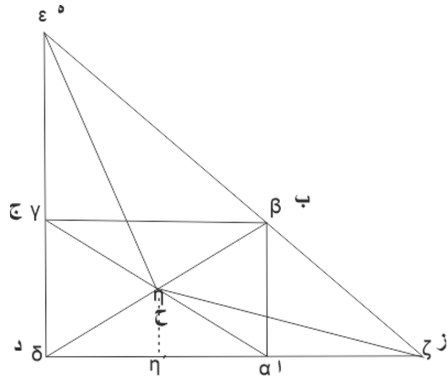


Εικόνα 6 Εύρεση μέσων ανάλογων

Έστω 2 δεδομένες ευθείες *αβ* και *βγ* οι οποίες είναι κάθετες μεταξύ τους και αυτές είναι οι των οποίων θέλουμε να βρούμε τις μέσες ανάλογες. Συμπληρώνουμε το ορθογώνιο *α β γ δ* οπότε σχεδιάζουμε τι ευθείες *δ γ* και *δ α* . Συνδέομε το *β* με ο *δ* και το *γ* με το *α*, και τοποθετούμε στο σημείο *β* ένα κανόνα (χάρακα) που κόβει τις ευθείες *δε* και *αζ,* και τον στρέφουμε μέχρις ότου τα τμήματα πάνω στην *δε* και στην *αζ* να είναι ίσα άρα οι ευθείς *εη* και *αζ* να είναι ίσες. Ισχυρίζομαι ότι οι ευθείες *αζ* και *γε* είναι και οι δύο οι μέσες….

… ανάλογες προς τις ευθείες *αβ* και *βγ,* και στο ότι η *αβ* είναι η πρώτη ανάλογος, η *αζ* είναι η δεύτερη ανάλογος,

η $\underline{γε}$ είναι η Τρίτη και η $\underline{βγ}$ είναι η τέταρτη ανάλογος.
Απόδειξη: Το τετράπλευρο $\underline{αβγδ}$ είναι ορθογώνιο, έτσι ώστε οι τέσσερεις ευθείες $\underline{δη}$, $\underline{ηα}$, $\underline{ηβ}$, και $\underline{ηγ}$ είναι μεταξύ τους ίσες, και η ευθεία $\underline{ηδ}$ είναι ίση με την $\underline{ηα}$, η ευθεία $\underline{ηζ}$ που σχεδιάζουμε ώστε



Εικόνα 7

[$\eta\zeta^2 = (\zeta\eta')^2 + (\eta\eta')^2 = (\delta\zeta - \alpha\delta/2\,)^2 + ((\alpha\eta)^2 - (\alpha\delta)^2/4)\ =$
$(\delta\zeta)^2 + (\alpha\delta)^2/4\ - \delta\zeta * \alpha\delta + (\alpha\eta)^2 - (\alpha\delta)^2/4$

$(\delta\zeta)^2 - \delta\zeta * \alpha\delta + (\alpha\eta)^2 = \delta\zeta * (\alpha\delta + \zeta\alpha) - \delta\zeta * \alpha\delta + (\alpha\eta)^2$

$$\eta\zeta^2 = \alpha\eta^2 + \zeta\alpha * {}'\delta\zeta$$

Ομοίως:

$$\eta\varepsilon^2 = \gamma\eta^2 + \delta\varepsilon * \varepsilon\gamma$$

*Αφαιρώντας κατά μέλη και λαμβάνοντας υπόψη ότι αη=ηγ έχουμε ζα*δζ=δε*εγ (ζα/εγ=δε/δζ)* άρα η γραμμή $εδ$ σχετίζεται με την $δζ$ όπως η $ζα$ προς την $γε$. Όμως η $εδ$ έχει ως προς την $δζ$ την ίδια σχέση με την $εγ$ προς την $γβ$ *(λόγω παραλληλίας)*. Οπότε η σχέση της γραμμής $ζα$ προς την $γε$ και της γραμμής $γε$ προς τη $γβ$ είναι όπως η σχέση της $αβ$ προς την $αζ$. (δηλ. $\frac{\alpha\beta}{\alpha\zeta} = \frac{\alpha\zeta}{\gamma\varepsilon} = \frac{\gamma\varepsilon}{\gamma\beta}$ $\quad άρα\ \alpha\zeta = \sqrt{\alpha\beta \cdot \gamma\varepsilon}\ \ \gamma\varepsilon = \sqrt{\alpha\zeta \cdot \gamma\beta}$) έχουμε λοιπόν βρεί και για ις δύο ευθείες $αβ$ και $βγ$ βρει μέσες ανάλογες τις ευθείες $αζ$ και $γε$ q.e.d.

12. Πως μπορεί κάποιος να μεγαλώσει ή να μειώσει σύμφωνα με μια ορισμένη αναλογία επίπεδες ή τρισδιάστατες φιγούρες, εξηγήσαμε μέχρι τώρα. Αλλά είναι επίσης πολύ απαραίτητο να επινοήσουμε μια μέθοδο για τα ακανόνιστα επίπεδα και τα τρισδιάστατα σχήματα, μέσω της οποίας είναι δυνατή η ίδια διαδικασία για εμάς. Εμείς…

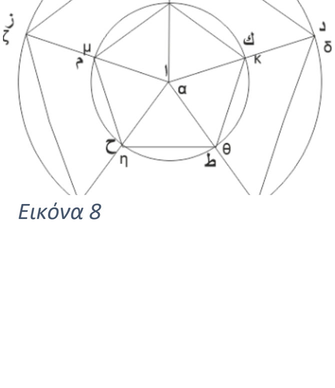
…όμως πρώτα θέλουμε να πούμε μερικά πράγματα για τη διευκόλυνση της αναγνώρισης· θα το ακολουθήσουμε με την απόδειξη αυτού.

Μπορούμε να πούμε ότι οι επίπεδες και οι τρισδιάστατες μορφές μπορεί να είναι κανονικές ή ακανόνιστες, είναι ίσα εάν ένα από αυτά μπορεί να περιγράψει ένα τέτοιο ευθύγραμμο σχήμα που να είναι το ίδιο και παρόμοιο με αυτό που περιγράφεται στο άλλο· και οι φιγούρες λέγονται ότι μοιάζουν μεταξύ τους, εάν οι ευθύγραμμες μορφές μπορούν να περιγραφούν σε ένα από αυτά με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να περιγραφούν όμοιες στο άλλο.

13. Όταν μια γραμμή κινείται γύρω από ένα σημείο, και αν κάποιος υποθέσει δύο σημεία σε αυτή την ευθεία, τα οποία διαιρούν την ευθεία από το σταθερό σημείο σύμφωνα με μια δεδομένη αναλογία, τότε τα δύο σημεία που κινούνται σε αυτήν την ευθεία θα καθορίσουν παρόμοια σχήματα. Εάν η γραμμή κινείται τώρα σε ένα επίπεδο, τα καθορισμένα στοιχεία γίνονται επίπεδα. Αν όμως η ευθεία δεν κινείται σε επίπεδο, αλλά σε τρισδιάστατο σώμα, τότε τα καθορισμένα σχήματα είναι τρισδιάστατα αν υποθέσουμε ότι τα σημεία, στην αμοιβαία γειτνίασή τους, περιγράφουν τις επιφάνειες των σχημάτων. Γιατί δεν υπάρχει τίποτα που να μας εμποδίζει να υποθέσουμε αυτήν την αρχή στην περίπτωση των λογικών πραγμάτων. αλλά στην περίπτωση εκείνων που μόνο σκεφτόμαστε, είναι ακόμα πιο αληθινό και σωστό. Από μια άλλη άποψη, τα σχήματα λέγονται όμοια εάν το ένα, αν κάποιος σύρει το ένα στο άλλο και πάρει ένα σημείο με τέτοιο τρόπο ώστε οι γραμμές που χαράσσονται από το σημείο στα όρια των σχημάτων, είτε είναι ίδιες ευθείες είτε επίπεδα, αναχωρούν από το σημείο (τα όρια των σχημάτων κόβονται σύμφωνα με αυτή την αναλογία.

14. Τούτου λεχθέντος, αποδεικνύουμε ότι σε κάθε δεδομένο σχήμα μπορούμε να βρούμε ένα παρόμοιο που έχει μια δεδομένη σχέση με αυτό. Αυτό το αποδεικνύουμε πρώτα για το επίπεδο. Ας υποθέσουμε ότι οποιαδήποτε ευθεία, δηλαδή η ευθεία *αβ*, είναι σταθερή στο σημείο α και κινείται σε ένα επίπεδο.

πάνω του υπάρχουν δύο σημεία, δηλαδή τα σημεία *β, η* που κινούνται με την ευθεία. Το σημείο *β* στο επίπεδο περιγράφει την (κυκλική) ευθεία *βγδεζ* και το σημείο η την (κυκλική) ευθεία *ηθκλμ*, άρα ισχυριζόμαστε ότι τα δύο (κυκλικά) σχήματα *βγδεζ* και *ηθκλμ* είναι όμοια μεταξύ τους.



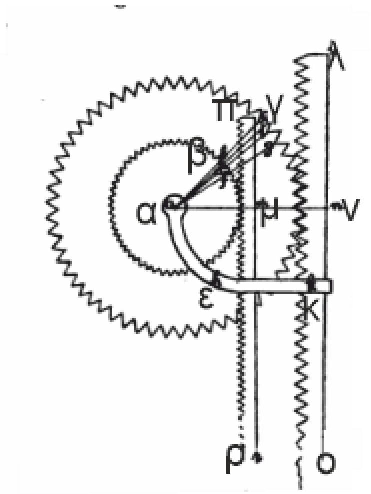
Εικόνα 8

Σχεδιάζομε την *βγδεζ* μια φιγούρα από ευθύγραμμα τμήματα και σχεδιάζομε επιπλέον την φιγούρα *ηθκλμ,* έτσι ώστε από το σημείο *α* να

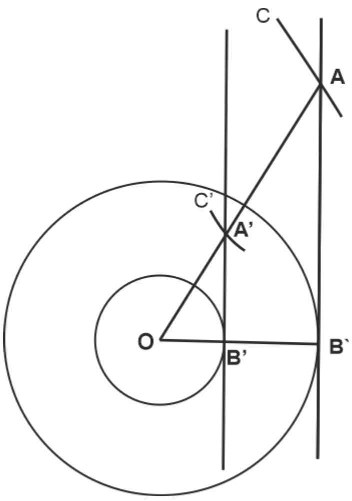
ΕΙΚΟΝΑ ΤΟΥ CARRA DE VAUX ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ: Αυτή η παράγραφος, πολύ μη ικανοποιητική και συνοδευόμενη από μια πολύ άκομψη εικόνα που αναπαράγουμε, δεν αφήνει τουλάχιστον καμία αμφιβολία ως προς την αρχή του οργάνου που περιγράφεται τόσο ατελώς. Έστω AC η δεδομένη καμπύλη, Ο το κέντρο της ομοιότητας, περιστρέφω τον κύκλο OB έως ότου η ευθεία BA συναντήσει κάποιο σημείο της καμπύλης και μετακινώ αυτή τη γραμμή προς τη δική της κατεύθυνση μέχρις ότου ένα ορόσημο που έχει τοποθετηθεί πάνω του συμπίπτει με το σημείο του καμπύλη. Η ευθεία A'B', εφαπτομένη στον κύκλο OB', ήρθε στην περιστροφή για να καταλάβει μια θέση παράλληλη με αυτή του AB. Το μετακινώ επίσης προς τη δική του κατεύθυνση έως ότου η αναφορά A', που φέρει, έρθει στην ευθεία που καθορίζεται από τα σημεία O και A. Τα σημεία αναφοράς A και A' περιγράφουν έτσι παρόμοιες καμπύλες που βρίσκονται μεταξύ τους σε αναλογία τις ακτίνες των κύκλων.

σχεδιάσομε ευθείες δηλαδή τις ευθείες που ήδη έχομε σχεδιάσει˙ και συνδέομε επιπλέον τα σημεία *ηθκλμ* έτσι ώστε ενώ οι ευθείες *βα*, *γα*, *δα*, *εα* , *ζα*, να τέμνονται με τον ίδιο λόγο σύμφωνα με την υπόθεση μας, ώστε από το ευθύγραμμο κυκλικό σήμα *βγδεζ* να παράγεται το άλλο κυκλικό σχήμα από ευθύγραμμα τμήματα *ηθκλμ*. Παρόμοια αποδεικνύομε ότι η φιγούρα *ηθκλμ* μπορεί να παραχθεί από κάθε φιγούρα *βγδεζ* καθώς τα σημεία `που παράγονται είναι όμοια

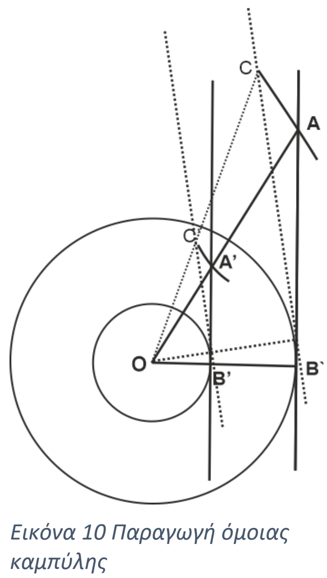
15. Ας δείξουμε τώρα πώς, με τη βοήθεια ενός οργάνου, μπορούμε να βρούμε, για ένα δεδομένο επίπεδο σχήμα, ένα σχήμα όμοιο με αυτό και σε μια δεδομένη σχέση με αυτό. Ας φτιάξουμε δύο ισοδύναμους στρογγυλούς οδοντωτούς δίσκους (*αγ*, *αβ*) με το ίδιο κέντρο (*α*), οι οποίοι είναι στερεωμένοι σε αυτό, και οι δύο κινούνται γύρω από τον ίδιο άξονα στο ίδιο επίπεδο στο οποίο είναι το σχήμα, στο οποίο θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα παρόμοια με αυτό, που βρίσκεται . Η Αναλογία των δίσκων είναι σε μια οποιαδήποτε γνωστή σχέση. Σε κάθε ένα από τους δίσκους υπάρχει ένας οδοντωτός χάρακας (*πρ*, *λο*) . Τα δόντια του είναι προς την κατεύθυνση (α) και τα δόντια τους θα εμπλέκονται με τα δόντια των δίσκων. Αυτοί οι χάρακες μπορούν να τρέχουν στο αυλάκι ενός άλλου καμπύλου χάρακα (α ε κ) που μπορεί να μετακινηθεί στον άξονα των δίσκων μέσω μιας στρογγυλής οπής. Στις άκρες των οδοντωτών χαράκων μπορούν να προσδιοριστούν να δείκτες – σημεία (μ, ν) για τις γραμμές των όμοιων μορφών και αυτοί οι δείκτες πρέπει να βρίσκονται σε μια ευθεία γραμμή (*αμν*) που διασχίζει το κέντρο των δίσκων. Αλλά για να κινούνται και τα δύο σημεία πάντα με τέτοιο τρόπο ώστε η κίνηση να γίνεται σε ευθεία γραμμή που περνά από το κέντρο, και τα τρία σημεία να κάνουν πάντα το ίδιο πράγμα και να παραμένουν πάντα στην ίδια ευθεία, πρέπει να τοποθετήσουμε τα σημεία σημείωσης στους οδοντωτούς χάρακες όσο μακριά από αυτό από το κέντρο των δίσκων όσο η μικρότερη απόσταση του κεντρικού σημείου και των δύο δίσκων μπροστά από τις άκρες του κοίλου χάρακα . Στη συνέχεια μετακινούμε τα ίδια ώστε να συναντήσουν το επίπεδο στο οποίο θέλουμε να σχεδιάσουμε τις όμοιες φιγούρες. Τώρα αν κάποιος σημειώσει ένα σημάδι έτσι



Εικόνα 11



Εικόνα 9 Εικόνα του de Vaux

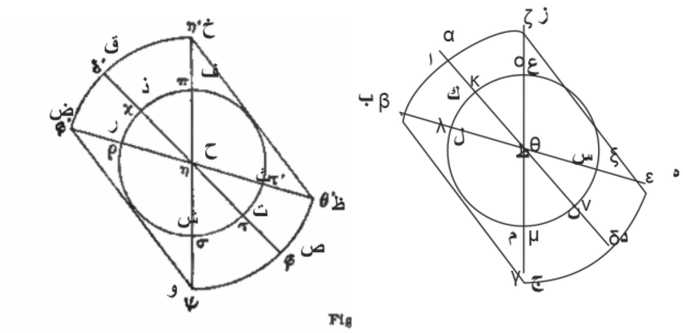


Εικόνα 10 Παραγωγή όμοιας καμπύλης

ώστε να βρίσκεται στην περιφέρεια αυτής της μορφής και το άλλο τόσο μακριά από αυτό, ώστε το διάστημα μεταξύ του πρώτου και του κέντρου των δίσκων να γίνει η απόσταση μεταξύ του κέντρου και του άλλου σημείου και η σχέση τους να είναι όπως οι διάμετροι των οδοντωτών δίσκων μεταξύ τους (αλλά αφήστε τον χάρακα, στον οποίο βρίσκεται η αυλάκωση, ….

…να είναι ελαφρώς κυρτή, έτσι ώστε το σημείο που σημειώνουμε στη γραμμή πριν από εμάς να τρέχει σε αυτήν τη γραμμή) έτσι το άλλο σημείο που σημειώνουμε να περιγράφει το σχήμα, το οποίο είναι όμοιο με το πρώτο, και το περιγράφει σύμφωνα με τη δεδομένη αναλογία, επειδή οι οδοντωτοί δίσκοι σε αυτήν την αναλογία να έχουν ο ένας ως προς τον άλλον.

[16] Όσον αφορά το σχήμα που είναι παρόμοιο με τη γνωστή μορφή και έχει μια δεδομένη σχέση με αυτό, το έχουμε κάνει στη θέση που βρίσκεται, έτσι ώστε η υπάρχουσα μορφή να μην σχεδιάζεται σε αυτό το μέρος, αλλά σε άλλο μέρος όπου ο θέλουμε, άρα χρησιμοποιούμε αυτό το έργο σε αυτό, οπότε η μορφή που είναι όμοια με τη γνωστή μορφή ας είναι η μορφή *αβγδεζ* και το μέρος όπου θέλουμε να την σχεδιάσουμε είναι το *η*, Ας τοποθετήσουμε μέσα στο σχήμα *αβγδεζ* ένα οποιοδήποτε σημείο, με το σύμβολο *ϑ*, και ας σχεδιάσουμε στα δύο σημάδια *η ϑ* δύο ίσους κύκλους και τους χωρίσουμε με αντίστοιχα ίσα τμήμα στα σημεία *κλμνξο* και *πχρσττ΄* , και συνδέουμε τα σημεία με τα κέντρα και κάνουμε τις ευθείες που ξεκινούν από το σημείο *η* ίσες …



Εικόνα 12 Μεταφορά μορφής

… προς τις ευθείες στο σχήμα *αβγδεζ˙* και είναι η ευθεία *ακ* ίση με την *χδ΄* , και είναι η ευθεία *λβ* ίση με την *ρφ΄* , και είναι η ευθεία *μγ* ίση με την *σψ* , και είναι η ευθεία *νδ* ίση με την *τφ* και είναι η ευθεία *ξε* ίση με την *τϑ΄* και είναι η ευθεία *οζ* ίση με την *πη΄* . Σχεδιάζομε επιπλέον μέσα από τα σημεία *η΄δ΄φ΄ψφϑ΄* και από τα όμοια τους σημεία γραμμές, που τέμνουν τους ίσους κύκλους που είναι που έχουν κέντρα τα *η ϑ* σε πολλά τμήματα και τα τμήματα είναι ίσα και όμοια. Σχεδιάζομε τις γραμμές *η΄δ΄φ΄ψφϑ* που είναι ίσες και όμοιες με τις ευθείες *αβγδεζ*˙ διότι τα όμοια σχήματα είναι ίσα.

17. Ακόμα και με τις τρισδιάστατε φιγούρες, τις κανονικές όπως και τα ακανόνιστες, πρέπει να σκεφτούμε τη μεταφορά με μια όμοια διαδικασία, μόνο που μια σφαίρα παίρνει τη θέση του κύκλου, εντός ή εκτός του οποίου κατασκευάζουμε τα ομοιόμορφα σχήματα. Επομένως, παίρνουμε σημεία που βρίσκονται παρόμοια στη σφαίρα και σχεδιάζουμε γραμμές από αυτά σε άλλα σημεία που βρίσκονται μέσα στα σχήματα και τα επιμηκύνουμε. Όταν το κάνουμε αυτό, αυτές οι γραμμές παράγουν μια τρισδιάστατη φιγούρα ίση και παρόμοια με αυτή που υποτίθεται αρχικά.

18. Τώρα για να κατασκευάσουμε παρόμοιες τρισδιάστατες φιγούρες, προχωράμε με τον εξής τρόπο. παίρνουμε δύο επίπεδες πλάκες από ξύλο, που έχουν μια κοινή ευθεία γύρω από την οποία μπορούν να κινηθούν (ευθεία των αρμών). Μπορούν οι πλάκες να κινηθούν έτσι ώστε η κοινή γραμμή να παραμένει μία και η ίδια γραμμή με κάθε κίνηση. Αυτό το πετυχαίνουμε όταν τα κέντρα των αρμών γύρω από τα οποία κινούνται οι πλάκες πέσουν σε αυτή την κοινή γραμμή,

Το μέγεθος των πλακών είναι το μέγεθος του μεγαλύτερου από τα όμοια σχήματα. Θα συζητήσουμε τώρα τη κατασκευή και τη χρήση του εργαλείου.

Ας πάρουμε δύο κατασκευές σιδήρου που μοιάζουν στο γράμμα Ύψιλον και είναι και τα πόδια τους ίσα. Τώρα ας λυγίσουμε τα άκρα του ίδιου έτσι ώστε η κάμψη να έχει ένα σημείο και λυγίζοντας και τα δύο προκύπτει το σχήμα ενός τριγώνου. Περαιτέρω, έστω ότι ο γνωστός λόγος ενός από τα παρόμοια σχήματα προς το άλλο είναι ίσος με το τριπλάσιο (δηλ. κυβικό) του λόγου των αμοιβαία αναλογικών πλευρών των δύο τριγώνων, και ας υποθέσουμε ότι αυτό ισχύει για τις ευθείες *αβ*, *αγ*, και *αδ* ενώ οι κεκαμμένες γραμμές που έχουμε είναι οι *γε*, *βζ* και *δη* είναι˙ ενώ η άλλη κατασκευή αποτελείται από τις γραμμές *ϑκ*, *ϑλ* και *ϑμ*, και ας είναι οι κεκαμμένες γραμμές *κν*, *λξ* και *μο* τα δύο

,...όμοια τρίγωνα που είναι τα *ηεζ* και *νοξ*. Ας ζωγραφίσουμε τώρα πάνω στην κινητή πλάκα πάνω στην (*cb*) που είναι κοινή για τις κινητές πλάκες,

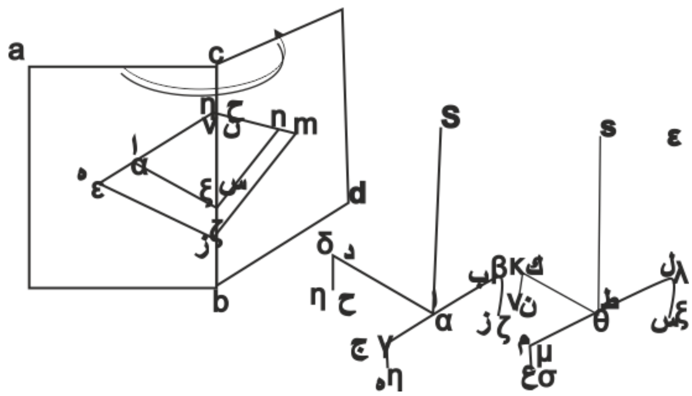
Για την υπογραμμισμένη φράση ο De Vaux γράφει ότι η φάση είναι κακή, τα γράμματα που δείχνουν σημεία συχνά δεν έχουν αντικείμενο και στο υπόλοιπο κομμάτι το κείμενο είναι σβησμένο.

Cette phase est mauvaise. Les lettres indicatrices, dans les phrases qui suivent, demeurent sans emploi dans le reste du morceau. Le texte est défiguré en cet endroit.

