



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ**

**ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ  
ΚΑΙ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ  
ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ  
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ**



**ΑΡΓΥΡΩ ΛΑΣΚΑΡΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ**  
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	4
1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	
1.1. Οι μηχανισμοί πριν τον άνθρωπο	5
1.1.1. Μηχανισμοί πρωτόγονου ανθρώπου	6
1.1.2. Μηχανισμοί αργότερα	12
1.2. Διάφοροι μηχανισμοί	
1.2.1. Μηχανισμοί πολέμου	16
1.2.2. Υδραυλικοί μηχανισμοί	20
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ	
2.1. Ορισμοί	24
2.1.1. Είδη μηχανισμών	24
2.2. Μηχανισμοί με τέσσερα μέλη	25
2.2.1. Ορισμοί και κριτήρια	25
2.2.2. Εφαρμογές	26
2.3. Μηχανισμοί με οδοντωτούς τροχούς	27
2.3.1. Τύποι μηχανισμών	27
2.4. Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες	28
2.4.1. Γενικά	28
2.4.2. Δομή και είδη μηχανισμών με οδηγητικές καμπύλες	29
2.4.3. Εφαρμογές	30
2.5. Κυκλοειδής μειωτήρας	31
2.5.1. Χαρακτηριστικά	31
2.5.2. Εφαρμογές	32
2.6. Μηχανισμοί περιοδικής και ασυνεχούς μεταδόσεως	33
2.6.1. Ο μηχανισμός της Γενεύης	33
2.6.2. Εφαρμογές	34
3. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ	
3.1. Το πρόγραμμα- Solidworks	35
3.2. Ο μηχανισμός της Γενεύης	37
3.2.1. Τα επιμέρους μέλη	37
3.2.2. Η κίνηση του μηχανισμού	39
3.2.3. Μηχανολογικά σχέδια	40
3.3. Κυκλοειδής μειωτήρας	44
3.3.1. Τα επιμέρους μέλη	44
3.3.2. Η κίνηση του μηχανισμού	46
3.3.3. Μηχανολογικά σχέδια	47
3.4. Μηχανισμός με τέσσερα μέλη	51
3.4.1. Τα επιμέρους μέλη	51
3.4.2. Η κίνηση του μηχανισμού	53
3.4.3. Μηχανολογικά σχέδια	54
3.5. Μηχανισμός κνώδακα ακόλουθου	61
3.5.1. Τα επιμέρους μέλη	61
3.5.2. Η κίνηση του μηχανισμού	62
3.5.3. Μηχανολογικά σχέδια	62
4. ΣΥΝΟΨΗ	65
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Αριστομένη Αντωνιάδη, καθηγητή στη σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης και επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πρώτα για την άψογη συνεργασία, τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησής της, όπως επίσης για τη συμβολή του στο να ασχοληθώ με το θέμα των μηχανισμών.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την Καθηγήτρια του ΑΠΘ κ. Μήτση Σεβαστή, και όλο το προσωπικό του εργαστηρίου για όλες τις σημειώσεις και την επιπλέον βοήθεια, όποτε αυτή χρειάστηκε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη που παρείχαν σε όλα μου τα μαθητικά και φοιτητικά χρόνια, το πρότυπο μου, τον αδελφό μου Λάσκαρη Γεώργιο, ο οποίος αν δεν υπήρχε να με στηρίζει και να με βοηθά δεν θα είχα φτάσει ως εδώ. Πάνω από όλα όμως θα ήθελα να ευχαριστήσω το φίλο μου Βασίλειο Φίλο για την υπομονή του και τις συμβουλές του σε οποιαδήποτε σημαντική απόφαση της ζωής μου. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου, από τον περίγυρο μου και το εργασιακό μου περιβάλλον και ιδιαίτερα την Έβελυν Κουρομιχελάκη που ήταν δίπλα μου και με υποστήριξε σε κάθε στάδιο της εργασίας.

Λάσκαρη Αργυρώ

Χανιά, Μάιος 2014

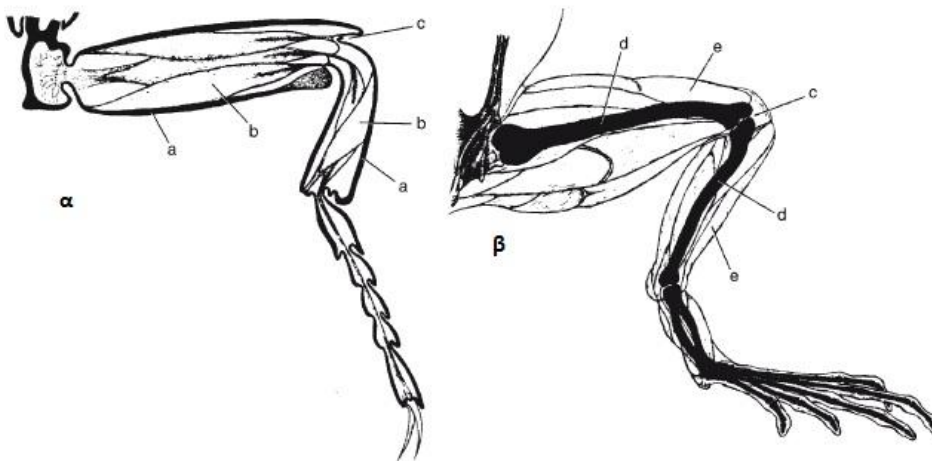
## 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

### 1.1. Οι μηχανισμοί πριν τον άνθρωπο

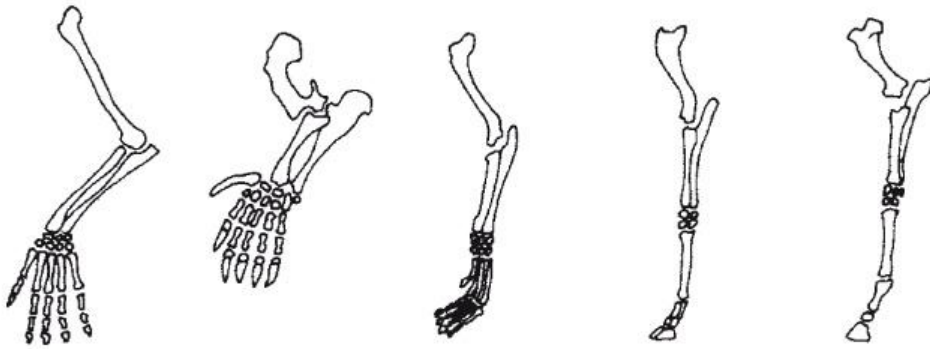
Οι μηχανισμοί υπήρχαν ακόμη και πριν ο άνθρωπος εμφανιστεί στη Γη. Ένα ανθρώπινο ον είναι από μόνο του ένα πολύπλοκο μηχανήμα. Το Σύμπαν μοιάζει με μια μηχανή σε κίνηση με καλά καθορισμένους κύκλους κυρίως που υπόκεινται σε μηχανικούς νόμους, όπως παρατηρήθηκε από τους πρώτους ανθρώπους και πρώτους πολιτισμούς ως η «αρμονία των ουράνιων σωμάτων» και ακόμη επηρεάζεται από γεγονότα και ανθρώπους. Σε μια απλή σκοπιά, η Βιολογία μπορεί να μας προσφέρει παραδείγματα μηχανισμών, όπως το πόδι ενός αρθρόποδα (σχήμα 1) του οποίου ο σχεδιασμός περιελάμβανε τη λύση πολλών προβλημάτων μηχανικής.

Όταν τα ψάρια εμφανίστηκαν για πρώτη φορά έξω από τη θάλασσα σε ένα περιβάλλον γεμάτο αέρα, τα πτερύγιά τους έπρεπε να επανασχεδιαστούν προκειμένου να προσαρμόσουν στις κινήσεις τους στην ξηρά και να υποστηρίξουν το βάρος του σώματός τους, ακόμα και με την ενίσχυση των υλικών της δομής τους (των οστών και των χόνδρων τους). Το βάρος και η μετακίνηση αυξάνει σημαντικά τις τάσεις εντός και προς το σώμα σε σύγκριση με την κατάσταση που είχε αρχικά δεδομένου της βαρύτητας στο νερό. Ακόμη και η επαφή στο εσωτερικό των αρθρώσεων έπρεπε να επανασχεδιαστεί προσθέτοντας καλύτερη λίπανση. Έτσι, ο μηχανισμός του ποδιού έγινε μια αποτελεσματική μέθοδος μετακίνησης πάνω σε όλους τους τύπους εδάφους (σχήμα 2), καθώς επίσης αναγνωρίστηκε ως χρήσιμο μέσο για την αναρρίχηση ή το σκάψιμο. Επίσης ο βασικός σχεδιασμός του μηχανισμού για το πόδι τροποποιήθηκε για να εξελιχθεί ύστερα σε ένα πτερύγιο (σχήμα 3).

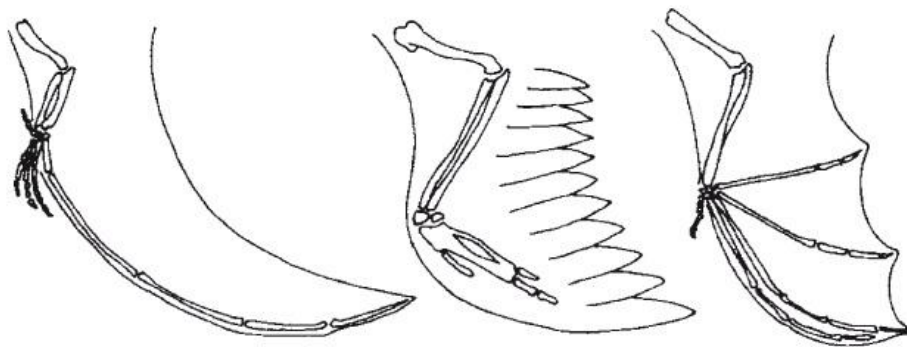
Επιπλέον, ορισμένα σπονδυλωτά επέστρεψαν στη θάλασσα, με περαιτέρω τροποποίηση των ποδιών τους, προκειμένου να καταστούν παρόμοια με τα πτερύγια των ψαριών προγόνων τους, και πιθανότατα, να έμοιασαν περισσότερο σε αμφίβια (σχήμα 4) που ζούσαν συνέχεια στην ξηρά.



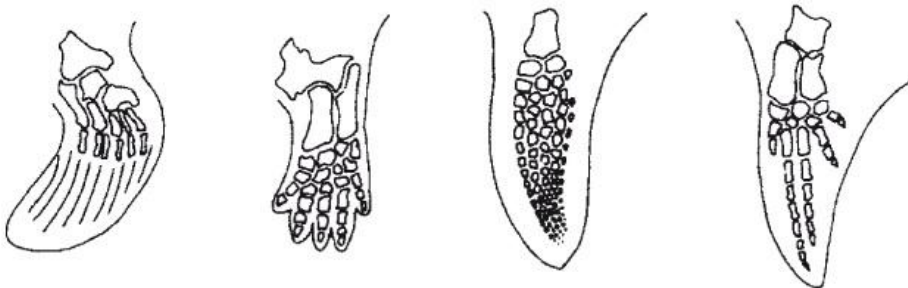
Σχήμα 1 : Πόδια ενός σπονδυλωτού και ενός ανθρωπόμορφου



Σχήμα 2: Διάφοροι μηχανισμοί ποδιών



Σχήμα 3: Η εξέλιξη ενός ποδιού σε φτερό



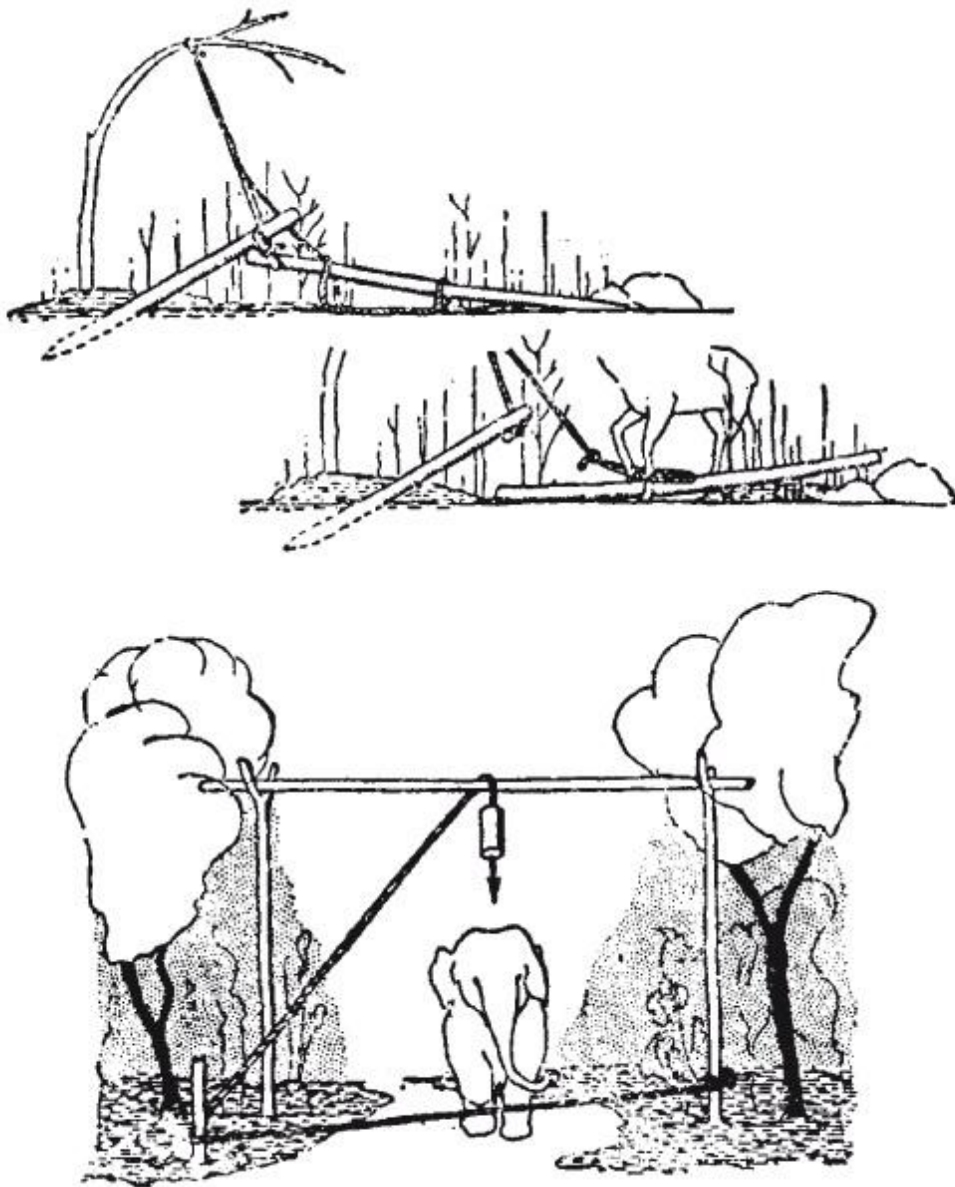
Σχήμα 4: Εξέλιξη ποδιών

#### 1.1.1. Μηχανισμοί του πρωτόγονου ανθρώπου

Η έννοια του πρωτόγονου ανθρώπου περιλαμβάνει επίσης μια τεχνολογική αντίληψη, η οποία περιγράφεται καλύτερα ως «έναν άνθρωπο που χρησιμοποιεί λίγο ανεπτυγμένες τεχνολογίες." Η διανοητική ικανότητα του ήταν παρόμοια με του σύγχρονου ανθρώπου, και παρουσίαζε πρωτόγονες διαδικασίες, πολιτισμούς οι οποίοι είχαν πολύ εξελιγμένες γλώσσες, αντιλήψεις για τη θρησκεία, την κοσμογονία, και την κοινωνική άποψη που δύσκολα μπορεί να ονομάζεται πρωτόγονη.

Η μηχανική τεχνολογία μπορεί να κατανοηθεί ως μια επίπονη εργασία που απαιτεί χρόνο και ειδικές εξωτερικές περιστάσεις. Η προφορική μετάδοση περιόριζε σημαντικά τις τεχνολογικές εξελίξεις και μέχρι να έρθει η στιγμή όπου εφευρέθηκε η γραφή, ο άνθρωπος παρέμενε πρωτόγονος. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ο άνθρωπος ήταν κυνηγός-συλλέκτης κάτι το οποίο συνεχίζετε ακόμη και σήμερα σε ορισμένες απομονωμένες καλλιέργειες. Η μελέτη αυτών των πολιτισμών είναι μεγάλη βοήθεια για την κατανόηση των τεχνολογικών ερειπίων και τεχνικών οι οποίες αναπτύχθηκαν από τον άνθρωπο κατά την προέλευσή του. Πράγματι, οι παγίδες για το κυνήγι των ζώων (σχήμα 5) ήταν οι

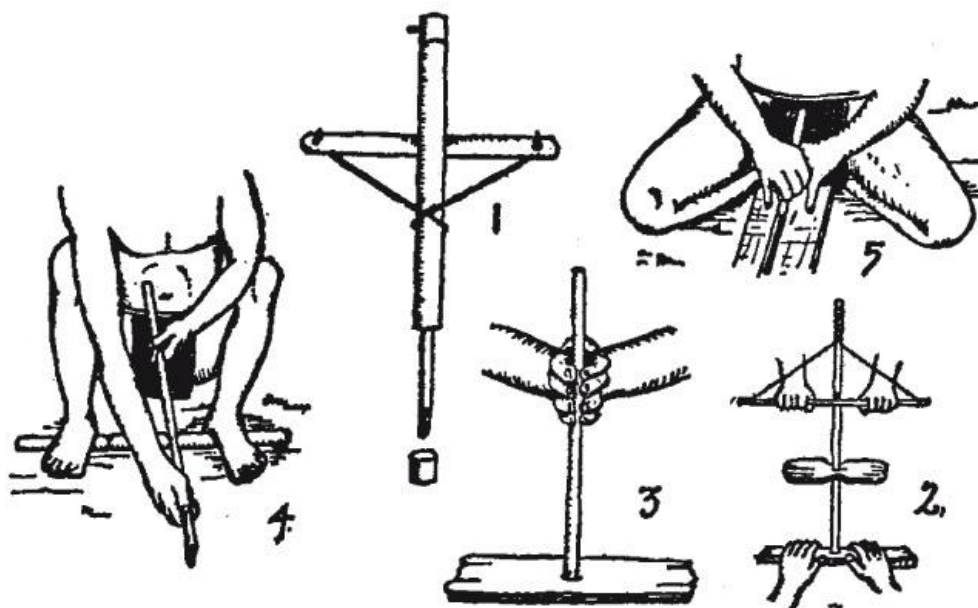
πρώτοι μηχανισμοί που κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο, δεδομένου ότι λειτουργούν γρήγορα και αυτόματα τη στιγμή που το ζώο περνάει από μέσα. Η ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία των μηχανισμών αυτών κυμαίνεται από τη βαρύτητα μέχρι την ενέργεια που παρέχει στον μηχανισμό το ζώο το οποίο διέσχιζε την παγίδα.



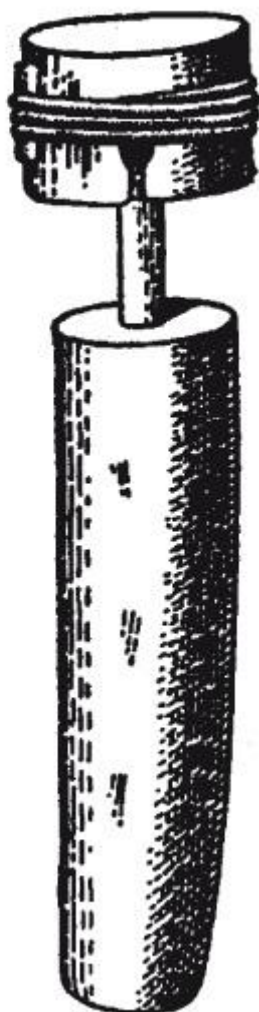
Σχήμα 5: μηχανισμοί παγίδας

Μέσω της εξέτασης των ανθρωπολογικών ερειπίων, ο άνθρωπος εφηύρε τη φωτιά και την χρησιμοποίησε πολλά χρόνια πριν. Για δημιουργήσουν τη φωτιά μέσω της τριβής, εφευρέθηκε μια μηχανή που αποτελείται από ένα ραβδί το οποίο κινείται γρήγορα (σχήμα 6). Εκτός από την φαινομενική απλότητα του μηχανισμού, η επιτυχής λειτουργία του εξαρτιόταν από την χρήση των διάφορων συσκευών, δηλαδή τη μετατροπή της περιστροφικής κίνησης, η οποία δημιουργούσε την αρχική ένταση ροπής στο σκοινί τροχαλία, πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα. Είναι περίεργο το γεγονός ότι ακόμη και σήμερα το να ανάβει κάποιος φωτιά εξακολουθεί να συνδέεται με την τριβή.





Σχήμα 6: Τεχνικές φωτιάς : (1) τόξο τρυπάνι (2) κινούμενο τρυπάνι (3) χέρι τόξο (4) καλάμι φωτιάς (5) μέθοδος Μαλεσιανών



Ωστόσο, πολλοί πρωτόγονοι πολιτισμοί της νοτιοανατολικής Ασίας χρησιμοποιούσαν ένα έξυπνο μηχανισμό (σχήμα 7) που προκαλεί το «τόξο» του μηχανισμού να ανάψει από τον αέρα που θερμαίνεται από αδιαβατικό μετασχηματισμό παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει σε ένα σύγχρονο κινητήρα diesel. Το προσάναμμα εισάγεται σε έναν κύλινδρο που είναι συνδεδεμένος με το έμβολο. Ένα ξαφνικό χτύπημα στο έμβολο δηλαδή την κεφαλή της ατράκτου προκαλεί μία ξαφνική μείωση στον όγκο του αέρα που είναι μέσα. Αυτό κάνει την θερμοκρασία να αυξηθεί σε ένα επίπεδο που απαιτείται για να ανάψει το φυτίλι. Μια ελάχιστη επαφή είναι απαραίτητη μεταξύ των διαμέτρων του εμβόλου και του κυλίνδρου για να δημιουργηθεί σπίθα. Και τα δύο υλικά που έρχονται σε επαφή πρέπει να είναι κατασκευασμένα από αγωγίμα υλικά.

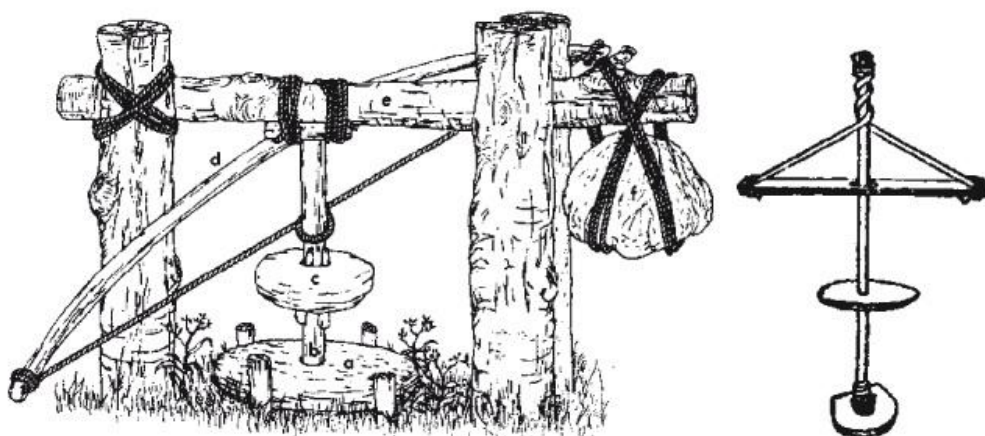
Σχήμα 7: τόξο πιστόνι

Είναι δύσκολο να πει κανείς πότε αυτές οι συσκευές που χρησιμοποιεί ο σημερινός άνθρωπος, χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά από τον αρχικό πρωτόγονο άνθρωπο. Αυτές οι συσκευές φτιάχτηκαν με φυτικές ύλες, ερείπια των οποίων δεν έχουν διασωθεί στην Παλαιολιθική εποχή. Για παράδειγμα, μπορεί να υποθεθεί ότι το

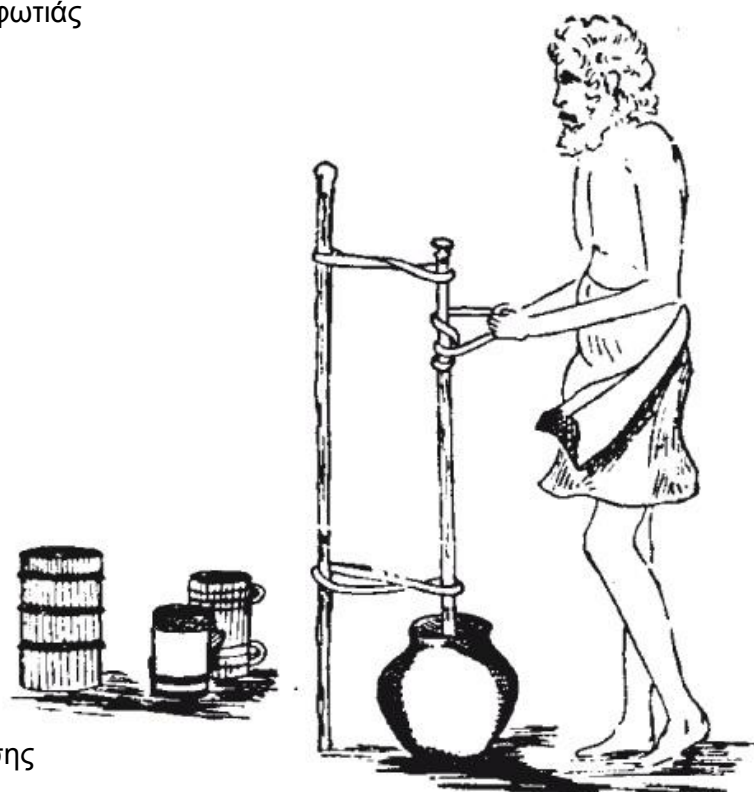


μπούμεραγκ που χρησιμοποιείται από την Αυστραλιανή κοινότητα έχει γίνει γνωστό από την προ-ιστορία, δεδομένου ότι υπάρχουν Ευρωπαϊκοί Νεολιθικοί πίνακες μέσα σε σπηλιές που μπορούν να αποδείξουν την ύπαρξη τους.