πάνω στη μία (*ab*) από τις πλάκες, ένα σχήμα (*ηεζ*) ίσο με το σιδερένιο πλαίσιο και περαιτέρω μέσω μιας από τις πλευρές του τριγώνου σχεδιάστε μια γραμμή παράλληλη στη γραμμή βάσης (*εζ*) του τριγώνου (*οξ*), που τέμνει ένα άλλο τρίγωνο (*νοξ*), ίσο (σύμφωνο) με το σιδερένιο τρίγωνο, που μοιάζει με το γράμμα Ύψιλον. Σε καθένα από τα πλαίσια Υ, τοποθετούμε μια τσίγκινη ράβδο (Sα και sθ), της οποίας το άκρο είναι πολύ μυτερό, να στερεωθεί, ώστε όταν λυγίσει και στη συνέχεια απελευθερωθεί να παραμείνει σταθερή, δηλ. να μην τρέμει όπως οι βέργες από κασσίτερο που χρησιμοποιούνται για ανθρώπινες εικόνες(;). Το σχήμα αυτού του γράμματος που ονομάζεται Ύψιλον (μετά την κάμψη) είναι παρόμοιο με το εργαλείο που ονομάζεται Γαλεάγρα[1] . Οι κινήσεις των πλακών είναι αντίθετες μεταξύ τους , με το σταμάτημα τους στέκονται σταθερά και δεν μπορούν να κουνηθούν, όπως τα «καβούρια». Έτσι είναι φτιαγμένο το όργανο. θα παρουσιάσουμε την χρήση του σύντομα.

Όταν λοιπόν θέλουμε να κάνουμε ένα όμοιο τρισδιάστατο σχήμα (φιγούρα) που έχει μια ορισμένη σχέση με το αρχικό, πλησιάζομε κοντά στην επιφάνεια του τρισδιάστατου σχήματος με το εργαλείο Ύψιλον. Αν θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα μεγαλύτερο σώμα από το υπάρχον, φέρνουμε το μεγαλύτερο σώμα κοντά στο μεγαλύτερο τρίγωνο ενώ το άλλο τρίγωνο κοντά σ' αυτό που θέλουμε να κατασκευάσουμε.

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε το όμοιο σώμα να τον κατασκευάσουμε από πέτρα ή από ξύλο ή μια παρόμοια μάζα και θέλουμε να σημειώσουμε τα παρόμοια σημεία στο κάθε σώμα. Τα υποτιθέμενα σημεία θα μπορούν να βρίσκονται σε όμοια σημεία στα σώματα, και κατασκευάζομε τα υπόλοιπα τμήματα με βάση αυτήν την μέθοδο.



Εικόνα 13 Σύνεργα παραγωγής όμοιας φιγούρας

Για να κάνουμε πιο κατανοητή τη διδασκαλία μας, υποθέτουμε ότι θέλουμε να τοποθετήσουμε ένα μάτι στην εικόνα ενός ανθρώπου ή να επισυνάψουμε την εικόνα κάποιου

[1] Γαλεάγρα: εργαλείο για τη σύλληψη γαλής ή νυφίτσας.

άλλου. Ας βάλουμε λοιπόν τα σημάδια του Υ στο ήδη υπάρχον σχήμα, εννοώ στο δεδομένο, για το οποίο θέλουμε να κάνουμε μια παρόμοια φιγούρα και λυγίζουμε την άκρη (S) της τσίγκινης ράβδου που βρίσκεται στο Υ μέχρι η άκρη να συναντήσει το μάτι που θεωρούμε, μετά παίρνουμε το Υ και το βάζουμε στο τρίγωνο (ηεζ) που σχεδιάσαμε στην πλάκα (ab)˙ μετά κατεβάζουμε ή σηκώνουμε την άλλη πλάκα (cd), στο οποίο δεν έχει σχεδιαστεί τίποτα, μέχρι να χτυπήσει στην άκρη του ραβδιού καθώς ανεβαίνει ή κατεβαίνει. Μετά απομακρύνουμε το Υ και μετά σχεδιάζουμε από το σημείο (m)- που βρήκαμε ακουμπώντας την άκρη της τσίγκινης ράβδου πάνω στην πλάκα (cd) που είτε την ανεβάσαμε είτε την κατεβάσαμε και σχεδιάζομε από το σημείο (m) δύο ευθείες (mη, mζ) και φροντίζουμε οι δύο πλάκες να μείνουν ακίνητες, και σχεδιάζομε από το σημείο ξ που βρίσκεται στην κοινή ευθεία των δύο πλακών μια άλλη γραμμή την $\underline{\eta\xi}$ παράλληλη προς την $\underline{m\zeta}$ που τέμνει την ευθεία $\underline{\eta m}$. Μετά παίρνομε το άλλο εργαλείο Ύψιλον και το τοποθετούμε στο δεδομένο σημείο του σώματος που ακόμη δε χρησιμοποιήσαμε. Το σημείο στο οποίο το άκρο της ράβδου συναντά το σώμα είναι πάνω στο σημείο της εικόνας για το μάτι, που είναι σε όμοια θέση με τη θέση που η κεκαμμένη ράβδος έκανε όταν την αγγίξαμε στο μάτι. Με τον ίδιο τρόπο κάμπτομε τη ράβδο στα λοιπά σημεία της εικόνας και σχεδιάζομε τα όμοια σημεία πάνω στην πέτρα˙...

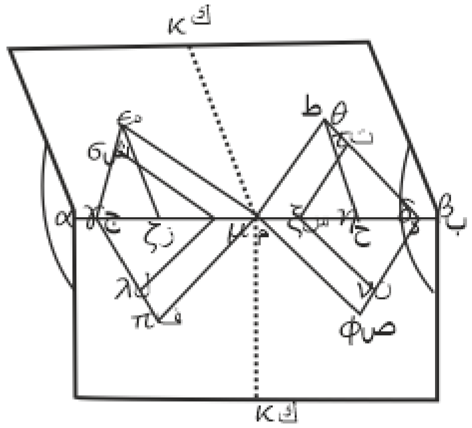
… και έτσι κατασκευάζομε την επιφάνεια μέσα από τα σημεία που βρήκαμε , τα οποία είναι τα σημεία της εικόνα που είναι όμοια με μια σχέση που μας έχει δοθεί.

(ακολουθεί μια ακατανόητη φράση…. Η επιθυμητή παράλληλη γραμμή προχωρά, έτσι στην άλλη πλάκα εύκολα σχεδιάζομε κάπου μια παράλληλο προς την όλη ευθεία…)

Τώρα τα στοιχεία που λαμβάνονται με αυτόν τον τρόπο είναι παρόμοια Είναι φανερό από αυτό ότι προκύπτουν από παρόμοιες, παρόμοια τοποθετημένες πυραμίδες, οι βάσεις των οποίων είναι τα τρίγωνα (*ηεζ*, νοξ) που καθορίζονται από τα Υ στα σώματα και οι κορυφές των οποίων είναι τα σημεία που σημειώνονται από τα άκρα των ράβδων σε καθένα από τα σώματα (m, n) είναι.

Ότι έχουν μεταξύ τους τη γνωστή σχέση σαφής γιατί η σχέση των πυραμίδων, από τις οποίες κατασκευάστηκαν τα σώματα, είναι ο τριπλός (δηλαδή κυβικός) λόγος των αναλογικών πλευρών, για τις πλευρές των όμοιων τριγώνων (*ηεζ,* νοξ£) θεωρήθηκαν έτσι. Έτσι τα σώματα στέκονται σε αυτή τη γνωστή σχέση μεταξύ τους.

19. Αν τώρα κοιτάξουμε πώς να κάνουμε το πίσω μέρος των όμοιων σωμάτων θα, χρησιμοποιήσουμε την ίδια μέθοδο. Ας υποθέσουμε στο πίσω μέρος καθενός από τα δύο σχήματα τρία σημεία που έχουν παρόμοια θέση και τα οποία, μέσω των γραμμών που τα συνδέουν, ορίζουν δύο τρίγωνα που είναι ίσα (σύμφωνα) με τα τρίγωνα που κατασκευάζονται από το γράμμα Υ, δηλαδή αυτά που σχεδιάζονται στη μία πλάκα, και μετά βάζουμε τα δύο Υ στην πλάτη και υποθέτουμε διαδοχικά σημεία μέσα από τα οποία κατασκευάζουμε τα αναφερόμενα μέρη του σώματος.



Εικόνα 14 Παραγωγή κατοπτρικής εικόνας

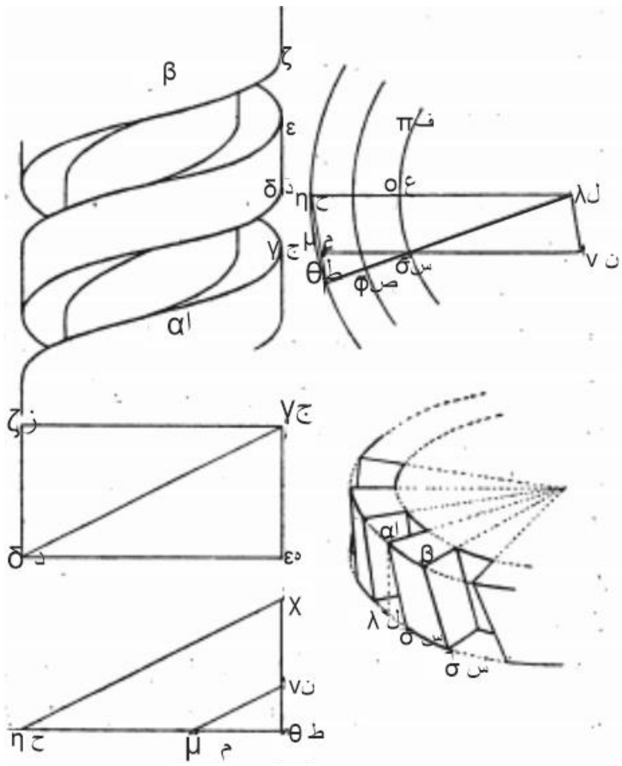
Αλλά αν θέλουμε να κάνουμε εικόνες, η μία από τις οποίες είναι το αντίθετο της άλλης (κατοπτρικές), έτσι ώστε όταν στη μία προβάλει το δεξί πόδι μπροστά, στην άλλη προβάλει το αριστερό πόδι μπροστά, σε ένα βήμα παρόμοιο με αυτό του δεξιού ποδιού του άλλου, και ούτω καθεξής για τα υπόλοιπα μέρη προχωράμε ως εξής: μεταφέρουμε το δεδομένο σημείο (ε= m) στον δεύτερο πίνακα στην άλλη πλευρά, ώστε να καταλάβει παρόμοια θέση, δηλ. Η. ότι η κάθετη (*εζ*) που σύρεται από το εν λόγω σημείο (*ε*) στην κοινή ευθεία (εζ) να είναι τόσο μακριά από το ένα άκρο όσο η άλλη κάθετη (*θη*) απέχει από την άλλη πλευρά (τελικό -) σημείο (*γζ*=*δη*), και ότι το ίδιο είναι ίσο με την άλλη κάθετο (*εζ*= *θη*). Με άλλα λόγια, η ευθεία που είναι κοινή για τις δύο πλάκες είναι η ευθεία *αβ*, και τα τελικά σημεία της πλευράς του τριγώνου είναι τα σημεία γ, δ, το δεδομένο σημείο είναι το σημείο *ε*. Τώρα σχεδιάζουμε μια κάθετη στην ευθεία γό, δηλαδή την κάθετη *εζ* και κάνουμε την ευθεία *δη* ίση με την ευθεία γζ, η ευθεία *ηθ*, που είναι ίση με *εζ*, είναι κάθετη σε αυτήν (στο *δη*). Τώρα λυγίζουμε την άκρη του ραβδιού προς την κατεύθυνση του σημείου *ε*, αλλά όχι προς την κατεύθυνση του *ε* αλλά προς….

…την κατεύθυνση του *θ*. Έτσι προχωρούμε πιο πέρα, για να το μεταφέρουμε (το σημείο) στην άλλη πλευρά και τα μέλη του σώματος να τα κάνουμε σε αντίστοιχα.

Οδοντωτός τροχός και ΄σπείρα

Θέλουμε να εξηγήσουμε τώρα πώς να βάλετε οδόντες συγκεκριμένου μεγέθους σε έναν δίσκο έτσι που να εμπλέκονται σε μια γνωστή έλικα, γιατί θα έχει μεγάλο όφελος για αυτό που θέλουμε να εξηγήσουμε αργότερα.

Ας είναι η έλικα στο *αβ* και η έλικα δεν μην είναι φακοειδής και επιπλέον, αν οι αποστάσεις μεταξύ των βημάτων της έλικας είναι *γδ*, *δε*, *εζ*, και αν αυτές οι τρεις γραμμές είναι ίσες μεταξύ τους, ας βρούμε έναν δίσκο με είκοσι δόντια που να εμπλέκουν τις στροφές του έλικα.. Ας λάβουμε ένα κύκλο οποιουδήποτε μεγέθους, έστω ότι είναι ο κύκλος *ηθκ* και ας είναι το κέντρο του το σημείο *λ* ΄Ας μοιράσουμε την περιφέρεια του κύκλου σε είκοσι ίσα τμήματα, και ας είναι ένα από αυτά τα τμήματα το τόξο *ηθ*. Συνδέομε το σημεία *ηθ*, *λθ*, *λη* και λαμβάνομε τη γραμμή *ημ* ίση με μια από τις γραμμές *γδ*, *δε*, *εζ* και σχεδιάζομε μέσα από το σημείο *λ* μια παράλληλο προς την *ηϑ* δηλαδή τη *λν* και αυτή είναι ίση με τη γραμμή *ημ* . Συνδέομε τα σημεία *μ* και *ν* με τη ευθεία *μν* ώστε τέμνει στο *σ* την ευθεία *λϑ* . Σχεδιάζομε με κέντρο *λ* και με ακτίνα (απόσταση) *λσ* ένα κύκλο, τον κύκλο *σοπ* αποδεικνύεται ότι το τόξο *σο* είναι ένα από τα είκοσι μέρη του κύκλου *σοπ*, επειδή το τόξο είναι το ένα εικοστό της περιφέρειας του κύκλου *ηϑκ*…. ΣΕΛΙΔΑ 25…. Αλλά ο κύκλος *σοπ* είναι ο εσωτερικός κύκλος. Είναι λοιπόν ο κύκλος που πρέπει να προσδιοριστεί, εάν επεκτείνουμε την ευθεία *λσ* κατά μια γραμμή σύμφωνα με την ποσότητα (*σφ*) του βάθους των ελίκων και σχεδιάζουμε έναν κύκλο γύρω από το κέντρο *λ* με ολόκληρη αυτή τη γραμμή (*λφ*). Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι τα μέρη έξω από τον κύκλο πρέπει να εμπλέκονται στο βάθος της έλικας…ΣΕΛΙΔΑ 26… γιατί το *σο* είναι ίσο με *γδ*. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, δεν εμπλέκονται, επειδή το βήμα του εξωτερικού τμήματος των ελικοειδών νημάτων είναι ίσο με το εσωτερικό



Εικόνα 15 Οδηγίες για σύνδεση τροχού - κοχλία

βήμα των ελικοειδών τμημάτων, αλλά στην περίπτωση των δοντιών η απόσταση μεταξύ των εξωτερικών σημείων τους είναι μεγαλύτερη από ότι μεταξύ των βαθύτερα εσωτερικά σημεία. Επειδή όμως η διαφορά δεν είναι αισθητή εδώ, δεν υπάρχει κανένα εμπόδιο στη δουλειά. Επιπλέον, δεν πρέπει κανείς να κάνει τα κοψίματα για τα δόντια στην επιφάνεια του προσώπου του τροχού κάθετα, όπως διδάσκουμε για τα γρανάζια των οποίων τα δόντια θέλουμε να εμπλέκονται, αλλά τα κάνουμε κεκλιμένα, έτσι ώστε τα δόντια να εμπλέκονται με ολόκληρη τη κοιλότητα του κοχλία. Αυτό το πετυχαίνουμε αν χωρίσουμε έναν κύκλο στην άκρη του τροχού σε είκοσι ίσα μέρη και από ένα σημείο διαίρεσης τραβήξουμε μια γραμμή κάτω από αυτόν και τον σχεδιάσουμε με κλίση όπως η κλίση της έλικας και χωρίστε την άλλη πλευρά του τροχού σε μέρη που αντιστοιχούν στην πρώτη. Τώρα, αν συνδέσουμε αυτά τα σημεία με γραμμές στην επιφάνεια του χείλους του τροχού, και κόψουμε τα δόντια, οι αυλακώσεις των βιδών θα χωρέσουν και τα δόντια του τροχού θα τα εμπλέκουν.

Τώρα θέλουμε να εξετάσουμε πόση πρέπει να είναι η κάμψη των δοντιών στην μπροστινή πλευρά του τροχού ώστε να περιστρέφεται επειδή κάνουμε την κλίση των δοντιών στην μπροστινή πλευρά του τροχού έτσι ώστε να εμπλέκονται στην κοιλότητα των σπειρωμάτων του κοχλία, και αυτό θέλουμε να εξηγήσουμε τώρα. Ας υποθέσουμε έναν τροχό και έστω ότι η απόσταση ενός από τα δόντια είναι η γραμμή $\underline{\alpha\beta}$ και η κοιλότητα του κοχλία πάνω του είναι η γραμμή $\underline{\gamma\varepsilon}$ μεταξύ δύο επιφανειών στις παράλληλες γραμμές προς τις βάσεις του κυλίνδρου, δηλαδή, $\underline{\gamma\zeta}$ και $\underline{\varepsilon\delta}$. Ας υποθέσουμε τώρα δύο ευθείες των οποίων η μία είναι κάθετη στην άλλη, δηλαδή $\underline{\eta\theta}$ και $\underline{\theta\kappa}$, και έστω το $\underline{\varepsilon\delta}$ ίσο με τη γραμμή $\underline{\eta\theta}$ και την $\underline{\gamma\varepsilon}$ ίση με τη γραμμή $\underline{\theta\kappa}$. Ας συνδέσουμε τις δύο τελείες $\underline{\eta}$ και $\underline{\kappa}$ και σχεδιάστε ένα από το σημείο $\underline{\alpha}$ μία γραμμή, που είναι ίση με το πάχος του τροχού, δηλ. είναι η $\underline{\alpha\lambda}$ και είναι κάθετη προς την επιφάνεια του τροχού. Έστω τώρα η ευθεία *θμ* ίση με την ευθεία *αλ* και αν σχεδιάσουμε την ευθεία *μν* παράλληλη στην ευθεία *ηκ* επιπλέον έστω η ευθεία *λσ* ίση με την ευθεία *θν* στον άλλο κύκλο του τροχού, και ας συνδέσουμε τα δύο σημεία *σ* και *α*, και ας διαιρέσουμε τον κύκλο *λσ* από το σημείο *σ* σύμφωνα με τον αριθμό των δοντιών, και έστω *σο* ένα τέτοιο μέρος. κοίλωμα του δοντιού είναι μέσα από τις δύο γραμμές *οβ* και *ασ* καθορίζεται. Το ίδιο συμβαίνει και με τα άλλα δόντια.

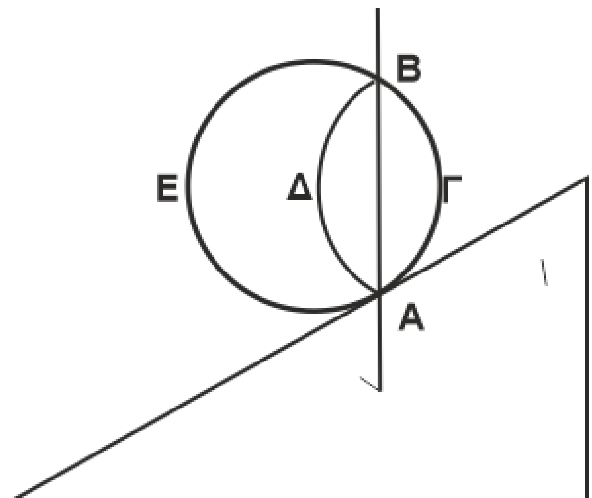
20. Μερικοί άνθρωποι πιστεύουν, προσυπογράφοντας ψευδείς απόψεις, ότι τα φορτία που βρίσκονται στο έδαφος μπορούν να μετακινηθούν μόνο με ισοδύναμη δύναμη. Ας αποδείξουμε λοιπόν ότι τα φορτία, που βρίσκονται με τον τρόπο που περιεγράφηκε, μπορούν να κινηθούν με δύναμη μικρότερη από οποιαδήποτε γνωστή, και ας εξηγήσουμε τον λόγο για τον οποίο αυτό το φαινόμενο δεν είναι πράγματι προφανές. Ας υποθέσουμε λοιπόν ένα φορτίο που βρίσκεται στο έδαφος, ας είναι κανονικό, λείο και ενωμένο στα μέρη του. Αφήστε το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται το φορτίο να έχει κλίση και στις δύο πλευρές, δηλαδή προς τα δεξιά και προς τα αριστερά. Αφήστε το πρώτα να κλίνει προς τα δεξιά. τότε βλέπουμε ότι το δεδομένο φορτίο κλίνει προς τα δεξιά, επειδή είναι η φυσική τάση των φορτίων να κινούνται προς τα κάτω, εάν δεν στηρίζονται από κάτι και εμποδίζονται από την κίνηση. Εάν περαιτέρω η κεκλιμένη πλευρά ανεβαίνει πίσω στο οριζόντιο επίπεδο και (ολόκληρο το επίπεδο που εξετάζεται από μόνο του) έρχεται σε ισορροπία, τότε το φορτίο θα παραμείνει σε αυτήν την κατάσταση. Εάν τώρα κλίνει προς την άλλη, δηλαδή προς την αριστερή πλευρά, τότε και το φορτίο θα κλίνει προς την κατεβασμένη πλευρά, ακόμα κι αν η κλίση είναι πολύ μικρή. έτσι το φορτίο δεν χρειάζεται δύναμη που το κινεί, αλλά δύναμη που το υποστηρίζει για να μην κινείται. Εάν τώρα και το φορτίο επανέλθει στην ισορροπία και δεν κλίνει προς καμία πλευρά, τότε παραμένει έτσι, χωρίς την παρουσία δύναμης που το υποστηρίζει και παραμένει σε ηρεμία, μέχρι το επίπεδο να κλίνει προς οποιαδήποτε πλευρά και μετά να κλίνει προς αυτή την κατεύθυνση. . Επομένως, το φορτίο που είναι τοποθετημένο να στρίβει προς οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν χρειάζεται μόνο μια μικρή δύναμη για να κινηθεί, δηλαδή στο ποσό της δύναμης που το κάνει να κλίνει; Επομένως, το φορτίο μπορεί να μετακινηθεί με οποιαδήποτε μικρή δύναμη.

21. Τα τμήματα του νερού, τώρα, που βρίσκονται σε μη κεκλιμένα επίπεδα, δεν ρέουν, αλλά είναι ακόμα, χωρίς να κλίνουν προς καμία πλευρά. Εάν, όμως, εμφανίσουν έστω και την παραμικρή κλίση, τότε ρέουν όλοι προς εκείνη την πλευρά, έτσι ώστε να μην παραμένει ούτε το παραμικρό μέρος του νερού πάνω της, εκτός και αν υπάρχουν βαθουλώματα στο επίπεδο, ώστε να παραμείνουν μικρά κομμάτια στο κοιλότητα αυτών των κοιλοτήτων, όπως συμβαίνει μερικές φορές με τα αγγεία. Αυτό συμβαίνει, ωστόσο, στο νερό γιατί τα μέρη του δεν ενώνονται, αλλά μάλλον διαχωρίζονται εύκολα. Επειδή, όμως, τα ενωμένα σώματα δεν είναι από τη φύση τους λεία στην επιφάνειά τους και δεν μπορούν εύκολα να γίνουν ομοιόμορφα, η τραχύτητα των σωμάτων τα αναγκάζει να στηρίζονται το ένα το άλλο και αυτό τα αναγκάζει πάλι να ακουμπούν το ένα πάνω στο άλλο σαν μηχανισμοί οδοντωτών τροχών, έτσι ώστε να αποτρέπονται από αυτό. Γιατί όταν είναι πολυάριθμα και στενά ενωμένα μεταξύ τους μέσω μιας αμοιβαίας σύνδεσης (σελ. 29), είναι απαραίτητη μια ενωμένη μεγάλη δύναμη. Από την πείρα κάποιος έχει πλέον το μάθημα. γιατί κάποιος άρχισε να βάζει κάτω από τις "χελώνες" κομμάτια ξύλου, των οποίων η επιφάνεια είναι κυλινδρική, αγγίζοντας μόνο ένα μικρό μέρος του επιπέδου, γι' αυτό συμβαίνει μόνο η μικρότερη τριβή. Τώρα χρησιμοποιεί πασσάλους, ώστε το φορτίο να μπορεί εύκολα να μετακινηθεί πάνω τους, υπό την προϋπόθεση ότι το φορτίο αυξάνεται κατά το βάρος του εργαλείου. Άλλοι τοποθετούν πλανισμένες σανίδες στο κάτω μέρος, λόγω της ομαλότητάς τους, και τις αλείφουν με λίπος, για να εξομαλυνθεί η τραχύτητα πάνω τους και στη συνέχεια μετακινούν το φορτίο με πολύ μικρή δύναμη. Όσο για τους κυλίνδρους, μπορούν, αν είναι βαρείς και κείτονται στο έδαφος έτσι ώστε μόνο μία γραμμή να αγγίζει το έδαφος, να μετακινούνται με ευκολία, καθώς και οι σφαίρες για τις οποίες ήδη μιλήσαμε.