Με καθαρή λογική, είναι εξαιρετικά απίθανο πολλά προϊστορικά ερείπια και μηχανισμοί ή μηχανήματα κατασκευασμένα από ξύλο να έχουν επιζήσει στην Παλαιολιθική εποχή. Εμείς δεν πρέπει να πιστεύουμε ότι η εφευρετικότητα των προϊστορικών ανθρώπων ήταν μικρότερη από εκείνη του σημερινού ανθρώπου, δεδομένου ότι οι εξελίξεις θα πρέπει να οφείλονται σε παρόμοιες ανάγκες και σε παρόμοια περιβάλλοντα. Έτσι, ο μηχανισμός που σχεδιάστηκε για τη φωτιά είχε χρησιμοποιηθεί για τη διάνοιξη δύο μεγάλων και μικρών τρυπών (σχήμα 8) και ως οικιακή συσκευή για αναδεύουν γάλα με σκοπό να λάβουν το βούτυρο (σχήμα 9).



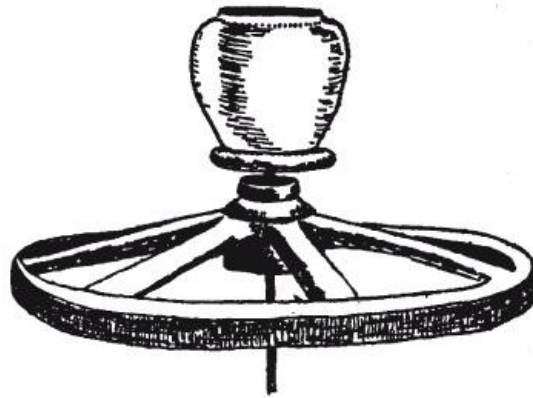
Σχήμα 8: Εξέλιξη μηχανισμού φωτιάς



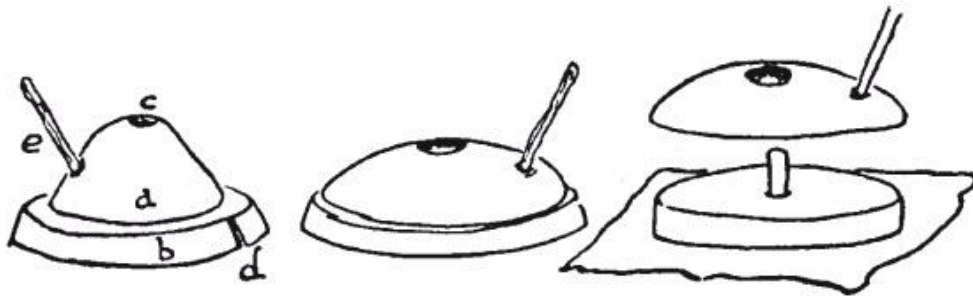
Σχήμα 9: Μηχανισμός ανάδευσης

Κατά τη Νεολιθική επανάσταση, πάνω από μερικές χιλιάδες χρόνια ο άνθρωπος εξημέρωνε τα ζώα και τα φυτά και ξεκίνησε μια καθιστική ύπαρξη που του έδωσε τη δυνατότητα (και ίσως αναγκάστηκε) να εφεύρει νέα μηχανήματα. Ο τροχός έκανε την εμφάνισή του με διάφορες χρήσεις, όπως ο κεραμικός τροχός (σχήμα 10).

Η ανάπτυξη της γεωργίας κατέστησε τα σιτηρά μια άφθονη πηγή τροφής και ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξήθηκε ραγδαία. Για να αλέσουν το σιτάρι, χρειάστηκαν μηχανές πιο παραγωγικές σε σχέση με τις προηγούμενες. Στην περίπτωση αυτή, ακόμη και ένας τροχός, κατασκευασμένος από πέτρα, προσφέρει την κατάλληλη λύση, όπως στο πρώτο χέρι μύλους (Σχήμα 11), όπου ένας σφαιρικός σύνδεσμος μεταξύ του τόξου λειτουργίας και της ομόκεντρης οπής στο άνω σημείο εξασφάλιζε αποτελεσματική λειτουργία. Η φαινομενική απλότητα της συσκευής αποκαλύπτει σημαντικές μηχανικές συνεισφορές όταν αυτή αναλυθεί προσεκτικά.

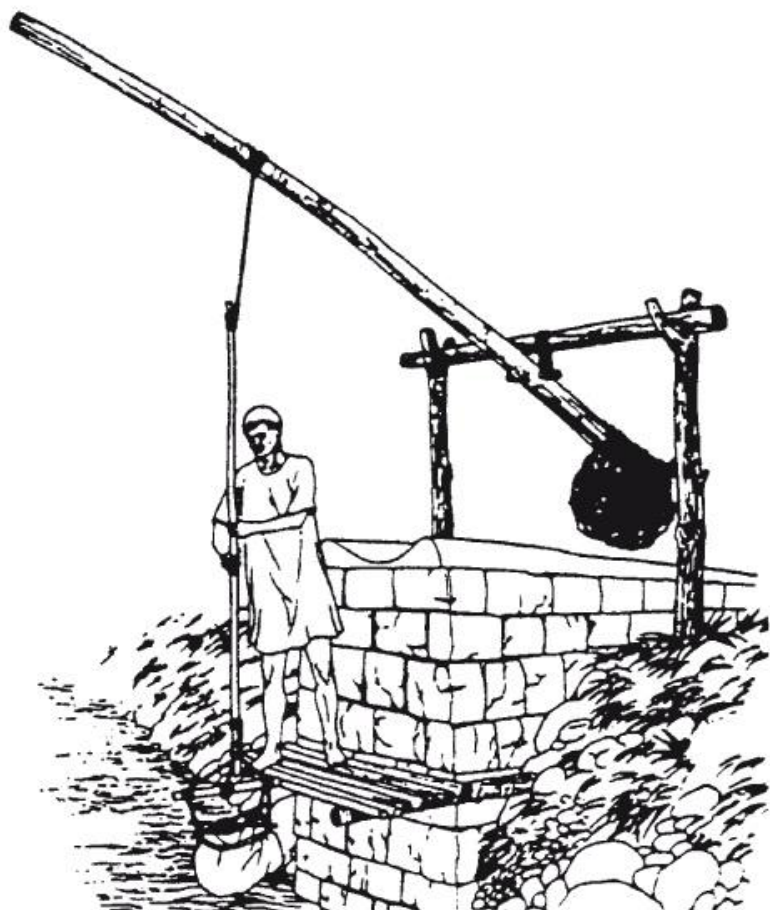


Σχήμα 10: Τροχός αγγειοπλάστη

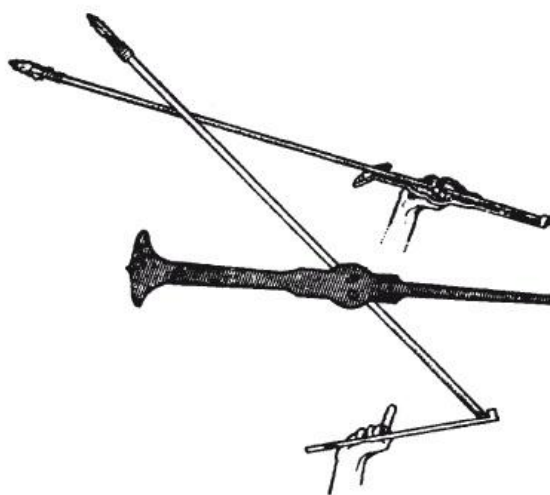


Σχήμα 11: Μύλοι χειρός από πέτρα

Η πρώτη μηχανή για την ανύψωση νερού από πηγάδια ή κοίτες ποταμών βασίστηκε στη χρήση ενός μοχλού (Σχήμα 12), χρησιμοποιώντας τη βαρύτητα ως βοήθεια αντί της ανθρώπινης προσπάθειας. Οι μηχανισμοί που είναι παρόμοιοι με το μοχλό ήταν γνωστοί από την εποχή των κυνηγών. Ο εκτοξευτής στο Σχήμα 13 έδωσε μια μεγαλύτερη δυναμική συγκριτικά με το χέρι του κυνηγού. Το γεγονός ότι ορισμένα από αυτά ξεκίνησαν σαν μηχανισμοί από κόκαλο ή ελεφαντόδοντο τους επέτρεψε να επιβιώσουν κατά τη διάρκεια των προϊστορικών εποχών.



Σχήμα 12: Μηχανισμός για ανύψωση νερού

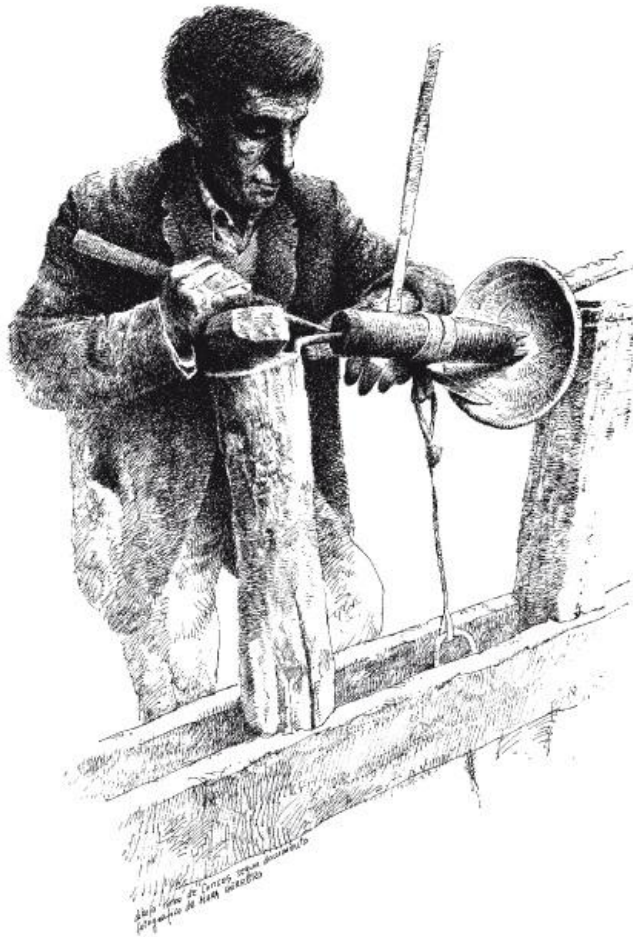


Σχήμα 13: Βοηθητικός εξοπλισμός-μηχανισμός τόξου (εκτοξευτής)

### 1.1.2. Οι μηχανισμοί αργότερα

Στην ύπαιθρο οι μηχανές χρησιμοποιήθηκαν αρκετές φορές, και τα σχέδια παρουσιάζουν ενδιαφέρον αφού πρόκειται για παραλλαγές των μηχανισμών που έχουν ήδη περιγραφεί παραπάνω. Είναι δύσκολο να γνωρίζει κανείς μέχρι ποιο σημείο αυτές οι αγροτικές καινοτομίες εφευρέθηκαν εκ νέου ως μηχανήματα ή αν ξεκίνησαν από τους υπάρχοντες μηχανισμούς. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι, οι αρχαίοι συγγραφείς έγραψαν για μηχανήματα που χρησιμοποιούνταν στην εποχή τους, καθώς και σχετικά με άλλα μηχανήματα που αναπτύχθηκαν από γνωστά πρόσωπα. Ως εκ τούτου είναι πού μεγάλη η συνεισφορά των μηχανημάτων που αναπτύχθηκαν στην παλαιολιθική εποχή, η οποία δείχνει την εφευρετική ιδιοφυΐα των απλών ανθρώπων της τότε εποχής.

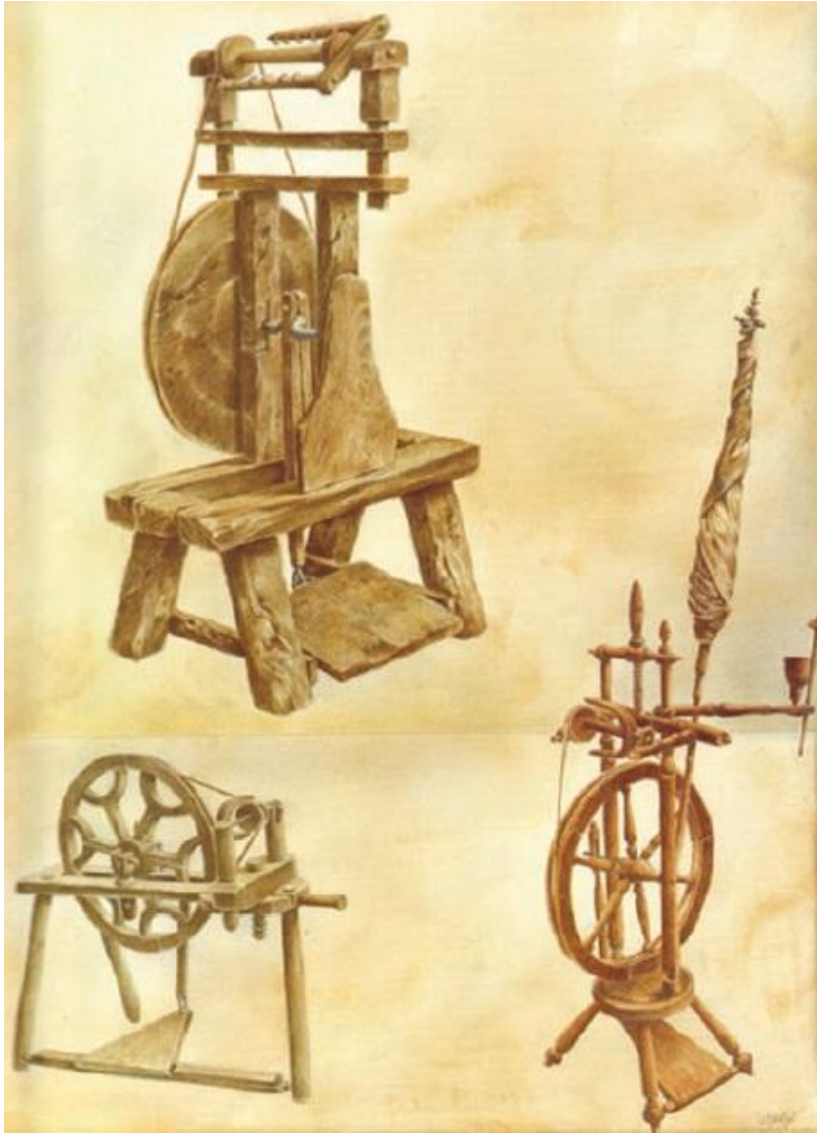
Πολύ πιθανόν, ο τóρνος και το πεντάλ να εμφανίστηκαν στην αρχή του χρόνου και τουλάχιστον κατά την ίδια στιγμή του ο κεραμικού τροχού, με τον ίδιο σκοπό όπως φαίνεται στο παράδειγμα του σχήματος 14. Δεδομένου ότι τα στροφικά μέρη του τóρνου ήταν φτιαγμένα από ξύλο, είναι μάλλον απίθανο να υπάρχουν αρχαιολογικά ευρήματα τα οποία να έχουν επιβιώσει, σε αντίθεση με τα κεραμικά δοχεία. Το ίδιο το μηχανήμα, φτιαγμένο με φθαρτά υλικά, είναι απίθανο να έχει αντισταθεί στο χρόνο. Οι ίδιες εκτιμήσεις μπορούν να γίνουν για δημοφιλείς μηχανές κλωστοϋφαντουργίας (σχήμα 15).



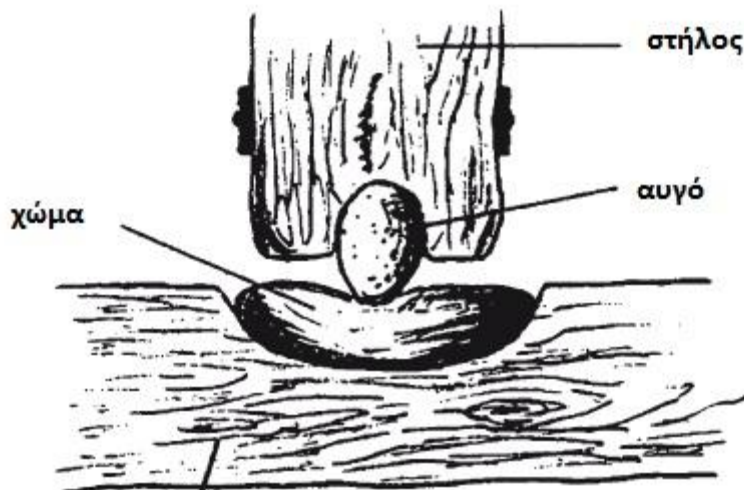
Σχήμα 14: Τόρνος



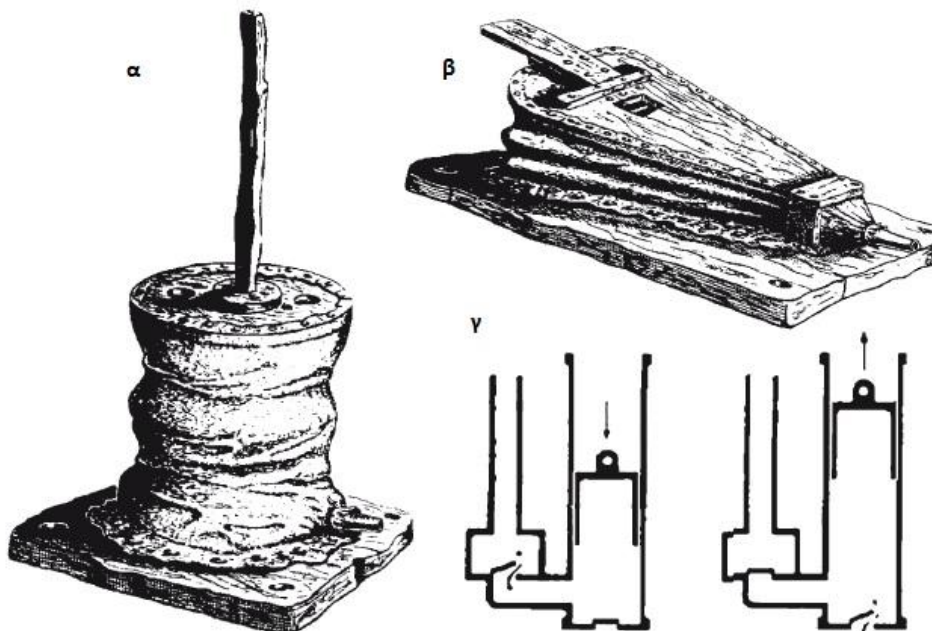
Η εφευρετική μεγαλοφυΐα των απλών ανθρώπων δεν αντανακλάται μόνο στη σύλληψη των ολοκληρωμένων μηχανισμών, αλλά επίσης και στην εφεύρεση των ιδιοφυών μηχανικών του μερών. Στο σχήμα 16 που δείχνει τον υποστηρικτικό άξονα δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι αυτό είναι ένα "αυγό", αφού ήταν ένας πόρος που ο σχεδιαστής είχε στη διάθεσή του σε αφθονία.



Σχήμα 15: μηχανές κλωστοϋφαντουργίας



Σχήμα 16: υποστηρικτικό σύστημα



Σχήμα 17: Μηχανισμοί για διάθεση αέρα: (α)πιστόνι (β)τρόμπα (γ) μία σκηνή από ένα πιστόνι {Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία- Ηλίας Σφέτσος}

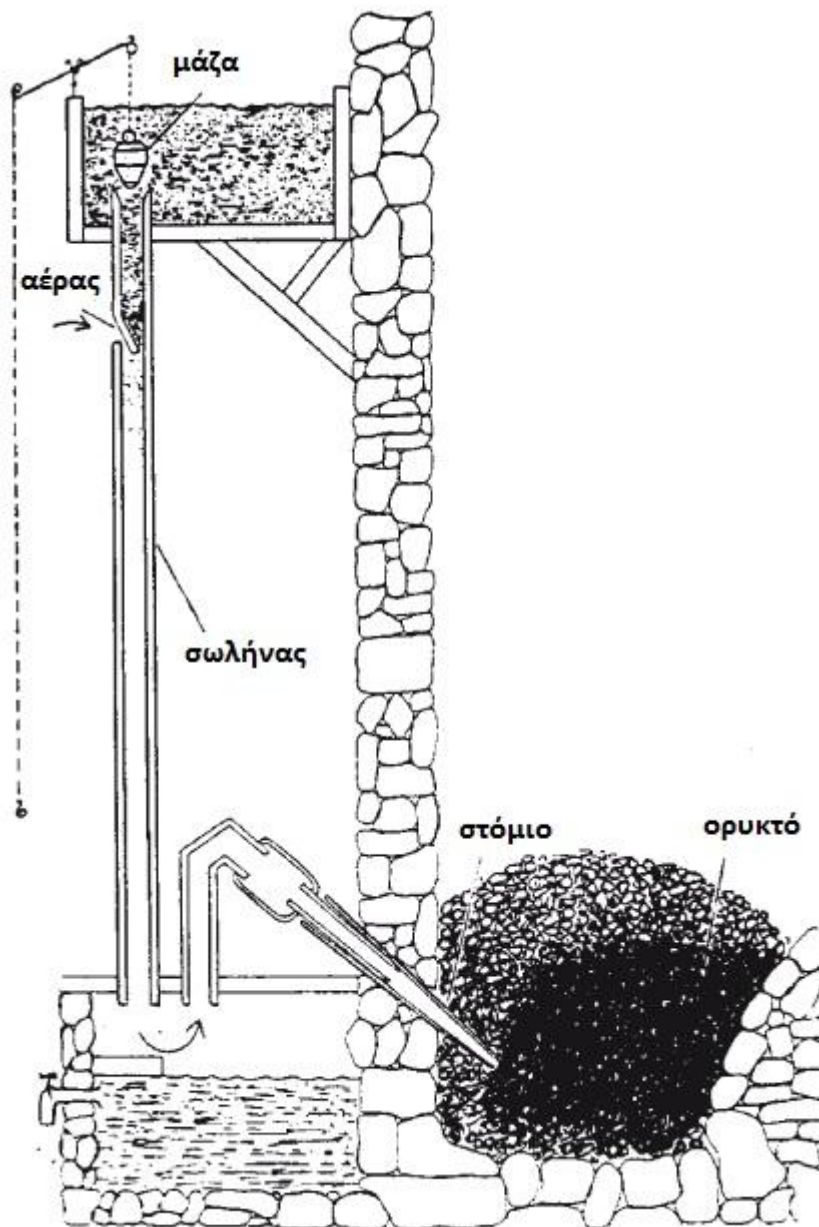
Όταν η ανθρωπότητα εξελίχθηκε στη Λίθινη Εποχή , διάφοροι μηχανισμοί ήταν αναγκαίο να κατασκευαστούν . Μερικοί από αυτούς ήταν ο φυσητήρας (σχήμα 17 α,β) , του οποίου η λειτουργία είναι παρόμοια με την εμβολοφόρο αντλία στο σχήμα 17γ . Αυτές οι συσκευές εξαρτιόντουσαν από ένα σύστημα βαλβίδας η οποία θα επέτρεπε στο υγρό να περάσει κατά μήκος του μηχανισμού αλλά μόνο προς μία κατεύθυνση. Το πέρασμα από την χειροκίνητη λειτουργία στη χρήση της υδραυλικής ενέργειας ως κινητήρια δύναμη ήταν μόνο θέμα χρόνου , αλλά πάνω απ 'όλα , υπήρχε αναγκαιότητα για μεγαλύτερη δύναμη .

Όταν η υδραυλική ενέργεια χρησιμοποιείται ήδη για την παροχή αέρα , η εφευρετικότητα του ανθρώπου ήρθε με ένα νέο σύστημα που παρέχει στο φούρνο συνεχή αέρα . Ένα όρθιο σιφόνι (σχήμα 18) , μέσω του οποίου ρέει ο αέρας , ήταν ο μηχανισμός οδήγησης. Στην Compludo , το οποίο είναι ένα μέρος κοντά στο Leon στην Ισπανία , υπάρχει ένα χυτήριο, το οποίο κατασκευάστηκε κατά τον έβδομο αιώνα, που είναι ακόμα σε λειτουργία με αυτό το σύστημα έκρηξη , αν και στις μέρες μας απλώς λειτουργεί ως τουριστικό

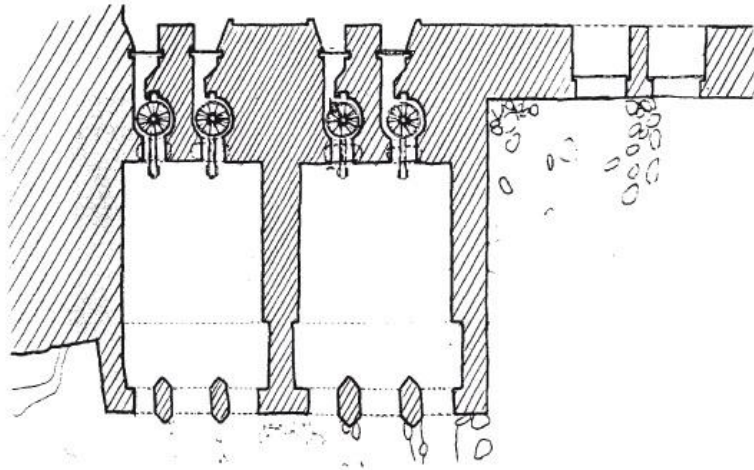


αξιοθέατο . Κατά το δέκατο όγδοο αιώνα, εξηγήθηκε η επίδραση επί των οποίων βασίστηκε το σύστημα αυτό .

Ένα ακόμη παράδειγμα της λαϊκής εφευρετικότητας είναι η χρήση της παλirroϊκής ενέργειας για τη λειτουργία των ελαιοτριβείων. Κατά τον ενδέκατο αιώνα , κατά μήκος των ελαιοτριβείων στην ευρωπαϊκή ακτή του Ατλαντικού είχαν κατασκευαστεί με τη χρήση των περιοδικών αλλαγών στην στάθμη της θάλασσας ως πηγή ενέργειας (Σχήμα 19) , δεδομένου ότι η παλirroια είναι σχετικό μέγεθος . Αυτή η νέα πηγή ενέργειας έλυσε πολλά προβλήματα στην υλοποίηση κ κατασκευή μηχανισμών και χρησιμοποιήθηκε κατά το πέρασμα των χρόνων.



Σχήμα 18: Διατομή Καταλανικού σιδηρουργείου



Σχήμα 19: Μύλος φτιαγμένος από παλίρροια τον 13<sup>ο</sup> αιώνα

## 1.2. Διάφοροι μηχανισμοί

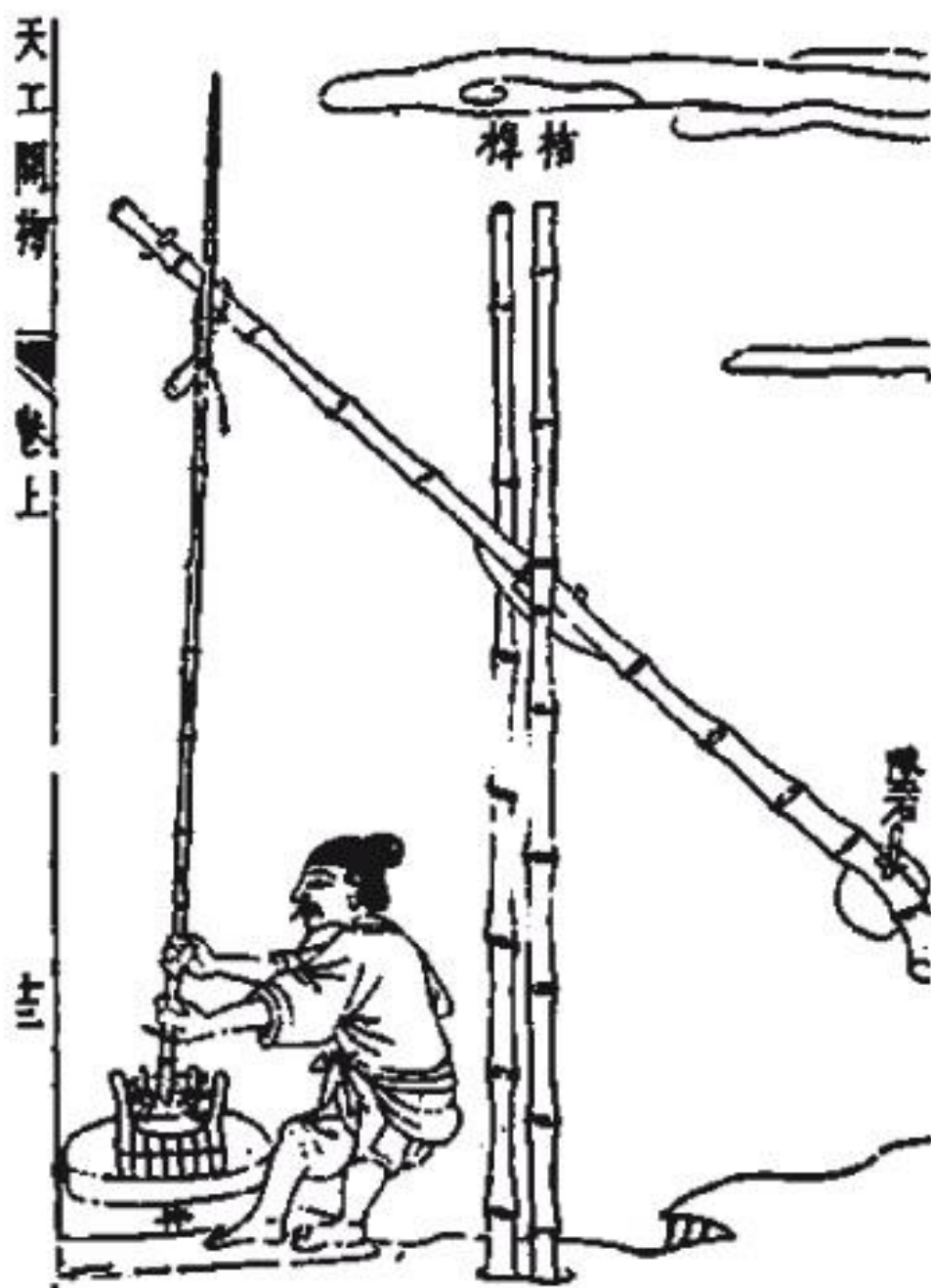
### 1.2.1. Μηχανισμοί πολέμου

Μία από τις πρώτες γνωστές κινέζικες εφευρέσεις είναι ο καταπέλτης. Λίγα είναι γνωστά για την προέλευσή του, αλλά σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με βάση την αρχή του μοχλού (σχήμα 20), η οποία είχε ήδη χρησιμοποιηθεί για την ανύψωση του νερού από πηγάδια.

Ο κινεζικός στρατός κυριάρχησε από τους αντιπάλους της για χιλιετίες, χάρη στην υπεροχή της σε όπλα. Ήταν σε θέση να επεκτείνει τα εδάφη του μέσω της ταχείας ανάπτυξης και του ελέγχου που βασιζόταν στην στρατιωτική υπεροχή και στα γεωγραφικά της σύνορα που εκτεινόταν από το Θιβέτ προς τον Ειρηνικό Ωκεανό. Η Κινεζική τεχνολογία όχι μόνο έχει εξελιχθεί λόγω των λαμπρών μυαλών των μηχανικών της, αλλά και λόγω της ανάγκης να είναι ανώτερη από τους γειτονικούς της εχθρούς.

Ο καταπέλτης ήταν ένα βασικό στοιχείο στους αρχαίους πολέμους και η πρώτη γνωστή γραπτή αναφορά είναι στα κείμενα του Mohist από την περίοδο των εμπολέμων κρατών (πέμπτος με τρίτος αιώνας π.Χ.). Αυτά τα κείμενα περιγράφουν την πρώτη έκδοση αυτού που θα χαρακτηριστεί αργότερα ως άνθρωπος καταπέλτης. Αυτοί οι καταπέλτες χρησιμοποιήθηκαν για να υπερασπιστούν τα τείχη της πόλης, με τη βοήθεια απο αναμμένα κάρβουνα και κούτσουρα ή φιάλες αερίου με δηλητήριο εναντίον του εχθρού.

Το σχήμα 21 απεικονίζει τον λεγόμενο "Ανεμοστρόβιλο" καταπέλτη. Αυτός ήταν ένας περιστροφικός καταπέλτης σχεδόν 2 μ. που απαιτούσε τη δύναμη δύο ανδρών για μια αποτελεσματική εκτόξευση με βάση την περιστροφή ενός οριζόντιου άξονα ο οποίος οδηγούσε σε ένα όρθιο άξονα και το βλήμα. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, χρησιμοποιούσαν μια σειρά από καταπέλτες που ήταν τοποθετημένοι σε σειρά με σκοπό να εκτοξεύονται περισσότερα βλήματα σε λιγότερο χρόνο.

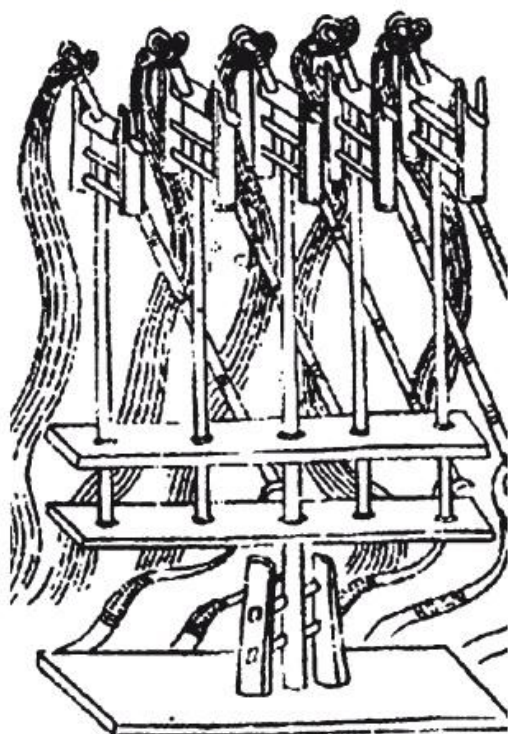


Σχήμα 20: Η αρχή του μοχλού όπως χρησιμοποιήθηκε από τους Κινέζους

α



β



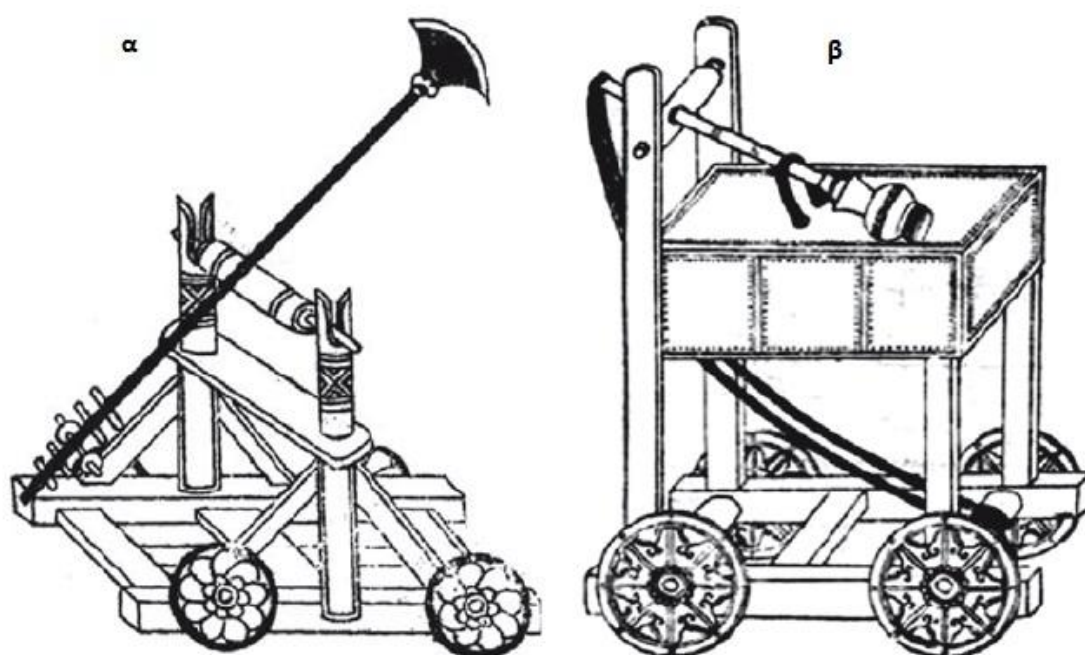
Σχήμα 21: Ο καταπέλτης (α) και μία σειρά καταπελτών (β). Τα κινέζικα σύμβολα στην εικόνα (α) περιγράφουν τη χρήση του καταπέλτη.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι καταπελτών όπως οι καταπέλτες έντασης, και καταπέλτες στρέψης. Οι καταπέλτες βασίστηκαν στην αρχή του μοχλού, το άκρο του οποίου ήταν ένα αντίβαρο για να δημιουργήσει την απαραίτητη δύναμη που απαιτείται για να ξεκινήσει το βλήμα και να καταλήξει σε μεγάλη απόσταση. Σχέδια αυτών των καταπελτών απεικονίζονται σε Ευρωπαϊκά σκίτσα από την εποχή του Μεσαίωνα.



Οι λεγόμενοι καταπέλτες έντασης αποθηκεύουν ενέργεια με το τέντωμα ενός τόξου από ξύλο. Οι καταπέλτες στρέψης αντλούν την ενέργειά τους από το γύρισμα σχοινιών ή τένοντες, ενώ οι καταπέλτες έλξης κινούνται με ανθρώπινες προσπάθειες. Παραδείγματα αυτών δίνονται στο σχήμα 21. Οι εικόνες στο σχήμα 22 δείχνουν κινούμενους καταπέλτες πάνω σε τροχούς. Η πρώτη εικόνα αποτελείται από έναν καταπέλτη επίθεσης, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για εκτόξευση ή για να ανεβάσει τους άνδρες. Η ισχύς λειτουργίας λαμβάνεται από τα ανθρώπινα σώματα.

Η δεύτερη απεικόνιση στο σχήμα 22 δείχνει τη χρήση της κινητικής ενέργειας που συσσωρεύεται με τη μετατόπιση του φορείου. Ένας βαρύς καταπέλτης που αναπτύχθηκε ταυτόχρονα ως καταπέλτης μεσαίου βεληνεκούς είναι γνωστός ως "Hudun" (σκύψιμο τίγρη). Μεγάλα βότσαλα, ζώα, ή χειροβομβίδες που εξερράγησαν χρησιμοποιήθηκαν ως βλήματα. Πιστεύεται ότι υπήρχαν περίπου 5.000 καταπέλτες στην Κίνα γύρω στο έτος 1120 μ.Χ.. Αυτό δίνει μια ιδέα το πόσο χρήσιμος και αναγκαίος ήταν αυτός ο τύπος μηχανήματος.



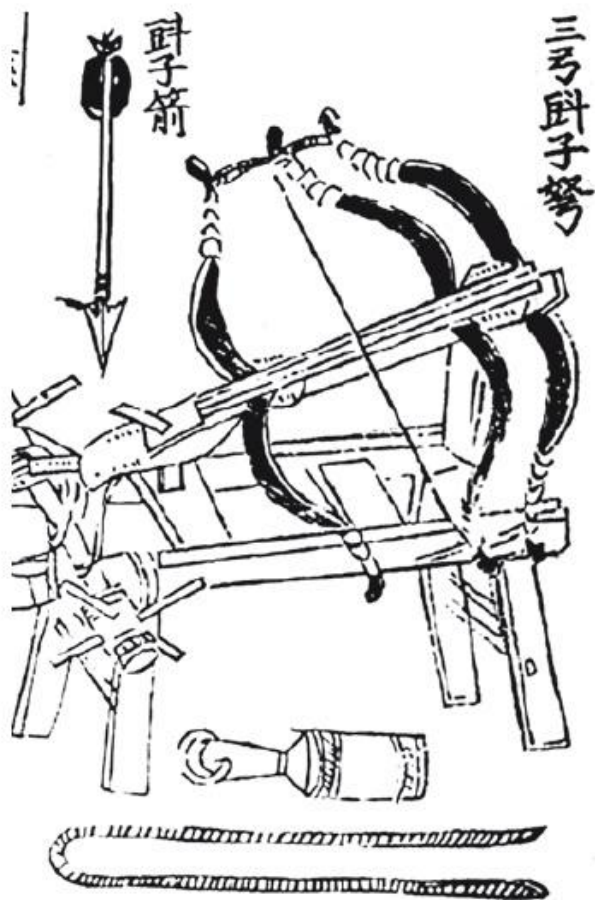
Σχήμα 22: Ένα μηχανήμα επίθεσης και ένας καταπέλτης

Μία άλλη κινέζικη εφεύρεση ήταν η βαλλίστρα. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 321 π.Χ., κατά τη διάρκεια της μάχης του Ma-Ling, αν και ορισμένοι ερευνητές πιστεύουν ότι εφευρέθηκε τον έβδομο π.Χ. αιώνα. Η βαλλίστρα εξελίχθηκε από το συμβατικό τόξο και χρησιμοποιήθηκε ευρέως μέχρι η πυρίτιδα εμφανιστεί, σαν μια άλλη κινεζική εφεύρεση.

Η βαλλίστρα αποτελείται από ένα οριζόντιο τόξο και ένα μηχανισμό απελευθέρωσης, στόχος του οποίου είναι να κρατήσει το βέλος στη θέση του, ενώ το τόξο είναι τεταμένο. Όταν ο μηχανισμός απελευθέρωσης ενεργοποιείται, η ενέργεια που αποθηκεύεται από την ένταση μιας συμβολοσειράς μεταδίδεται προς το βέλος το οποίο εκτοξεύεται με την εν λόγω ενέργεια. Συνήθως, αυτές οι βαλλίστρες είχαν μεγαλύτερη εμβέλεια από τα κανονικά τόξα έτσι ώστε να είναι πιο αποτελεσματικά κατά τη διάρκεια μαχών.

Το σχήμα 23 δείχνει μία τριπλή βαλλίστρα με ένα σύστημα τοποθέτησης της σε ένα επιθυμητό ύψος για εκτόξευση. Συνοψίζοντας, οι περιγραφόμενες πολεμικές μηχανές εμπλέκονται στην ανάπτυξη των μηχανισμών για την αποτελεσματική χρήση της ανθρώπινης ενέργειας. Ένας μοχλός επέτρεψε τον πολλαπλασιασμό της ταχύτητας

εκτόξευσης. Τόσο ο καταπέλτης όσο και η βαλλίστρα βασίζονται στην αρχή της ενεργειακής συσσώρευσης (σε αδρανειακή ή ελαστική μορφή σύμφωνα με τα παραδείγματα που αναφέρθηκαν), η οποία απελευθερώνεται ακαριαία για την εντολή εκτόξευσης.



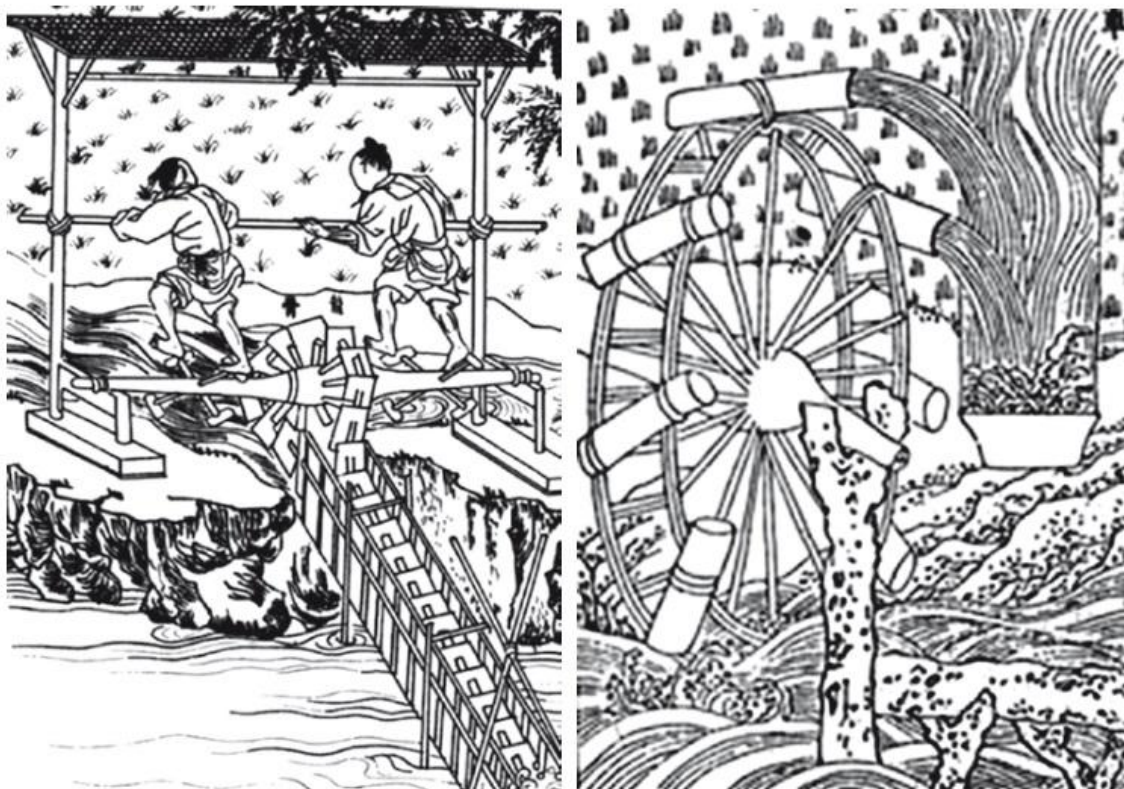
Σχήμα 23: Τριπλή βαλλίστρα με σύστημα τοποθέτησης.

### 1.2.2. Υδραυλικοί μηχανισμοί

Σε όλους τους πολιτισμούς, οι υδραυλικές μηχανές συνδέονται με την άρδευση και τη γεωργία. Ο μηχανισμός στο σχήμα 24 (ενδεχομένως χρονολογείται κατά τον πρώτο αιώνα π.Χ.), αποτελείται από μια άτρακτο που λειτουργεί σαν ένα οριζόντιο άξονα και κάποιων πεντάλ που επισυνάπτονται σε αυτήν. Παρατηρώντας το σχήμα, μπορεί να φανεί ότι τα πεντάλ χρησιμοποιούνται από δύο άνδρες για την περιστροφή της ατράκτου η οποία συνδέεται με μία οριζόντια ράβδο στο κύριο πλαίσιο της μηχανής. Η ενέργεια αυτή ενεργοποιεί τον τροχό που κινεί τους κουβάδες που αυξάνουν όχι μόνο νερό, αλλά και άμμο ή χώμα, όπως απαιτείται. Η απόδοση του μηχανήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της κατασκευής του. Λόγω της αποτελεσματικότητάς του, πιστεύεται ότι αυτή η μηχανή ήταν ικανό να ανυψώνει το νερό πάνω από 4,5 μέτρα.

Η εφεύρεση αυτή εξαπλώθηκε σε όλη την Κίνα, χάρη στην μεγάλη χρησιμότητά του και από εκεί στο υπόλοιπο του κόσμου αιώνες αργότερα. Από τότε, η ποικιλία των τροχών νερού αυξήθηκε και τα διαφορετικά μοντέλα που παρήχθησαν, κατασκευάστηκαν από ξύλο ή μπαμπού (Σχήμα 25).





Σχήματα 24,25 : Ανελκυστήρας νερού ,μπαμπού τροχός νερού

Το σχήμα 26 δείχνει μια σημαντική εξέλιξη . Εκτός από μια πιο εκλεπτυσμένη και αποτελεσματική τεχνική κατασκευής για την μετάδοση της κίνησης, η ενέργεια του νερού έχει αντικαταστήσει την ανθρώπινη δύναμη ως την πηγή ενέργειας . Αυτός ο " νερόμυλος για τα βαρέα βάρη » , όπως λέγεται στα κινέζικα βιβλία , έκανε την πρώτη εμφάνισή του στο βιβλίο "The Nong Shu " . Από την άλλη πλευρά, η αλυσίδα στο σχήμα 26 έχει αρκετές διαφορές: αντί κάδων μπαμπού που συνδέονται με τον τροχό του νερού , στερεώνονται μεταξύ τους με ένα σχοινί , και η αλυσίδα κινείται γύρω από τον τροχό , όπου στο κάτω μέρος του υπάρχει νερό και έτσι χρησιμοποιείται για άρδευση.

Περιέργως , ένα από τα πιο συχνά αναφερόμενα μηχανήματα στα αρχαία κινέζικα βιβλία είναι το σφυρί υδροκίνησης . Χρησιμοποιήθηκε για να συντρίψει ορυκτά ή σπόρους , ακόμη και στον τομέα της μεταλλουργίας . Τα τρία σχήματα ( Σχήμα 27- 29 ) δείχνουν τις αλλαγές από το δωδέκατο έως τον δέκατο έβδομο αιώνα . Η πρώτη εικόνα είναι ένα σφυρί-άνθρωπος όπως ονομάζεται (σχήμα 27) . Όμως , λόγω της χρησιμότητάς της , σύντομα κατέστη αναγκαία για να λειτουργεί με υδραυλικούς τροχούς . Η πρώτη εξέλιξη μπορεί να παρατηρηθεί στο σχήμα 27 , όπου η λειτουργία δεν είναι με το χέρι , αλλά με τα πόδια . Αυτό δίνει μεγαλύτερη δύναμη για τη λειτουργία και αφήνει τα χέρια του χειριστή ελεύθερα για άλλες διεργασίες . Για την παραγωγή της άνω και κάτω κίνησης , ένα σφυρί συνδέθηκε με ένα κάθετο άξονα που μπορούσε να περιστρέφεται όταν υποστηριζόταν από μια όρθια δομή.



Σχήμα 26: Τροχός νερού για μεγάλες μάζες και όγκο

Τα Σχήματα 28 και 29 δείχνουν δύο μοντέλα στροβίλων νερού που χρησιμοποιούνται για να λειτουργήσει μία άτρακτος με ακτινικές γλωττίδες που δρουν ως στοιχεία εκκέντρου μετάδοσης κίνησης σε αρκετά παράλληλα σφυριά τα οποία, από την πτώση κάτω λόγω της βαρύτητας, δίνουν επιθυμητά χτυπήματα σε μια συγχρονισμένη, συνεχή λειτουργία.