[22] Αν τώρα θέλουμε να σηκώσουμε ένα φορτίο σε υψηλότερο σημείο, χρειαζόμαστε δύναμη ίση με το φορτίο. Ας υποθέσουμε μια κινητή τροχαλία, σταθερή καθ' ύψος, κάθετα στο επίπεδο, η οποία μπορεί εύκολα να μετακινηθεί γύρω από τα κέντρα σε έναν άξονα. Ας υπάρχει γύρω από το χείλος της ένα σχοινί, το ένα από τα άκρα του οποίου είναι στερεωμένο στο φορτίο. ας είναι το άλλο με τη δύναμη έλξης. Τώρα λέω ότι αυτό το φορτίο μπορεί να κινηθεί με δύναμη ίση με αυτό. Ας υπάρχει στην άλλη άκρη του σχοινιού

όχι μια δύναμη, αλλά ένα άλλο βάρος συνδεδεμένο, έτσι θα δείξει ότι η τροχαλία, εάν τα βάρη είναι ίσα, δεν κινείται προς καμία πλευρά και ότι το πρώτο βάρος δεν είναι αρκετά δυνατό για δεύτερο δεμένο, ούτε το βάρος για το φορτίο, γιατί το δεύτερο στερεωμένο βάρος είναι ίσο με το πρώτο φορτίο. Εάν, ωστόσο, προστεθεί μια μικρή ποσότητα στο βάρος, τότε το άλλο βάρος έλκεται προς τα πάνω. Εάν επομένως η δύναμη που κινεί το φορτίο είναι μεγαλύτερη από το φορτίο, τότε είναι αρκετά ισχυρό γι' αυτό και το μετακινεί εκτός εάν προκύψει τριβή στη στροφή του η τροχαλία ή η ακαμψία των σχοινιών, έτσι ώστε να προκαλεί εμπόδιο στην κίνηση.

[23] Τώρα όσον αφορά τα φορτία που βρίσκονται σε κεκλιμένα επίπεδα, έχουν επίσης τη φυσική τάση να κινούνται προς τα κάτω, όπως είναι η κίνηση όλων των σωμάτων. Εάν αυτό δεν είναι όπως αναφέρθηκε, τότε πρέπει επίσης να σκεφτούμε τον λόγο που αναφέρθηκε προηγουμένως . Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι θέλουμε να μετακινήσουμε ένα φορτίο προς τα πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο. Ας είναι ο πυθμένας του λείος και ομοιόμορφος, το ίδιο και το τμήμα του φορτίου που υποστηρίζει. Για το σκοπό αυτό πρέπει να προσαρμόσουμε μια δύναμη ή ένα βάρος στην άλλη πλευρά έτσι ώστε να μπορεί να είναι ίσο με το φορτίο, δηλαδή να διατηρήσουμε την ισορροπία του έτσι ώστε το πλεόνασμα δύναμης πάνω του να είναι αρκετά ισχυρό για το φορτίο και να σηκωθεί το προς τα πάνω. Για να αποδειχτεί σωστός ο ισχυρισμός μας, θέλουμε να τον αποδείξουμε με έναν δεδομένο κύλινδρο. Δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος του κυλίνδρου δεν αγγίζει το έδαφος, έχει τη φυσική τάση να κυλίεται προς τα κάτω. Αν τώρα φανταστούμε ένα επίπεδο που διέρχεται από τη γραμμή που αγγίζει το έδαφος και είναι κάθετο σε αυτό το έδαφος, τότε αποδεικνύεται ότι αυτό το επίπεδο διέρχεται από τον άξονα του κυλίνδρου και τον χωρίζει σε δύο μισά. γιατί αν μια ευθεία αγγίζει έναν κύκλο και αν κάποιος υψώσει μια κάθετη στο σημείο επαφής, τότε αυτή περνά από το κέντρο του κύκλου. Αν



Εικόνα 16 Η δύναμη που δίνει επιτάχυνση: βάρος του ΕΑΔΒ

βάλουμε [2]περαιτέρω στην ίδια ευθεία, δηλαδή τη γραμμή του κυλίνδρου, ένα επίπεδο κάθετο στον ορίζοντα, τότε δεν θα είναι το πρώτο τοποθετημένο επίπεδο και θα χωρίσει τον κύλινδρο σε δύο διαφορετικά μέρη, το μικρότερο από τα οποία βρίσκεται στην κορυφή , τόσο μεγαλύτερο μέχρι κάτω. Άρα το μεγαλύτερο έχει το περισσότερο βάρος από το μικρότερο, αφού είναι μεγαλύτερο και ο κύλινδρος κυλάει. Αν τώρα φανταστούμε στην άλλη πλευρά του επιπέδου κάθετα προς τον ορίζοντα την ποσότητα ανώτερου βάρους από το μικρότερο [μέρος] που αφαιρείται από το μεγαλύτερο τμήμα, τότε και τα δύο μέρη βρίσκονται σε ισορροπία και το βάρος και των δύο παραμένει στην ευθεία ακουμπώντας το έδαφος, χωρίς κλίση προς καμία πλευρά, δηλαδή ούτε προς τα πάνω ούτε προς τα κάτω. Χρειαζόμαστε λοιπόν μια δύναμη ισοδύναμη με αυτή τη διαφορά που να την αντέχει. Αν ωστόσο προστεθεί ένα μικρό πλεόνασμα σε αυτή τη δύναμη, τότε αποκτά ανώτερο βάρος σε σχέση με το φορτίο.

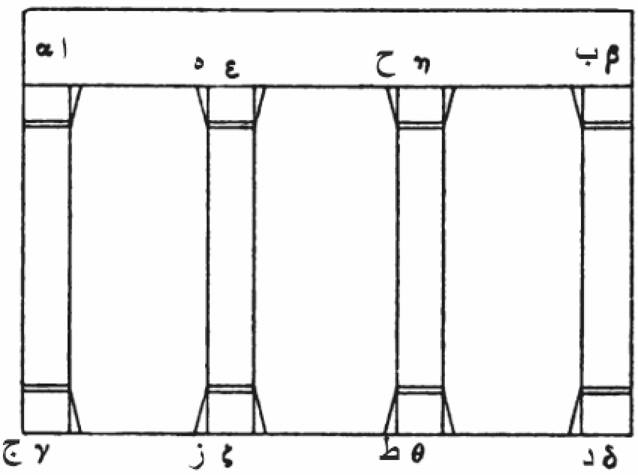
[24] Τώρα είμαι της άποψης ότι είναι απαραίτητο να διαφωτίσουμε εκείνους που καλλιεργούν τη μηχανική σχετικά με το τι είναι η βαρύτητα και ποιο το κέντρο βάρους, είτε είναι σε σώμα είτε σε μη σώμα. Αυτό που στην πραγματικότητα μιλάει μόνο για βαρύτητα και κλίση σε σώματα, κανείς δεν θα το αρνηθεί. Όταν λέμε, ωστόσο, για γεωμετρικά σχήματα, συμπαγή και επίπεδα, ότι το σημείο κλίσης ή το κέντρο βάρους είναι ένα ορισμένο σημείο, αυτό έχει εξηγηθεί επαρκώς από τον Αρχιμήδη. Επομένως, πρέπει να γίνει κατανοητό με βάση αυτά που τώρα εξηγούμε γι' αυτό. Ο Ποσειδώνιος, ένας Στωικός, έχει καθορίσει το κέντρο βάρους και το σημείο κλίσης σε έναν φυσικό ορισμό. Είπε: το κέντρο βάρους ή το σημείο κλίσης είναι ένα τέτοιο σημείο που, όταν ένα φορτίο αιωρείται σε αυτό, χωρίζεται σε δύο ίσα μέρη. Ως εκ τούτου, ο Αρχιμήδης και οι οπαδοί του στη μηχανική έχουν εξειδικεύσει αυτό το θεώρημα και έχουν κάνει διάκριση μεταξύ του σημείου ανάρτησης και του κέντρου βάρους. Όσον αφορά το σημείο ανάρτησης, είναι ένα τέτοιο σημείο στο σώμα ή μη που, όταν το προς ανάρτηση αντικείμενο αιωρείται από αυτό, τα μέρη του βρίσκονται σε ισορροπία, και με αυτό εννοώ

[2] Schiefsky, Mark J. 2007. Theory and practice in Heron's Mechanics. In Mechanics and Natural Philosophy before the Scientific Revolution, ed. W. R. Laird and S. Roux. Boston Studies in the Philosophy of Science 254. New York: Springer.

ότι δεν ταλαντεύεται και δεν κάνει κλίση. Διότι η ισορροπία συμβαίνει όταν ένα αντικείμενο είναι ίσο σε βάρος με ένα άλλο, όπως συμβαίνει στα βαγόνια όταν ταλαντεύονται παράλληλα με το επίπεδο του ορίζοντα ή σε ένα επίπεδο παράλληλο σε αυτόν. Έτσι ο Αρχιμήδης λέει: τα φορτία δεν έχουν κλίση σε μια γραμμή και σε ένα σημείο. Σε μια ευθεία, όταν ένα φορτίο στηρίζεται σε δύο σημεία αυτής της ευθείας, έτσι ώστε η γραμμή να μην έχει κλίση, και το επίπεδο που περνάει από αυτήν τη γραμμή κάθετα στον ορίζοντα, όσο και αν η γραμμή μπορεί να μετακινηθεί, παραμένει κάθετο, το φορτίο δεν θα έχει καθόλου κλίση. Αν πούμε: το φορτίο κλίνει, εννοούμε μόνο με την πτώση του προς τα κάτω, δηλαδή την κίνησή του προς το έδαφος. Όσο για την ισορροπία σε ένα σημείο, αυτή συμβαίνει όταν ένα φορτίο αιωρείται από το ίδιο και τα μέρη του σώματος, σε κάθε κίνηση που κάνει, παραμένουν σε ισορροπία μεταξύ τους. Ένα φορτίο διατηρεί την ισορροπία με ένα άλλο, όταν αιωρούνται από δύο σημεία μιας γραμμής (*σ. μεταφραστή* μήπως με γραμμή εννοεί μια λεπτή βέργα;) που χωρίζεται σε δύο "μισά" (η μετάφραση του αραβικού νισφ = ίσα ή ισοδύναμα τμήματα) και στο σημείο διαίρεσης αυτής της γραμμής, και αυτή η γραμμή είναι παράλληλη με τον ορίζοντα, αφού τα ποσά των φορτίων είναι στην [ίδια] αναλογία μεταξύ τους με τα ποσά των αντιστρόφως ανάλογων αποστάσεων από τα σημεία ανάρτησής τους. Ότι τα φορτία που αιωρούνται με αυτόν τον τρόπο παραμένουν ισορροπημένα μεταξύ τους στην κλίση, το έχει αποδείξει ο Αρχιμήδης στα έργα του για την ισορροπία σε σχήματα στα οποία χρησιμοποιούνται μοχλοί. Οι αναρτήσεις με άγκιστρα και τα στηρίγματα εμφανίζουν τα ίδια φαινόμενα, επειδή η ανάρτηση και η στήριξη μιας δύναμης (ή: και η στήριξη σύμφωνα με τη δύναμη που επιβάλλεται;) είναι ίδια, γιατί τα στηρίγματα στα οποία τοποθετείται ένα φορτίο είναι αυτά που υποστηρίζουν το φορτίο. .Τέτοια στηρίγματα μπορεί να είναι πολυάριθμα, ακόμη και απεριόριστα σε αριθμό. Όσο για το κέντρο κλίσης, είναι ένα μόνο σημείο σε καθένα από τα σώματα, προς το οποίο κλίνουν οι ευθείες από τα άγκιστρα. Μερικές φορές Τα κέντρα κλίσης βρίσκονται επίσης έξω από την ουσία ενός μεμονωμένου σώματος, όπως συμβαίνει με τους τροχούς και τους δακτυλίους. Τώρα, ότι οι γραμμές της ανάρτησης συναντώνται σε ένα κοινό σημείο θα μας καταστεί σαφές εάν φανταστούμε ένα επίπεδο που είναι κάθετο προς τον ορίζοντα και τέμνει ένα σώμα ώστε να ισορροπεί. Διότι βλέπουμε ότι το σώμα χωρίζεται από το επίπεδο σε δύο ισοδύναμα μέρη έτσι περνά μέσα από το σώμα. Αν τώρα φανταστούμε ένα άλλο επίπεδο που τέμνει το σώμα όπως αυτό το επίπεδο, τότε το διαπερνά όπως αυτό το επίπεδο και τα δύο επίπεδα τέμνονται σε μια ευθεία. Γιατί αν η γραμμή τομής δεν περνούσε από το σημείο ανάρτησης, τότε θα έδειχνε ότι τα ίδια σώματα θα ήταν σε ισορροπία και όχι σε ισορροπία. Ας εφαρμόσουμε τώρα αυτό το συμπέρασμα στα στηρίγματα. Ας φανταστούμε ένα σώμα που στηρίζεται σε μια ευθεία που είναι κάθετη σε ένα επίπεδο και αφήνουμε το σώμα να ηρεμεί σε ισορροπία των μερών του σε αυτήν την ευθεία. Αν τώρα αυτή η γραμμή είναι εκτεταμένη, τότε περνάει το σώμα. Διότι εάν η εκτεταμένη γραμμή πέσει έξω από το σώμα, τότε και το επίπεδο που περνά μέσα από αυτό πέφτει έξω από το ίδιο. δηλαδή, όπως μόλις είδαμε, αδύνατο. Έτσι η γραμμή περνά μέσα από το σώμα και το χωρίζει σε δύο μέρη που παραμένουν ισορροπημένα. Αν τώρα υποθέσουμε ως σημείο ισορροπίας ένα διαφορετικό από αυτό το σημείο, τότε βλέπουμε εδώ το ίδιο με το πρώτο, δηλαδή ότι η γραμμή που χαράσσεται από αυτό το σημείο διέρχεται από το κέντρο του σώματος, έτσι ώστε οι δύο ευθείες είναι μακριά το ένα από το άλλο. Αν τώρα περάσουν δύο επίπεδα, τότε αυτά δεν τέμνονται. Διότι μπορεί κανείς να βάλει μέσα από δύο ευθείες δύο επίπεδα που δεν τέμνονται. Έτσι εδώ συμβαίνει το ίδιο όπως στην πρώτη περίπτωση˙ άρα δεν είναι δυνατόν. Από αυτό βλέπετε ότι τα επίπεδα τέμνονται και οι γραμμές συναντώνται, έτσι ώστε να πέφτουν σε ένα επίπεδο. Αν τώρα αυτό το επίπεδο τραβηχτεί προς την επιφάνεια του σώματος, τότε κάνει, σύμφωνα με τα σημεία τομής, μια γραμμή. Τότε εκεί αν είναι ένα τρίτο σημείο που βρίσκεται εκτός αυτής της γραμμής. . Εάν τώρα υποθέσουμε ότι αυτό το σημείο είναι επίσης ένα σημείο ισορροπίας, στο οποίο το σώμα παραμένει ισορροπημένο, και τραβήξουμε μια γραμμή στήριξης μέσω αυτού του σημείου, τότε αυτή η γραμμή, σύμφωνα με όσα είπαμε ήδη, όταν τραβηχτεί, θα συναντήσει δύο ευθείες, μέσα από τις οποίες έχει τεθεί το επίπεδο, αλλά όχι ένα άλλο σημείο, εκτός από το σημείο τομής τους. Διότι εάν κάποια γραμμή συναντά δύο τεμνόμενες γραμμές, αλλά βρίσκεται σε διαφορετικό επίπεδο, τότε τις συναντά στο σημείο τομής τους. Αν Ωστόσο, η συνάντησή του με τα δύο δεν συμβαίνει στο σημείο τομής τους, τότε αναγκαστικά το ένα μέρος της γραμμής βρίσκεται σε ένα επίπεδο και το υπόλοιπο σε ένα άλλο. Έτσι όλες οι γραμμές που εξυπηρετούν την ανάρτηση ενώνονται σε ένα σημείο, δηλαδή αυτό που ονομάζεται το σημείο κλίσης ή το κέντρο βάρους.

25] Τώρα χρειάζεται επειγόντως να δοθούν ορισμένες εξηγήσεις σχετικά με την πίεση, τη μεταφορά και την υποστήριξη όσον αφορά την ποσότητα, όπως είναι κατάλληλες για εισαγωγή. Γιατί ο Αρχιμήδης έχει ήδη υιοθετήσει μια αξιόπιστη διαδικασία σε αυτό το κομμάτι στο βιβλίο του με τίτλο «Βιβλίο Υποστηρίξεων». Θέλουμε να περάσουμε σε ό,τι χρειαζόμαστε για άλλα πράγματα και να το χρησιμοποιήσουμε τώρα για αυτό που αναφέρεται στην ποσότητα, όπως είναι κατάλληλο για μαθητές. Η γενική άποψη εδώ είναι η εξής: Αν κάποιος έχει οποιονδήποτε αριθμό από κολόνες και εγκάρσιες δοκούς ή στηρίγματα πάνω σε έναν τοίχο˙ περαιτέρω [αν ακουμπάει] στην ίδια ή σε διαφορετική θέση στους δύο εξωτερικούς από αυτούς (τους στύλους), έτσι ώστε να εκτείνονται πέρα από τον έναν ή και τους δύο ταυτόχρονα, και αν η απόσταση μεταξύ των στύλων είναι ίση ή διαφορετικά, τότε θέλουμε να μάθουμε πόσο από το φορτίο επηρεάζει κάθε έναν από τους στύλους. Ένα παράδειγμα για αυτό είναι το εξής: Εάν κάποιος έχει μια μακριά δοκό ομοιόμορφου βάρους που την φέρουν οι άνδρες ομοιόμορφα κατανεμημένη στο μήκος και στα άκρα της δοκού, και το ένα ή και τα δύο άκρα προεξέχουν, τότε θέλουμε να μάθουμε από Κάθε άνθρωπος, πόσο από το φορτίο του δέχεται; γιατί η ερώτηση είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις.

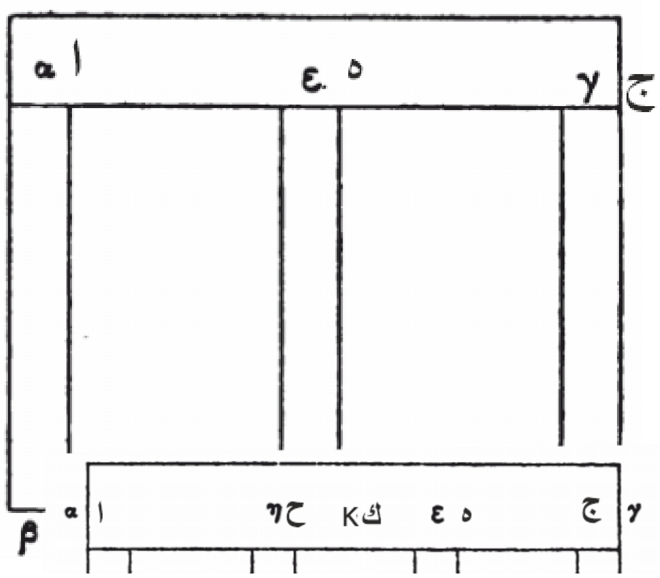
[26] έστω λοιπόν ένα ομοιόμορφα παχύ και ομοιόμορφα πυκνό φορτίο, $\underline{\alpha\beta}$ τοποθετημένο πάνω σε στύλους. Υποθέτουμε ότι στηρίζεται σε δύο πυλώνες, δηλαδή $\underline{\alpha\gamma}$ και $\underline{\beta\delta}$. τότε κάθε ένας από τους δύο στύλους $\underline{\alpha\gamma}$ $\underline{\beta\delta}$ επηρεάζεται από το μισό φορτίο $\underline{\alpha\beta}$. Ας είναι τώρα ο τρίτος πυλώνας $\varepsilon\zeta$ και ας διαιρεί την απόσταση $\underline{\alpha\beta}$ αυθαίρετα. τότε θέλουμε να μάθουμε για κάθε έναν από τους πυλώνες $\underline{\alpha\gamma}$, $\underline{\varepsilon\zeta}$, $\underline{\beta\delta}$ πόσο από το φορτίο έρχεται σε αυτόν. Ας φανταστούμε τώρα το φορτίο $\underline{\alpha\beta}$ να διαιρείται στο σημείο $\underline{\varepsilon}$ ακολουθώντας μια γραμμή που περνά από τον πυλώνα, τότε βλέπουμε ότι το τμήμα $\underline{\alpha\varepsilon}$ επηρεάζει



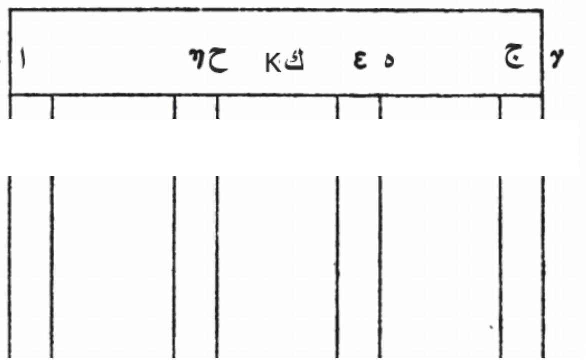
Εικόνα 17 Κολόνες και κατανομή βάρους

κάθε έναν από τους δύο πυλώνες *αγ*, *εζ* με το μισό του βάρος και μέρος *εβ* καθεμία από τις δύο κολόνες *εβ*, *εζ* με το μισό βάρος της, γιατί δεν υπάρχει διαφορά, όσον αφορά τις κολώνες, αν το αντικείμενο που τους τοποθετείται είναι ενωμένο ή σπασμένο. γιατί μπορεί να ενωθεί ή να σπάσει, στηρίζεται εξ ολοκλήρου στον στύλο. Έτσι στην κολόνα *εζ* έρχεται το μισό βάρος του *εβ* και το μισό του βάρους του *αε*, δηλ. το ήμισυ του συνολικού βάρους του *αβ*. και στον πυλώνα *αγ* έρχεται το μισό βάρος του *αε* στην *βδ* το μισό του *εβ*. Αν τώρα διαιρέσουμε το μισό του *αβ* στην αναλογία του διαστήματος *αε* προς το διάστημα *βε* , τότε το βάρος του τμήματος που είναι ανάλογο του *αε* πέφτει στο *αγ* και το βάρος που αντιστοιχεί στην απόσταση *εβ* στο *βδ*. Αν τώρα στήσουμε μια άλλη κολόνα, τη *ηθ*, τότε το αποτέλεσμα είναι ότι το μισό του *αε* πέφτει στην *αγ*, το μισό του *ηβ* στο*βδ*, το μισό του *αη* στο *εζ* και το μισό του *εβ* στο *ηθ*. Το μισό του *αε* συν το μισό του *ηβ* συν το μισό του *αη* συν το μισό του *εβ* είναι ωστόσο όλο του *αβ* και αυτό είναι που στηρίζεται σε όλους τους πυλώνες μαζί. Αν υπάρχουν ακόμη περισσότεροι πυλώνες, τότε μαθαίνουμε μέσα από την ίδια διαδικασία, πόσο βάρος έχει ο καθένας από αυτούς.