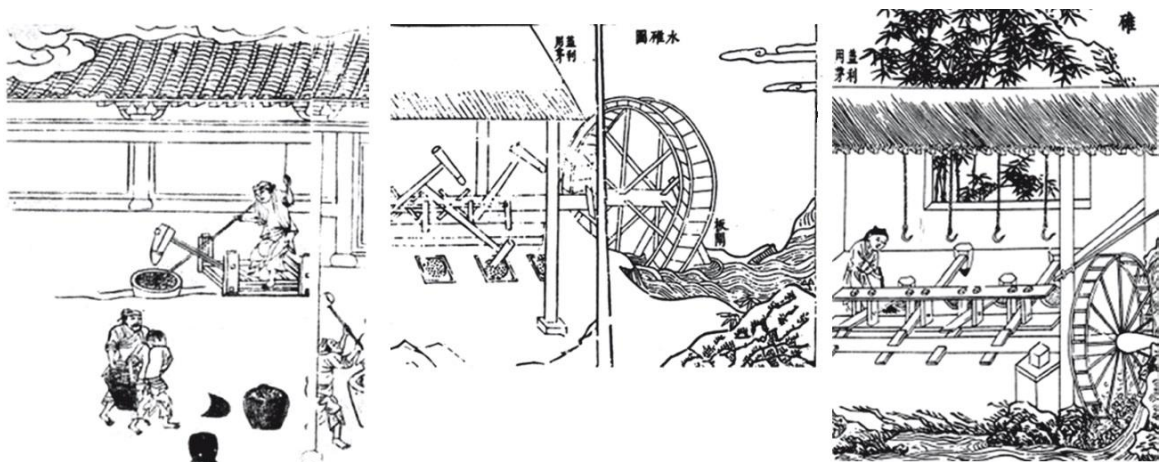
Αν και οι τελευταίες δύο μηχανές εκτελούν την ίδια λειτουργία, υπάρχει μια σημαντική καινοτομία διαφοροποίησή τους. Ενώ στο σχήμα 29 οι φτερωτοί κάδοι είναι απλά κουπιά που έχουν εγκατασταθεί κάθετα προς τα εξωτερικά δαχτυλίδια, τα κουπιά στο υδροστροβίλων στο σχήμα 28 έχουν σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσουν την υδραυλική μονάδα. Με μια διαφορά τριών αιώνων, από τα σχήματα 28 και 29, είναι περίεργο το γεγονός ότι η σύγχρονη κοινωνία είναι λιγότερο υδραυλικά αποτελεσματική από την πρώτη. Μια μηχανή που αναφέρεται τόσο συχνά όσο το σφυρί υδροκίνησης στα αρχαία κινέζικα βιβλία, είναι ο μύλος που λειτουργεί ως απαραίτητο μέσο στην καθημερινή ζωή για την παροχή τροφίμων.

Παρομοίως με τα προηγούμενα παραδείγματα, οι Κινέζοι προσπάθησαν να πολλαπλασιάσουν την έξοδο μιας μηχανής με μια μόνο ενεργοποίηση. Μια πρώτη λύση ήταν η χρήση της δύναμης των ζώων, για περιπτώσεις μύλων με οκτώ υποδοχές που

λειτουργούν με οδοντωτούς τροχούς. Κάποια στιγμή αργότερα, το μηχάνημα εξελίχθηκε και τα ζώα είχαν αντικατασταθεί από ένα κατακόρυφο στρόβιλο.

Το μηχάνημα αποτελούταν από εννέα οριζόντιους οδοντωτούς τροχούς και τρεις κατακόρυφους που συνδέονται με την άτρακτο του υδραυλικού στρόβιλου. Όταν η άτρακτος γύρισε οι εννέα τροχοί περιστρέφονταν ταυτόχρονα λόγω μιας απλής μετάδοσης της κίνησης.

Μια άλλη συνήθης πρακτική ήταν να χρησιμοποιηθεί ένας υδροστρόβιλος, όχι μόνο ως μέσο των ελαιοτριβείων οδήγησης, αλλά και ως μια φτερωτή άντλησης νερού και ως εκ τούτου, να κάνουν το έργο δύο φορές πιο χρήσιμο. Είναι γνωστό ότι περίπου το έτος 1100 μ.Χ. υπήρχαν πάνω από 250 εργοστάσια τσαγιού. Αυτό δίνει μια ιδέα για το πόσο απαραίτητο ήταν αυτό το είδος της μηχανής και το λόγο που αυξήθηκε η παραγωγή της.



Σχήμα 27, 28, 29: Η εξέλιξη του σφυριού υδροκίνησης



## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥΣ

Γενικά Μηχανή ή μηχανήμα ονομάζεται οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον που μπορεί να διευκολύνει την ανθρώπινη εργασία ή που μπορεί να αυξήσει τη δύναμη ή την αποτελεσματικότητά της. Επίσης οποιαδήποτε συσκευή που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή έργου, είτε μεταδίδοντας είτε μετατρέποντας άλλη μορφή ενέργειας σε παραγωγή έργου. Ακόμη μπορεί να εννοείται και κάθε ευφυής επινόηση. Μεταφορικά, σημαίνει ραδιουργία, σκευωρία αλλά και χαρακτηρισμό πλήθους υπηρεσιών π.χ. «Κρατική μηχανή» ή «αμυντικός μηχανισμός».

Στην αρχαιότητα, οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν την σημασία της πρώτης παραπάνω πρότασης που αναφέρεται ως ορισμός από τον Βιτρούβιο ενώ διέκριναν δύο είδη μηχανών: τις απλές και τις σύνθετες. Στις απλές ανήκαν οι μοχλοί, η σφήνα, ο κοχλίας, το πολύσπαστο, κ.ά. Στις σύνθετες ανήκαν οι υδραυλικές μηχανές, οι βιομηχανικές (μύλοι άλεσης και σύνθλιψης), οι ανυψωτικές ή ανυψωτικές, οι πολεμικές και οι μηχανές θεάτρου.

Κατά τη μηχανολογία, η μηχανή είναι ένα σύνολο μηχανικών μερών και μηχανισμών ικανών να μετατρέψουν μια ενέργεια τροφοδότησης σε μία διαφορετικού ή ίδιου τύπου αλλά με διαφορετικές παραμέτρους τελική ενέργεια, προκειμένου να την χορηγήσουν σε άλλες μηχανές ή να την χρησιμοποιήσουν άμεσα για να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες διαδικασίες παραγωγής έργου.

Την ανάγκη χρησιμοποίησης εργαλείων την ένοιωσε ο άνθρωπος από την παλαιολιθική εποχή. Κατασκεύαζε πέτρινα εργαλεία και όπλα, λαξεύοντας τους λίθους που βρίσκονταν δίπλα στη σπηλιά του. Πολλά τέτοια εργαλεία έχουν βρεθεί από τους αρχαιολόγους στους διάφορους παλαιολιθικούς οικισμούς. Πιστεύεται όμως ότι η ανακάλυψη του εργαλείου έγινε παλιότερα.

### 2.1. Ορισμοί

Μηχανισμός είναι μια διάταξη, της οποίας τα μέλη, βάσει της γεωμετρικής μορφής τους και των αλληλοσυνδέσεων τους, εκτελούν καθορισμένες κινήσεις και κατά αυτόν τον τρόπο μεταδίδουν μία κίνηση, ή και μια συγχρόνως μια ισχύ, από ένα κινητήριο μέλος σε ένα κινούμενο.

Η μετάδοση μπορεί να πληροί οποιεσδήποτε προδιαγραφές. Τα μέλη που παρεμβάλλονται μεταξύ του κινούμενου και του κινητηρίου μέλους, καλούνται οδηγητικά. Η σύνδεση μεταξύ δύο μελών ονομάζεται κινηματικό ζεύγος, ή άρθρωση. Μία άρθρωση μπορεί ανάλογα με την κατασκευαστική της διαμόρφωση, να επιτρέπει σχετικές κινήσεις μεταξύ των μελών της, διαφορετικού βαθμού ελευθερίας.

#### 2.1.1. Είδη μηχανισμών

Η σχετική θέση των αξόνων των αρθρώσεων των μελών ενός μηχανισμού, αποτελεί ένα κριτήριο ταξινομήσεως τους. Με βάση αυτό το κριτήριο, διακρίνονται οι μηχανισμοί σε χωρικούς, σφαιρικούς και επίπεδους. Χαρακτηριστικό των χωρικών μηχανισμών είναι ότι οι άξονες των αρθρώσεων είναι ασύμπτωτες ευθείες. Ειδική περίπτωση αυτών, αποτελούν οι σφαιρικοί μηχανισμοί. Σε αυτούς, οι άξονες των αρθρώσεων διέρχονται όλοι από ένα σημείο. Εάν οι άξονες των αρθρώσεων είναι παράλληλοι μεταξύ τους, τότε πρόκειται για ένα επίπεδο μηχανισμό. Τέλος στην περίπτωση σύνθετων μηχανισμών

(συνδυασμός μεταξύ χωρικών και επιπέδων), μπορεί να θεωρηθεί, ότι ο μηχανισμός αποτελείται από πολλούς χωρικά διατεταγμένους επίπεδους μηχανισμούς έτσι ώστε να αντιμετωπισθεί, με τις ίδιες σχέσεις, που ισχύουν για τους επίπεδους μηχανισμούς.

## 2.2. Μηχανισμοί με τέσσερα μέλη

### 2.2.1. Ορισμοί και κριτήρια

Οι μηχανισμοί με τέσσερα μέλη αποτελούν την πιο απλή μορφή μηχανισμών, συγχρόνως όμως είναι και οι πιο διαδεδομένοι στην πράξη. Χρησιμοποιούνται τόσο για καθοδήγηση μερών μηχανικών διατάξεων, όσο και για την πραγματοποίηση σχέσεων μεταδόσεως.

Το κριτήριο ταξινόμησης των τύπων των μηχανισμών με τέσσερα μέλη είναι το είδος των σχετικών κινήσεων των μελών τους. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες μηχανισμών.

1. Μηχανισμοί με δυνατότητα πλήρους περιστροφής, όταν ένα τουλάχιστον μέλος μπορεί, ή θα μπορούσε αν πακτωθεί κάποιο άλλο μέλος, να εκτελεί πλήρη περιστροφή σχετικά με τα άλλα μέλη. Αν στον τύπο αυτό μηχανισμών με τέσσερα μέλη ένα μέλος παλινδρομεί τότε η παλινδρομική κίνησή του δεν είναι συμμετρική ως προς το πακτωμένο μέλος και κείται μόνο στο ένα από τα δυο ημιεπίπεδα που ορίζει το ακίνητο μέλος.
2. Μηχανισμοί με δυνατότητα πλήρους παλινδρομής όταν όλα τα μέλη μπορούν να εκτελούν μεταξύ τους μόνο παλινδρομικές κινήσεις. Στην προκειμένη περίπτωση η παλινδρομική κίνηση ενός μέλους είναι συμμετρική ως προς το πακτωμένο μέλος.
3. Μηχανισμοί με θέσεις διακλαδώσεως, όταν μια τουλάχιστον θέση του μηχανισμού (θέση διακλαδώσεως) και με γνωστή κατεύθυνση κινήσεως του κινητήριου μέλους, υπάρχουν δυο διαφορετικές μεταξύ τους δυνατότητες για την κατεύθυνση κινήσεως των άλλων μελών.

Η ταξινόμηση των μηχανισμών με κριτήριο το είδος των σχετικών κινήσεων των μελών τους, διεξάγεται με τη βοήθεια της προτάσεως του Grashof λαμβάνοντας υπόψη τις κινηματικές διαστάσεις του μηχανισμού. Γενικά, κατά τη σύνθεση μηχανισμών με μέλη αποφεύγονται κυρίως λόγω φθοράς οι αρθρώσεις ολισθήσεως.

Τα στοιχεία που δίνονται για τη σύνθεση ενός μηχανισμού με τέσσερα μέλη μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία υπάγονται δεδομένα σχετικά με προδιαγεγραμμένες θέσεις, που το ενδιαμέσο μέλος του μηχανισμού πρέπει να καταλάβει κατά την κίνηση του. Μια επόμενη ομάδα δεδομένων αναφέρεται σε προδιαγραφές που η τροχιακή καμπύλη ενός σημείου του ενδιαμέσου μέλους του μηχανισμού πρέπει να καλύψει. Με τέτοιου είδους στοιχεία διεξάγεται η σύνθεση καθοδηγητικών μηχανικών διατάξεων. Τέλος μια Τρίτη κατηγορία δεδομένων για τη σύνθεση μηχανισμών με μέλη σχετικά με τη σχέση μεταδόσεως  $\psi = \psi(\varphi)$  του μηχανισμού.

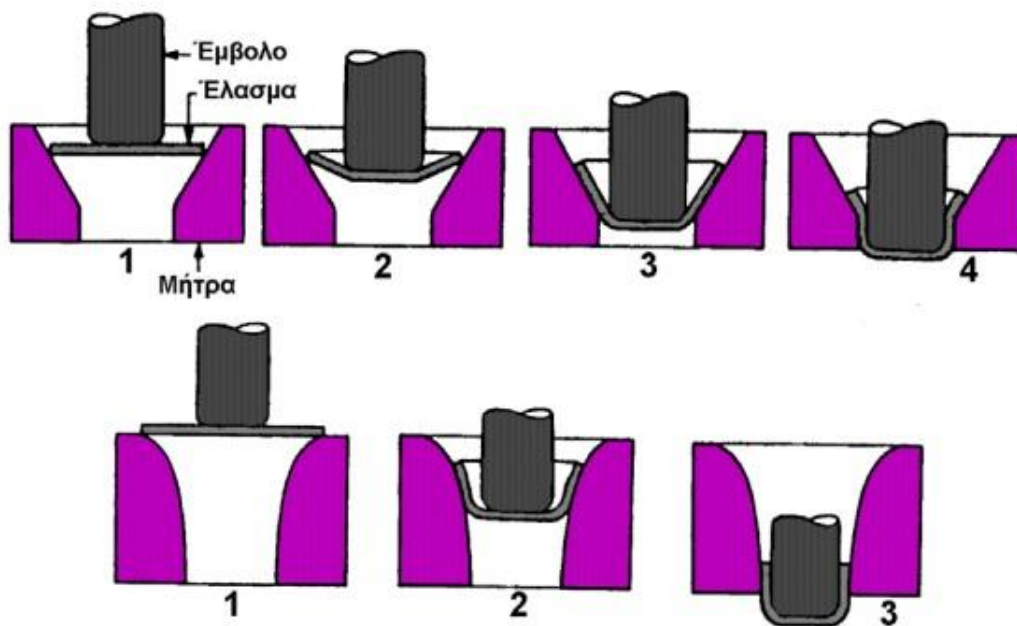


Σχήμα 2.2.1. Παράδειγμα μηχανισμού με τέσσερα μέλη

### 2.2.2. Εφαρμογές

Ο μηχανισμός αυτός των τεσσάρων μελών ή αλλιώς πρέσα κεκαμένου διωστήρα χρησιμοποιείται κυρίως για κατεργασίες βαθείας κοίλανσης. Σε αυτές τις πρέσες το κινητήριο μέλος είναι φτιαγμένο από υψηλής αντοχής υλικό. Συνεπώς καθώς το έμβολο πλησιάζει το κατεργαζόμενο τεμάχιο, αυτό ωθείται μέσα σε ένα καλούπι το οποίο και του δίνει το τελικό σχήμα (βλέπε [σχήμα 2.2.2.](#)). Άλλες χρήσεις τις πρέσας είναι διαμόρφωση ελάσματος σε έκταση (stretch forming), μηχανική κοίλανση, κάμψη ελασμάτων, διαμόρφωση κυλινδρικών λεβήτων, ευθυγράμμιση, σφυρηλάτηση εν θερμώ ή εν ψυχρώ, διέλαση και διαμόρφωση πλαστικών. Τέτοιου είδους μηχανισμοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κατεργασίες διάτμησης διότι δεν είναι ακριβής η ταχύτητα του εμβόλου κατά την κάθοδο συνεπώς μπορεί να υπάρξουν αστοχίες.





Σχήμα 2.2.2. Χρήση πρέσας κεκαμένου διωστήρα

## 2.3. Μηχανισμοί με οδοντωτούς τροχούς

### 2.3.1. Τύποι μηχανισμών

Κιβώτιο ενός μηχανισμού με οδοντωτούς τροχούς, ονομάζεται το μέλος του μηχανισμού πάνω στο οποίο εδράζονται όλοι οι άξονες των τροχών του. Οι τροχοί του μηχανισμού μπορεί να έχουν εξωτερικές όπως και εσωτερικές αρθρώσεις.

Διακρίνονται γενικά δυο τύποι μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς. Οι μηχανισμοί με ακίνητο κιβώτιο δηλ κιβώτιο πακτωμένο στο πλαίσιο του μηχανισμού και οι μηχανισμοί με περιστροφικά κινούμενο κιβώτιο δηλ. συνδεδεμένο με το πλαίσιο μέσω μιας αρθρώσεως περιστροφής.

Μηχανισμοί ακινήτου κιβωτίου με μια βαθμίδα έχουν μόνο ένα ζεύγος οδοντωτών τροχών. Σε μηχανισμούς πολλών βαθμίδων κάθε ενδιάμεση βαθμίδα αποτελεί την κινητήρια της επόμενης της και την κινούμενη από την προηγούμενη της. Ο κινητήριος άξονας μηχανισμού οδοντωτών τροχών πολλών βαθμίδων μπορεί κατασκευαστικά να διαταραχθεί ομοκεντρικά με τον κινούμενο άξονα του μηχανισμού. Μηχανισμοί ακινήτου κιβωτίου μιας ή περισσότερων βαθμίδων έχουν βαθμό ελευθερίας ίσο με τη μονάδα.

Μηχανισμοί με περιστροφικά κινούμενο κιβώτιο (πλανητικοί μηχανισμοί) έχουν έναν ή δύο άξονες ενδιάμεσων τροχών ομοκεντρικά διατεταγμένους με τον άξονα περιστροφής του κιβωτίου. Αυτοί οι άξονες έχουν ως εκ τούτου μια σταθερή θέση ως προς το πλαίσιο ενώ οι άξονες των υπολοίπων οδοντωτών τροχών μέσω της κινήσεως του κιβωτίου εκτελούν κυκλικές τροχιές ως προς την άρθρωση του κιβωτίου με το πλαίσιο.



Σχήμα 2.3. Παράδειγμα μηχανισμού με οδοντωτούς τροχούς

Μηχανισμοί με περιστροφικά κινούμενο κιβώτιο χαρακτηρίζονται σαν ανοιχτού τύπου όταν επί του άξονα περιστροφής του κιβωτίου έχουν διατεταγμένο μόνο ένα κύριο ενδιάμεσο οδοντωτό τροχό. Εάν έχουν περισσότερους από ένα χαρακτηρίζονται κλειστού τύπου. Οι υπόλοιποι ενδιάμεσοι οδοντωτοί τροχοί ονομάζονται πλανήτες. Μηχανισμοί ανοικτού ή κλειστού τύπου με ελεύθερα περιστρεφόμενο κιβώτιο και κύριους ενδιάμεσους οδοντωτούς τροχούς έχουν βαθμό ελευθερίας ίσο με το δύο. Σε περίπτωση που ένας από τους κύριους ενδιάμεσους τροχούς πακτωθεί τότε ο βαθμός ελευθερίας του μηχανισμού μειώνεται και γίνεται ίσος με η μονάδα.

## **2.4. Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες**

### **2.4.1. Γενικά**

Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες χρησιμοποιούνται για μεταδόσεις κινήσεων κυρίως μικράς ισχύος με τυχούσες προδιαγραφές ως προς τη σχέση μεταδόσεως όπως και για την καθοδήγηση μελών πάνω σε τροχιές με οποιαδήποτε γεωμετρική μορφή. Για τους λόγους αυτούς μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες απαντώνται σε πολλούς τύπους μηχανών. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν μηχανές εκτυπώσεως κλωστοϋφαντουργίας συσκευασίας και εργαλειομηχανών στις οποίες οι μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες μεταξύ των άλλων μπορούν και να ρυθμίζουν την αυτόματη εξέλιξη του κύκλου της εκάστοτε εκτελούμενης διεργασίας.

#### 2.4.2. Δομή και είδη μηχανισμών με οδηγητικές καμπύλες

Ένας μηχανισμός με οδηγητικές καμπύλες αποτελείται βασικά από το κινητήριο μέλος 1 (κνώδακας) που φέρει την οδηγητική καμπύλη, το κινούμενο μέλος 2 (ακόλουθος) του οποίου την κίνηση καθοδηγεί η καμπύλη του μέλους 1, και το μέλος 3, το οποίο είναι ταυτόχρονα το πλαίσιο 0 του μηχανισμού. Η σχετική θέση των αξόνων περιστροφής ως προς το πλαίσιο του κνώδακα και του ακολούθου είναι το κριτήριο διακρίσεως τριών βασικών τύπων μηχανισμών με οδηγητικές καμπύλες. Εάν οι άξονες του μηχανισμού είναι ασύμβατες ευθείες τότε ο μηχανισμός χαρακτηρίζεται σαν χωρικός ενώ εάν οι άξονες τέμνονται σαν σφαιρικός. Τέλος ο μηχανισμός χαρακτηρίζεται σαν επίπεδος εάν οι άξονες αυτοί είναι παράλληλες ευθείες.

Ο κνώδακας του μηχανισμού που φέρει την οδηγητική καμπύλη μπορεί να έχει τη μορφή ενός περιστρεφόμενου δίσκου, ή ενός ευθύγραμμου παλινδρομικού κινούμενου κανόνα. Ο ακόλουθος χαρακτηρίζεται σαν στρόφαλος εάν συνδέεται με το πλαίσιο μέσω μιας αρθρώσεως περιστροφής, ή ένας ωστήρας εάν συνδέεται με το πλαίσιο με μια άρθρωση ολισθήσεως. Για να αποφευχθεί η τριβή ολισθήσεως μεταξύ του κνώδακα και του ακολούθου όπως επίσης να περιοριστούν οι φθορές, κυρίως της οδηγητικής καμπύλης, προστίθεται ένας ενδιάμεσος τροχίσκος στον ακόλουθο ο οποίος βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με την οδηγητική καμπύλη, αποτελώντας έτσι το μέλος 4 του μηχανισμού.



Σχήμα 2.4. Παράδειγμα μηχανισμού κνώδακα με ακόλουθο

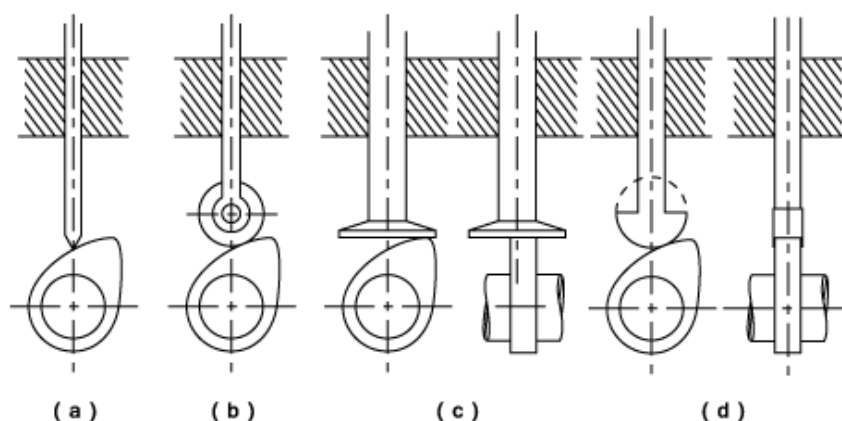
Ο κνώδακας τέτοιων μηχανισμών μπορεί να έχει κυλινδρική κωνική ή γενικά τη μορφή ενός εκ περιστροφής συμμετρικού σώματος. Η οδηγητική καμπύλη εκτείνεται συνήθως σαν αυλάκωση και όχι σαν οδόντωση επί της πλευρικής, ή της μετωπικής επιφάνειας του κνώδακα δυνάμενη να έχει διπλά σημεία. Για να επιτευχθεί μια συνεχής μετάδοση

της κινήσεως από τον κνώδακα στον ακόλουθο πρέπει η οδηγητική καμπύλη να βρίσκεται συνεχώς σε επαφή με τον ακόλουθο. Αυτή η προϋπόθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διαφόρων δυνατοτήτων. Κινητήριο μέλος όλων των μηχανισμών με οδηγητική καμπύλη είναι ο κνώδακας και κινούμενο ο ακόλουθος. Μέσω της γεωμετρικής μορφής της οδηγητικής καμπύλης μπορεί να περιγραφεί σχεδόν κάθε πιθανή σχέση μεταδόσεως και έτσι να πραγματοποιηθούν τυχούσες προδιαγραφές μεταδόσεως κινήσεως, εντός μιας περιόδου.

### 2.4.3. Εφαρμογές

Ένας τέτοιος μηχανισμός χρησιμοποιείται για να ανοίξει τις βαλβίδες σε μηχανές εσωτερικής καύσεως. Έχουν διαφορετικά σχέδια, ανάλογα με την πίεση και οφείλουν να αντέχουν πολύ μεγάλες δυνάμεις. Ο ακόλουθος πρέπει να διατηρείται σε σταθερή και ομαλή επαφή με τον κνώδακα για να μπορέσουν να λειτουργήσουν σωστά.

Επίσης χρησιμοποιείται σε διάφορες μηχανικές εφαρμογές όπως για παράδειγμα, στους κινητήρες των οχημάτων, σε μηχανές κουρέματος γκαζόν, σε συσκευές άντλησης και σε γενικότερες κατασκευές. Το σύστημα χρησιμοποιεί συνήθως ένα έδρανο (CAM) που συνδέεται με ένα περιστρεφόμενο άξονα για να παραχθεί μια συγκεκριμένη κίνηση σε μία επιθυμητή κατεύθυνση.



Σχήμα 2.4.3. Διάφοροι τύποι μηχανισμού κνώδακα- ακόλουθου.

## 2.5. Κυκλοειδής μειωτήρας

### 2.5.1. Χαρακτηριστικά

Μια κυκλοειδής κίνηση ή ο κυκλοειδής μειωτήρας ταχύτητας είναι ένας μηχανισμός για τη μείωση της ταχύτητας του άξονα εισόδου με μια ορισμένη αναλογία.

Ο άξονας εισόδου οδηγεί ένα εκκεντρικό έδρανο που με τη σειρά του κινεί το κυκλοειδή δίσκο σε μια έκκεντρη, κυκλοειδή κίνηση. Η περίμετρος αυτού του δίσκου είναι προσανατολισμένη σε ένα σταθερό οδοντωτό δακτύλιο και έχει μια σειρά από κυλίνδρους που τοποθετούνται στην εσωτερική όψη του δίσκου. Αυτοί κινούν άμεσα τον άξονα εξόδου καθώς περιστρέφεται ο κυκλοειδής δίσκος. Ο άξονας εισόδου εδράζεται έκκεντρα προς το ρουλεμάν, προκαλώντας τον κυκλοειδή δίσκο να κινείται σε έναν κύκλο. Ο κυκλοειδής δίσκος περιστρέφεται ανεξάρτητα γύρω από το έδρανο καθώς ωθείται ενάντια στο γρανάζι. Αυτό είναι παρόμοιο με ένα πλανητικό σύστημα γραναζιών, και η κατεύθυνση της περιστροφής είναι αντίθετη προς εκείνη του άξονα εισόδου.

Ο αριθμός των ακίδων στη οδοντωτή στεφάνη είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των ακίδων στο δίσκο του κυκλοειδούς. Για αυτό το λόγο ο δίσκος του κυκλοειδή περιστρέφεται γύρω από το έδρανο ταχύτερα από την άτρακτο εισόδου, δίνοντας μια συνολική περιστροφή στην κατεύθυνση που αντιτίθεται στην περιστροφή της άτρακτου εισόδου.

Ο κυκλοειδής δίσκος έχει τρύπες που είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από τους πείρους κυλίνδρου εξόδου που πηγαίνουν στο εσωτερικό τους. Οι ακίδες εξόδου κινούνται γύρω στις οπές για να επιτευχθεί σταθερή περιστροφή του άξονα εξόδου από την ταλαντευόμενη κίνηση του κυκλοειδούς δίσκου.

Σε αντίθεση με πολλούς άλλους μηχανισμούς όπου η κίνηση δύναται να είναι αμφίπλευρη, η μονάδα του κυκλοειδή κινείται συνήθως μονόπλευρα και οι άξονες εισόδου και εξόδου της μονάδας του κυκλοειδούς δεν μπορούν να αντιστραφούν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την περιστροφή των ακροδεκτών εξόδου δεν περιστρέφεται ο δίσκος του κυκλοειδή με το σωστό τρόπο.

Ωστόσο, σε περίπτωση που ο κυκλοειδής δίσκος έχει φθαρεί ή έχει κατασκευαστεί σε μία χαλαρή ανοχή, μια μεγάλη ροπή εισόδου στην έξοδο μπορεί να μεταδοθεί μέσω του δίσκου, ο οποίος οδηγεί την είσοδο. Αυτό δεν είναι μια τυπική λειτουργία και η αποτελεσματικότητα της εν λόγω μετάδοσης είναι πολύ φτωχή, οδηγώντας σε πρόωρη αποτυχία.

Επίσης, ο έκκεντρος τοποθετημένος δίσκος του κυκλοειδή μπορεί να προκαλέσει κραδασμούς στη μονάδα που διαδίδεται η κίνηση από τους άξονες. Αυτό μπορεί να προκαλέσει επίσης αυξημένη φθορά στα εξωτερικά δόντια του κυκλοειδούς δίσκου, καθώς και τη διεπαφή με τους πείρους κυλίνδρου εξόδου λόγω της μικρής σχετικής κίνησης που προκαλείται από τις δονήσεις. Ένας δεύτερος κυκλοειδής δίσκος εγκαθίσταται με μια μισό-περιστροφή σε σχέση με τον πρώτο, ο οποίος εξισορροπεί την άτρακτο εισόδου και τη μείωση των κραδασμών.

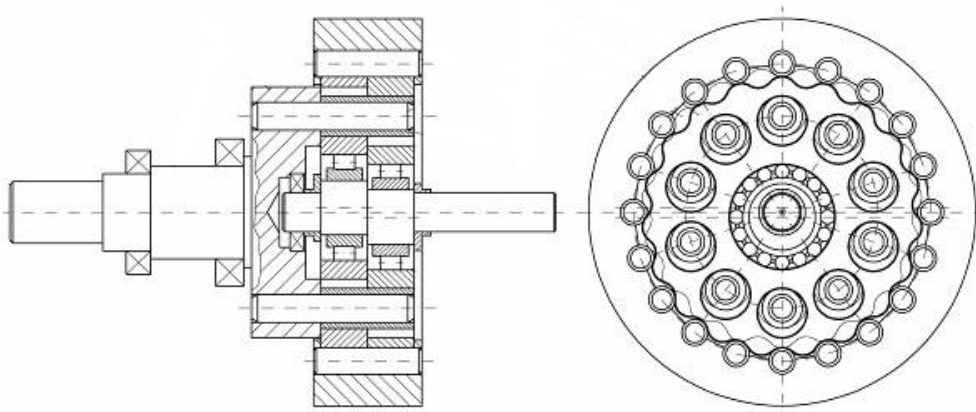




Σχήμα 2.5.1. Παράδειγμα κυκλοειδή μειωτήρα

### 2.5.2. Εφαρμογές

Ένας οποιοσδήποτε μειωτήρας λειτουργεί ως μέσο μείωσης της ταχύτητας εισόδου. Πιο αναλυτικά εάν συνδέσουμε ένα μειωτήρα σε ένα στρόφαλο κίνησης με γωνιακή ταχύτητα  $\omega = 5 \text{ rad/sec}$  η δουλειά που θα κάνει ο μειωτήρας είναι να μετατρέψει αυτήν την περιστροφική κίνηση σε μικρότερη του  $5 \text{ rad/sec}$ . Ο μηχανισμός είναι ικανός να μετατρέψει την ταλαντευόμενη κίνηση ενός έκκεντρου σε μία ,σταθερής ταχύτητας, κίνηση του κυκλοειδή δίσκου. Αυτή η κίνηση στη συνέχεια μετασχηματίζεται σε μια ομαλή ομόκεντρη κίνηση του άξονα εξόδου μέσω των εσωτερικών κυλίνδρων. Συνεπώς η μείωση της ταχύτητας επιτυγχάνεται και η μετάδοση της ροπής ολοκληρώνεται.



Σχήμα 2.5.2. Ο κυκλοειδής μειωτήρας



## 2.6. Μηχανισμοί περιοδικής ασυνεχούς μεταδόσεως

### 2.6.1. Ο Μηχανισμός της Γενεύης

Ο μηχανισμός της Γενεύης ή ο σταυρός της Μάλτας είναι ένας μηχανισμός μετάδοσης που μεταφράζει μια συνεχή εναλλαγή σε μια διακοπτόμενη περιστροφική κίνηση. Ο περιστρεφόμενος κινητήριος τροχός έχει έναν πείρο που φτάνει σε μία σχισμή του τροχού κίνησης προώθησης του κατά ένα βήμα. Ο κινητήριος τροχός έχει επίσης ένα υπερυψωμένο κυκλικό δίσκο αποκλεισμού που κλειδώνει τον κινούμενο τροχό στη θέση του μεταξύ των βημάτων.

Το όνομα του προέρχεται από την πρώτη εφαρμογή της συσκευής σε μηχανικά ρολόγια, στη Γενεύη, στην Ελβετία, όπου είναι σημαντικά κέντρα της ωρολογοποιίας. Η κίνηση της Γενεύης είναι επίσης κοινώς ονομαζόμενη ως «μηχανισμός σταυρού της Μάλτας» και οφείλεται στην οπτική ομοιότητα, όταν ο κινητήριος τροχός έχει τέσσερις ακτίνες. Δεδομένου ότι μπορούν να γίνουν μικρές και είναι σε θέση να αντέξουν σημαντική μηχανική καταπόνηση, οι μηχανισμοί αυτοί χρησιμοποιούνται συχνά στα ρολόγια.

Στην πιο κοινή διάταξη, ο σταυρός διαθέτει τέσσερις υποδοχές και έτσι προχωρά κατά ένα βήμα από 90 μοίρες για κάθε περιστροφή του τροχού κίνησης. Αν ο σταυρός έχει  $n$  υποδοχές, προωθείται κατά  $360^\circ / n$  ανά πλήρη περιστροφή του τροχού.



Σχήμα 2.5.1. Παράδειγμα μηχανισμού Γενεύης

### 2.6.2. Εφαρμογές

Μία εφαρμογή του δίσκου Γενεύης είναι σε προβολείς ταινίας : η ταινία δεν λειτουργεί συνεχώς μέσω του βιντεοπροβολέα. Αντί αυτού , η ταινία προωθείται καρέ-καρέ , όπου κάθε καρέ στέκεται ακόμα μπροστά στο φακό για το 1/ 24 του δευτερολέπτου. Αυτή η διακοπτόμενη κίνηση επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια μονάδα της Γενεύης . (Σύγχρονη προβολείς ταινιών μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο μηχανισμό βηματικού κινητήρα , ο οποίος επιτρέπει την γρήγορη προώθηση της ταινίας . ) Οι πρώτες χρήσεις του δίσκου Γενεύης για προβολείς ταινιών πάει πίσω στο 1896 στους προβολείς του Oskar Messter και Max Gliewe.

Τροχοί τύπου Γενεύης που έχουν τη μορφή του κινούμενου τροχού χρησιμοποιήθηκαν επίσης σε μηχανικά ρολόγια μάλλον για να περιορίσουν την τάση του ελατηρίου στην περιοχή όπου ελαστική δύναμη του είναι σχεδόν γραμμική. Εάν μια από τις σχισμές του κινούμενου τροχού φράσσεται, ο αριθμός περιστροφών του κινητήριου τροχού είναι περιορισμένος. Σε ρολόγια, ο τροχός της Γενεύης με τέσσερις ή και πέντε ακτίνες και μία κλειστή σχισμή αποτρέπει την πλήρη χαλάρωση του ελατηρίου . Αυτή η λεγόμενη στάση της Γενεύης ή «στάση εργασίας της Γενεύης» ήταν η εφεύρεση των ωρολογοποιών τη διάρκεια του 17ου ή 18ου αιώνα.

Σε άλλες εφαρμογές της μονάδας της Γενεύης περιλαμβάνονται και ο μηχανισμός του στυλό με πολλαπλές εξόδους, αυτοματοποιημένες συσκευές δειγματοληψίας , πίνακες ευρετηρίασης σε γραμμές συναρμολόγησης , μετατροπείς εργαλείων για μηχανές CNC , καταμέτρηση τραπεζογραμμάτων και ούτω καθεξής . Η εταιρία Iron Ring χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό τύπου Γενεύης για την παροχή διακοπτόμενης κίνησης σε ένα από τα μηχανικά δαχτυλίδια της .Μια κίνηση της Γενεύης χρησιμοποιήθηκε για να αλλάξει τα φίλτρα στην κάμερα Dawn όπου χρησιμοποιήθηκε σε μια αποστολή για την εικόνα του αστεροειδή Vesta 4 το 2011. Επιλέχθηκε για να εξασφαλιστεί ότι ο μηχανισμός σε περίπτωση που αποτύχει, τουλάχιστον ένα φίλτρο θα είναι χρησιμοποιήσιμο.



Σχήμα 2.5.2. Το ρολόι είναι ο πιο διάσημος μηχανισμός Γενεύης

### 3. ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

#### 3.1. Το πρόγραμμα- SolidWorks

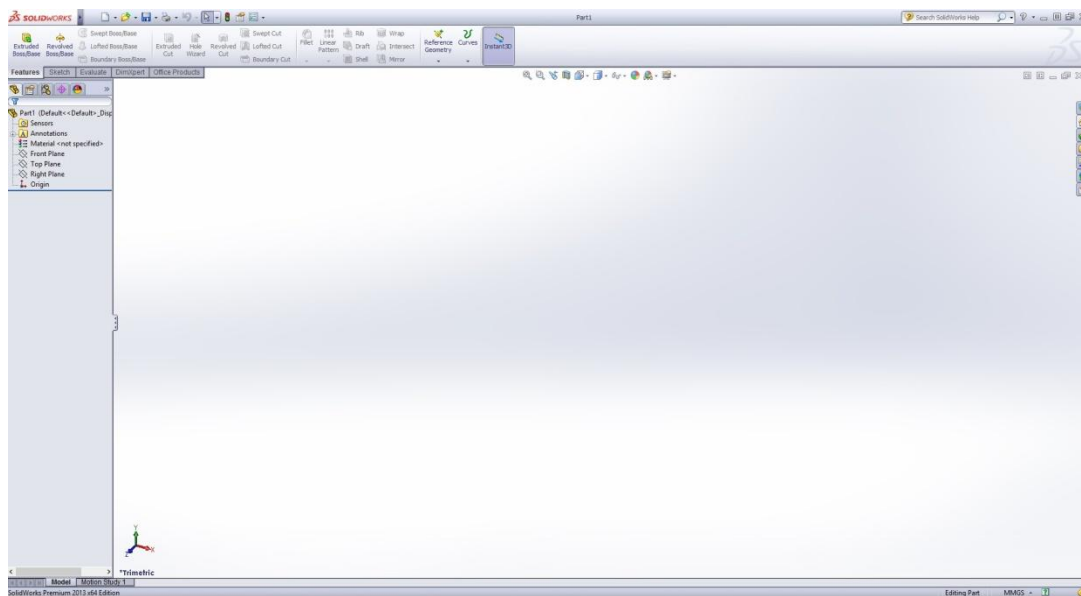
Το SolidWorks είναι ένα πρόγραμμα με βάση τη στερεά μοντελοποίηση, και χρησιμοποιεί ένα παραμετρικό χαρακτηριστικό που βασίζεται στην προσέγγιση με σκοπό τη δημιουργία μοντέλων και συναρμολογήσεων.

Οι παράμετροι αναφέρονται σε τιμές οι οποίες καθορίζουν το σχήμα ή τη γεωμετρία του μοντέλου ή του συγκροτήματος. Μία παράμετρος μπορεί να είναι είτε αριθμητική, όπως το μήκος μιας γραμμής ή η διάμετρος ενός κύκλου, ή γεωμετρική, όπως είναι η εφαπτομένη, η παράλληλη, η ομόκεντρη, οριζόντια ή κατακόρυφα, κλπ. Οι αριθμητικές παράμετροι μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους μέσω της χρήσης των σχέσεων, οι οποίες προστίθενται έτσι ώστε να γίνει συνολικά σωστή η απεικόνιση του αντικειμένου.

Πρόσθετες σχέσεις μεταξύ περιορισμών του σχεδιασμού είναι το πώς ο δημιουργός του τμήματος θέλει να ανταποκριθεί στις αλλαγές και ενημερώσεις μια συγκεκριμένη παράμετρος. Για παράδειγμα, θα θέλει η τρύπα στην κορυφή ενός δοχείου ποτού να παραμείνει στην άνω επιφάνεια, ανεξάρτητα από το ύψος ή το μέγεθος του δοχείου. Το SolidWorks επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει ότι η τρύπα είναι ένα χαρακτηριστικό στην επάνω επιφάνεια, και στη συνέχεια ανεξάρτητα με το πόσες αλλαγές θα γίνουν κατά τον σχεδιασμό αυτό να παραμείνει ως έχει.

Τα χαρακτηριστικά αναφέρονται στα δομικά στοιχεία του τμήματος. Είναι τα σχήματα και οι λειτουργίες που κατασκευάζουν το μοντέλο. Τα μοντέλα με προκαθορισμένο σχήμα αρχίζουν με ένα 2D ή 3D σκίτσο, όπως οι σπές, σχισμές, κλπ. Αυτό το σχήμα στη συνέχεια εξωθείται ή κόβεται για να προστεθεί ή να αφαιρεθεί υλικό από το τμήμα. Η σχεδίαση με βάση τα χαρακτηριστικά δεν δημιουργείται με σκίτσο, και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως φιλέτα, λοξοτομήσεις, τρύπες, τα οποία εφαρμόζονται στο ήδη σχεδιασμένο μοντέλο.





Σχήμα 3.1. Το περιβάλλον του solidworks

Η δημιουργία ενός μοντέλου σε SolidWorks συνήθως ξεκινά με ένα σκίτσο 2D ( αν και τα 3D σχέδια είναι επίσης διαθέσιμα) . Το σκίτσο αποτελείται από γεωμετρικά σχήματα, όπως σημεία, γραμμές, τόξα, και σφήνες . Οι διαστάσεις προστίθενται στο σκίτσο για να καθορίσουν το μέγεθος και τη θέση της γεωμετρίας . Οι σχέσεις χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τα χαρακτηριστικά , όπως επαφές μεταξύ αντικειμένων, παραλληλισμό , καθετότητα και ακρίβεια . Η παραμετρική φύση του SolidWorks σημαίνει ότι οι διαστάσεις και οι σχέσεις μεταξύ των περιορισμών οδηγούν την γεωμετρία και όχι κάποιος άλλος τρόπος. Οι διαστάσεις στο σχεδιάγραμμα μπορεί να ελέγχονται ανεξάρτητα, είτε από τις σχέσεις με άλλες παραμέτρους εντός ή εκτός του σκίτσου .

Σε μια συναρμολόγηση , τα επιμέρους τμήματα του σκίτσου γίνονται ένα . Ακριβώς όπως στο σκίτσο οι σχέσεις καθορίζουν τους όρους , όπως επαφές, παραλληλισμούς σε σχέση με τη γεωμετρία του σκίτσου, οι σχέσεις συναρμολόγησης ορίζουν ισοδύναμες σχέσεις σε σχέση με τα επιμέρους τμήματα ή συστατικά μέρη , επιτρέποντας την εύκολη κατασκευή των συναρμολογήσεων. Το SolidWorks περιλαμβάνει επίσης πρόσθετα προηγμένα χαρακτηριστικά ζευγαρώματος , όπως εργαλεία επαφής και οδηγητικές εντολές, που επιτρέπουν τα μοντελοποιημένα εργαλεία να αναπαράγουν με ακρίβεια την περιστροφική κίνηση ενός πραγματικού συστήματος οδοντωτών τροχών.

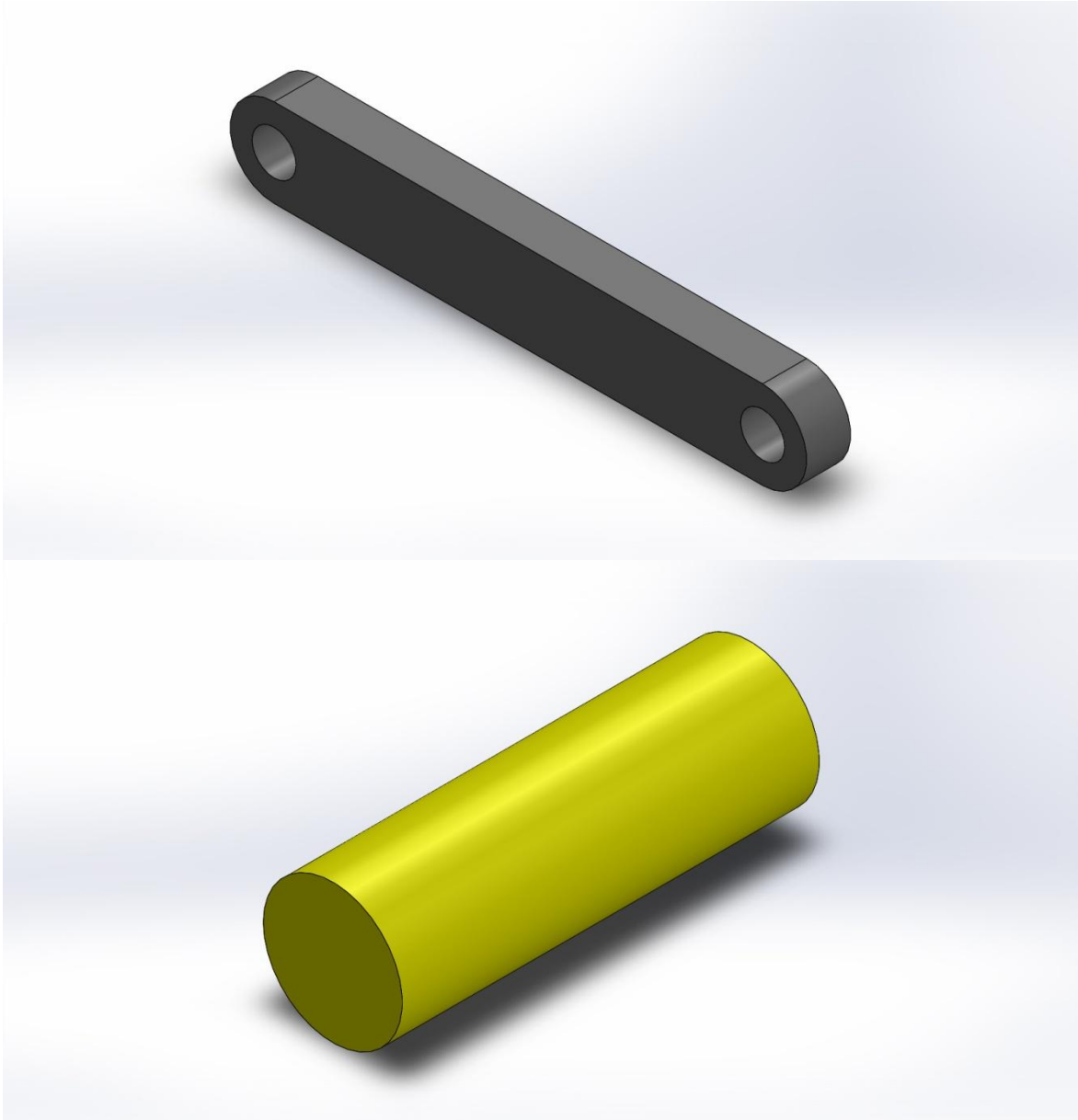
Τέλος , τα σχέδια μπορούν να δημιουργηθούν είτε από τα μέρη ή τη συναρμολόγηση. Οι όψεις προκύπτουν αυτόματα από το στερεό μοντέλο και σημειώσεις διαστάσεις και ανοχές μπορούν στη συνέχεια εύκολα να προστεθούν στο σχέδιο , όπως απαιτείται . Η μονάδα σχεδιασμού περιλαμβάνει πολλά μεγέθη χαρτιού αλλά και προδιαγραφές ( ANSI , ISO , DIN , GOST , JIS , BSI και SAC ).

Σε αυτήν την εργασία μελετήθηκαν και σχεδιάστηκαν τέσσερις μηχανισμοί. Ο μηχανισμός της Γενεύης, ο κυκλοειδής μειωτήρας ένας κνώδακας με ακόλουθο και ένας μηχανισμός με τέσσερα μέλη..

## 3.2. Ο μηχανισμός της Γενεύης

### 3.2.1. Τα επιμέρους μέλη

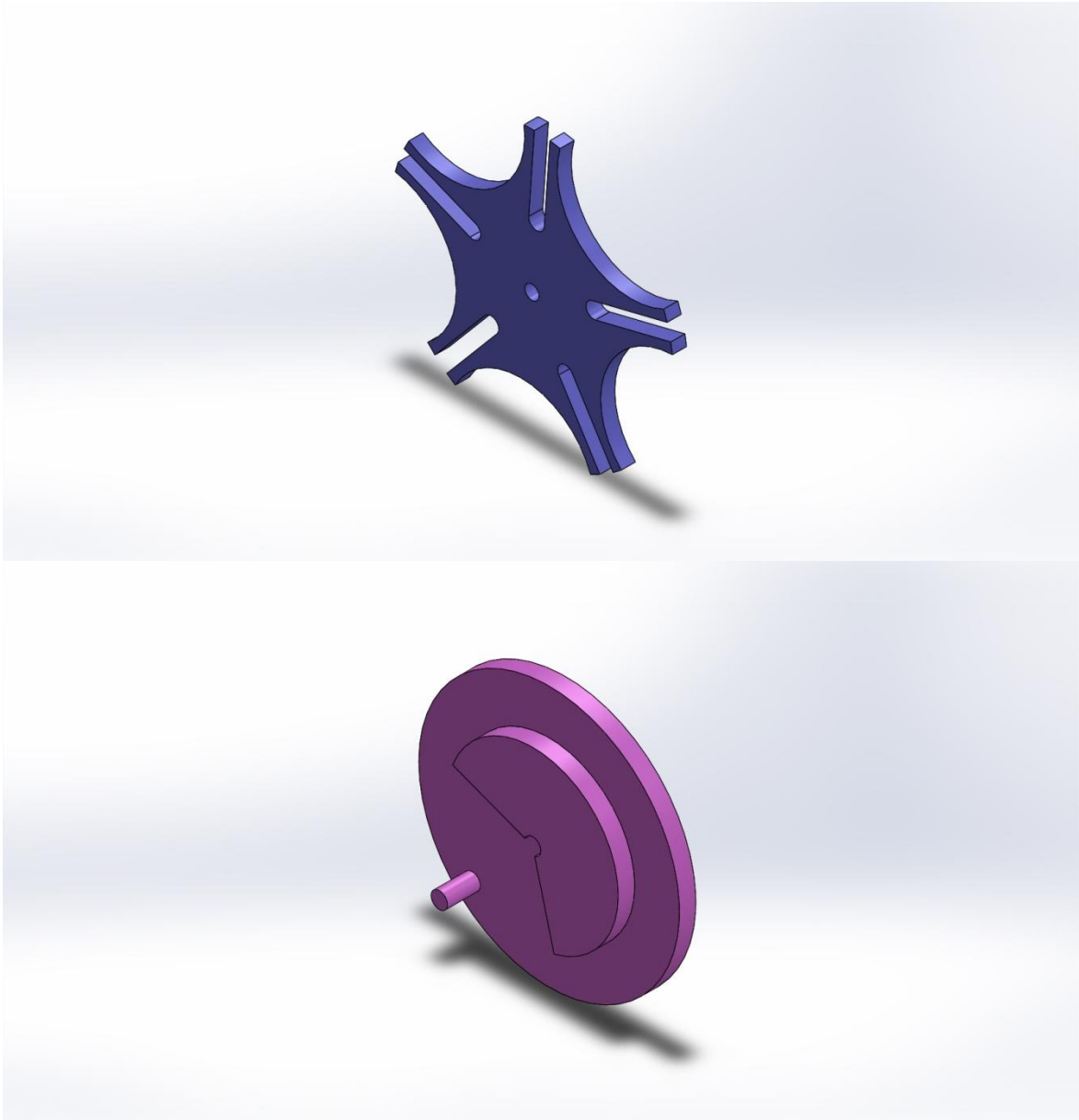
Σε αυτό το μηχανισμό σχεδιάστηκαν τέσσερα μέλη. Η βάση που στηρίζει όλο το μηχανισμό, οι κύλινδροι, οι οποίοι λειτουργούν σαν υποδοχές, ο σταυρός της Μάλτας και ένα κυκλικό κομμάτι με ένα πείρο που δίνει κίνηση στο μηχανισμό. Το κάθε μέλος χρωματίστηκε διαφορετικά έτσι ώστε να φαίνεται η διαφορά μεταξύ των μελών. Παρακάτω στα σχήμα 3.2.(α) και σχήμα 3.2.(β) παρουσιάζονται τα μέλη αυτού του μηχανισμού



Σχήμα 3.2.(α): Η βάση και ο κύλινδρος

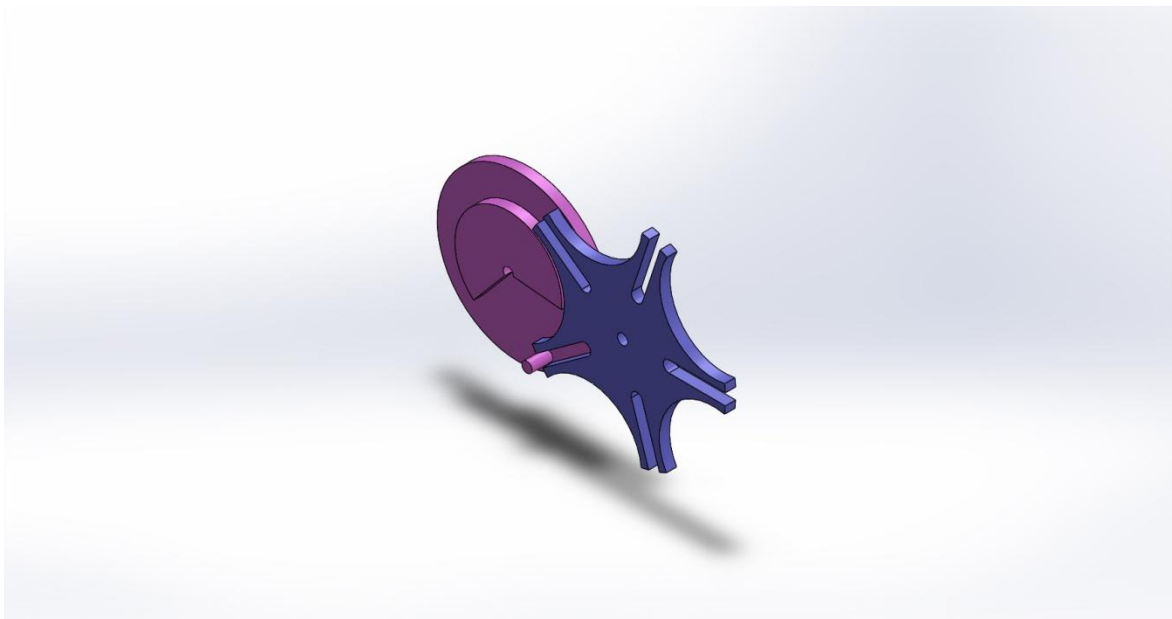
Κατά την σχεδίαση αυτών των δύο κομματιών έγινε μια απλή σχεδίαση σε δύο διαστάσεις και ύστερα έγινε προσθήκη υλικού έτσι ώστε να φτάσει στην τελική του μορφή και να γίνει στερεό σώμα. Στην τελική συναρμολόγηση δύο κύλινδροι θα μπούνε μέσα στις διαμορφωμένες τρύπες της βάσης.