[27] Εάν είναι έτσι, τότε υποθέτουμε τα στηρίγματα *αβ* και *γδ* σε ίσες θέσεις. αφήστε ένα ομοιόμορφα χοντρό και βαρύ σώμα να ακουμπήσει πάνω τους, δηλαδή το *αγ*. Μόλις είπαμε ότι το μισό βάρος του *αγ* πέφτει σε καθένα από τα δύο στηρίγματα *αβ* και *γδ*. Εάν τώρα μετακινήσουμε το στήριγμα *γδ* και το φέρουμε πιο κοντά στο *αβ*, δηλαδή στη θέση *εζ* τότε θέλουμε να μάθουμε πόσο από το βάρος πέφτει στο *αβ* και στο *εζ* Τώρα λέμε ότι η απόσταση *αε* είναι είτε ίση με την απόσταση *εγ* είτε μικρότερη ή μεγαλύτερη από αυτήν. Ας είναι πρώτα ίση με αυτή, μετά βλέπουμε ότι το βάρος του *αε* διατηρεί σε ισορροπία το βάρος του *εγ*. Έτσι, αν αφαιρέσουμε το



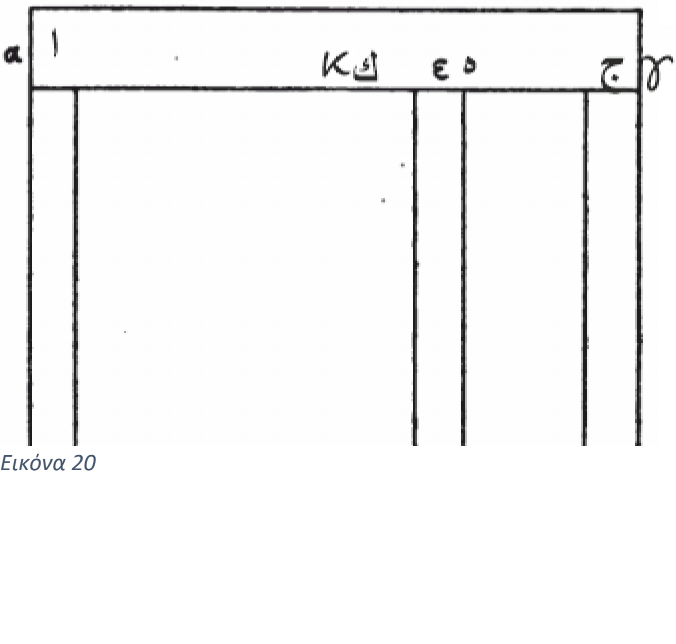
Εικόνα 18



Εικόνα 19

στήριγμα *αβ*, το βάρος *αβ* παραμένει σταθερά στη θέση του και βλέπουμε ότι δεν έχουμε καθόλου βάρος στο στήριγμα *αβ*, αλλά το βάρος *αγ* στηριζόταν μόνο στο *εζ*. Εάν τώρα η απόσταση *γε* είναι μεγαλύτερη από την απόσταση *εα*, τότε το φορτίο κλίνει προς το *γ*. Έστω τώρα το διάστημα *γε* είναι μικρότερο από το διάστημα *εα* και έστω *γε* ίσο με *εη* τότε το *γη* παραμένει ισορροπημένο μόνο στο *εζ*. Αν τώρα βάλουμε μια κολόνα στο *η*, τότε, αν φανταστούμε ολόκληρο το φορτίο που κόβεται στο σημείο *η*, το *ηγ* στηρίζεται μόνο στο *εζ* και το μισό του *αη* στηρίζεται σε καθένα από τα δύο στηρίγματα *αγ* και *ηθ*. Αν τώρα αφαιρέσουμε το στήριγμα *ηθ* το σημείο *η* αποκτά τη δύναμή του, εάν το σώμα είναι ενωμένο, και στο *αβ* πέφτει το μισό βάρος του *ηα* στο *εζ* το υπόλοιπο, δηλαδή *γη* και το μισό του *γη* αν φανταστούμε το *αγ* διχοτομημένο στο σημείο *κ*, τότε το *κε* είναι το μισό του *αη*. Εάν τώρα η υποστήριξη που ήταν πρώτη στο *ε* μετακινηθεί κάτω από το σημείο *κ*, τότε επηρεάζεται από ολόκληρο το βάρος του *αγ*. Και όσο περισσότερο το στήριγμα απομακρύνεται από το σημείο τομής που χωρίζει το φορτίο στο μισό, τόσο περισσότερο το φορτίο πηγαίνει στο *αβ*, ενώ το υπόλοιπο στηρίζεται στο άλλο στήριγμα.

[28] Εάν αυτό είναι έτσι, τότε θέλουμε να υποθέσουμε δύο στηρίγματα, δηλαδή το *αβ* και το *εζ* στη θέση που αναφέρθηκε προηγουμένως και αφήστε το φορτίο *εγ* να προεξέχει. Αν τώρα διαιρέσουμε το φορτίο *αγ* στα δύο μισά στο σημείο *κ*, τότε έχουμε αποδείξει, ότι το βάρος *κε* βαρύνει το *αβ* και το υπόλοιπο φορτίο *αγ* στο *εζ*. Αν τώρα υποθέσουμε ένα στήριγμα στο σημείο *γ*, δηλαδή το στήριγμα *γδ*, τότε αποδεικνύεται επίσης ότι το στήριγμα *αβ* επηρεάζεται κατά το ήμισυ του βάρους του *αε* και το στήριγμα *γδ* κατά το ήμισυ του βάρους του *γε*, τέλος η υποστήριξη *εζ* επιβαρύνεται με το ήμισυ του βάρους του *αγ*. Πριν βάλουμε το στήριγμα *γδ*, δείξαμε πόσο βάρος πέφτει σε καθένα από τα στηρίγματα *αβ* και *εζ*. Είναι επίσης σαφές ότι, αφού το στήριγμα *γδ* μπήκε κάτω από το φορτίο, μεγαλύτερο μέρος του φορτίου έρχεται να στηρίζεται στο *αβ* από ό,τι πριν, στην πραγματικότητα, το ήμισυ του *εη* = *εγ* περισσότερο, στο *εζ*, ωστόσο , λιγότερο κατά το ποσό του *εγ*.



Εικόνα 20

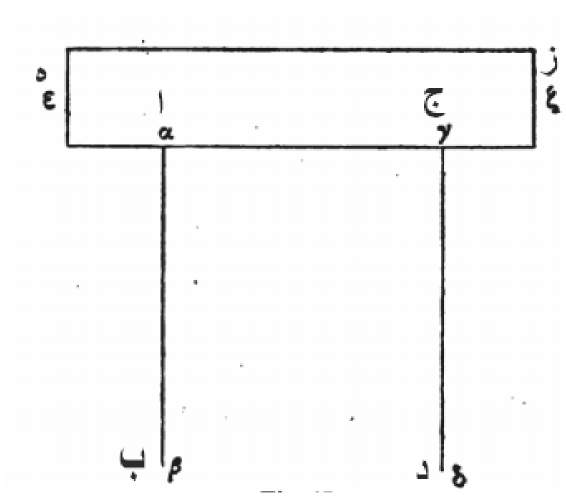
Κατά συνέπεια, στο $\gamma\delta$ έρχεται το μισό του $\varepsilon\gamma$, επειδή το στήριγμα που προστέθηκε κάτω από το φορτίο αφαιρέθηκε, από αυτό που επηρεάζει το $\varepsilon\zeta$, ένα ποσό ίσο με $\varepsilon\gamma$ και πρόσθεσε στο $\alpha\beta$ ένα ποσό ίσο με το μισό $\varepsilon\gamma$; έτσι το $\gamma\delta$ επηρεάζεται από το άλλο μισό του <πχ>. Αυτό το επηρέασε πολύ και μετά την άλλη διαδικασία. Επομένως, είναι προφανές ότι, εάν ένα φορτίο στηρίζεται σε στηρίγματα που το υποστηρίζουν, και αν ένα προσθέσει σε αυτά στηρίγματα ένα άλλο, το πρώτο από τα πρώτα στηρίγματα επηρεάζεται από περισσότερο φορτίο από ό,τι πριν από την προσθήκη και το άλλο από λιγότερο παρά την επηρέασε πριν από την προσθήκη. Από τώρα, όταν τα $\alpha\beta$, $\varepsilon\zeta$ και $\gamma\delta$ έχουν στηθεί ως στηρίγματα, το τμήμα που έπεφτε στο $\alpha\beta$ ήταν το μισό του $\alpha\varepsilon$, αφού ωστόσο το $\gamma\delta$ αφαιρέθηκε, το τμήμα που έπεφτε στο $\alpha\beta$ ήταν το μισό του βάρους του $\alpha\gamma$ αν λείπει το στήριγμα $\gamma\delta$ δείχνει ότι το $\varepsilon\gamma$ που εξέχει παίζει το ρόλο του μοχλού˙ αφαιρεί ένα μέρος του φορτίου του βάρους που ακουμπούσε στο $\alpha\beta$. Ωστόσο, μετατόπισε μεγαλύτερο βάρος στο $\varepsilon\zeta$ από ό,τι είχε στηρίξει πριν, ενώ το φορτίο $\alpha\gamma$ διατήρησε τη θέση του.

29. Το ότι μια ελαφριά δύναμη δεν μπορεί, χωρίς τη μεσολάβηση κάποιας μηχανής, να μετακινήσει ένα πολύ μεγάλο βάρος, είναι προφανές γεγονός. Δύο άντρες κινούν με ευκολία ένα βάρος που ένας μόνο άντρας δεν μπορούσε να μετακινήσει, βάζοντας ακόμη και όλη του τη δύναμη σε αυτό. Βλέπουμε ξεκάθαρα ότι το βάρος τίθεται σε κίνηση μόνο αφού η δύναμη του δεύτερου ανθρώπου έχει προστεθεί σε εκείνη του πρώτου˙ αλλά αυτός ο δεύτερος άνθρωπος μόνος του δεν θα το κινούσε. Αυτό είναι προφανές γιατί αν ο πρώτος άνθρωπος σταματήσει και αφήσει όλο το βάρος στον δεύτερο, αυτός δεν μετακινεί το βάρος. Εάν το βάρος χωριστεί σε δύο μισά, ο πρώτος άνθρωπος μόνος μετακινεί το μισό του και αφήνει το άλλο σε ηρεμία. Το μισό που μετακινεί αυτός ο άνθρωπος ήταν προσκολλημένο στο άλλο μισό πριν το τελευταίο αποκολληθεί από αυτό. Για τον ίδιο λόγο, όταν πολλές δυνάμεις θέτουν σε κίνηση ένα ορισμένο βάρος και μόνο μία από αυτές τις δυνάμεις λείπει, το σύνολο των δυνάμεων που παραμένει μετά την απόσυρση της μίας, δεν μπορεί να μετακινήσει αυτό το βάρος. Εάν οι ενωμένες δυνάμεις έχουν αρχίσει να μετακινούν το βάρος μετά την προσθήκη μιας δεδομένης τελευταίας δύναμης, το μετακινούν με ευκολία. Το ίδιο πράγμα εκδηλώνεται και στις κρούσεις˙ όταν πολλά χτυπήματα έχουν κλονίσει τη

στιβαρότητα ενός αντικειμένου, ένα ακόμα χτύπημα το κάνει κομμάτια. Και δεν είναι μόνο η επίδραση του συνόλου των κρούσεων, αλλά επίσης και μόνο του τελευταίου. Υπάρχουν λογικά παραδείγματα για αυτό εάν έχουμε ένα βάρος και μπορούμε να το σηκώσουμε, αλλά μετά από μεγάλες προσπάθειες, δεν είναι προφανές ότι η δύναμή μας μετριέται με αυτό το βάρος;

Ακατανόητο κείμενο

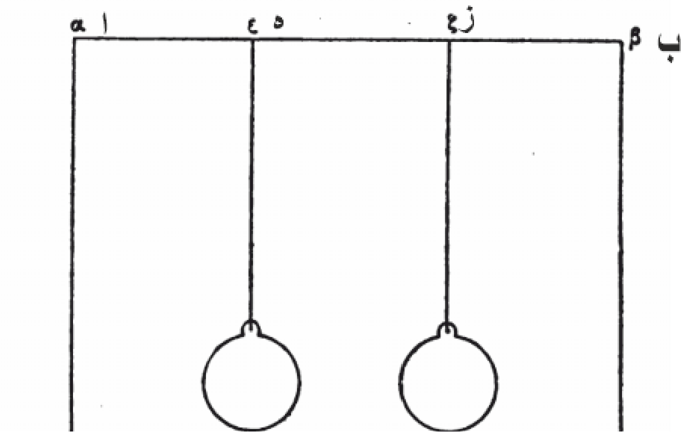
30. Θεωρούμε τα στηρίγματα *αβ*, *γδ*, στα οποία στηρίζεται ένα σώμα που έχει παντού το ίδιο βάρος και το ίδιο πάχος. Έστω αυτό το σώμα: προεξέχει από αυτά τα δύο στηρίγματα˙ θέλουμε να μάθουμε ποιο μέρος του βάρους του φορτίζει σε κάθε έναν από τους δύο ορθοστάτες. Έχουμε ήδη δείξει ότι όταν ένα βάρος εζ τοποθετείται στα στηρίγματα *γδ* και *αβ*, το *γδ* υποστηρίζει μεγαλύτερο μέρος του βάρους από αυτό που υποστηρίζεται από το *αβ*, σε ποσότητα ισοδύναμη με το διπλάσιο του *γζ*.



Εικόνα 22

Και το *γε* τοποθετημένο στο *γδ*, ο ορθοστάτης *αβ* στηρίζει μεγαλύτερο μέρος του βάρους από αυτό που υποστηρίζεται από το *γδ* κατά ποσότητα ισοδύναμη με το διπλάσιο του *αε*. ~~Είναι επομένως σαφές ότι το γδ υποστηρίζει περι~~σσότερο από το *αβ* ένα μέρος του βάρους ισοδύναμο με το πλεόνασμα δύο φορές *γζ* έναντι δύο φορές *αε*. Αν το *γζ* είναι ίσο με *αε*, καθένα από τα δύο στηρίγματα *γδ*, και *αβ* φέρουν ίσο βάρος, και αν ένα από αυτά τα μήκη αυξηθεί, το αντίστοιχο σκέλος φέρει ανάλογη αύξηση του φορτίου.

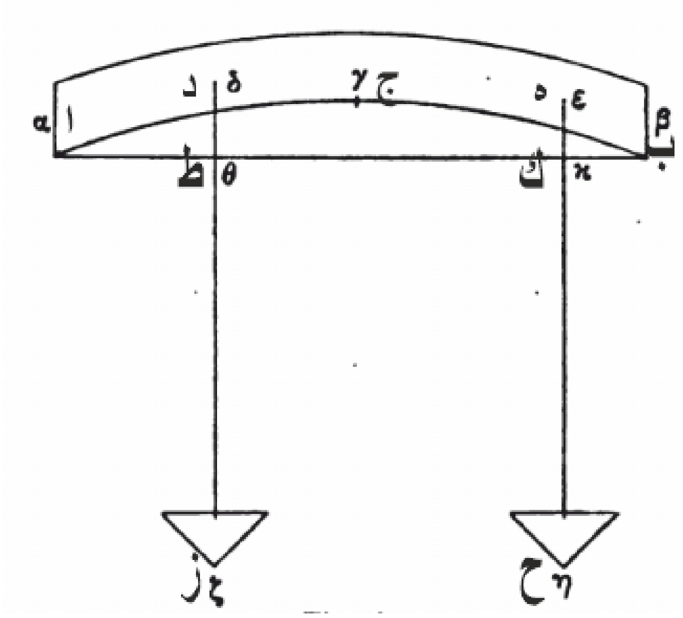
Από όσα είπαμε παραπάνω, προκύπτει με στοιχεία ότι, όταν δοκοί ή τοίχοι που έχουν παντού το ίδιο πάχος και το ίδιο βάρος στηρίζονται σε κολώνες ή στηρίγματα, σε άνιση απόσταση και χωρίς κανόνα, μπορούμε να γνωρίζουμε σε ποιο από αυτά τα στηρίγματα πέφτει το μεγαλύτερο βάρος , και ποιο είναι το υπερβολικό φορτίο σε αυτήν την υποστήριξη. Εάν έχει δοκούς ή κάτι άλλο στις κολόνες, ισχύουν αυτές οι ίδιες διαδικασίες. Ομοίως, όταν οι άντρες κουβαλούν στα χέρια ή στους ώμους τους ένα δοκάρι ή μια πέτρα, άλλοι στη μέση, άλλοι στο



Εικόνα 23

τέλος, είτε βρίσκονται στην ίδια πλευρά του βάρους είτε και στις δύο πλευρές, ξέρουμε καθαρά τι βάρος της μερίδας βαραίνει το καθένα από αυτά.

31. Θεωρήστε ένα άλλο σώμα *αβ*, επίσης με ίσο βάρος σε όλα του τα μέρη˙ στηρίζεται σε όρθια στηρίγματα σε πανομοιότυπες θέσεις *αγ*, και *βδ*. Είναι σαφές ότι σε κάθε ένα από τα στηρίγματα ζυγίζει το μισό βάρος *αβ*. Ας αναρτήσουμε ένα βάρος στο *αβ*, στο σημείο *ε*. Εάν το σημείο *ε* διαιρεί το *αβ* κατά το ήμισυ, είναι προφανές ότι καθένα από τα δύο πόδια υποστηρίζει το μισό βάρος *αβ* συν το μισό βάρος που αιωρείται στο σημείο *ε* ή φορτώνεται σε αυτό το σημείο. Εάν το σημείο *ε* δεν διαιρεί την αβ σε δύο ίσα μέρη, ας διαιρέσουμε το αιωρούμενο βάρος σε δύο μέρη με την αναλογία *βε*/*εα.* το βάρος του τμήματος που είναι ανάλογο με το *εβ* θα βαραίνει στο *αγ* και το βάρος του τμήματος που είναι ανάλογο με το *αε* θα βαραίνει στο *βδ*. Επιπλέον, κάθε ένα από τα δύο πόδια υποστηρίζει το μισό *αβ*. Ας αναρτήσουμε ένα άλλο βάρος στο σημείο *ζ*, και ας το διαιρέσουμε με την αναλογία *αζ*/*βζ*. Το *βδ* θα υποστηρίξει το βάρος του τμήματος που είναι ανάλογο με το *αζ*, και το *αγ* το βάρος του τμήματος που είναι ανάλογο του *βζ*, και κάθε πόδι θα υποστηρίζει επιπλέον το μισό του *αβ*.[20] Έχουμε δηλώσει ένα βάρος ανάλογο του *βζ* που υποστηρίζεται από το *αγ*. Τα βάρη που στήριζε αυτό το πόδι πριν αναρτηθεί σε e και z είχαν ήδη δηλωθεί. επομένως όλα όσα υποστηρίζονται από τα δύο πόδια *αγ*, *βδ* είναι αριθμημένα και γνωστά. Αν συνεχίσουμε να αναρτούμε άλλα βάρη, θα γνωρίζουμε με την ίδια μέθοδο τι βάρος ζυγίζει καθένα από τα δύο στηρίγματα.

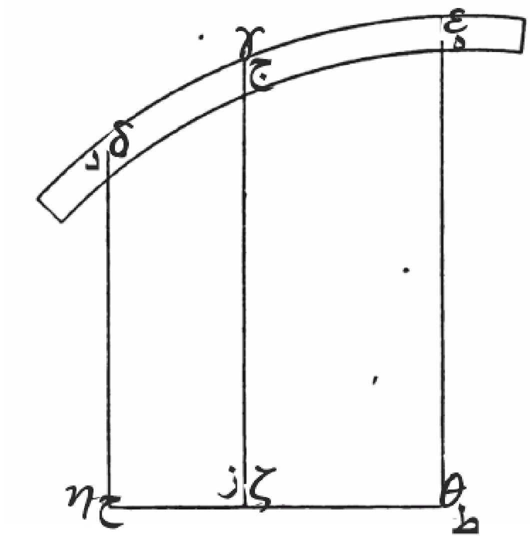


Εικόνα 24

32. Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι όταν, στη ζυγαριά, τα βάρη που εφαρμόζονται σε ορισμένες αποστάσεις από το σημείο ανάρτησης ισορροπούν μεταξύ τους, τα βάρη είναι αντιστρόφως ανάλογα με τις αντίστοιχες αποστάσεις τους. Αλλά δεν πρέπει να το δηλώνουμε με αυτή την τόσο γενικη μορφή· πρέπει να εισάγουμε μια άλλη διάκριση. Ας υποθέσουμε ότι το *αβ* είναι η δοκός μιας ζυγαριάς που έχει παντού το ίδιο βάρος και το ίδιο πάχος.

Αναρτάται στη μέση του, στο σημείο $\underline{\gamma}$. κρεμάμε σε οποιαδήποτε σημεία, $\underline{\varepsilon}$ και $\underline{\delta}$, για παράδειγμα σχοινιά. ας είναι $\underline{\delta\zeta}$, $\underline{\varepsilon\eta}$ αυτά τα νήματα και δύο βάρη αιωρούνται πάνω τους. Η δοκός είναι οριζόντια — αφού τα βάρη έχουν ισορροπήσει. Φανταστείτε ότι οι δύο χορδές περνούν από τα σημεία $\underline{\theta}$ $\underline{\kappa}$. η δοκός βρίσκεται σε ισορροπία, η απόσταση $\underline{\theta\gamma}$ θα είναι στην $\underline{\gamma\kappa}$ ως το βάρος $\underline{\eta}$ προς το βάρος $\underline{\zeta}$. Αυτό απέδειξε ο Αρχιμήδης στα βιβλία του για τους μοχλούς. Αν αφαιρέσουμε από τη δοκό του ζυγού αυτό που βρίσκεται κοντά στα δύο άκρα, δηλαδή τα μέρη $\underline{\theta\alpha}$, $\underline{\kappa\beta}$, η δοκός δεν είναι πλέον σε ισορροπία

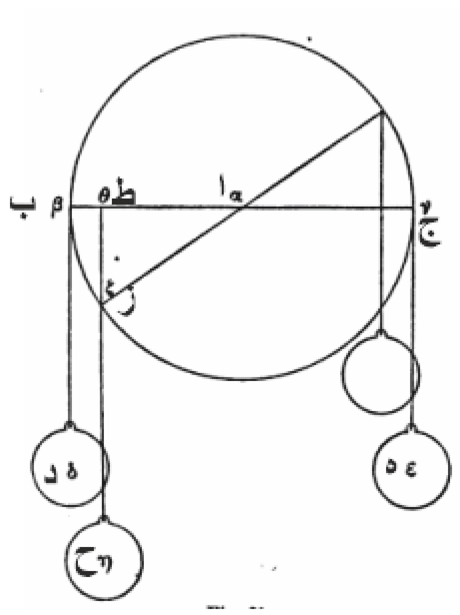
32. Μερικοί λανθασμένα θεώρησαν ότι η αναλογία που υπήρχε στην κατάσταση ισορροπίας δεν ήταν πλέον αληθινή στην περίπτωση ενός ακανόνιστου φορτίου.[*φράση συμπληρωμένη από τον* CARRA DE VAUX στο Αραβικό κείμενο υπάρχουν τελείες] Ας υποθέσουμε ότι μια δοκός ισορροπίας δεν έχει παντού το ίδιο βάρος ούτε το ίδιο πάχος και είναι κατασκευασμένη από οποιοδήποτε υλικό. είναι ισορροπημένη όταν αναρτάται στο σημείο $\underline{\gamma}$˙ εδώ εννοούμε με τον όρο ζυγοστάθμιση το σταμάτημα της δοκού σε σταθερή θέση, ακόμα κι αν έχει κλίση προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Ας αναρτήσουμε τα βάρη σε οποιαδήποτε σημεία της δοκού. Έστω $\underline{\delta}$ και $\underline{\varepsilon}$ αυτά τα σημεία. η δοκός επανέρχεται σε θέση ισορροπίας μετά την ανάρτηση των βαρών˙. και ο Αρχιμήδης απέδειξε ότι και σε αυτή την περίπτωση ο λόγος των βαρών είναι ίσος με τον αντίστροφο λόγο των αντίστοιχων αποστάσεων. Τι είναι αυτές οι αποστάσεις στην περίπτωση ακανόνιστων και κεκλιμένων δοκών, φαντάζεται κανείς ότι ρίχνει ένα σχοινί από το σημείο $\underline{\gamma}$ στο σημείο $\underline{\zeta}$. Οδηγούμε μια γραμμή που φανταζόμαστε ότι ξεκινά από το σημείο $\underline{\zeta}$ (προς τις δύο κατευθύνσεις) και η οποία είναι η ευθεία $\underline{\eta\zeta\theta}$. πρέπει να έχει τέτοια κατεύθυνση ώστε να τέμνει το σχοινί σε ορθή γωνία. Όντας έτσι, και τα κορδόνια $\underline{\delta\eta}$, $\underline{\varepsilon\theta}$ να αιωρούνται στα σημεία του, η απόσταση μεταξύ της ευθείας $\underline{\gamma\zeta}$ και του σημείου που αιωρείται στο $\underline{\varepsilon}$ σημειώνεται με $\underline{\theta\zeta}$ και θα έχουμε, στο υπόλοιπο του φορτίου – δοκαριού , την αναλογία $\underline{\zeta\eta}$ προς $\underline{\zeta\theta}$, ίση με την αναλογία του βάρους που αιωρείται στο σημείο $\underline{\varepsilon}$, προς το βάρος που αιωρείται στο σημείο $\underline{\delta}$. Αυτή είναι η σχέση που αποδείχθηκε προηγουμένως.[η απόδοση



Εικόνα 25

του κειμένου είναι μετάφραση από τα Γαλλικά του CARRA DE VAUX]

34. Θεωρήστε έναν τροχό ή μια τροχαλία που κινείται σε άξονα με κέντρο *α*. η διάμετρός του είναι η ευθεία *βγ* παράλληλη προς τον ορίζοντα. Στα σημεία *β* και *γ* είναι κρεμασμένα δύο σχοινιά *βδ* και *γε*, από τα οποία κρέμονται ίσα βάρη. Είναι προφανές ότι η τροχαλία δεν θα γέρνει σε καμία περίπτωση, γιατί τα δύο βάρη είναι ίσα και οι αποστάσεις από το σημείο *α* είναι ίσες. Έστω το βάρος στο *δ* είναι μεγαλύτερο από το βάρος που εφαρμόζεται στο *ε*˙ είναι προφανές ότι η τροχαλία θα γέρνει προς την πλευρά *β*, και το σημείο *β* θα κατεβαίνει με το βάρος. Πρέπει να ξέρουμε σε ποια θέση θα σταματήσει το μεγαλύτερο βάρος μετά την κατάβαση. Ας χαμηλώσουμε λοιπόν το σημείο και ας το φέρουμε στο σημείο *ζ* το νήμα *βδ* έρχεται στο *ζη* και το βάρος σταματά. Είναι σαφές ότι το νήμα *γε* θα τυλίγεται γύρω από το λαιμό της τροχαλίας και θα αιωρείται από το βάρος από το σημείο *γ*, επειδή το μέρος που τυλίγεται δεν είναι κρεμασμένο. Το *ζη* αν προεκταθεί προς τα πάνω τέμνει τη διάμετρο *βδ* στο θ. Εφόσον τα δύο βάρη βρίσκονται σε ισορροπία, η αναλογία τους είναι ίση με το αντίστροφο του λόγου των αντίστοιχων αποστάσεων από το σημείο ανάρτησης προς τα νήματα. Άρα το *αγ*/*αθ* είναι ίσο με την αναλογία του βάρους *η* προς το βάρος *ε*. Ας πάρουμε λόγο *αγ*/*αθ* ίσο με τον λόγο των βαρών, και οδηγώντας στην ευθεία *βγ* την κάθετη θζ, βλέπουμε ότι η τροχαλία έχει γείρει από το σημείο β στο σημείο ζ και ότι εκεί παραμένει σε ηρεμία. Το ίδιο σκεπτικό θα κάναμε και για οποιοδήποτε άλλο βάρος. Είναι επομένως δυνατό με αυτό το μέσο να ισορροπήσετε οποιοδήποτε βάρος με μικρότερο βάρος.



Εικόνα 26

Αυτό το βιβλίο αρκεί ως μια πρώτη εισαγωγή στις μηχανικές τέχνες. Στη συνέχεια, θα μιλήσουμε για τις πέντε απλές μηχανές με τις οποίες κάποιος κινεί ή τραβά τα βαριά σώματα, καθώς και για τις φυσικές αιτίες που τα κάνουν να δράσουν˙ θα ασχοληθούμε επίσης με άλλα πράγματα που έχουν τη μεγαλύτερη χρησιμότητα στο ζήτημα της μεταφοράς και της ανύψωσης βαριών σωμάτων.

ΤΕΛΟΣ ΠΡΩΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ.

ΑΡΑΒΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ ΤΩΝ NIX-SCHMIDT

بسم الله الرحمن الرحيم ربّ يسّر بحمتك

المقالة الأولى من كتاب أيرن في رفع الأشياء الثقيلة

أمر باخراجة من اللغة اليونانيّة الر اللغة العربيّة

أبو لعباس أحمد بن المعتصم وتولّى ترجمته قسطا
أبن لوقا البعلبكّيّ

[1]نريد أن نحرك الثقل المعلوم بالقوّة المعلومة بتراكيب فلك ذات اسنان فيعمل شكل ثابت شبيه بالصندوق وليكن في حيطانه الطوال المتوازية محاور متوازية ويكون بعدها بالقدر اللذى نتراكب الاسنان التي الحدها في اسنان التي للآخر كما سنبيّن فليكن هذا الشكل صندوق عليه ابجد وليكن فيه محور موضوع تكون حركته سلسة و هو ةز ولتكن عليه فمكة مسنّة ثابتة عليه وهى فلكة ح ط وليكن مثلًا قطرها خمسة أمثال قطر محورة ه ز ولان يكون عملنا ممثّلا نصيّر الثقل الذى نريد ان نجّره الف قنطار والقوّة المحرّكة خمسة قناطير

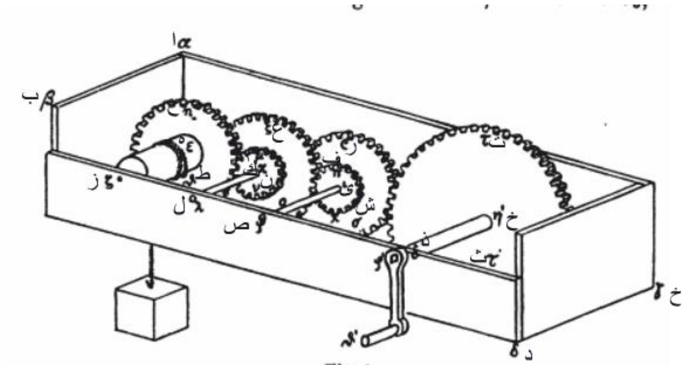


Fig. 1.

أعنى الرجل الحرّك ال الصبى الذى يمكنة أن يحرّك بنفسه بلا حيلة خمسة قياطير فادا ادخلنا القلوس المشدودة في الحمل من ثقب ما في حائط ا ب يتحرّك على محوة ة ز فانّه بدور فلكة ح ط وبالتفاف حتى تلتفّ الحمل ولان تتحّرك فلكة حط يحتاج من القوّة الى مائتى قنطار لان قط الفلكة خمسة أمثال قطر المحور على ما فرضناه وذلك قد تبيّن في براهين الخمس قوى ولكن ليس لنا قوة مائتى قنطار فاذًا الفلكة لا تتحرك فنعمل محورًا آخر موازيا لمحور ه ز وهو محور ك ل ولتكون عليه فلكة ثابتة ذات أسنان وهى فلكة م ن ولتكن فلكة 'ح ط أيضا ذات أسنان تتراكب على أسنان فلكة م ن ولتكن على محور ك ل فلكة أخرى ثابتة وهى س ع يكون قطرها خمسة أمثال قطر م ن فيحتاج من القوّة في أن نحّرك الثقل بفلكة س ع الى أربعين قنطارا لانّ خمس المائتي قنطار أربعون قنطارا وأيضا نركّب على فلكة س ع فلكة أخرى وهى فلكة ف ق ثابتة على محور آخر وهو محور ي ص ولتكن على هذا المحور فلكة أخرى ثابتة عليه يكون قطرها خمسة أمثال قطر فلكة ف ق وهى فلكة ر ش فتكون القوّة التي تحرّك الثقل عند علامة رش ثمانية قناطير ولكن القوّة المفروضة لنا أنّما هي قوة خمسة قناطير فلنركب فلكة أخرى ذات أسنان وهى فلكة ت ث وليكن قطرها مثلى قطر فلكة

3η σελίδα

بنفسه بلا أعنى الرجل المحرّك او الصبى الذى يمكنه أن يحرّك
حيلة خمسة قناطير فاذا أدخلنا القلوس
المشدودة في الحمل من ثقب ما في حائط ا ب حتى تلتفّ
على محور ة ز فانّه بدور فلكة ح ط وبالتفاف القلوس يتحرّك
الحمل ولان تتحّرك فلكة ح ط يحتاج من القوّة الى مائتى
قنطار لان قطر الفلكة خمسة أمثال قطر المحور على ما
فرضناه وذلك قد تبيّن في براهين الخمس قوى ولكن ليس
لنا قوة مائتى قنطار فاذًا الفلكة لا تتحرك فنعمل محورّا
آخر موازيا لمحور ة ز وهو محور ك ل ولتكن عليه فلكة
ثابتة ذات أسنان وهى فلكة م ن ولتكون فلكة ح ط أيضا
ذاب أسنان نتراكب على أسنان فلكة م ن ولتكون محور
ك ل فمكة أخرى ثابتة وهى س ع قطرنا خمسة أمثال
قطر م ن فيحتاج من القوّة في ان نحرّك الثقل بفلكة
س ع الى أربعين قنطارا لانّ خمس المائتي قنطار أربعون
قنطارا وأيضا نركّب على فلكة س ع فلكة أخرى وهى فلكة
ف ق ثابتة على محور آخر وهو محور ى ص ولتكون على
هذى المحور فلكة أخرى ثابتة عليه يكون قطرها خمسة أمثال
قطر فلكة ف ق وهى فلكة ر ش فتكون القوّى التي بحرّك
الثقل عند علامة ر ش قوة ثمانية قناطير ولكن الثوّى المفروضة
لنا أنّما هي قوة خمسة قناطير فلنركب فلكة أخرى
ذات أسنان وهى فلكة ت ث وليكن قطرها مثلى قطر فلكة

4η σελίδα

ر ش وتكون ثابتة على محور أخر وهو محور خ ذ فتكون
فلكة ت ث تحتاج من القوّة الى أربعة قناطير والقوّة المفروضة
لنا خمسة قناطير فتكون في هذه القوّة زيادة قنطار
يستظهر به لما عسى أن يعرض من عسر الفلك ๏ فقد
تبيّن ممّا وصفنا ان المحرك أذأ حرك فلكة ت ث محور
خ ذ ودار بدورانه فلكة ر ش ودار لذلك مخور ذلك مخور ی ص
فدارت فلكة ف ق ودارت فلكة س ع معها ودار لذلك
محور ك ل ودارت فلكة م ن وأدارت فلكة ح ط ودار لذلك
محور زه فالتفّت القلوس على المحور وأرتفع الثقّل فقد
رفعنا بقوّة خمسة قناطير ثقلًا مبلغة الف قنطار بهذه
الحيلة التي وصفناها وذلك ما أردنا نبيّن ๏ حاشية
ينبغي أن يخرج محور ذ خ الى ض ويقام علية عمود ض ظ
مساويا لنصف قطر فلكة ت ث أو أكث منه والله أعلم ๏
[2] في الدوائر أنّ الدوائر الثابتة على محور
وأحد تكون حركتها أبدًا الى جهة واحدة وهى الجهة التي
يتحرّك اليها المحور والدوائر التي تكون على محورين
ويتراكب بعضها في بعض بدند أنجات تكون حركتها الى
جهتين مختلفتين فتكون أحداهما الى ناحية اليمين
والأخرى الى ناحية الشمال واذا كانت الدائرتان متساويتين
استوفت دورة أحدهما الى اليمين دورة الخرى الى
اليسار واذا كانتا غير متساويتين فكانت أحداهما

أعظم من الأخرى دارت الصغرى مرّات الى ان تدور الكبرى
مرّة على حسب ما فيهما من العظم ○

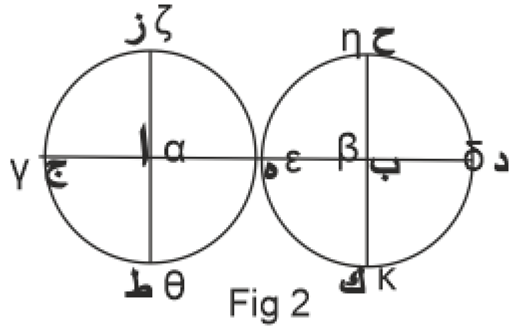


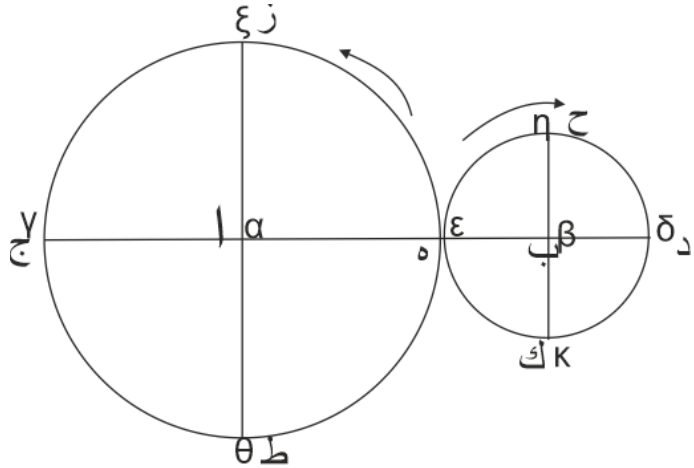
Fig 2

[3] فان قد بان ذلك في هذه المقدّمة فل ندر دائرتين
متساويتين اولاهما ح ه ط د والثانية ز ج ط ه على مركزى ا ب
وتتماسّان على نقطة ه فاذا تحرّكتا من نقطة ه في زمان
واحد مقدار النصف منهما ففي ذلك الزمان علامة ه
تاجوز قوس ه ح د وتصير الى علامة د متحرّكة مثل حركة

علامة ح على قوس ح ط ه فاذًا قد يمكن ا تتحرّك
علامات ما في جهة واحدة ويمكن ان تتحرك بالتضادّ و اما
ما يكون منها نظائر ففي جهة واحدة وقد يمكن ان
يكون ما يقال له انّه يتحرك بالتضاد يتحرك في جهة
واحدة لان العلامات ان تحرّكت وكانت حركتها من
علامة واحدة وهى علامة ه وتوهّمنا خطّى ز ا ط ح ب ك

قائمين على خط ج د تكون الحركة التي على قوس ه ز
ضدّ الحركة التي على قوس ه ح لانّ احداهما تتحرك
الى الجهة اليمنى والأخرى الى اليسرى وقد يمكن ان
تكون الحركة في جهة واحدة اذ توّهمنا بعد العلامات

متساويا عن ز ح وأيضا اذا كانت الحركة على قوسي ز ج ح د الى ج د كانت متساوية وهذا مما ينبغي ان نتوهّمه على قوسي ج ط د ك وعلى قوسي ط ه ك ه وأيضا نقول انّه يمكن ان تتحرّك في جهة واحدة فنقول ان علامتي د ه تحرك فى جهة واحدة اذا كانت علامة ه تحرك على قوس ه ز ج وعلامة د على قوس د ك ه وكان بعدهما من علامتي ز ك متساويا وقربهما منهما متساويا فهذه الحركة قسمي المتضادّة فلذلك صار المتضادّ والمماثل من المضاف فينبغي هن تميّز ى كلّ حركة الحركة التي بماثل والتي تضادّ وقولنا هذا ينبغي ان نتوهّم في الدوائر المتساوية لامّا في الدوائر المختلفة بعد هذا نبيّنه ʘ



[4] فلتكن الدوائر غير متساوية ولتكن مراكزها على علامتي ا ب وليكن اعظم الدائرتين الدائرة التي مراكزها على علامة ا ففي هذه الدوائر لا يتمّ الترتيب الذى في الدوائر المتساوية فلنفرض علامتين ندرهما من علامة ه ولان نمثل ذلك نصيّر قطر ج ة ضعف قطر ه د فاذًا نكون قوس ه ز ج ضعف قوس ه ح د فانّ ذلك قد برني ابشميدس فاذا في الزمان تجوز فيه علامة ه قوس ه ز متحركة\

6^{H} ΣΕΛΙΔΑ

في جهة ج في ذلك الزمان تجوز علاكة ه قوس ه ح د وهى
متحرّكة حركة متضادّ ه وأيضا في الزمان الذى تبتدي
علامة ه من د فتجوز قوس د ك ه وتصير الى علامة
ه فتكون العلامة التي تجوز على قوس د ك ه مرّة تضادّ
حركة العلامة التي تجوز على قوس ه ز ج ومرّة تمون مماثلة
لها وأيضا في الزمان الذى تجوز فيه علامة ج قوس ج ط ه
فيه تجوز علامة ه قوس ه ح د ك ة مرّة في جهة ج ومرّة

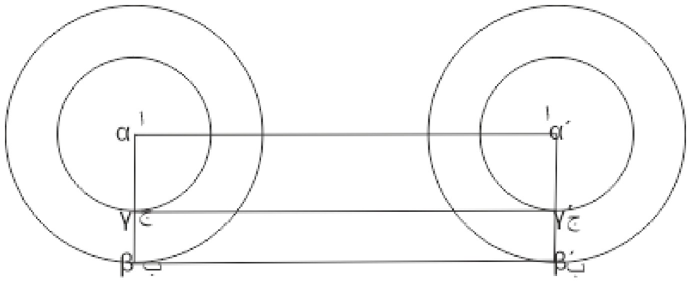
مضادّة لها ۝ فان كانت القوس ثالثة أمثال القوس او في
نسبة أخرى اىّ نسبة كانت فأننا نبيّن ان العلامات
المتحركة مرّة تتحرك في جهة واحدة ومرّة تحرك في
جهات متضادّة والله الموفق ۝
[5] فان توهّمنا دائرة موضوعة تماسّ الدائرة التي

مركزها على علامة ب على علامة ك فانّا نبيّن ما ذكرنا في الدائرة
الأولى في الدائرة الثالثة لأنه اذا كانت الدائرة الأولى تتحرّك
حركة تضاد الدائرة الثانية وكانت الدائرة الثانية تحرك
حركة تضادّ دائرة الثالثة فان حركة الدائرة الأولى بكون
مماثلة لحركة الدائرة الثالثة فان تحرك شيء ما حركة
مماثلة لحركة شيء آخر وكانت تلك تتحرّك حركة متضادّة
لحركة اشياءَ اخر فان الأولى ببحرّك حركة مضادّة لحركة
الاشياءِ الثالثة ۝ فان كانت أيضا دائرة رابعة بيّنّا ذلك

أيضا على هذا وبالجملة ان الذى يعرض في الثلاث الدوائر
هو يعرض في الدوائر التي جملتها افراد والذى يعرض
في الدائرتين هو يعرض في كل الدوائر الى جملتها ازواد ⊙
وقد ترى الحركة تكون مرّة مماثلة ومرّى مضادّة ليس في
دائرتين واكثر منهما فقط لكن في الدائرة الواحدة قد ترى
العلامة الواحدة مرّة تتحرك في جهة ما ومرّة تتحرك في
ضد تلك الجهة فانّ تلك العلامة المتحركة اذا ابتدأت
بالحركة من علامة ما لا تزال تتحرك في جهة واحدة الى ان
تجوز نصف دائرة فإمّا اذا جارت قوس نصف الدائرة
الثاني لأنها تتحرّك حركة مضادّة لتلك الحركة ⊙

[6] وأيضا ليس تكون الدوائر العظام ابدً اسرع حركة
من الدوائر الصغار لكن قد أيضا الدوائر الصغار اسرع
من الكبار لأنه اذا كانت الدوائر على مركز واحد ثابتةً
عليه فانّ الدوائر الكبار تتحركّ اسرع من الصغار فان كانت
الدوائر متباعدة وكانت في جسم واحد اعنى على غير
محور واحد كما قد يكون في العجل الكثيرة الفلك فان
الدوائر تتحرّك اسرع من الدوائر الكبار لانّ حركتها
واحدة وفى الزمان الواحد كل واحدة منها تتحرّك فتحتاج
الدائرة الصغرى ان تدور دورات كثيرة الى ان تدور الكبيرة
دورة واحدة فلذلك صارت الصغرى اسرع حركة ⊙.