Σχήμα 3.2.(β): Ο σταυρός της Μάλτας και το κυκλικό γρανάζι

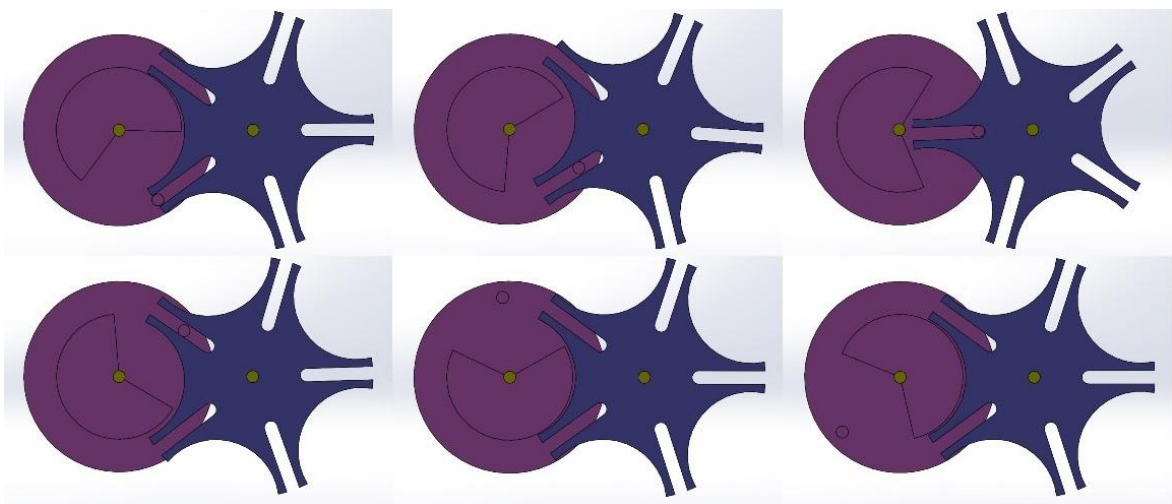
Καθώς σχεδιάζονται αυτά τα δύο κομμάτια, μελετήθηκε η ακριβής απόσταση που πρέπει να υπάρχει μεταξύ του κέντρου και του πείρου που κινεί το μηχανισμό και επίσης στο σταυρό της Μάλτας το μήκος του κοψίματος εσοχής που υποδέχεται τον πείρο. Κατά τη συναρμολόγηση χρησιμοποιήθηκαν όλα τα κομμάτια από μια φορά εκτός του κυλίνδρου που χρησιμοποιήθηκε δύο φορές. Παρακάτω παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.(γ) της τελικής συναρμολόγησης.



Σχήμα 4.1.(γ): Η τελική συναρμολόγηση

### 3.2.2. Η κίνηση του μηχανισμού

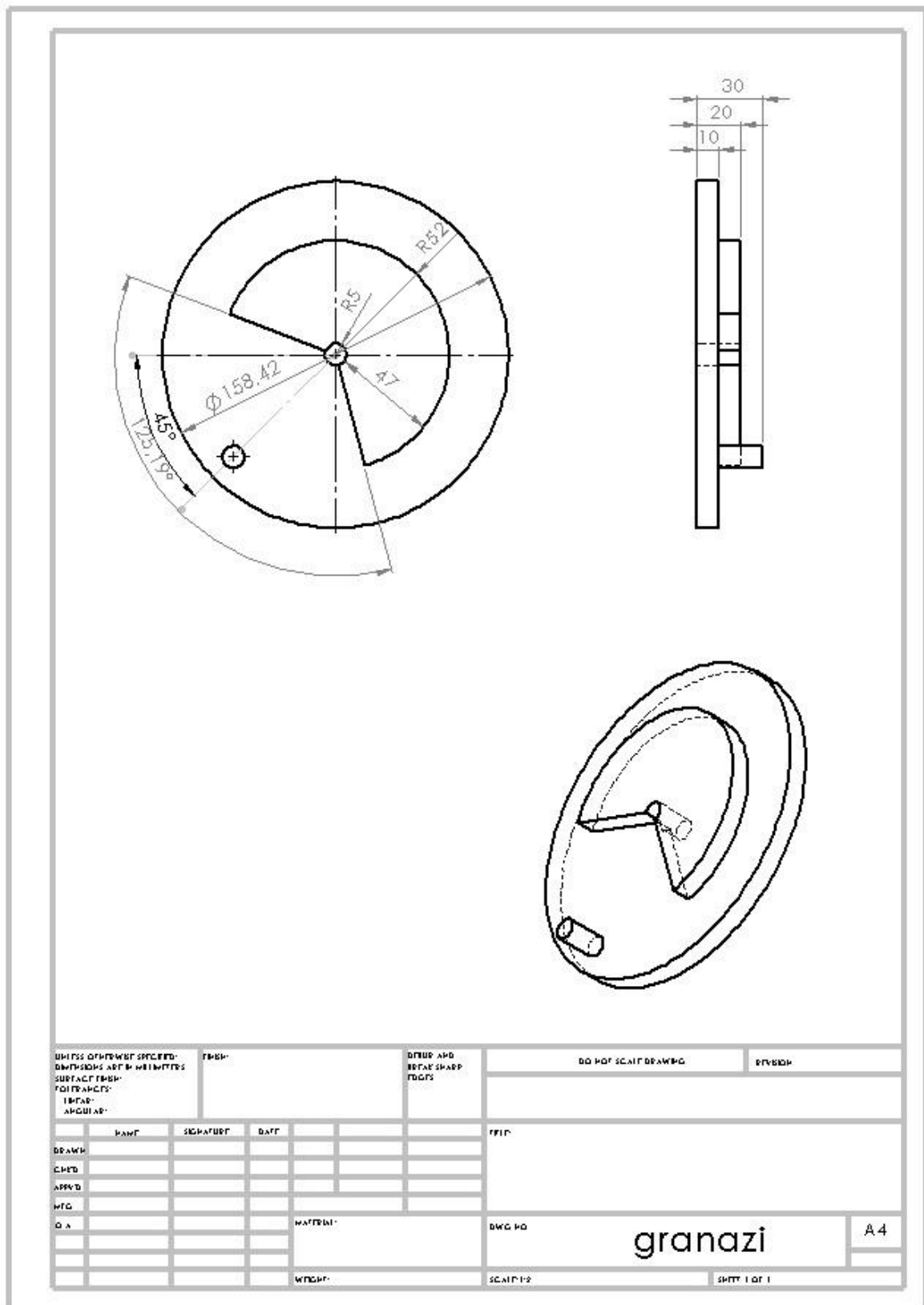
Δίνοντας κίνηση στο μηχανισμό είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα δύο κύρια μέλη (σταυρός της Μάλτας και κυκλικό γρανάζι) κινούνται αντίστροφα. Αρχικά δίνουμε κίνηση στον κύλινδρο που κρατάει το κυκλικό γρανάζι και αυτό ξεκινάει μια αριστερόστροφη κίνηση. Ξεκινώντας, ο πείρος μπαίνει μέσα στην εσοχή του σταυρού, ο οποίος αρχίζει και κινείται δεξιόστροφα. Συνεχίζοντας, ο πείρος παίρνει την μέγιστη θέση του, η οποία είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα πάνω δεξιά. Σε αυτό το σημείο ο πείρος δεν έχει άλλη απόσταση να διανύσει μέσα στην εσοχή του σταυρού και έτσι αρχίζει να βγαίνει για να επαναφερθεί στην αρχική θέση και να συνεχιστεί το ίδιο από την αρχή. Για μια ολόκληρη περιστροφή του κυκλικού γραναζιού, ο σταυρός της Μάλτας κινείται το  $\frac{1}{5}$  του κύκλου δηλαδή 72 μοίρες. Η πλήρης κίνηση του μηχανισμού φαίνεται παρακάτω στο σχήμα 3.2.(δ).



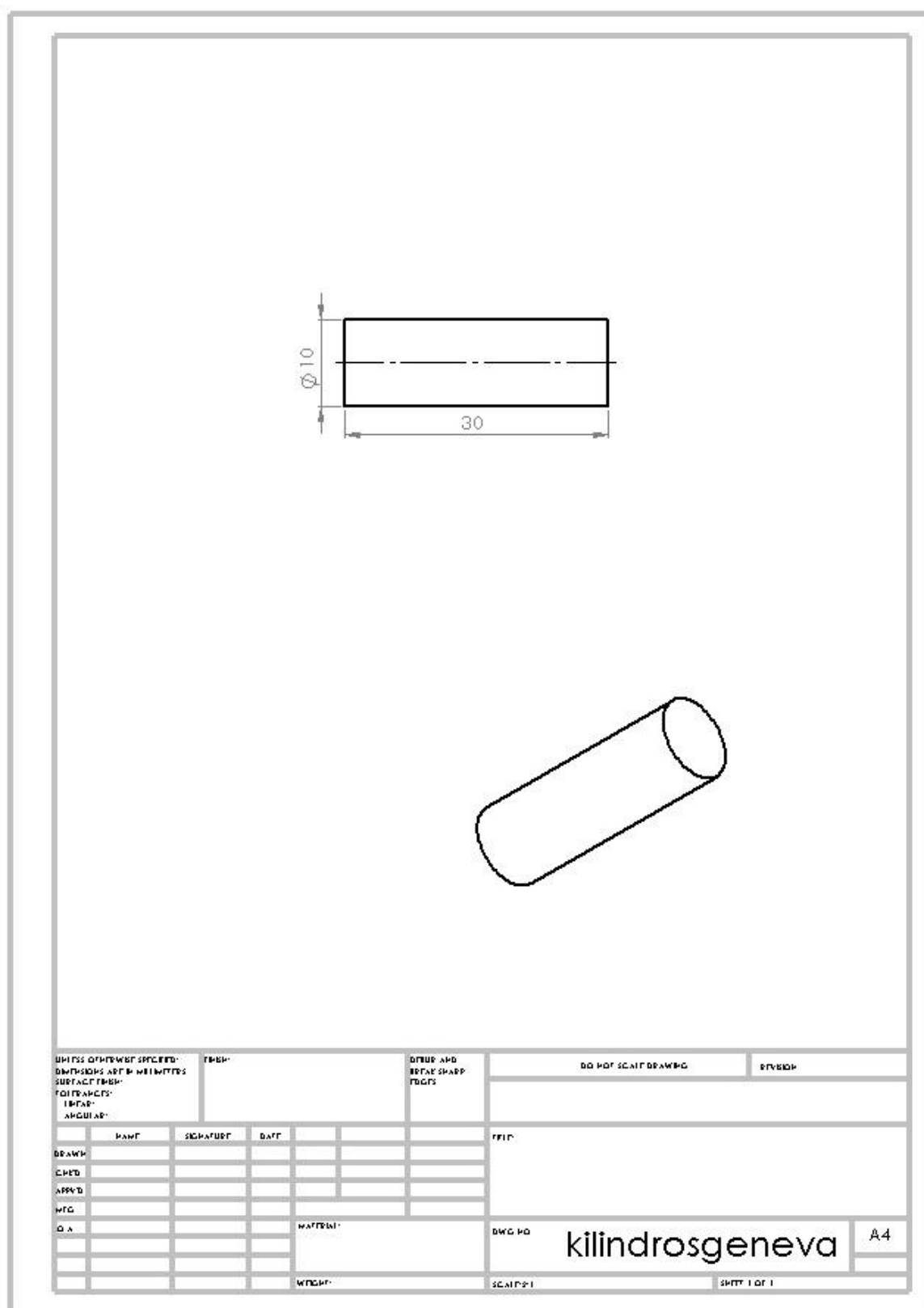
Σχήμα 4.1.(δ): Η κίνηση του μηχανισμού της Γενεύης

### 3.2.3. Μηχανολογικά σχέδια

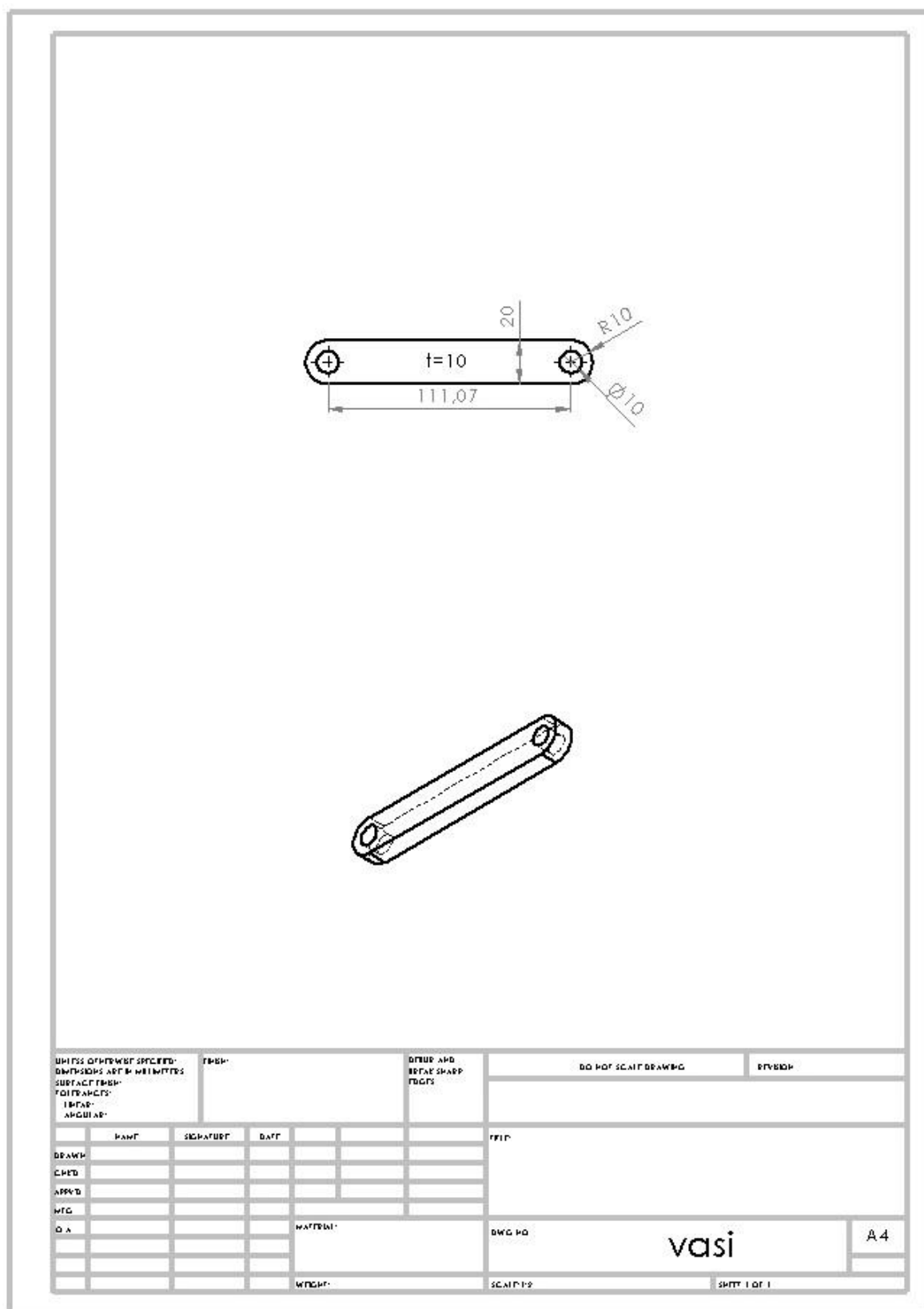
Στα παρακάτω σχήματα παρατίθενται τα μηχανολογικά σχέδια όλων των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για το μηχανισμό της Γενεύης.