[7] وقد يمكن ان تكون حركة الدائرة الصغرى والكبرى
متساوية السرعة وان كانت الدوائر ثابتة متحركة على
مركز واحد فلنتوهّم دائرتين ثابتتين على مركز واحد وهو
مركز ا وليكن خط ما يماسّ الدائرة الكبرى وهو خط ب ب
ولمصل علامتي ا ب فيكون خط ا ب قائما على خط ب بوخط ب ب
يوازى خط ج ج فاذاً خط ب ب يماسّ الدائرة
الصغرى وأيضا فلنخرج على علامة ا خطا يوازى هذه
الخطوط وهو خط اا فان توهّمنا الدائرة العظم متدحرجة
على خط ب ب فانّ الدائرة الصغرى تتدحرج جائزة
على خط ج ج فان كانت الدائرة العظمى قد دارت دورة
واحدة يظهر لنا انّ الدائرة الصغرى قد دارت دورة واحدة
فيكون وضع الدوائر وضع الدوائر التي مركزها على ا ويكون
وضع خط ا ب الوضع الذى لنحط ا ب فمذلك يكون خط
ب ب مساويا لخط ج ج وخط ب ب هو الخط الذى نتدحرج
عليه الدائرة العظمى اذا دارت دورة واحدة وخط
ج ج هو الخط الذى تلتفّ عليه الدائرة الصغرى اذا دارت
دورة واحدة فاذًا الدائرة الصغرى حركتها مساوية السرعة
لحركة الدائرة العظمى لان خط ب ب يساوى خط ج ج
والاشياء التي تجوز في الازمان المتساوية ابعاد متساوية
فان حركتها متساوية السرعة ⊙ ونعلّ هذا القول يظنّ



به اذّه محال لانّه لا يمكن ان تكون قوس الدائرة العظمى
مساوية لقوس الدائرة الصغرى فنقول ان قوس الدائرة
الصغرى تتدحرج على خط ج ج فقط لكن الدائرة الصغرى
تجوز مجاز الدائرة الكبرى معًا فيعرض ان تتحرّك الدائرة
الصغرى حركة مساوية السرعة لحركة الدائرة الكبرى بحركتين
لانا اذا توهّمنا الدائرة الكبرى متدحرجة حرجة والدائرة الصغرى
غير متدحرجة بال ثابتة على علامة ج وحدها فأنها في
مثل ذلك الزمان تجوز خط ج ج فاذًا مركز ا في ذفك الزمان
يجوز خط ا ا وهو مساو لخطّى ب ب ج ج فاذًا ليس ينفع
في الحركة تدحرج التفاف الدائرة الصغرى كثير شىءٍ
وعليه طول مسافة الدائرة الكبرى التي تحرك الدائرة
الصغرى فانّا قد نرى المركز و هو لا يتدحرج بتّة يسلك
ذلك البعد بالحركة التي تحرك بها الدائرة العظمى ⊙
[8] لامّا ان تكون العلامة الواحدة اذا تحرّكت
بحركتين متساويتى السرعة يمكنها ان تجوز خطوطا غير
متساوية فانّا الآن نبيّن ذلك فليفرض سطح مربع متوازى
الاضلاع قائم الزوايا وهو سطح ا ب ج د وليكن قطره خط
ا د ولتكن علامة ا جائزة معتدلا على خط ا ب
وليكن خط ا ب متحرّكًا على خطّى ا ج ب د حركة معتدلة
ليكون ابدًا موازيا لخط ج د وليكن الزمان الذى يجوز

فيه نقطا ا مساويا للزمان الذى يجوز فيه خط
ا ب الى ج د فاقول انّ علامة ا في الزمان الواحد تتحرك
على خطين غير متساويين برهان ذلك انّه اذا بحرك خط
ا ب في زمان ما فصار موضعه على خط ه ز فانّ علامة ا
المتحركة على خط ا ب تكون في ذلك الزمان على خطّ ه ز
فتكون نسبة واحدة نسبة خط اج الى خطّ ا ب اعلى الى
خط ج د كنسبة خطّ ا ه الى الخط ا ه الخط الذى من علامة ه الى
العلامة المتحرّكة عليه ولخطّ ا ج الى خط ج د نسبة هي
نسبة ا ه الى ه ح فاذا العلامة المتحرّكة على خط ا ب
تصير عند ح على خط ا د الذى هو القطر وبمثل ذلك بتبيّن
ان العلامة التي تجوز على خط ا ب هي ابدًا جائرة
على خطّ ا د وفى ذلك الزمان تحرّك على كل واحد من
خطّى ا د ا ب وخطا ا د ا ب مختلفان فاذا العلامة المتحرّكة
حركة معتدلة في الزمان الواحد تجوز على خطين غير
متساويين زلمن كما قلنا حركة العلامة على خط ا ب
مبسوطة وحركتها التي على قطر ا د مؤلّفة محركة ا ب
على خطّى ا ج ب د ومن حركة ا على خط ا ب فاذًا علامة ا
في الزمان الواحد بالحركة المعتدلة تجوز على خطّين
غير متساويين وذلك ما اردنا ان نبيّن ٥

[9] فأما كيف نريد على الشكال البسيطة والمجسمة
وكيف ننقص منها على النسبة المعلومة فانّا الآن نخبّر
بذلك ليمكنّا ان نريد في الذراع مثلا في الاشكال
المجسّمة والبسيطة على نسبة واحدة واوّل ذلك في
الاشكال البسيطة فلنفرض خطًا ما معلوم النوع فنريد ان
نجد خطًا آخر يكون الشكلين الرسومين على الخطّين
المتشابهين لاحدهما الى الاخر نسبة مثل النسبة المعلومة
فليكن للخطّ المعلوم الر خط آخر نسبة مملومة وليفرض
بين الخطين المعلومين نسبة خطّ وهو الخط المطلوب
لأنه آذا كانت ثلثه خطوط متناسبة نكون مثل نسبة
الأول الى الثالث كذلك نسبة صورة الأول الى صورة
الثاني المتشابهة المخطوطة بالتشابه ʘ

[10] ولكن هنا نريد ان نجد خلّا آخر تكون
الشكال المجسّمة التي من خطيو المتشابهة المرسومة
بالتشابه لبعضها الى بعض نسبة معلومة فليكن خطّ ما له
الى خطّ اخر نسبة ما معلومة ونفرض بين هذين الخطّين
خطّين آخرين في النسبة المتّصلة فاذا فتلنا ذلك
فحصنا عن مطوبنا لأنّه اذا كانت أربعة خطوط في نسبة
متّصلة تكون مثل نسبة الأول الى الرابع كذلك نسبة الصورة
المجسمة التي من الخط الأول الى الشكل المجسة الذى
من الخطّ الثاني المتشابه المخطوط على المشابهة ʘ

ΣΕΛΙΔΑ 12

[11]فأما كيف نستخرج خطّين متناسبين بين
خطّين مفرضين فأنّا نبيّن ذلك بآلة لانّا لا نحتاج
في ذلك اللي المجسّمة ولنضع في ذلك ما كان في العمل
اكثر سهولة فيكن الخطان المفروضان خطّى ا ب ب ج وليكن
احدهما قائما على الاخر وهما الخطّان اللذان نريد ان
نجد خطّين متوسطين بينهما فتبتّ مربّع ا ب خ د ونخرج
خطّى د ج د ا ونصل ب د ج ا ونركبّ على علامة ب قانونا
يقطع خطّى د ه ا ز ونديره حتى يكون الخط الخارج من
علامة ح الى تقاطع ج ه مساويا للخّط الخارج من علامة
ح الى تقاطع ا ز وليكن وضع القانون على ه ب ز وخطّا ه ح ح ز
متساويان فأقول انّ خطّى ا ز ج ه متوسطين متناسبين بين
خطّى ا ب ب ج واوّلها ا ب والثاني ز ا والثالث ج ه والرابع
ج ب برهان ذلك من اجل ان مربع ا ب ج د متوازي الاضلاع
قائم الزوايا فان الأربعة خطوط التي هي د ح ح ا ح ب
ح ج متساوية ومن اجل هن خطّ ح د مسوِ لخط ح ا
وقد اخرج خط 4ح ز4 فانّ مضروب د ز في ز ا مع مضروب ا ح
في نفسه مساو لمضروب ح ز في نفسه وكذلك أيضا مضروب
د ه في ه ج مع مضروب ج ح في نفسه مساو لمضروب ح ه في
نفسه وخطا ه ح ح ز متساويان فاذا مضروب د ز في ز ا مع

ΣΕΛΙΔΑ 13

مضروب ا ح في نفسه مساو لمضروب د ه في ه ج مع
مضروب ح ج في نفسه ومضروب ح ج في نفسه مساو لمضروب
ا ح في نفسه فاذًا مضروب ه ج الباقي مساوٍ لمضروب
د ز في ز ا الباقي فاذًا خطّ ه د عند د ز كخطّ ز ا عند
ج ه وخط ه د عند د ز كخطّ ب ا عند ا ز وكخطّ ه ج
عند ج ب فاذًا خطّ ز ا عند ج ه و خطّ ج ه عند ب ج كخط
ب ا عند ا ز فقد افقينا بين خطّى ا ب، ب ج خطّين
متوسطين متناسبين هما خطّا ا ز ج ه وذلك ما اردنا ان
نبيّن ๏

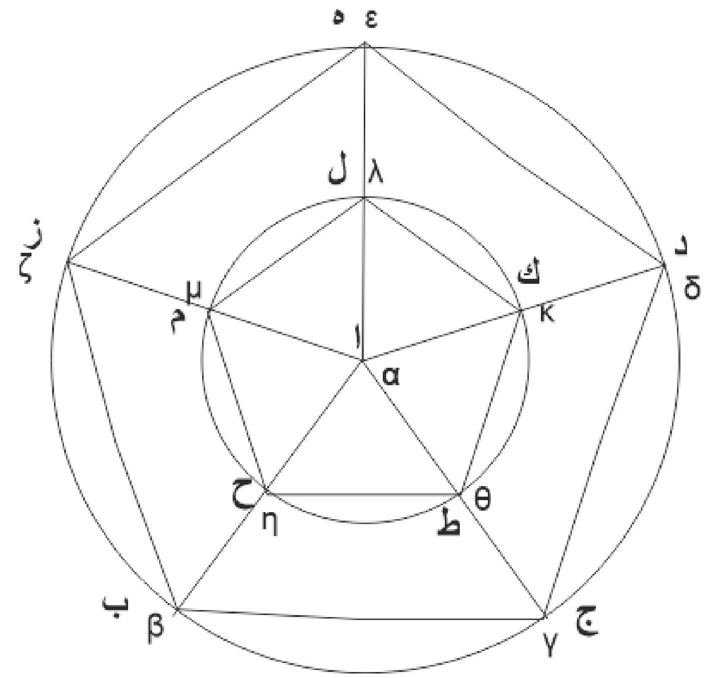
[13]فأمّا كيف ينبغي ان نريد وننقص في الاكال
المرتّبة سطوحيه كانت او محسمة على النسبة المعلومة فقد
اخبرنا بذلك وقد يجب لاضطرار ان نحتال في غير
المرتبة البسيطة والمجسمة بحيلة يمكنّا بنا ان نعمل
مثل ذلك العمل ولكنّا نقدّم أولا ما يصلح لتسهيل معرفة هذا
ثمّ نتبعه بيان ذلك يقال ان الاشكال متشابهة متساوية
بسيطة ومجسّمة مرتّبة كانت او غير مرتّبة اذا امكنا ان نرسم
في احدها من الاشكال المستقيمة الخطوط شكلا
مساويا مشابها للذي نرسمه في الاخر والاشكال يقال أنّها
متشابهة اذا امكنّا ان نرسم في احدها من الاشكال المستقيمة
الخطوط اشكالا ما يمككّا ان نرسم اشكالا مشابهة لها
في الخر ๏

[13] اذا كان خطّ ما متحركا على نقطة ما فرض على
ذلك الخط علامتان تقسمان الخط فيما يلى العلامة الثابتي
على النسبة المعلومة فان العلامتين اللتين تتحركان
على ذلك الخط يرسمان اشكالا متشابهة فان كان الخطّ
يتحرك على سطح فأنّه تكون الشكال المرسومة بسيطة
فان لم لك يكن الخط متحركًا على سطح لكنّه كان على مجسم
فأن الاشكال المرسومة تكون مجسمة اذا توهّمنا العلامات
بتقاربها ترسك بسائط الاشكال لأنّه ليس بممتنع ان نتوهم
في المحسوسات هذه الوضع وذلك في المعقولات اكثر
صدقا واصّح وعلى جهة أخرى تسمّى الاشكال متشابهة
اذا كان اذا رسم احدهما في الاخر وفرضت علامة ما تكون
الخطوط الهراجة من العلامة الى نهايات الاشكال خطوطا
كانت اوسطوحا تقطعها نهايات الاشكال في تلك النسبة ɷ

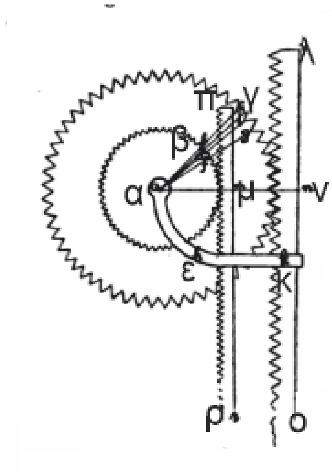
[14] فاذ قد قدمّنا هذا نبين انه يمكنا ان
تجد شكلا مشابها لكل شكل مفروض وله اليه نسبة معلومة
وأول ذلك نبيّنه في السطوح فلنرفض خطّا ما هو خطّ ا ب
ثابتا على علامة ا متحركا على سطح ولتكن عليه علامان
وهما علامتا ب ح تجوزان على الخط ولقرسم علامة ب في

السطح خطّ ب ج د ه ز ولامة ح ترسك خطّ ح ط ك ل م
فنقول ان شكلى ب ج د ه ز ح ط ك ل م متشبهان برهان ذلك
انّا نرسك في ب ج د ه ز شكلا مستقيم الخطوط وهو شكل
ب ج د ه ز وأيضا نرسم شكل ح ط ك ل م ونصل مى علامة
ا الى علامات ب ج د ه ز خطوطا وهى الخطوط التي قد
اخرجناها وأيضا نصل ح ط ك ل م ومن اجل انّ خطوط
ب ا د ا ه ا ا ز قد قسمت قسمة متشابهة على علامات
ح ط ك ل م لما فرضنا فان الشكل المستقيم الخطوط الذى
هو ب ج د ه ز مشابه للشكل المستقيم الخطوط الذى هو
ح ط ك ل م وبمثل ذلك نبيّن أنّه قد يمكنّا ان ارسم في
شكل ح ط ك ل م شكلا مستقيم الخطوط يشابه كلّ شكل
مستقيم الخطوط يرسم في شكل ب ج د ه ز لانّ الاشكال
التي رسمنا العلامان متشابهة ٥

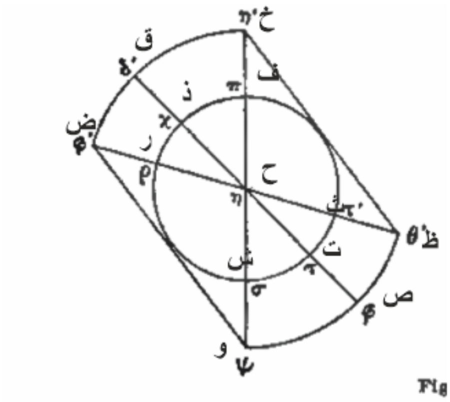
[15] ولنبيّن الآن كيف نجد شكلا مشابها للشكل
المسطّح المعلوم بآلة تكون له اليه نسبة معلومة فنعمل
صفيحتين على مركز واحد ثابتة عليه نوات اسنان مهندمة
على محور واحد متحركة في السطح الذى فيه الشكل
الذى نريد ان نعمل مثله ولكن نسبة الصفائح بعضها الى
بعض تلكن النسبة المعلومة وليكن على كلّ واحدة من

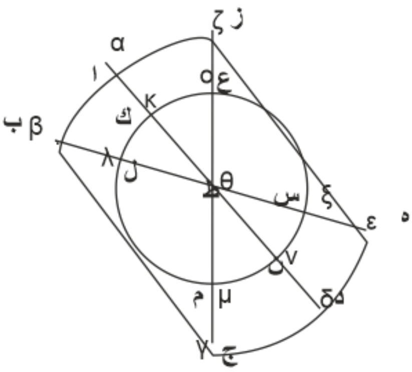


الصفائح قانون ذو اسنان في تلك الجهة ولتكن اسنانها
مركبة على اسنان الصفائح ولتكن هذه القوانين في حفر
ميزابيّ من قانون اخر متحرك على محور الصفاح بثقب
مستدير وليكن على اطراف القوانين المضرسة مراكز تكون
لخطّ الاشكال المتشابهة ولتكن هذه المراكز تجوز على
خطّ مستقيم على مركز الصفائح ولان يكونا كلاهما ابدًا
متحركين حركة مستقيمة على مركز الصفائح وتعمل الثلاث
علامات عملا واحدا وتكون ابدًا على خطّ واحد مستقيم
ينبغي ان نعمل المراكز التي في القوانين المسنّة
بعيدة عن مركز الصفائح قدر البعد الأصغر الذى لمركز كلّ
واحدة من الصفيحتين عن اطراف القانونين ثمّ نعوّجها
لتنال السطح الذى نريد ان نرسم فيه الاشكال المتشابهة
فان مدّ احد مركوا ما فصيّره على اخط الذى
يحيط بذلك الشكل وباعد الآخر عنه البعد الذى يكون
ما بينه وبين مركز الصفائح عند البعد الذى بينه وبين
المركز الاخر كمسبة اقطار الصفائح المسنّة بعضها الى
بعض وصير القانون الذى فيه الحفر الميزاليّ مقوسا



قليلا ليكون المركز الذى على الخط الذى ذكرناه
جائزًا على هذا الخط فانّ المركز الخر يبسم الشكل
المشابه للشكل الأول ويرسمه أيضا على النسبة المعلومة
لان الصفائح المسنّة لاحداهما الى الخرى هذه
النسبة ⊙





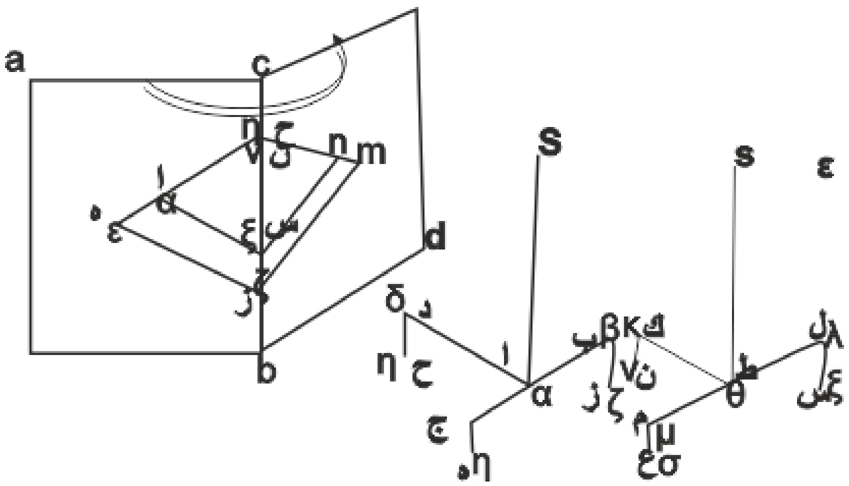
[16] امّا الشكل الذى يشابه الشكل المعلوم الذى
له اليه نسبة معلومة فقد عملناه في الموضع الذى هو
احد ان لا يعمل الشكل الموجود في ذلك الموضع لكن
في موضع اخر حيث يريد واضعه فانّا نستعمل فيه هذا
العمل فليكن الشكل المشابه للشكل المعلوم شكل ا ب ج د ه ز
وليكون الموضع الذى نريد ان نعمله فيه ما يلى علامة
ح ولمفرض في داخل شكل ا ب ج د ه ز علامة ما وهى علامة
ط ولنرسم على علامتي ح ط دائرتين متساويتين في السطح
ولنقسمها باقسام متساوية الكثرة على علامات ك ل م ن س ع
ف ق ر ش ت ث ولنصلها ونخرجها من المراكز الى الفصول
ونخرج خطوطا مساوية للخطوط التي أخرجت في شكل
ا ب ج د ه ز من علامة ح وليكن خطّ ا ك مساويا لخطّ ق ذ

ول ب لخطّ ر ض و م ج لخطّ ش و و ن د لخطّ ت ص و س ه
لخطّ ث ظ و ع ز لخطّ ف خ ولنخرج على علامات خ ذ ض و ص ظ
ولعلامات المشابهة لها خطوطا فان قسمت الدوائر المتساوية
التىّ على مركزي ط ح بأقسام اكثر صحّة واستقصاء فلنرسم
خطّ ح ذ ض و ص ط فيكون هذا الخطّ مساويا ومشابها
لخطّ ا ب ج د ه ز لان السطوح المتشابهة المتساوية
يتراكب بعضها على بعض ʘ

[17] وفى الشكال المجسّمة أيضا المرتبة وغير
المرتبة ينبغي ان نتوهّم النقمة متشابهة اعنى ان تكون
كرّة بدل الدائرة التي تعمل او فيها او خارجها
اشكال ما اخر متساوية متشابهة فنفرض عليها علامات
متشابهة الوضع ونخرج منها الى علامات اخر موضوعة في
أوساط الاشكال خطوطا ونخرجها فانّا اذا فعمنا ذلك
كان من هذه الخطوط شكل مجسم مشاو مشابه للشكل
الموضوع اوّلا ʘ

[18] فأمّا المجسّمات فانّا نعملها على هذه الجهة
نتّخذ لوحين من خشب سطوحيه متحركة على خطّ
مشترك يكون الخطّ المشترك في كلّ حركة خطّا واحدة
وذلك يتهيأ اذا كانت مراكز الهرماوجات التي تتحرك
عليها الانواح على هذا الخطّ المشترك وليكن عظم الالواح

على قدر اعظم الشكلين المتشابهين المجسمين واما صنعة
الالة والحاجة اليها فألن نعلّمها ولنتّخذ شكلين من
حديد يشابهان الحرف الذى يسمى هولا فلتكن اجراء
كل واحد منهما الممدودة متساوية ولنعوّج اطرافها
تعويجا له حدّة ولتكن من تعويج اثنين منها صورة مثلّث
ولتكن النسبة المعلومة التي لاحد المجسّمين الى الاخر
ثلاثة امثال النسبة التي لاضلاع المثلثين بعضها الى بعض
فليتوهّم ذلك الى خطوط ا ب ا ج ا د والخطوط التي قد
عوّجت ج ه ب ز د ح والشكل الاخر خطوط ط ك ط ل
ولتكن الخطوط التي قد عوّجت خطوط ك ن ل س م غ
وليكن المثلثان المتشابهان ح ه ز ن ع س ولنقسم على الخط
المشترك الذى للّوحين المتحركين في احد اللوحين
شكلا مساويا مشابها للشكل الحديد ولنخرج على احد
خطوط المثلث خطا موازيا لقاعدة المثلث يحيط لمثلث
اخر مساو للمثلث الذى من حديد الذى يشابه حرف
هولا وليكن على كلّ واحد من اشكال هولا قضيب من
رصاص ملصق به وليكن طرفه محدّدا قويا ليكون اذا
عوج ايّ تعويج كان وترك يسكن اعنى لا يرتعد



كما قد تكنون القضبان الرصاص التي تعمل للتماثيل
الانسية ولتكن صورة هذا الحرف الذى يسمى هولا
مشابها للأداة التي تسمى غلاغرا ولبكن الالواح الاتي
ذكرنها متحركة الى بعضها بعض الحركة التي اذا سكنت
ثبتت وكانت غي متزعزعة كالسراطين امّا صنعة الآلة فهي
هذه والذوي نريد ان نخبّره بعد هذا هو استعمالها ʘ
فاذا اردنا ان نعمل شكلا مجسّنا مشابها لشكل آخر معلوم
مجسّم وله الية نسبة كالنسبة الملمومة فغنّا نقرب
بسيط الشكل المجسم الى شكل هولا لنماس المركز
البسيط من كل جهة ونقرّب أيضا الشكل الاخر المشابه
هولا للشكل الذى نريد نعمله فان اردنا هن نعمله
اكبر من الشكل المنظور ابينا بالشكل الأعظم الى المثلّث
الأعظم ولآخر الى الباقي فليكن نريد ان نعمل الشكل
المشابه في حجر او خشب او آلة أخرى ونصير على كل
جسم علامات المراكز ولتكن العلامات المفروشة موضوعة
على الاجسام وضعا متشابها ولنعمل الأجزاء الاخر على هذا
العمل وليكون التعليم ظاهرا نفرض كانّا نريد ان نرس
عينا في مقال انشان او مثال آخر غيره فنضع مراكز هولا
على المعمول اعلى الموضوع الذى نريد نعمل شكلا

كشابها له ونعوج طرف القضيب الرصاص الذى قند هولا
حتى ينال طرفه العين التي نريد ثمّ نرفع هولا ونركنه
على المثلث الذى قد رسم في اللوح ثم نخفض او نرفع
اللوح الآخر الذى ليس فيه رسم حتى يناله طرف القضيب
بانخفاضه او لارتفاعه ثمّ نرفع هولا ونصل خطّين من العلامة
التي ينالها القضيب الرصاص على اللوح في نهايات ضلع
المثلّث الذى على الخط المشترك للّوحين ولنحفظ
كل واحد من اللوحين غير متحرك الى الآخر ونخرج على
لعلامة الأخرى التي على الخط المشترك للّوحين خطّا
موازيا للخطوط العظام التي عند الخط الموازي للقاعدة
حتى يقطع الخطّ المخرج الاخر ثم نأخذ هولا الاخر
ونركّب اطراف الاسنان التي قد عوّجت الحادّي على
لمثلّث الذى في اللوح المساوي للمثلّي المعمول من
اطراف تلك الجراء نعوّج القضيب الرصاص حتى ينال
التي رسمها الخطّ الموازي في اللوح الاخر ونرفع
هولا ونضعه على العلامات المفوضة في الشكل الذى لم
نستعمله فعلى ايّ علامة تراكب طرف القضيب في الجسم
تلك العلامة تكون الموضوعة على موضع عين المثال المشابهة
الوضع للتي تعوّج عليها القضيب الاوّل وكذلك أيضا

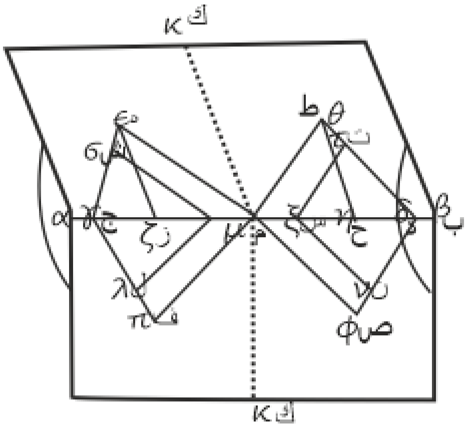
نعوج القضيب على اجزاء البنية الاخر فنرسم المتشابهات
الوضع على الحجر ثب نعمل البسيط على العلامات المفروضة
وهى العلامات التي تعمل الشكل مشابها للشكا الذى
تقدّم وضعه وتصير له اليه نسبة هي النسبة المذكورة
فأمّا الخط الموازي الذي ذكرناه فأنه يرسم في اللوح
الاخر بسهولة اذا رسمنا فلى اللوح خطّا ما موازيا للخط
المشترك اما ان بكون الشكال المعمولة على ها العمل
متشابها فذلك ظاهر لأنّها من اشكال نارية متشابهة
مشابهة الوضع قواعدها المثلثات التي رسمها هولا في
الاجسام رؤيسها العلامات التي رسمتها اطراف القضبان
في حل واخد من الاجسام فأمّا ان بكون لبعضها الى
بعض نسبة معلومة فذلك ظاهر لان الاشكال الناريّة التي
منها عملت الاجسام نسبتها ثلاثة المثال نسبة اضلاع
المبناسبة لان اضلاع المثلثين المتشابهين كذا فرضت
فاذا المجسّمات لبعضها الى بعض هذه النسبة المعلومة ʘ
[19] فان ارنا ان نعمل ما خلف الاجسام المتشبهة
فأنّا نستعمل بهذه الحيلة نتوهّم في جهة خلف ثلث
علامات في كلّ واحد من الشكال موضوعة وضعا متشابه

ا

σελίδα 23

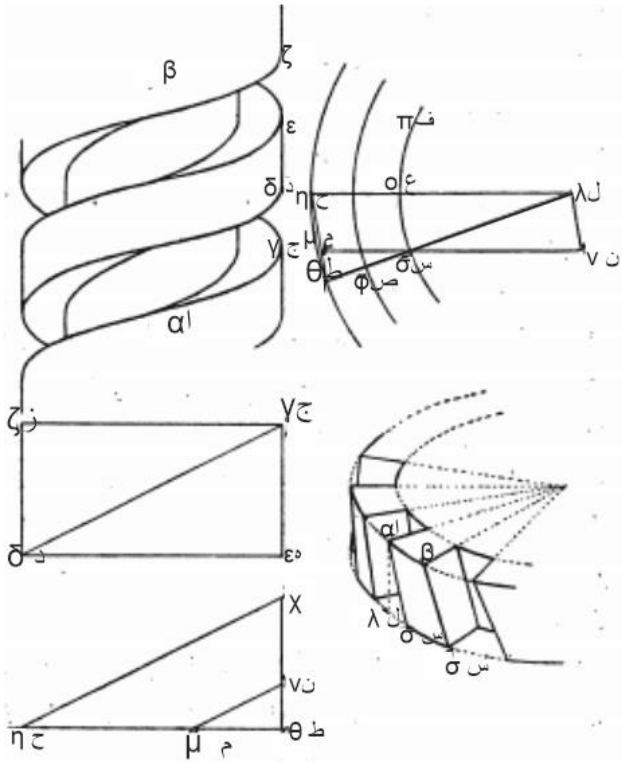
فأعمه من الخطوط التي تصلها مثلثين مساويين للمثلثات
المعمولة من حرف هولا اعنى المرسومة في اللوح
الواحد وننقل كليهما في جهة خلف ونفرض علامات
متصلة نعمل بها اجراء الجسم المذكورة ๏
فان اردنا ان نعمل تمثيل يخالف بعضها بعضا حتى يكون
اذا قدّم احدها الرجل اليمنى يقدّم الأخر الرجل
ليسرى قدمة تشابه رجل الأخر اليمنى وعلى هذا في

الأعضاء الأخر فأنّا نعمل هكذا ننقل العلامة المفروضة
في اللوح الاخر الجهة الأخرى حتى تكون موضوعة
وضعا متشابها اعنى ان يكون العمود الخارج من العلامة
المذكورة على الخط المشترك بعيدا من الطر الواحد
البعد الذى أحاط به الخط الاخر من العلامة
الخرى في الجهة الأخرى ويكون مساويا للعمود الأخر
اعنى ان يكون الخطّ المشترك للّوحين خط ا ب وتكون
نهايات ضلع المثلّث علامتي ج د والعلامة المفروضة علامة
ه ولنخرج على خطّ ج د عمودًا وهو عمود ه ز ولنخرج خطّ
د ح مساويا لخطّ ج ز وليكن خطّ ح ط المساوي لخطّ
ه ز العائم القائم عليه فطرف القضيب ليس نعوّجه الى ما يلى...



...علامة ه ولكن الى ما يلى علامة ط و كذلك ندبرها بنقلها
الى الجهة الأخرى فنعمل أعضاء الاجسام متخالفة ʘ
فأمّا كيف نعمل لصفيحة ما اسنانا تكون معلومة
الكثرة ونتراكب على لولب معلوم فأنّا نبيّن ذلك لانّ
ذلك كثير المنفعة فيما نريد ان نخبّره بعد هذا فليكن
اللولب على ا ب ولبكن الدوائر اللولبية غير عدسية
ولتكن ابعاد هذه الدوائر اللولبية قدر ج د د ه ه ز فتكون
هذه الثلثة الخطوط متساوية فنريد ان نجد صفيحة
تكون ذات عشرين سنّا نتراكب على الدوائر اللولبية
التي على اللولب فلنفرض دائرة ما تكون في فعظمها على
القدر الذى نريد وهى دائرة ح ط ك وليكن مركزها على
علامة ل ونقسم محيط الدائرة بعشرين جزا متساوية
وليكن احد هذه العشرين جزءا قوس ح ط ولنصل علامات
ح ط ل ط ل ح ولنفرض خطّ ح م مساويا لاحد خطوط
ج د د ه ه ز ولنخرج من علامة ل خطّا موازيا لخط ح ط و هو
خطّ ل ن وليكن هذا الخطّ مساويا لخطّ ح م ولنصل
علامتي م ن بخط م ن فأنّه يقاطع خطّ ل ط فميكن
النقاطع على علامة س ونرسم على مركز ل ببعد ل س

ائرة س ع ف فيهر لنا قوس س ع جزء من عشرين
جزءا من دائرة س ع ف لان قوس ح ط جزء من
عشرين
من محيط دائرة ح ط ك ودائرة س ع ف هي الدائرة
الداخلة فتكون هي الدائرة المحدودة اذا ردنا على
خطّ ل س خطّا يكون بقدر عمق الدوائر اللولبية
ورسمنا ببعد ذلك الخطّ كلّه دائرة على مركز ل وقد
ينبغي ان اعلم ان قسمة خارج الدائرة ينبغي ان تتراكب
في عمق اللولب لان س ع مساو لج د امّا على الحقيقة
فأنّها لا تتراكب لانّ بعد ظاهر الدوائر اللولبية مشاو لبعد
الدائرة اللولبية الداخل فأمّا الاسنان فانّ البعد الذى
بين اعلاها الخارج اكبر من البعد الذى بين اسفلها
الداخل ولأن الاختلاف في ذلك غير محسوس لا يكون
منه امتناع فعل وأيضا ينبغي ان يكون الحفر الذى
للأسنان التي في بسيط حافة الفلكية ليس بقائمة كما قد
نعله في الفلك التي بريد ان نركّب اسنان بعضها على
بعض لكنّا نصيرها مائلة لتتراحب السنان ابدا على كل
موضوع حفر اللولب وذلك يطهر لنا اذا قسمنا دائرة على



Σελίδα 26

حافة الفلكة بعشرين جزءا اقساما متساوية ونخرج على
علامة احد الأقسام خطًا مائلا على قدر ميل الدوائر
اللوبية ونقسم ما يلى الجهة الخرى الفلكة بمثل
هذه الأقسام ونصل هذه العلامات بخطوط تكون على
بسيط حافة الفلكة ثمّ نحفر السنان فبكون الدوائر
اللولبية مهندمة فتتراكب عليها اسنان الفلكة فأمّا كيف
ينبغي ان يكون تعويج الاسنان التي في حالة الفلكة
عيد التدوير فانّا نعمل ميل الاسنان التي على
بسيط حافة الفلكة ميلا يتراكب في حفر الدوائر اللولبية
فأنّا الان نبيّنه فلنفرض فلكة وليكن البعد الذى لاحد
الاسنان خطّ ا ب وليكن الحفر اللولبيّ الذى على اللولب
خطّ ج د بين خطين موازيين لقاعدة الشكل الأسطواني
وهما ج ز ه د ولنفرض خطّين يقوم ادهما على الاخر
على زاوية قائمة وهما خطّا ح ط ط ك وليكن خطّ د ه مساويا
لخطّ ح ط وخطّ ج ه مساويا لخطّ ط ك ولنصل علامتي
ح ك ونخرج من علامة ا خطًا قائمة على الفلكة في ثخن
الشكلة وهو خطّ ا ل فيكون خط ا ل ثخن الفلكة وليكن
ΣΕΛΙΔΑ 27…

خطّ ط م مساويا لخطّ ا ل ونخرج خطّ م ن موازيا لخطّ
ح ك وليكن خط ل س مساويا لخطّ ط ن في دائرة الفلكة
الأخرى ونصل علامتي س ا ونقسم دائرة ل س من علامة س
بعدد كثرة السنان وليكن س ع قسما واحدا وليصل ع ب
فيكون حفر السنّ على خطّى ا س ب ع فلبكن كذلك
الأسنان الأخر ʘ
[20] وقد ظن قوم ان الاثقال الموضوعة على الأرض
تحرّك بقوّة معادلة لها باستعمالهم الآراء الكذبة فلبيّن
أنّ الاثقال التي وضعها على ما وصفنا فتتحرّك بقوة اقل
م كلّ القوة المعلومة ونوضح العلّة التي لها صار ذلك
غير ظاهر فلنتوهّم حملا ما موضوعا على الأرض
وليكن معتدلا املس مجتمعا بعضه الى بعض وليكن
السطح الذى الثقل عليه يمكن ان يميل الى كلّ
الجهتين اعنى اليمنى واليسرى فليكن اوّلا الى
اليمنى فيظهر لنا انّ الثقل المفروض يميل الى الجهة اليمنى
لانّ الاثقال طبيعتها ان تتحرّك الى السفل هن لم يدعمها
شيء فيمنعها من الحركة وأيضا اذا استقلّت الجهة المائلة
الى السطح صار معتدلا فأنّه يصير الثقل بهذا محفوظا
فان ما ل الى الجهة الأخرى اعنى الى الجهة اليسرى فأنّ

الثقل أيضا ينحط الى الجهة المائلة وان كان الميل الى قوة تحركه
σελίδα 28
يحتاج الى قوة دعمه لئلا يتحرك فاذا صار الثقل أيضا
معتدلا غير مائل الى جهة من الجهات فأنّه بهذا بلا ان
بكون له قوّة تدعمه فلا يزال هادنا الى يميل السطح
الى ايّ جهة كانت فأنّه يميل الى تلك الجهة فالثقل
المتهيأ للذهاب الى كلّ جهة كيف لا تكون حاجة حاجته
في ان يتحرك الى قوّة يسيرة فدر القوّة التي قدر تميله فاذا
الثقل يتحرك بكلّ قوة يسيرة ʘ
[21] فالمياه التي على السطوح غير المائلة فأنها
تكون غير سائلة بل تكون ثابتة لا تميل الى جهة من

الجهات فاذا نالها اقّل ميل فان جميعها يميل الى تلك
الجهة حتى لا يبقى اقلّ جزءِ من الماء ثابتا عليه الّا ان
يكون في السطح اغوار فتبقى أجزاء يسيرة في قعر الاغوار
كما قد يعرض في الآنية زلكن الماء قد ناله هذا لأن أجزاءه
غير متصلّة شديدة التحلّل وامّا الأجساد المتصلة
فمن اجل انّها في طبعها غير ملسه ى بسائطها ولا يكلها
سهل فأنّه يعرض من خشونة الأجساد ان يدعم بعضها
بعضا فيعرض من ذلك ان يستند احدها بالآخر
كالأضراس فتمنع من ذلك لانّها تكاثرت واتّصلت
فاجتماع بعضها الى بعض تحتاج الى اجتماع قوّة عظيمة
فمن التجربة صار لهم معلّم ساروا يوصفون تحت
الجات خشبا تكون بسائطنا في هيئة الاساطين
σελίδα 29

فلا بماسّ من السطح الّا جزءَا يسيرا ولا يعرض من ذلك
من الخشونة الّا اقل ذلك ويستعملون الاوتاد فيتحّرك
الثقل عليها بسهولة على انّه قد زيد على الثقل الاداة
واقوام يرصون على السطح الواحا منحوتة لملاستها
ويطلونها لدسم لان تتملّس الخشونة التي عليها فيحرّكون
الثقل بأيسر قوّة فأمّا الاساطين فأنها اذا كانت ثقالا
وكانت ملقاة على الأرض حتى لا ينال الأرض منها
الا ضلع واحد فأنّها تتحرك بسهولة وكذلك أيضا الكّر
وهذه قد تقدم في قولنا   ʘ
[22] فان اردنا ان نحمل الثقل الى جهة عليا فأنّا
عند ذلك نحتاج الى قوّة مساوية للثقل فلنتوهّم حناية
متعالية متحركّة قائمة على سطح ولتكن متحركّة على مراكز
على محور حركة سهلة وليكن على بسيط حافتها حبل
يكون احد طرفية مشدودا بالحمل وطرفه الاخر عند القوّة
الجاذبة فأقول ان ذلك الثقل يتحّرك بقوة مساوية له
ولا يكون عنف طرف الحبل الاخر قوّة بل يكون ثقل اخر
مشدودا فيه فيظهر لنا انّ الثقال اذا كانت متساوية
فأنّ الحناية لا تميل الى جهة من الجهات ولا يقوى القال
الأول على الثقل المرتبط الثاني ولا الثقل على الحمل لان
الثقل المشدود الثاني مساو للحمل الأول فاذا زيد في
الثقل قدر ما يسير فانّ الثقل الاخر ينجبذ الى الجهة
لعليا فالقوّة اذا المحّركة للحمل ان كانت اعظم من الحمل
فأنها تقوى عليه وتحركّه الّا ان تعرض خشونة في تدوير
الحناية او صلابة في القلوس فيكون من ذلك امتناع
الحركة ʘ
[23] فأمّا الاثقال التي على السطوح المائلة لأنّ
طبيعتها ان تميل الى السفل أيضا كما قد تكون حركة
جميع الاجسام لان لم يكن هذا كنا ذكرنا فينبغي ان
تتوهّم فيه أيضا العلّة التي ذكرناها قبل هذا فلنفرض
ولتكن ارضه لينة ملسة وكذلك أيضا وكذلك أيضا جز الثقل الذى
تدعمه لنحتاج في هذا ان نكتسب قوّة ما او ثقلا ما من
الجهة الأخرى ليقوى اوّلا على الثقل أعنى ان يعادله
لتكون القوّة والزائدة عليه تقوى على الثقل فترفعه الى ما
فوق ولان يصح قولنا نبيّن ذلك في أسطوانة موضوعة
فان الأسطوانة من اجل انّه لا ينال الأرض منها كبير
جزء فأنّها في طبيعتها ان تتدحرج الى اسفل فلنتوهم
سطحا ما خارجا على الضلع الذى يماسّ الأرض قاسما

σελ 30)

على تلك الأرض فيظهر لنا انّ ذلك السطح يجوز على
محور الاسطوانة ويقطعها بنصفين لأنّه اذا كانت دارة ما
يماسّها خطّ واخرج من علامة المماسّة خطّ على زاوية قائمة

σελίδα 31

ذلك الضلع اعنى ضلع الاسطوانة سطحا آخر قائما على
الأفق لأنّه لا يكون السطح الخرج الاوّل ويقسك الأسطوانة
بقسمين مختلفين يكون اصغرهما ممّا يلى الجهة العليا
واعظمهما ممّا يلى الجهة السفلى فيقوى اعظمهما على اصغرهما
ذ كان اعظم مدة فتدحرج الأسطوانة فان توهّمنا في
الجهة الأخرى من السطح المخرج القائك على الأفق انّه
قد نقص من القسم الأعظم قدر زيادته على القسم الصغر
فان القسمين يعتدلان يعتدلان فيكون ثقل جميعهما ثابتا على
ذلك الضلع المماسّ للأرض فلا يميل الى جهة من الجهات
اعلى لا الى ما يلى العلو و لا الى ما يلى السفل فنحتاج حينئذ
الى قوّة معادلة له تقاومه فاذا زيد تلك القوّة زيادة
ما يسيرة قويت على الثقل ο

[24أ] وقد ارى انّه يجب باضطرار ان نخبّر متعلمي
صناعات الحيل ما ذا الميل وما مركز الثقل في جسم
كان ذلك او في غير جسم وأما أنُ يكون الميل
والانحراف لا يقال بالاستحقاق الّا في الاجسام فان ذلك
ليس يدفعه احد فان قلنا في الاشكال المساحية
المجسّمة والسطوحية ان مركز الميل وممركز الثقل علامة
ما فأن ذلك قد اوضحه ارشميدس بما فيه كفاية فينبغي
ان يفهم هذا على ما هوذا نخبّر به انّ بوسيدونيوس
الذى من اصحاب الرواق قد حدّ مركز الميل والثقل

[24α] Έχω δει ότι πρέπει να πούμε υποχρεωτικά στους μαθητές των τεχνασμάτων (της μηχανικής)ποια είναι η κλίση και ποιο είναι το κέντρο βάρους σε ένα σώμα, είτε σε ένα μη-σώμα, αλλά ότι η κλίση και η απόκλιση δεν λέγονται με αξία Κανείς δεν το πληρώνει, αν πούμε στα σχήματα ενός στερεού και στις επιφάνειες ότι το κέντρο κλίσης και το κέντρο βάρους είναι ένα σημάδι, αυτό έχει εξηγηθεί από τον Αρχιμήδη, συμπεριλαμβανομένου   Αυτό λοιπόν πρέπει να γίνει κατανοητό ως ιδού, λέμε ότι ο Ποσειδώνιος ο οποίος ήταν από τα μέλη της στοάς έχει περιορίσει το κέντρο της κλίσης και της βαρύτητας .....

σελίδα 32

بحد طبيعي فقال ان مركز الثقل او الميل هو علامة
ما اذا علّق الثقل بها كان منقسما بقسبين متساويين
فمن اجل ذلك ارشميدس ومن تقتدى به من اهل صناعة
الحيل ميّزوا هذا القول وفصلوا بين العلامة وبين مركز
الميل امّا العلاقة لأنّنا علامة ما على للحسم او غيره
الجسم اذا علق بها المعلق تعادلت اجزاؤه النى
بدلك ان لا يترجّح ولا يميل فأنّ المعادلة هي اذا عادل
شيء شيأ كما قد يعرض في الموازين اذا كانت مضطربة
موازية لسطح الأفق او سطح ما كان موازيا له كما
قال ارشميدس ان الثقال تكون غير مائلة على خطّ وعلامة
امّا على خطّ اذا كان الثقل على علامتين من ذلك الخطّ
فلم يكن يميل الخط وكان السطح الخارج على ذلك
الخطّ القائم على الأفق كيف حوّل الخط كان قائما
فأنّه لا يميل الثقل على الخطّ بتّة فأمّا اذا قلنا الثقل
مائل فأنّا انّما نريد انحطاطه الى السفل أي حركة الى
ما يلى الأرض وامّا المعادلة التي تكون على العلامة لأنّها
قد تكون اذا كان الثقل متلّقا بها وكان الجسم في كل
حرك تحرك متساوية اجزاؤه بعضها ببعض والثقل يعادل
ثقلا اخر اذا كان عند تعليقهما على علامتين من خطّ
مقسوم بنصفين وعلى العلامة التي قسم عليها كان الخطّ
موزيا للأفق بعد ا ن بكون اقدار الاثقال بعضها الى بعض

Με ένα φυσικό όριο, είπε ότι το κέντρο βάρους ή η
είναι ένα σημάδι αν το βάρος αναρτήθηκε σε δύο ίσα
τμήματα, γιατί αυτός ο Αρχιμήδης και όσοι τον
ακολούθησαν από τους ανθρώπους της τέχνης του
διέκριναν το τέχνασμα αυτό το ρητό και χωρίστηκαν
μεταξύ του σημείου και του κέντρου κλίσης Όσο για τ
σχέση επειδή είμαστε ένα σημάδι αποφασιστικότητα
άλλο σώμα εάν ο σχολιαστής είναι συνδεδεμένος με
η ποινή του είναι ίση, η οποία αντί να μην ταλαντεύε
να κλίνετε, η εξίσωση είναι αν κάτι είναι ίσο με κάτι,
μπορεί να παρουσιαστεί στη ζυγαριά αν Ήταν ταραχω
παράλληλη με την επιφάνεια του ορίζοντα ή την
επιφάνεια αυτού που ήταν παράλληλο με αυτόν ως4

كقدر ابعدها المبادلة من العلامات التي هي معلّقة عليها
امّا ان تكون الاثقال المعلقة على هذه الجهة متعادلة
الميل فان ارشميدس قد بين ذلك في كتبه في
المعادلات في الاشكال التي تستعمل فيها الامخال وقد
يعرض للعلاقات والقوائم شيء واحد الن العلاقة والقائمة
بالقوّة هما شيء واحد فأن القوائم التي يتعلق فيها الثقل
هي التي تحمل الثقل وقد يعرض ان تكون هذه القوائم
كثيرة جدّا غير متناهية الكثرة فأمّا مركز الميل فأنّه في كل
واحد من الاجسام علامة ما واحدة تميل اليها القوائم
التي من العلاقات وقد تكون مراكز الميل في بعض
الاجسام خارجا عن جواهرها كما قد يقرض في الحنايات
والاسورة امّا ان تكون خطوط العلاقات تجتمع الى نقطة
واحدة مشتركة لها فأنّ ذلك يتبيّن لنا اذا توهّمنا سطحا
ما قائما على الأفق وكان يقطع جسما ما باعتدال فأنّه
يظهر لنا ان ذلك اسطح يقسك به الجسم بنصفين لأنّه
اذا ينفذ في الجسم واذا توهّمنا أيضا سطحا لخر يقطع
الجسم مثل ذلك السطح فأنّه ينفذ فيه كنفاذ هذا السطح
ويتقاطعان السطحان فلى خط فان وقع التقاطع على غير
العلاقة عرض من ذلك ان تكون الاجسام متعادلة وغير
متعادلة فلننقل الآن هذا القول الى القوائم ونتوهم جسما قائما
على خطّ قائم على سطح وليكن الجسم معتدل الاجزاء قائما

Όσο για το ότι τα βάρη που κρέμονται σε αυτή την πλευρά είναι ουδέτερη κλίση, ο Αρχιμήδης το έχει δείξει στα βιβλία του για τις εξισώσεις στις μορφές με τις οποίες χρησιμοποιούνται οι μοχλοί και παρουσίασε τις σχέσεις και τις καθέτους ενός πράγματος, επειδή η σχέση και η κάθετος της δύναμης είναι ένα πράγμα.