Σχήμα 3.2.(ε): μηχανολογικό σχέδιο κυκλικού γραναζιού

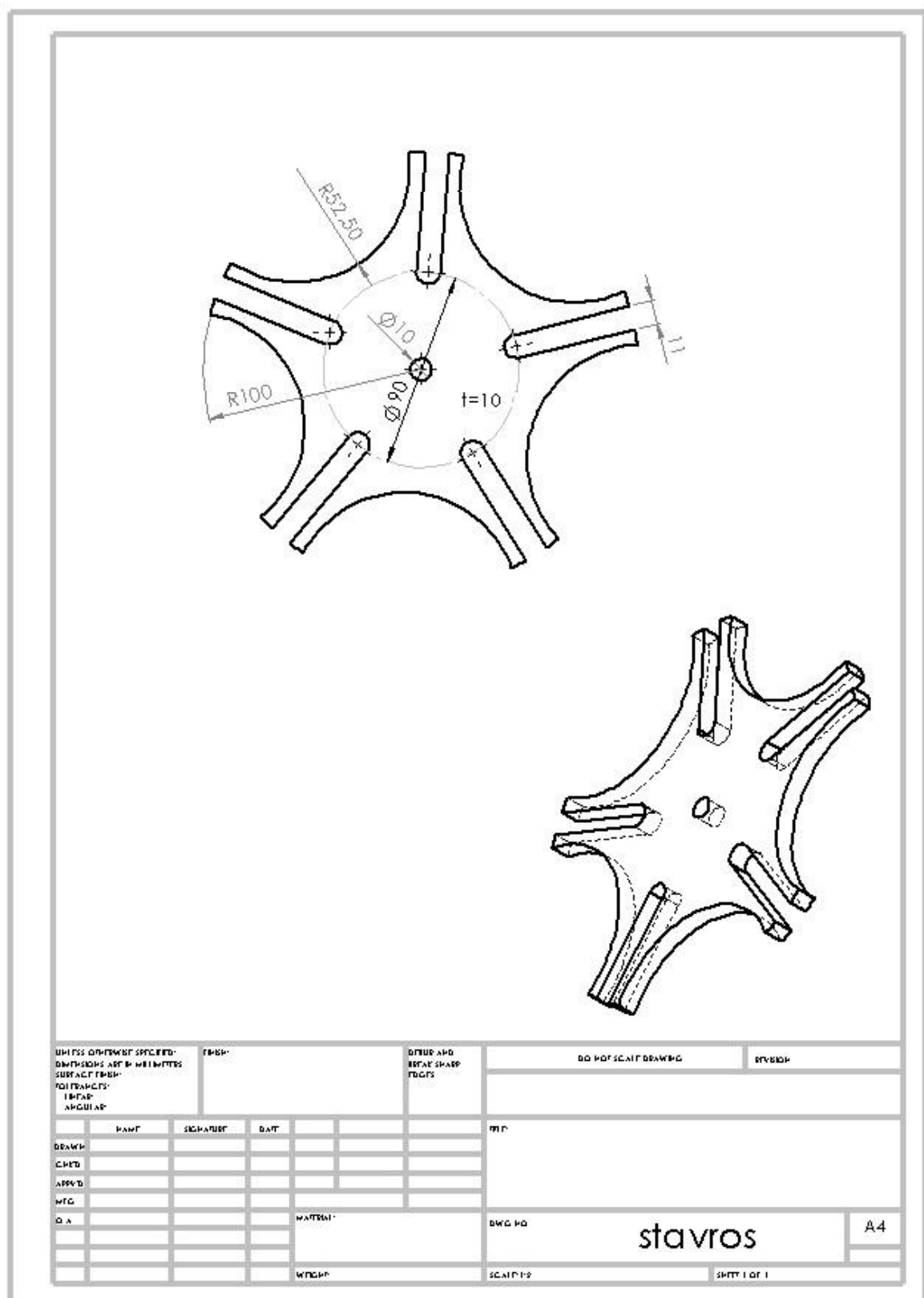


Σχήμα 3.2.(στ): μηχανολογικό σχέδιο κυλίνδρου



Σχήμα 3.2.(ζ): μηχανολογικό σχέδιο βάσης μηχανισμού



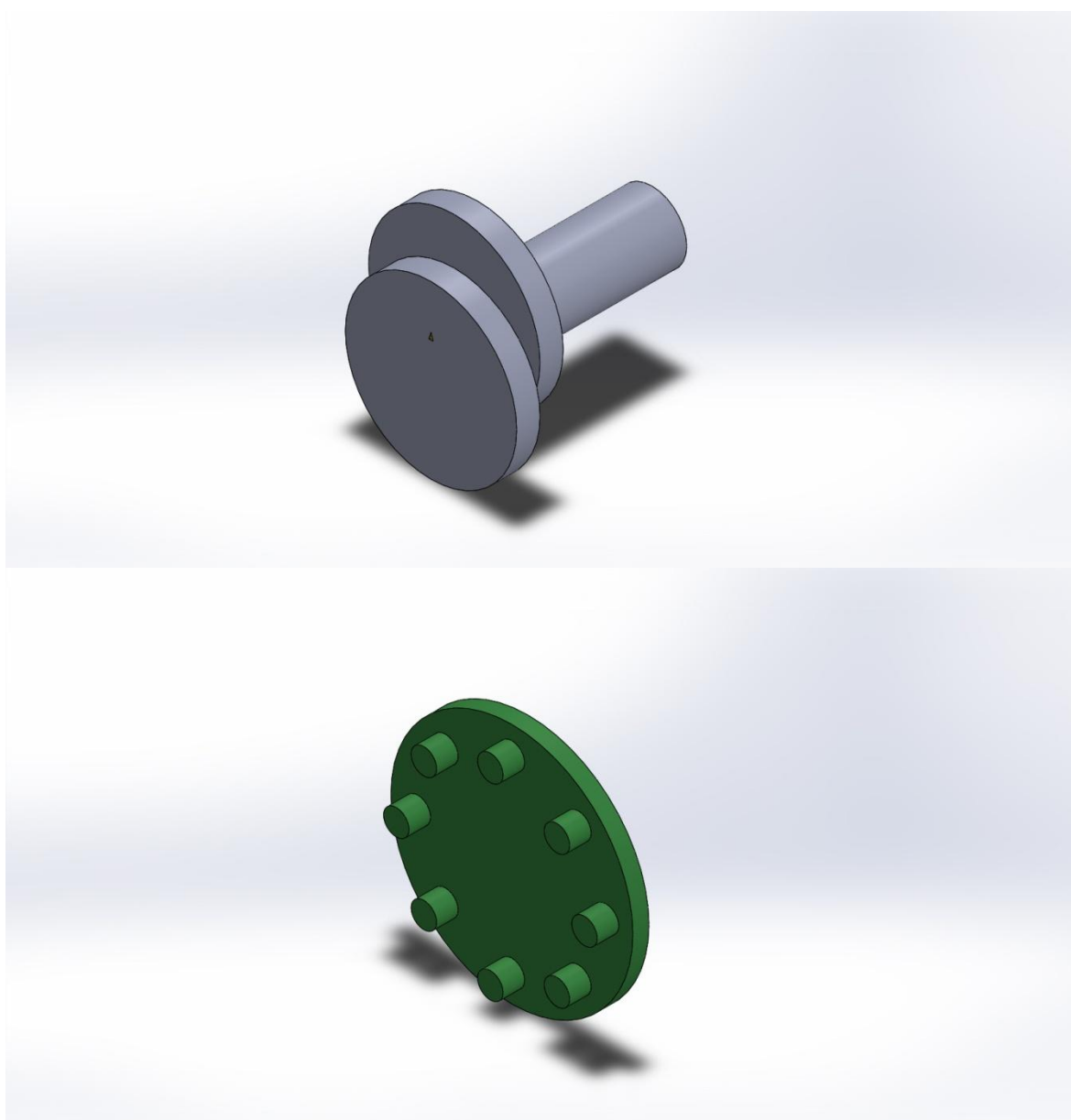


Σχήμα 3.2.(η): μηχανολογικό σχέδιο σταυρού της Μάλτας

### 3.3. Κυκλοειδής μειωτήρας

#### 3.3.1. Τα επιμέρους μέλη

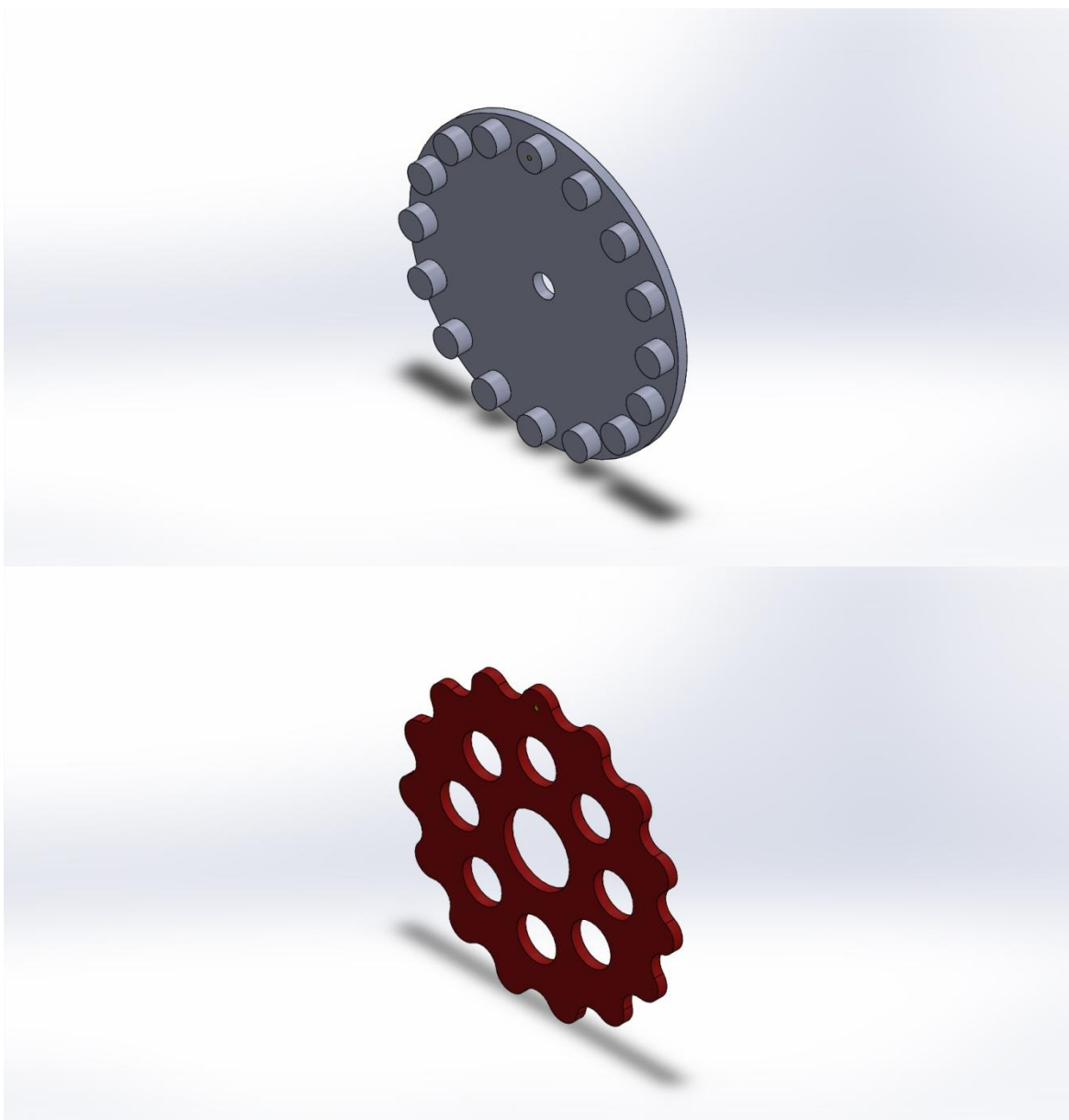
Σε αυτό το μηχανισμό χρειάστηκε να σχεδιαστούν τέσσερα μέλη. Ένα έκκεντρο, το οποίο λειτουργεί ως ένα αντικείμενο που μετατοπίζει το κέντρο του κύκλου, δύο βάσεις με κυλινδρικές εξοχές με σκοπό να δέχονται τα υπόλοιπα μέλη του μηχανισμού και ένα τελευταίο κομμάτι (μαργαρίτα) το οποίο λειτουργεί σαν μια μετάδοση κίνησης προς τα άλλα μέλη. Παρακάτω σχεδιάζονται τα επιμέρους κομμάτια του μηχανισμού ( σχήμα 3.3.(α) και σχήμα 3.3.(β) )



Σχήμα 3.3.(α): Το έκκεντρο και η κυλινδρική βάση του μηχανισμού

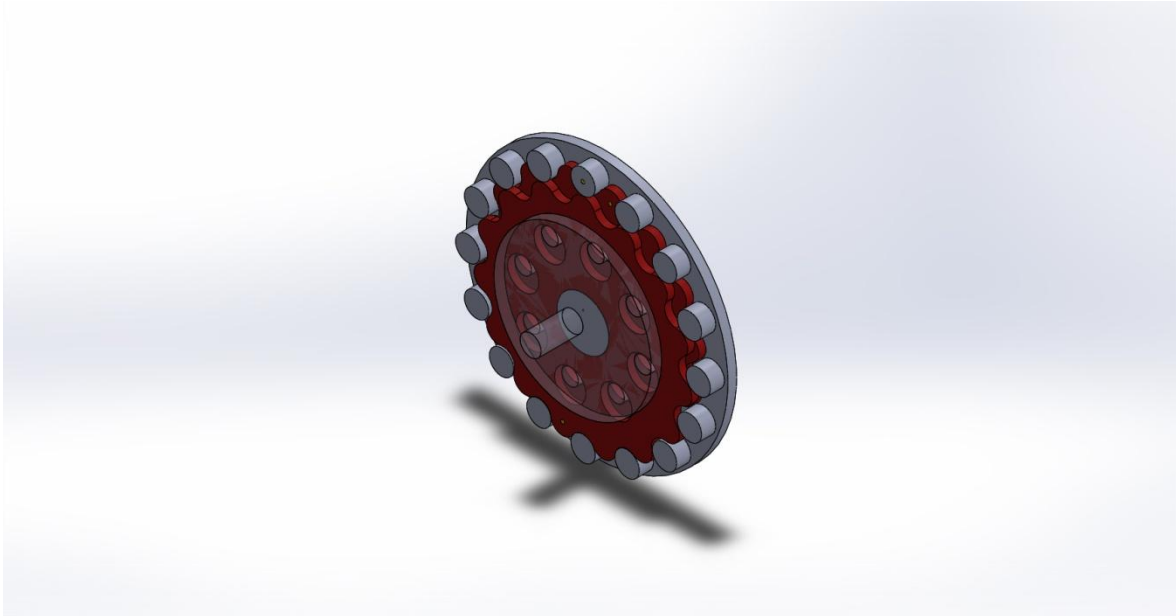
Κατά την σχεδίαση των δύο παραπάνω κομματιών δημιουργήθηκε αρχικά ένα σχέδιο 2D και ύστερα προστέθηκε υλικό έτσι ώστε να σχηματιστεί το τελικό αντικείμενο. Μελετήθηκε με ακρίβεια πόσοι εξωθημένοι κύλινδροι πρέπει να υπάρχουν στη βάση όπως επίσης και η ακριβής απόσταση των δύο κύκλων του έκκεντρου που μετατοπίζουν τα υπόλοιπα μέλη. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στο έκκεντρο υπάρχουν δύο εσοχές για δύο μαργαρίτες.

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν η δεύτερη βάση με τις εξοχές και η μαργαρίτα. Μαργαρίτα αποκαλείται το κομμάτι αυτό από πολλούς λόγω του σχήματος του. Στη σχεδίαση της μαργαρίτας ήταν πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί ο αριθμός των εσοχών ο οποίος βρέθηκε να είναι ίσος με τις εξοχές στη βάση μείον ένα. Επίσης, μαρκαρίστηκαν και τα δύο αντικείμενα με μία βούλα έτσι ώστε να φαίνεται η κίνηση του μηχανισμού. Οι 16 εξοχές στη βάση τοποθετήθηκαν περιμετρικά, με τρόπο τέτοιο έτσι ώστε να κουμπώνουν με το κομμάτι της μαργαρίτας. Η μαργαρίτα σχεδιάστηκε με πρότυπο τη βάση. Επίσης δημιουργήθηκαν οι μέσα τρύπες όπου είναι οι υποδοχές για τις κυλινδρικές εξοχές της μικρής βάσης στο σχήμα 3.3.(α). Στην τελική συναρμολόγηση χρησιμοποιούνται δύο μαργαρίτες, η μία με την βούλα ακριβώς δίπλα στη βούλα της βάσης και η δεύτερη αντιδιαμετρικά.



Σχήμα 3.3.(β): Η δεύτερη κυλινδρική βάση και η μαργαρίτα

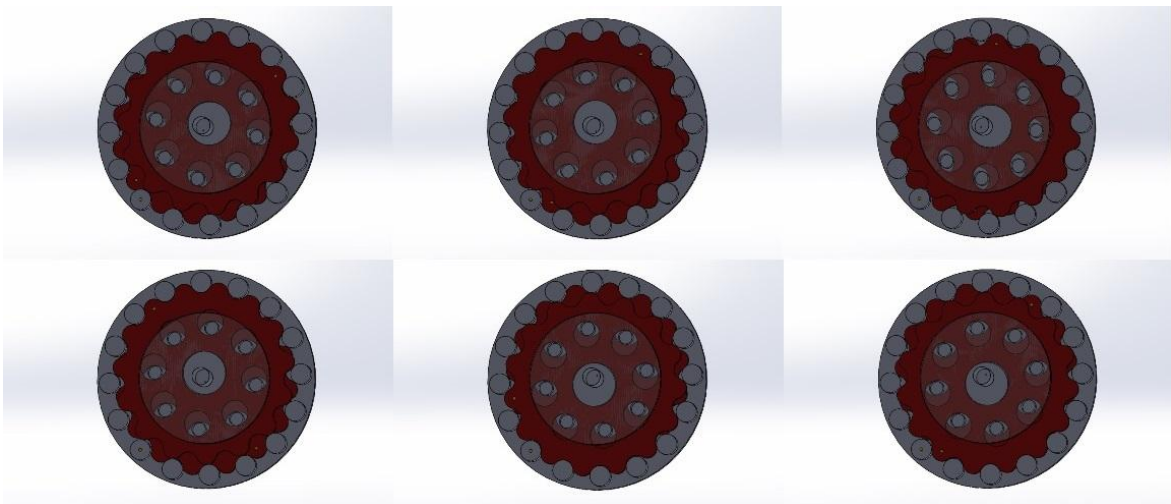
Στο παρακάτω σχήμα 3.3.(γ) παρουσιάζεται η τελική συναρμολόγηση του μηχανισμού. Να σημειωθεί ότι η μικρή βάση έχει γίνει διάφανη έτσι ώστε να φαίνονται όλα τα κομμάτια του μηχανισμού.



Σχήμα 3.3.(γ): Η τελική συναρμολόγηση

### 3.3.2. Η κίνηση του μηχανισμού

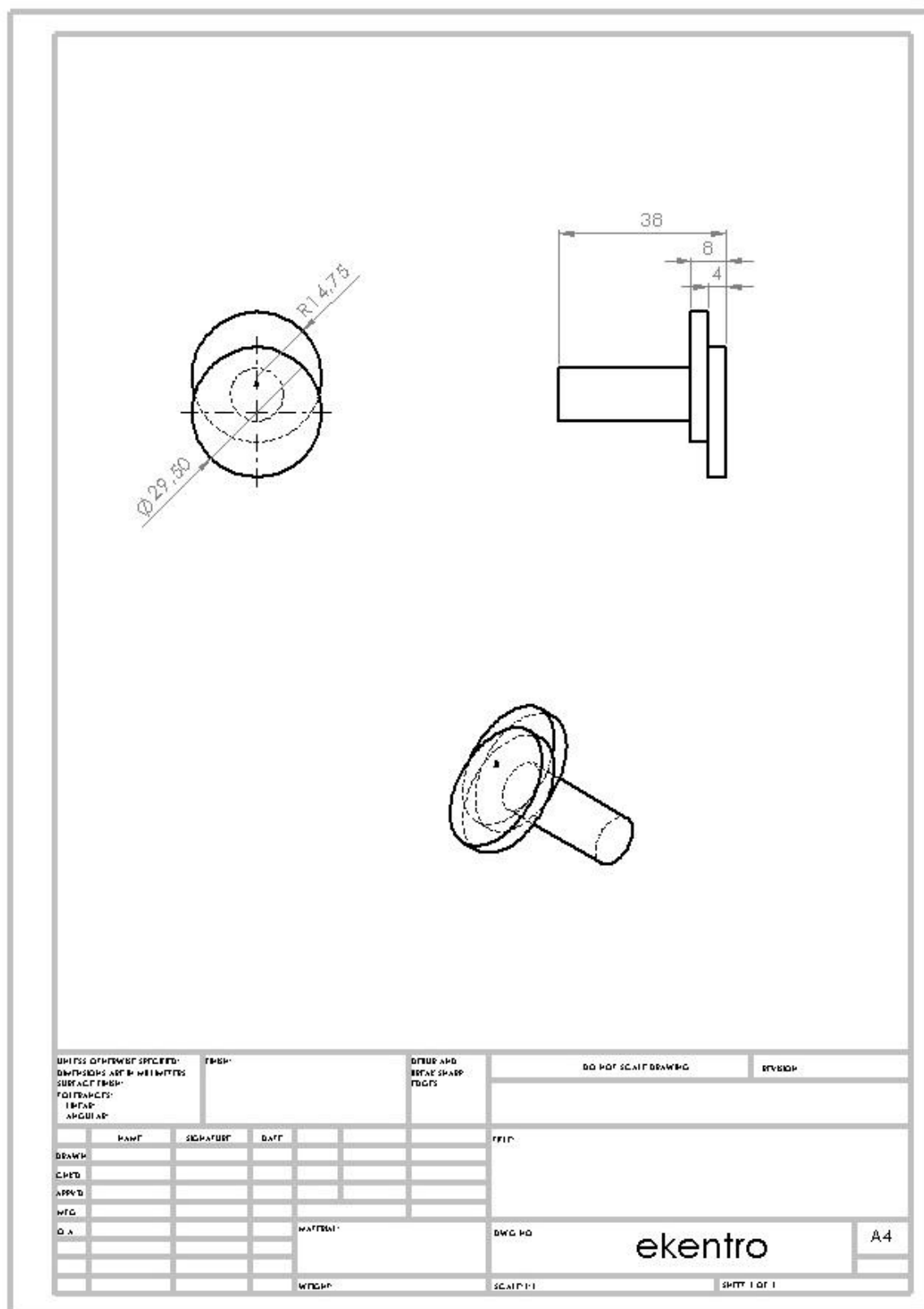
Αρχικά δίνουμε δεξιόστροφη κίνηση στο έκκεντρο. Καθώς ξεκινάει να κινείται το έκκεντρο δίνει κίνηση σε όλα τα υπόλοιπα κομμάτια του μηχανισμού εκτός της μεγάλης βάσης, η οποία καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης παραμένει σταθερή. Οι δύο μαργαρίτες ξεκινούν να κινούνται αριστερόστροφα προσπερνώντας κάθε φορά μία προεξοχή της βάσης. Οι μαργαρίτες με τη σειρά τους δίνουν κίνηση στη μικρή βάση (το διάφανο κομμάτι στο [σχήμα 4.2.\(γ\)](#) ) η οποία κινείται αριστερόστροφα. Στις προεξοχές της μικρής βάσης υποδέχονται και τις δύο μαργαρίτες. Η πλήρης κίνηση του μηχανισμού φαίνεται παρακάτω στο [σχήμα 4.2.\(δ\)](#).



Σχήμα 3.3.(δ): Η συνολική κίνηση του κυκλοειδή μειωτήρα

### 3.3.3. Μηχανολογικά σχέδια

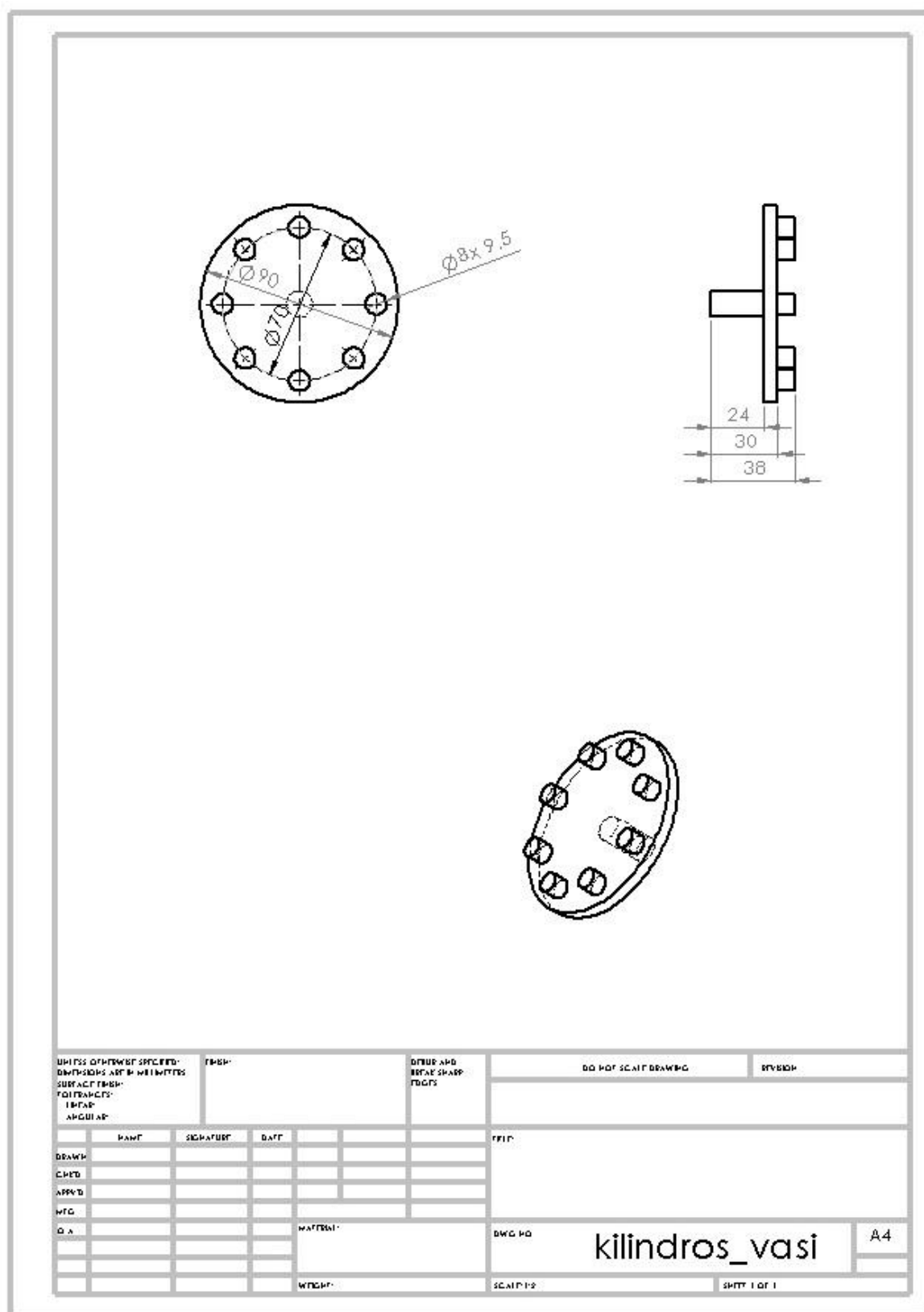
Στα παρακάτω σχήματα παρατίθενται τα ακριβή μηχανολογικά σχέδια όλων των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για τον κυκλοειδή μειωτήρα.



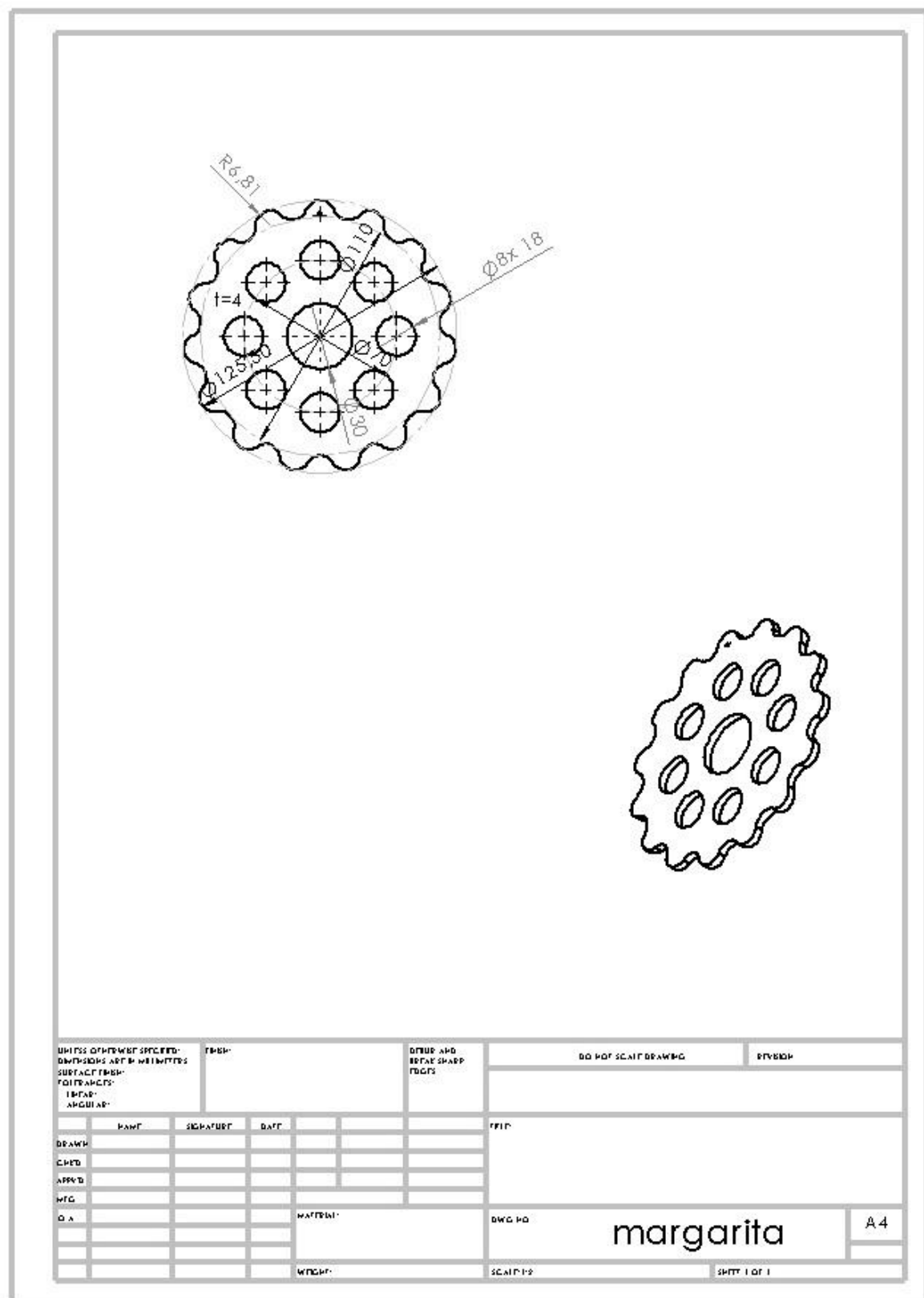
Σχήμα 3.3.(ε): μηχανολογικό σχέδιο έκκεντρου