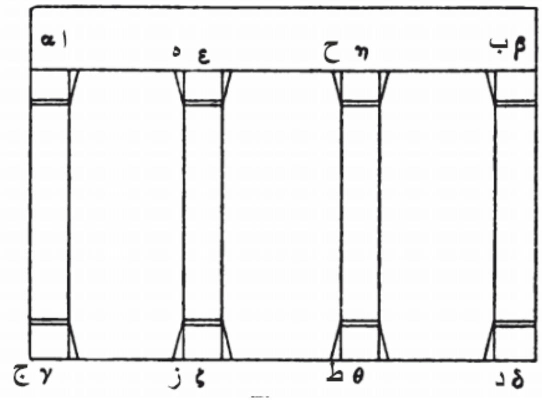
على ذلك الخطّ فاذا اخرج ذلك الخطّ فأنّه ينفذ في الجسم
فان وقع الخطّ المخرج خارج الجسم فانّ السطح المخرج
عليه يقع أيضا خارج الجسم وذلك قد ظهر انّه غير ممكن
فاذًا الخطّ ينفذ في الجسم ويقسمه بقسمين معتدلين
فأن توهّم علامة الاعتدال علامة عمرى أيضا غير تلك
فأنّه قد يعرض في ذلك أيضا مثل الذى قرض في الأول
اعنى ان يكون الخطّ المخرج على تلك العلامة ينفذ في
وسط الجسم فيكون الخطّان متباينين فاذا اخرج عليهما
سطحان لم يتقاطعا فأنّه قد يمكن ان يخرج على خطين
سطحان لا يتقاطعان فيعرض في هذا مثل الذى قرض
في الأول فيكون هذا غير ممكن فمن اجل هذا نعلم ان
السطوح تتقاطع والخطوط تتلاقى فبكون في سطح
واحد فاذا اخرج ذلك السطح الى بسيط الجسم فأنّه
يفعل خطّا على علامات التقاطع فتكون علامة ثالثة واقعة
خارجا عن هذا الخط ونتوهم هذه العلامة علامة
المعادلة أيضا يكون الجسم معتدلا عليها ونخرج من
العلامة خطّا في وسط الجسم فلذلك تقدّم من قولنا
اذا اخرج هذا الخطّ يقع على ذلك الخطين اللذين
اخرج السطح عليهما ولا يقع على علامة اخرا غير علامة
تلاقيهما لأنّه اذا لاقى خطّ ما خطّين متقاطعين وهو في
سطح آخر فأنّه يلاقيهما على علامة تقاطعهما فأن لم تكن

ملاقاته لها على علامة تقاطعهما يجب ان يكون بعض
الخطّ في سطح وباقيه في سطح آخر فاذا جميع
الخطوط التي للعلاقة تجتمع الى علامة واحدة وهى التي
تسمى مركو الميل والثقل ⊙

[25] وقد يجب باضطرار ان نوضح شيا في الكبس
والنقل والحمل على جهة الكميّة ما يكون يصلح للمدخل
فأن ارشميدس قد استعمل ى هذا الجزء صناعة متّقنة
في كتابه المسمّى كتاب القوائم ونحن نضع ما نحتاج
اليه منه في أشياء اخر وامّا الآن فأنّا نستعمل من ذلك ما
كان على قدر الكمية على ما يصلح للمتعلمين الجهة في
ذلك هي هذه اذا كانت اساطين كم كانت وكان عليها
عوارض او حائط وكان موضوعا عليها وضعا متساويا
او كان مختلف الوضع على اطرافها وكان زائدا على احد
الطرفين او على الطرفين جميعا وكان البعد الذى بين
الاساطين متساويا او مختلفا فأنّا نريد ان نعرف كم ينال
كل واحدة من الاساطين من الثقل ومثال ذلك انه
اذا كانت خشبة طويلة مجتمعة الثقل وكان رجال يحملونها
متساويين في طول الخشبة وفى أطرافها ونكون احد
أطرافها فاضلا او جميعها فأنّا نرئد ان نعرف كل واحد
من الرجال كم يناله من الثقل فان المطلوب في
جميعها واحد ⊙

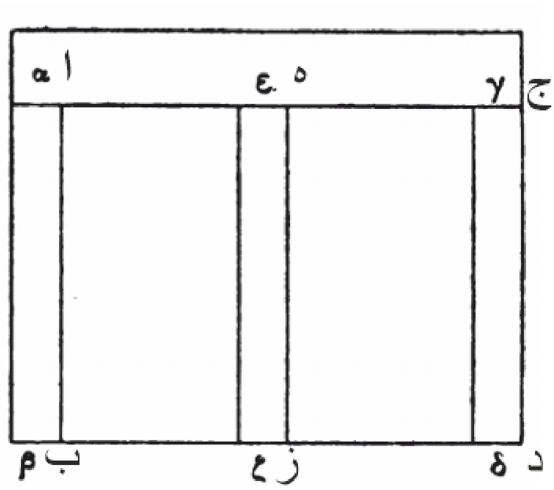
ΣΕΛΊΔΑ 37

[26] فليكن ثقل متساوي الثخن متساوي الجزاء على الاساطين وهو ا ب وليكن موضوعا على اسطوانتين وهما ا ج ب د فتكون كل واحدة من أسطوانتي ا ج ب د ينالها نصف ثقل ا ب فلتكن أيضا أسطوانة أخرى وهى ه ز وتفصل بعد ا ب كيف ما وقع فنريد ان نعرف كل واحدة من اساطين ا ج ه ز ب د كم ينالها من الثقل فلنتوهّم ثقل ا ب مقسوما على علامة ه قسمة على خطّ قائم على أسطوانة فيظر لنا ان جهة ا ه ينال كل واحدة من أسطوانتي ا ج ه ز نصف ثقلها وجهة ه ب ينال كل واحجة من اسطوانتي ه ز ب د نصف ثقلها لأنه لا يكون اختلاف فيما ينال الاساطين اذا كان الموضوع عليها متصلا او كان منفصلا لأنه متصلا كان او منفصلا فان جميعه على الأسطوانة فاذا أسطوانة ه ز ينالها نصف ثقل ه ب ونصف ثقل ا ه اعنى نصف جميع ثقل ا ب واسطوانة ا ج ينالها نصف ثقل ا ه واسطوانة ب د ينالها نصف ثقل ب ه فان قسمنا نصف ا ب على نسبة بعد ا ه الى بعد ه ب فان ثقل القسم المشابه لنسبة ا ه ينال ا ج والثقل المناسب لبعد ه ب ينال ب د وأيضا فلنضع أسطوانة أخرى وهى ح ط فيظهر لنا ان ا ج ينالها نصف ا ه وب د ينالها نصف ح ب و *ه ز ينالها نصف*



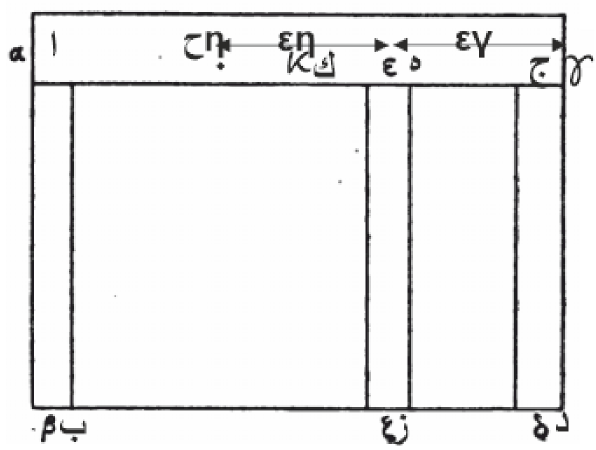
ΣΕΛΙΔΑ 38

ا ح و ح ط ينالها نصف ه ب و نصف ا ه و نصف ح ب ونصف اح ونصف ه ب هو جميع ا ب و هو الموضوع على جميع الاساطين وان كانت الاساطين اكثر فأنّا لهذا العمل نعرف كم ينال كل واحد منها من الثقل ٥



[27] واذا كان هذا فلنفرض قوائم ا ب ج د
متساوية الوضع وليكن عليها جسم ما متساوي العظم
والثقل وهو ا ج قد كنّا قلنا انّ كل واحدة من قائمتي
ا ب ج د ينالها نصف ثقل ا ج فلننقل قائمة ج د ونقربها الى
ا ب وليكن موضع ه ز فنريد ان نعلم أيضا أي شيء ينال
ا ب ه ز من الثقل فنقول ان بعد ا ه إمّا ان يكون مساويا
لبعد ه ج وامّا ان يكون اصغر منه وإمّا ان يكون عظم منه
فليكن اوّلا مساويا له فيظهر لنا ان ثقل ا ه يعادل ثقل ه ج
فان نحن اخرجنا قائمة ا ب يقيم ثقل ا ج ثابتا على حالة
فيظهر لنا ان قائمة ا ب لم يكن ينالها من الثقل شيء وانّما
كان ثقل ا ج على *ه ز* وحدها فان كان بعد ج ه اعظم
من بعد ه ا فان ثقل ا ج ينحطّ الى ما يلى ج فليكن بعد
ه ج اصغر من بعد ه ا وليكن ج ه مساويا له ح فاذا ج ح
يكون معتدلا *على ه ز وحجها* ولنضع ركنا ما على ح ط
فان توهّمنا ان جميع الثقل قد فصل على علامة ح فان
ΣΕΛΙΔΑ 39
ح ج يكون ثابتا على ه ز وحدها ويكون نصف ا ح على
كل واحدة من قائمتي ا ب ح ط فاضا نقصنا قائمة ح ط
تكون لعلامة ح قوّة القائمة بعد ان يكون الجسم ملتحما
فتكون ا ب ينالها نصف ثقل ح ا و ه ز ينالها الباقي اعنى
ج ح ونصف ا ح اعنى اذا توهّمنا ا ج مفصولا بنفصين على
علامة ك يكون ك ه نصف ا ح فاذا كانت القائمة التي كانت
اوّلا عند ه تحت علامة ك فانّه ينالها ثقل جميع ا ج
و كلما تباعدت القائمة من الفصل الذى يقسم الثقل بنفصين
فانّ بذلك القدر ينال ا ب من الثقل ويكون باقي الثقل
على القائمة الأخرى ο

[28] واذا كان هذا هك1ا فلمفرض قائمتين هما
ا ب ه ز موضوعة الوضع الذى ذكرناه قبل هذا وليكن
ه ج فاضلا وليقسم ا ج بنفصين على علامة ك فقد ليّنّا ان
قائمة ا ب ينالها ثقل ك ه وقائمة ه ز ينالها باقي ثقل
ا ج ولنفرض تحت علامة ج قائمة وهى قائمة فيتبين
أيضا ان قائمة ا ب ينالها نصف ثقل ه ا وقائمة د ج ينالها
نصف ثقل ه ج وقائمة ه ز ينالها نصف ثقل ا ج ومن قبل
ان نضع قائمة ج د بيّنّا كم ينال كل واحدة من ا ب ه ز
من الثقل فظاهر لنا ان قائمة ح د لما هن صيرت تحت
σελίδα 40
النقل صار الذى ينال قائمة ا ب من الثقل اكثر ممّا كان
ينالها قبل ذلك بقدر نصف ه ح اعنى بقدر نصفذ
ه ج وصار الذى ينال ه ز اقّل ممّا كان ينالها ألا بقدر
فيكون الذى ينال د ج من الثقل على هذا القول نصف ه ج
لان القائمة التي زيدت تحت الثقل نقصت ممّا ينال ه ز
قدرا مساويا لثقل ه ج وزادت على قائمة ا ب ثقلا مساويا
لنصف ه ج فتكون ج د ينالها نصف ثقل ه ج الباقي وقد
كان هذا المقدار ينالها على العمل الآخر فمن هاهنا يظهر لنا
انّه اذا كان ثقل ما على قوائم تحمله وزيد على تلك
القوائم قائمة أخرى فان احدى القوائم الأولى التي هي
الأول ينالها من الثقل اكثر مما كان ينالها قبل الزيادة
والقائمة الخرى ينالها من الثقل اقلّ مما ان ينالها قبل
الزيادة ومن اجل انّه لمّا كانت القوائم ا ب ه ز ج د
كان الذى ينال ا ب نصف ا ه ولمّا نقص ج د كان الذى
ينال ا ب نصف ثقل ا ح ظهر لنا أنّ ه ج لمّا ان تعلّق صار
في هيئة مخل فحمل بعض الثقل لذى كان على ا ب وزاد
على ه ز اكثر ممّا كان عليها من الثقل اوّلا وثقل ا ج ثابت
في مكانه ο

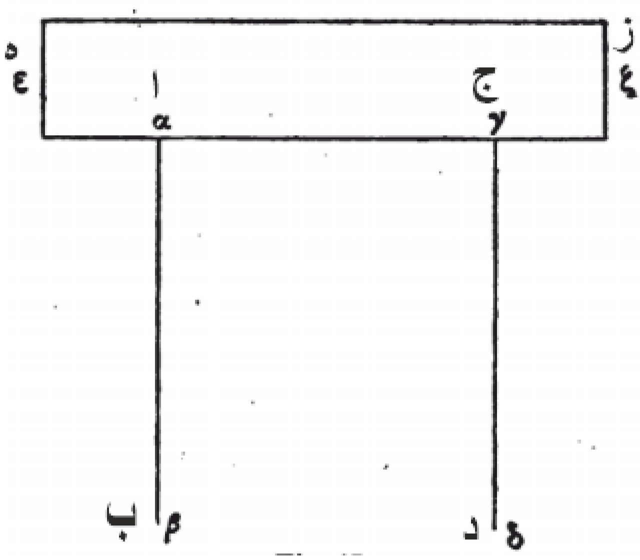


[29] فأمّا انّه لا يمكن ان تحرك القوى اليسيرة اثقالا

عظاما بلا حيلة تستعمل فيها فانّ ذلك قد تبيّن من
σελίδα 41

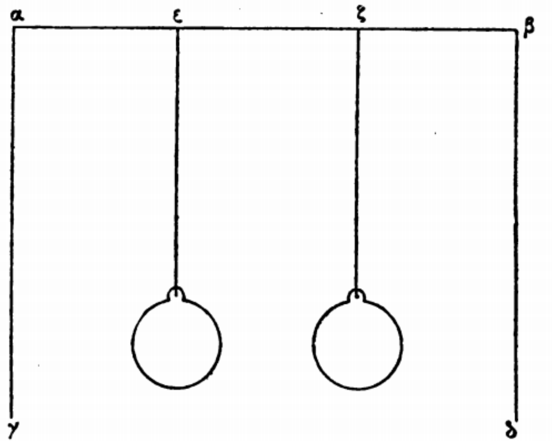
الأشياء الظاهر فانّ الرجلين يحركان ثقلا ما بسهولة
لا يحركه الرجل الواحد ولو استعمل قوّية كلّها فيظهر لنا
ن الثقل أنّما تحرّك لما زيدت قوّة الرجل الثاني فأمّا
ن الرجل الثاني وحده لا يحرك الثقل فانّ ذلك ظاهر
لأنّه ان سخا الرجل الاوّل وتركه على الثانى وحده لي
يحركه فان قسم الثقل بنصفين فانّ الرجل الأول وحده يحرك
نصف الثقل ويبقى النصف الاخر ثابتا فيظهر لنا ان النصف
الذى حركه الرجل الواحد كان يجتبذه النصف الاخر
قبل ان يفصل منه وكذلك أيضا اذا كانت قوى كثيرة تحرّك
ثقلا ما ونقص من تلك القوى قوة واحدة فان جميع
القوى بعد ان نقص القوّة الواحدة لا تحرّك الثقل فان
ابتدت القوة المجتمعة ان تقلّ ذلك الثقل فان عند
زيادة القوة المفروضة الباقية يتحرّك الثقل حركة سهلة
وقد يظهر لنا ذلك أيضا في الضربات لان الشيء الذى
يتهشم بالضربات الكثيرة اذا زيدت ضربة واحدة رضّته
ليس لاجتماع تلك فقط لكن بها أيضا وحدها وذلك
قد يظهر في المحسوسات لأنه اذا كنّا نحمل ثقلا ما
وكان في ثقلة ما نقوى عليه لكن بعد تقب وألم فيظهر لنا
ان قوّتنا فدر ذلك الثقل ⊙

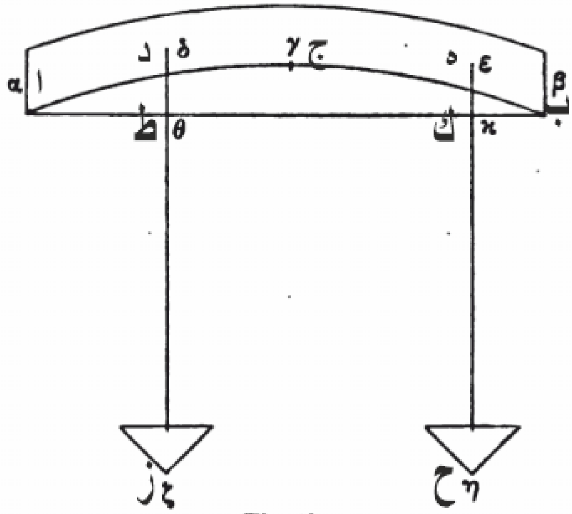
[30] فلنفرض قوائم ا ب ج د وعليها جسم ما متساوي
الثقل والثخن وهو ه ز وليكن على كل واحدة من القوائم
فاضلا ونريد ان نعلم كل واحدة من القوائم كم ينالها
من الثقل لأنّا قد بيّنّا انّه اذا كان ثقل ا ز موضوعا على
ج د ا ب فان ج د ينالها من الثقل اكثر من ا ب بقدر ضعف
ج ز واذا كان ج ه موضوعا على ج د ا ب فانّ ا ب ينالها
من الثقل اكثر من ج د بقدر ضعف ا ه فيظهر لا انّ ج د
ينالها من الثقل اكث رمما ينال ا ب بقدر زيادة ضعف ج ز
على ضعف ا ه فان كان ج ز ه ا متساويين فأنّ الذى ينال كل
واحدة من ج د ا ب من الثقل متساو فبالقدر الذى يكون
البعد اعظم بذلك القدر ينال تلك القائمة من زيادة
الثقل ⊙ وممّا تقدّم من قولنا يظهر لنا انه اذا كان على
اساطين او قوائم عوارض او حائط متساوي الثخن الثقل
وكانت الابعاد التي بينها مختلفة كيف كانت فأنّه قد
يمكنّا ان نعلم ايّما من القوائم ينالها ثقل اعظم وكم
زيادة الثقل فأن كان على القوائم عوارض ان غير ذلك فأنّه
يظهر لنا أيضا بهذا العمل وكذلك أيضا اذا كان
عود او حجر يحمله أناس على اعشاهم او على
وهق وكان بعضهم في وسطه وبعضهم في طرفه وإن كان
الثقل فاضلا من جهة واحدة او من جهتين لأنّه قد
يظهر لنا من ينال كل واحد من الحاملين من الثقل ⊙



Σελίδα 43

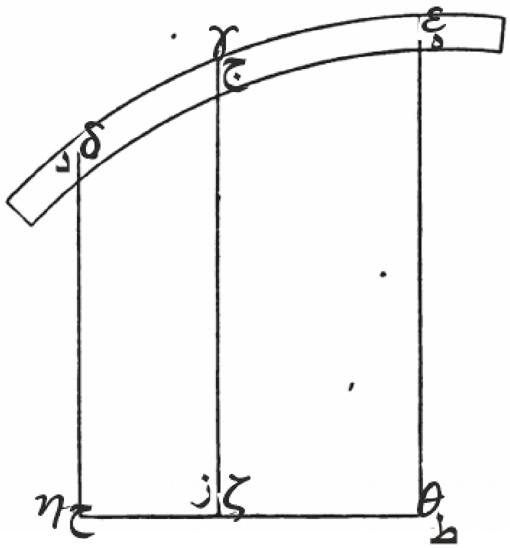
[31] وليكن ثقل ما آخر متساوي الأجزاء والثقل
وهو ا ب وليكن على قوائم متساوية الوضع هما ا ج ب د فيظهر
لنا ان كل واحدة من القوائم ينالها نصف ثقل ا ب فلنعلّق
ثقل على ا ب من علامة ه فان كانت علامة ه تفضل ا ب
بنصفين فيظهر لنا ان كل واحدة من القوائم ينالها نصف ثقل ا ب
ونصف الثقل المعلّق على علامة ه او الموضوع عليها فان
لم تكن علامة ه تفصله بنصفين وفصل الثقل بقسمين على
نسبة ب ه الى ا ه فان ثقل الجزء المناسب ه ب ينال ا ج وثقل
الجز المناسب ه ا ينال ب د وأيضا كل واحد من القوائم
ينالها مصف ا ب فان علّقنا ثقلا آخ على علامة ز وقسمناه
بنسبة ا ز الى ز ب فان د ب ينالها ثقل الجز المناسب ا ز
و ا ج ينالها ثقل الجزء المناسب ز ب فينال كل واحدة من
القوائم نصف ا ب و ز ب عند ا ج ملفوظ وقد كانت الاثقال
التي ينالها قبل ان تعلّق الاثقال التي علقت على ز ه
ملفوظة فاذا جميع الذى ينال قائمتي ا ج ب د ملفوظ
وأيضا ان علّقت اثقال اخر فبهذا العمل تخرج لنا معرفة
كم ينال كل واحدة منها من الثقلꙨ
[32] وقد توهّم قوم في الموازين أنّه اذا عادلت
الاثقال الاثقال فان تلك النسبة تكون للأثقال الى الابعاد





Σελίδα 44

بانقلاب وقد ينبغي ان لا يقال هذا قولا مرسلا بل يميّز
تمييزا احسن فلنفرض عمود ميزان متساوي لثقل
الثخن وهو ا ب ولتكون علاقته التي هي علامة ج في
وسط العمود وليعّلق على علامات ما أي علامات كانت
وهى علامتا د ه حبال تكون حبلى د ز ه ح ولنعلّق عليها
ثقلين وليكن الميزان بعد تعليق الثقل معتدلا ولنتوهّم
الحبلين منحرجين على علامتي ط ك فيكون عند اعتدال
الميزان كبعد ط ج عند بعد ج ك كذلك ثقل ح عند
ثقل ز فان هذا قد بيّنه ارشميدس في كتبه التي تسمى
كتب الامخال فان فصلنا من عمود الميزان ما يلى
الجهتين جميعا اعلى ط ا ك ب فأن اليزان لا يعتدل Ꙩ
[33] وقد ظنّ قوم ان المناسبة التي تكون
بالمبادلة ......فلنفرض أيضا عمود ميزان مختلف الثقل
والثخن من أي جسم كان وليكن معتدلا اذا علّق من
علامة ج ومعنانا فيهذا الموضوع في الاعتدال سكون
العمود وثبته وان كان مائلا الى جهة من الجهات ثم
نعلق اثقالا ما على علامات أي علامات كانت وهى علامات
د ه وليكن أيضا بعد تعليق الاثقال العمود معتدلا فقد
برهن ارشميدس ان نسبة الثقل الى الثقل في هذا أيضا
كنسبة البعد الى البعد بالمبادلة لأمّا في الاجسام غير
المرتبة المائلة البعد فأنّه ينبغي ان نتوهم فيها هذا
نخرج الحبل الذى من علامة ج الى ما يلى علامة ز ونخرج
خطّا ونتوهم انّه يخرج على علامة ز مساويا لخطّ ز ح ط
وليكن ثابتا اعنى هن يكون على زاوية قائمة على الحبل
فاذا كان الحبلان اللذان من علامتي د ه هكذا اعنى
حبل د ح ط ه فانّ البعد بين خطّ ج ز وبين الثقل
الذى عند علامة ه اعنى ز ط يكون عند سكون الميزان
كما ز ح عند ز ط كذلك الثقل المعلّق على علامة ه
عند الثقل المعلق على علامة د فان هذا تبيّن فيما
تقدّم Ꙩ



[34] ولتكن فلكة او بكرة متحركة فلى محور على مركز
ا وليكن قطرها خطّ ب ج موازيا للأفق ولنعلق على
علامتي ب ج حبلين وهما ز د ج ه وليعلق فيهما اثقلا
متساوية فيظهر لنا ان البكرة لا تميل الى جهة من الجهات
لان الثقلين متساويان البعدان من علامة ا
متساويان فليكن الثقل الذى عند د اعظم من الثقل الذى
عند ه فيظهر لنا ان الفلكة تميل الى جهة ب وبنحطّ علامة
ب مع الثقل فينبغي لنا ان نعلم الى ايّ موضع اذا انحطّ
ثقل د الاعظم تسكن فلنحطّ علامة ب ونصيّرها على علامة
ز وليكن حبل ب د على حبل ز ح فيسكن الثقل فيظهر لنا
ان حبل ج ه يلتف على حافة الفلكة ويكون معلقا على
الثقل على علامة ج لان ما كان منه ملتفًا ليس هو متعلّف
فنحرج ز ح الى علامة ط فمن اجل انّ الثقلين معتدلان
تكون نسبة الثقل كنسبة البعد الذى بين
علامة ا وبين الحبال فيكون كما ا ج عند ا ط كذلك الثقل
الذى عمد ح الى الثقل الذى عند ه فاذا صيّرنا نسبة
ج ا الى ا ط كنسبة الثقل واخرجنا علامتي
ب ج فحوز ط على زوايا قائمة يظهر لنا انّ الفلكة تحرّكت
من علامة ب الى علامة ز وبسكن وهذا القول أيضا في
الاثقال الاخر فاذا قد يمكن ان يعادل كل ثقل ثقلا
اصغر منه على هذه الجهة ⵙ امّا في اوّل القول من مداخل
صناعة الحيل فيكفى بهذا وامّا في الذى يتلوه فأنّا نخبّر
الخمس قوى تحرّك بها الثقال ويشرح علّتها
والفعل الطبيعي فيها ونخبّر اخر تكون كثيرة
المنفعة في حمل الاثقال ورفعنا ⵙ
تمّت المقالة الأولى من كتاب ايرن في رفع الأشياء
الثقيلة ⵙ