Σχήμα 3.3.(ζ): μηχανολογικό σχέδιο κυλινδρικής βάσης μικρή

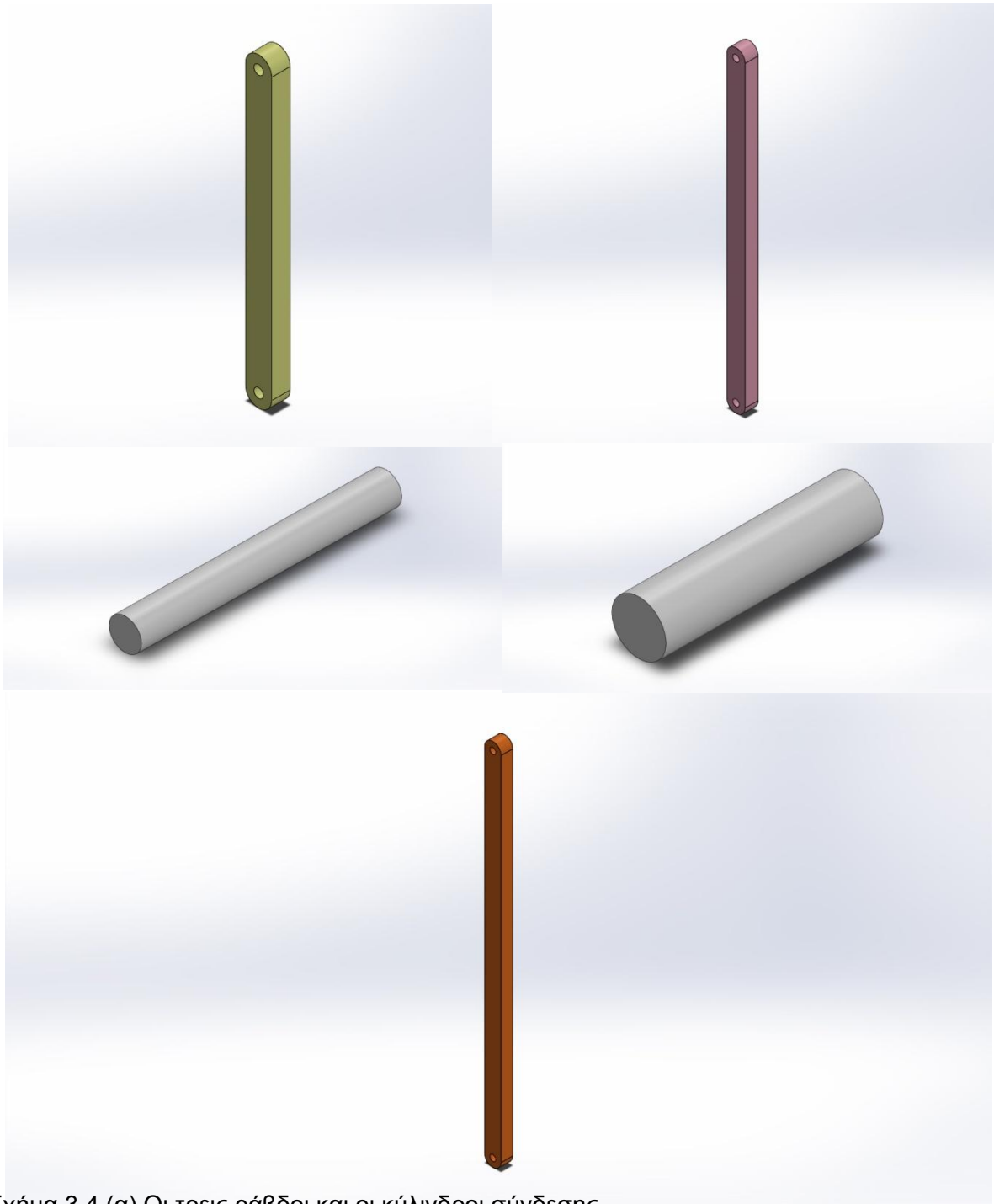


Σχήμα 3.3.(η): μηχανολογικό σχέδιο μαργαρίτας

### 3.4. Μηχανισμός με τέσσερα μέλη

#### 3.4.1. Τα επιμέρους τμήματα του μηχανισμού

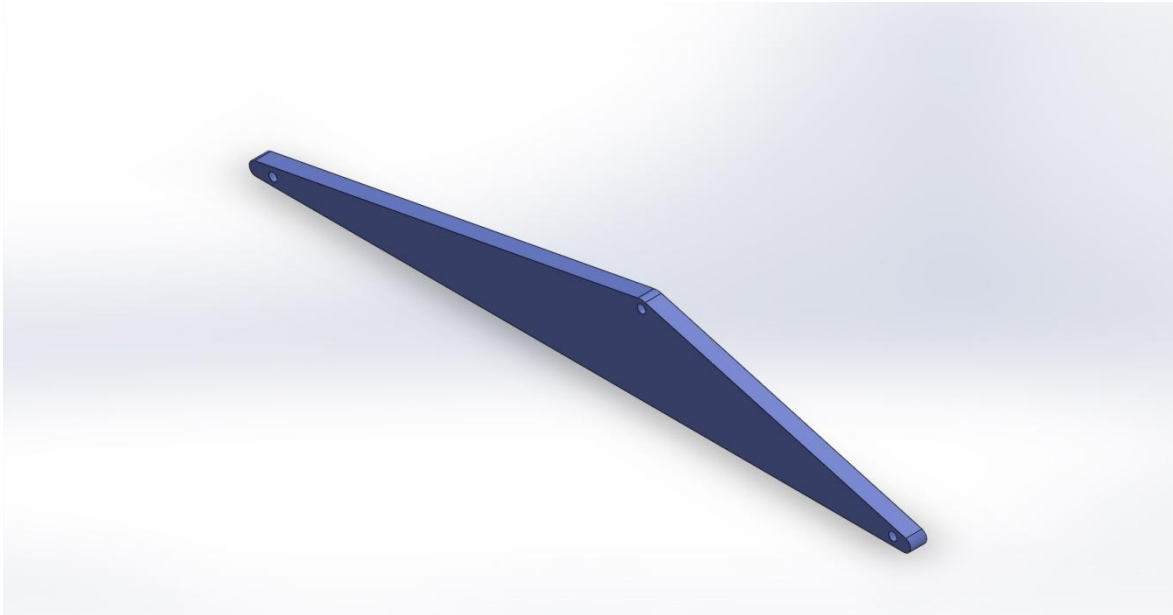
Σε αυτό το μηχανισμό σχεδιάστηκαν τρεις διαφορετικές ράβδοι με διαφορετικό μήκος. Η πιο μικρή ράβδος χρησιμοποιείται για να δώσει κίνηση στα υπόλοιπα μέλη. Οι άλλες δύο βοηθούν στη συνολική κίνηση του μηχανισμού και επίσης η πιο μεγάλη δουλεύει ως πρέσα. Οι δύο κύλινδροι που φαίνονται παρακάτω χρησιμοποιήθηκαν για να ενώσουν όλα τα επιμέρους τμήματα μεταξύ τους. Παρακάτω στο σχήμα 3.4.(α) παρουσιάζονται οι τρεις διαφορετικές ράβδοι και επίσης οι δύο κύλινδροι που χρησιμοποιήθηκαν.



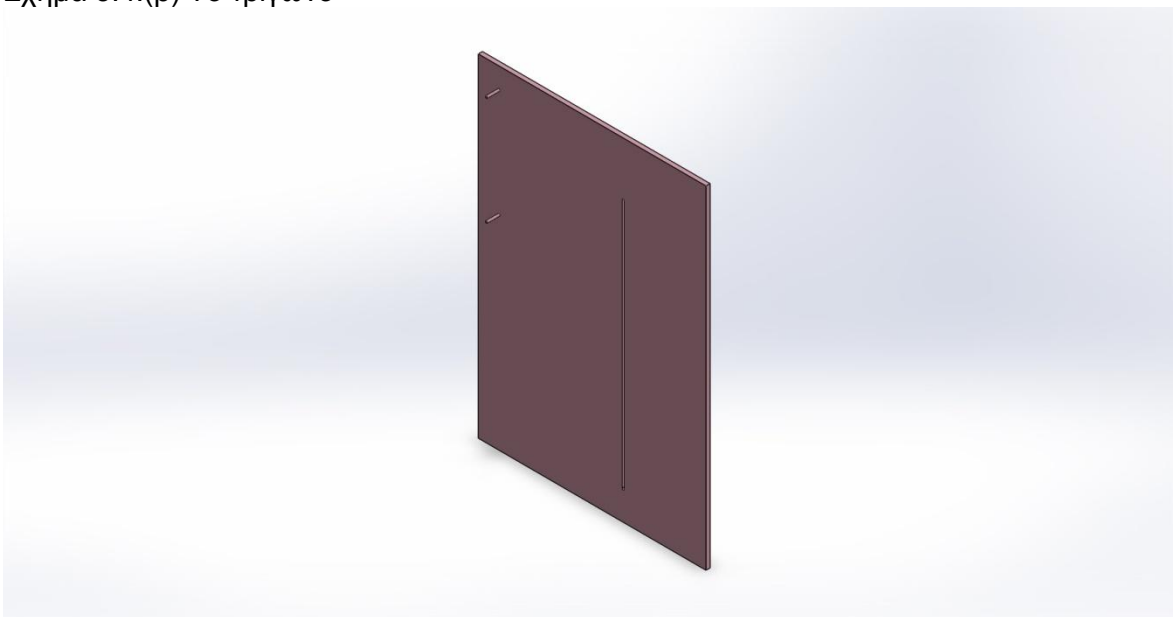
Σχήμα 3.4.(α) Οι τρεις ράβδοι και οι κύλινδροι σύνδεσης

Στη συνέχεια σχεδιάστηκαν ένα τρίγωνο με υποδοχές και επίσης μία βάση που στηρίζει όλα τα μέλη του μηχανισμού. Στο τρίγωνο που φαίνεται παρακάτω στο σχήμα 3.4.(β) φαίνονται οι οπές του που λειτουργούν ως υποδοχές για τους κύλινδρους-συνδέσμους και

τις ράβδους. Η βάση σχεδιάστηκε με δύο προεξοχές για να δέσουν τα άκρα των δύο ράβδων και επίσης μια οπή με συγκεκριμένο μήκος, όπου εκεί μέσα κινείται η ράβδος που λειτουργεί σαν πρέσα. Στα σχήματα 3.4.(β) και 3.4.(γ) φαίνονται η βάση και το τρίγωνο του μηχανισμού.



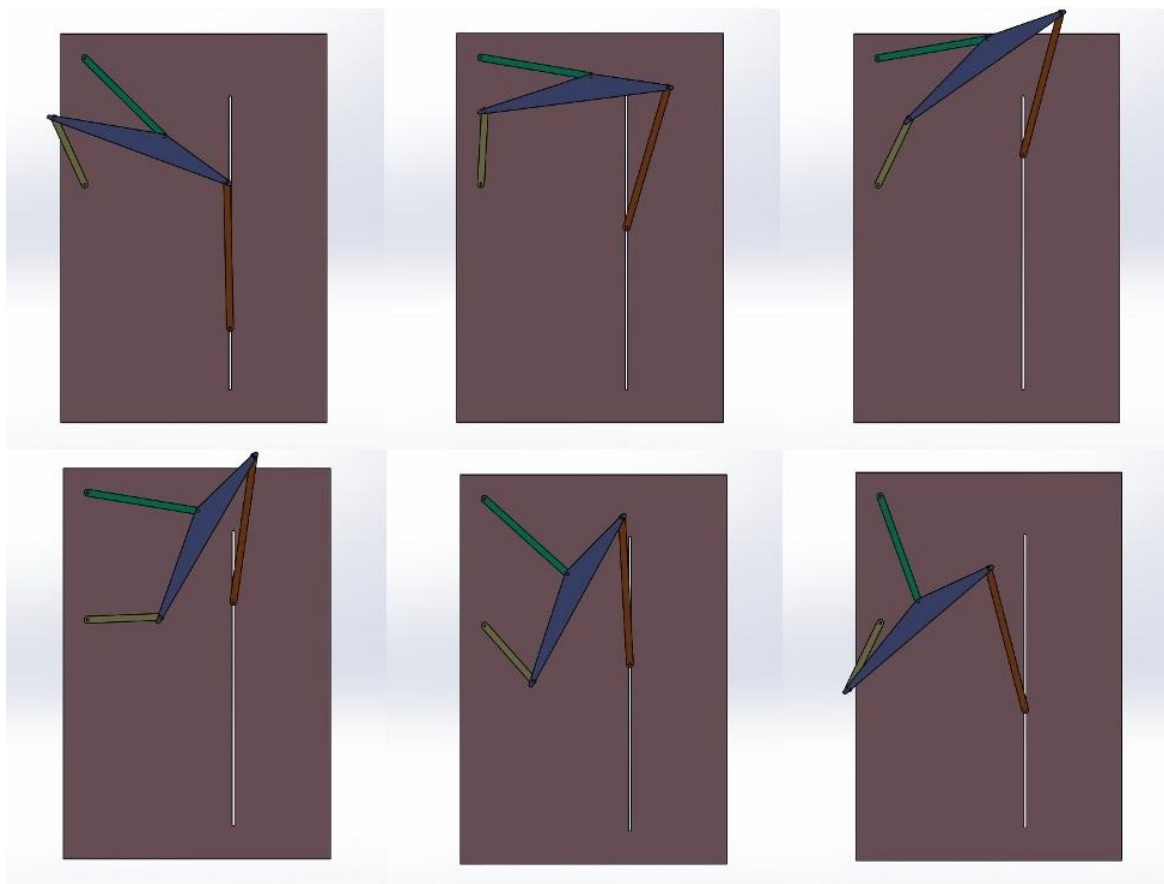
Σχήμα 3.4.(β) Το τρίγωνο



Σχήμα 3.4.(γ) Η βάση του μηχανισμού



### 3.4.2. Η κίνηση του μηχανισμού

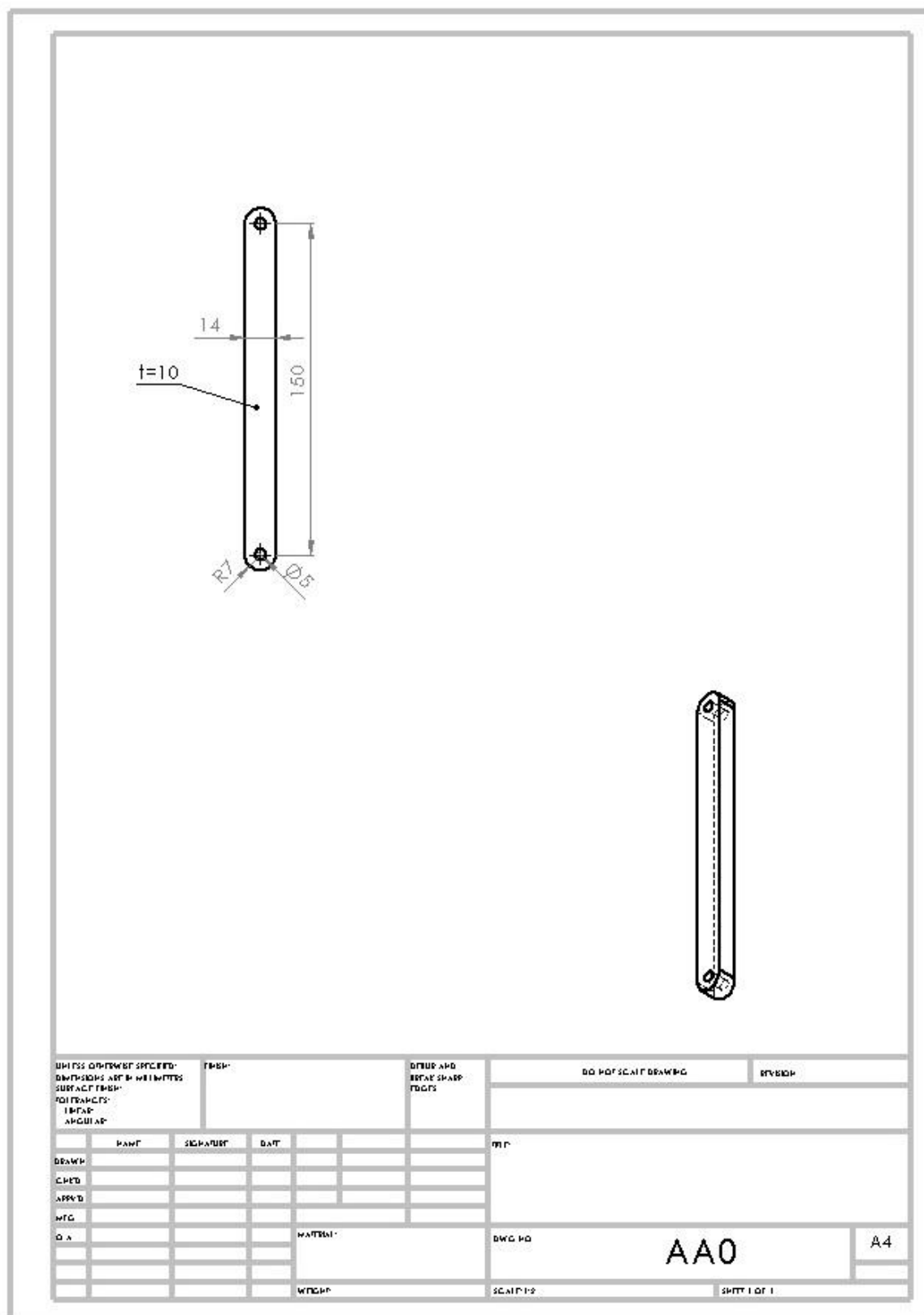


Σχήμα 3.4.(δ) Η συνολική κίνηση του μηχανισμού με τέσσερα μέλη

Πάνω στην τράπεζα που φαίνεται στο σχήμα 3.4.(δ) τοποθετούμε τις τρεις ράβδους του μηχανισμού όπως επίσης και το τρίγωνο. Κατά την εκκίνηση δίνεται δεξιόστροφη κίνηση στη ράβδο A0, η οποία είναι η πιο μικρή χρώματος κίτρινο, η οποία δένει στο κάτω αριστερά άκρο του τριγώνου. Καθώς αυτή αρχίζει να κινείται παρασέρνει το τρίγωνο όπου πάνω του υπάρχουν οι άλλες δύο ράβδοι, B0-πράσινο χρώμα και KS-κόκκινο χρώμα. Η ράβδος B0 κινείται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων, οι οποίες φαίνονται στο παραπάνω σχήμα και είναι οι πάνω δεξιά και η κάτω αριστερά. Το ένα άκρο της ράβδου KS κινείται μέσα σε μία μακρόστενη οπή έτσι ώστε να διαγράψει μία κάθετη παλινδρομική κίνηση, ενώ το άλλο είναι δεμένο πάνω στο τρίγωνο. Το ένα από τα δύο άκρα των ράβδων A0 και B0 είναι σταθερά, τοποθετημένα στην ίδια ευθεία παράλληλα με την οπή και σε συγκεκριμένη απόσταση. Να σημειωθεί ότι το κάτω άκρο της ράβδου KS λειτουργεί σαν πρέσα.

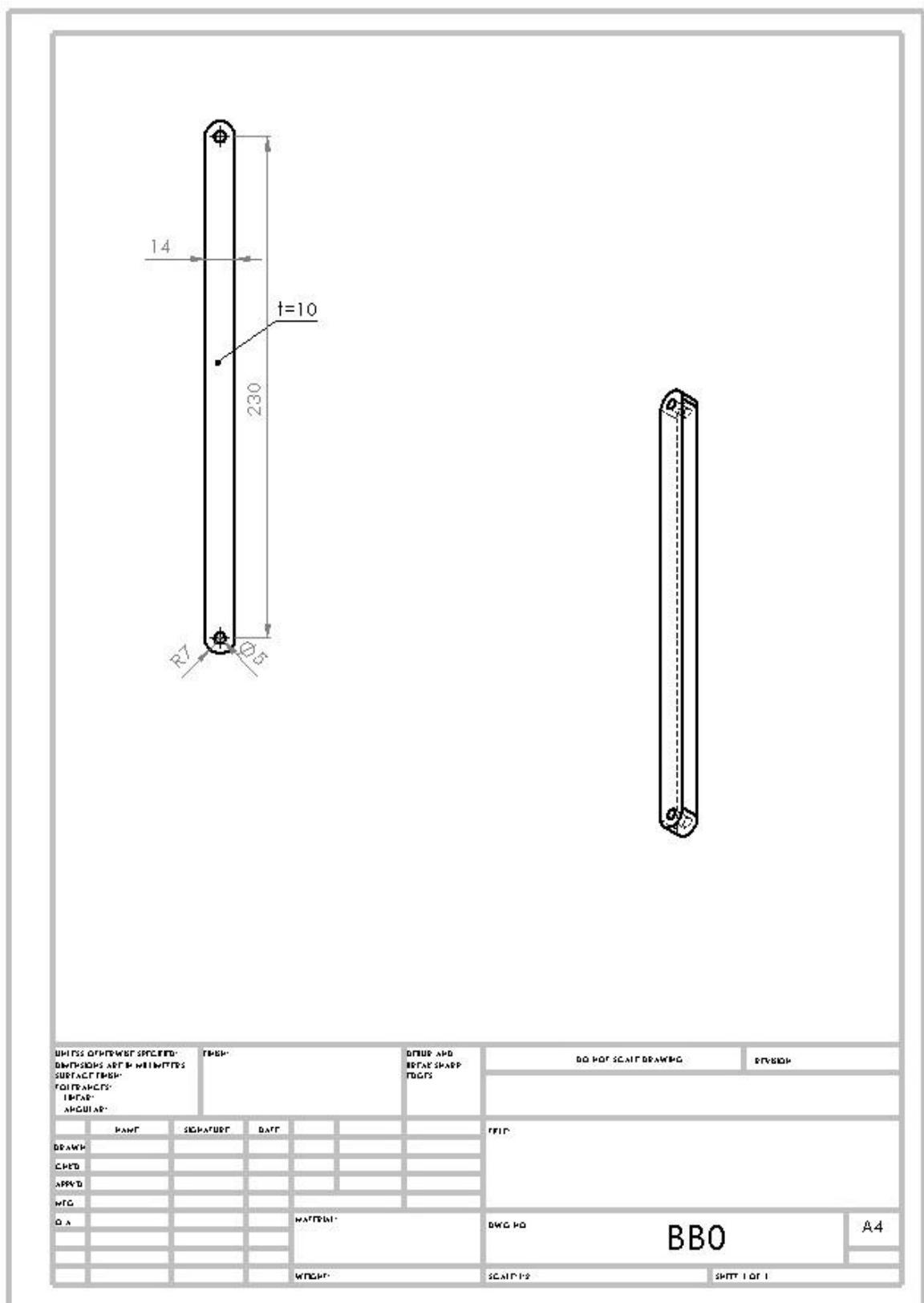
### 3.4.3. Μηχανολογικά σχέδια

Στα παρακάτω σχήματα παρατίθενται τα μηχανολογικά σχέδια όλων των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για το μηχανισμό με τα τέσσερα μέλη.

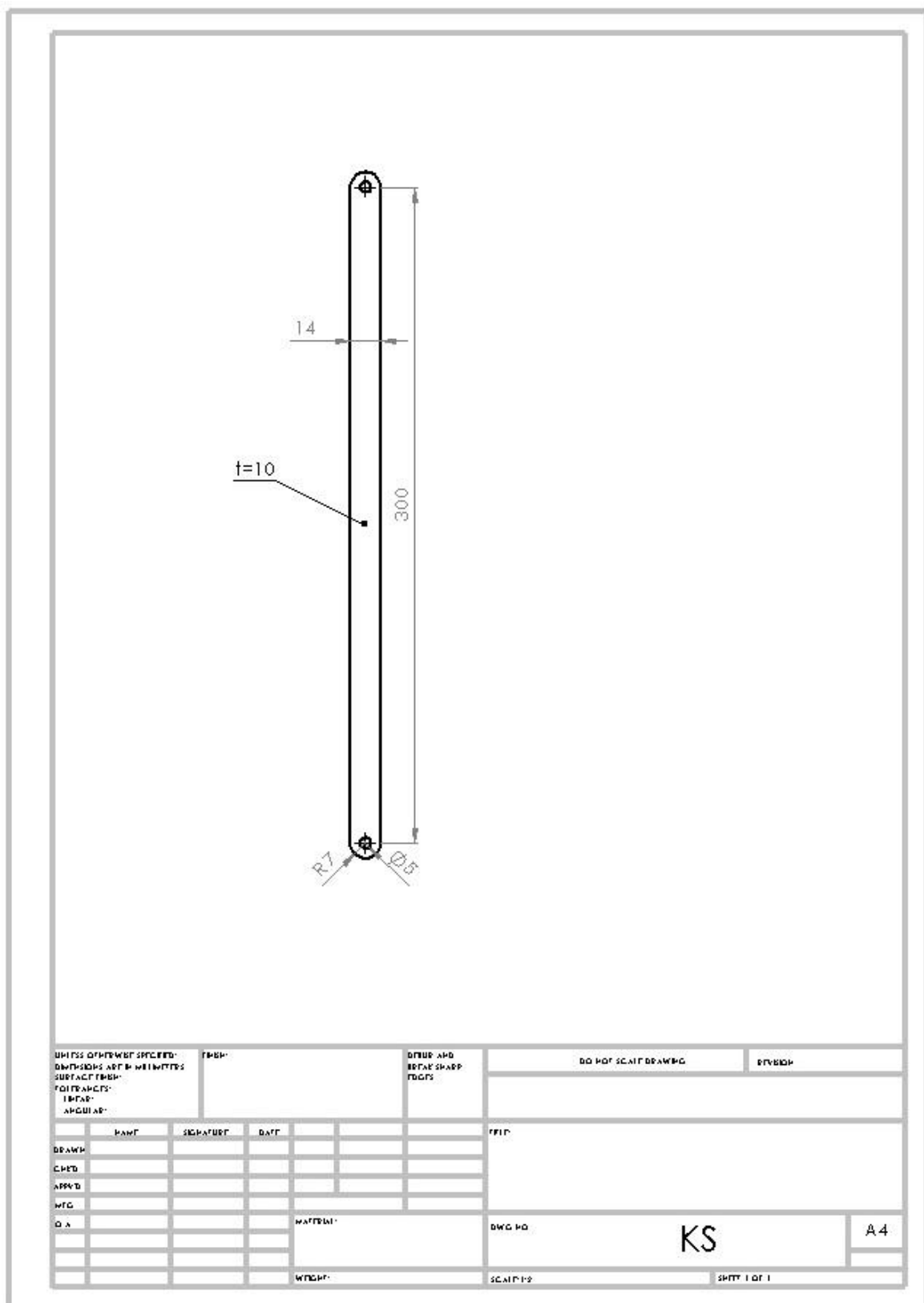


Σχήμα 3.4.(ε). Η ράβδος Α0





Σχήμα 3.4.(ζ). Η ράβδος B0

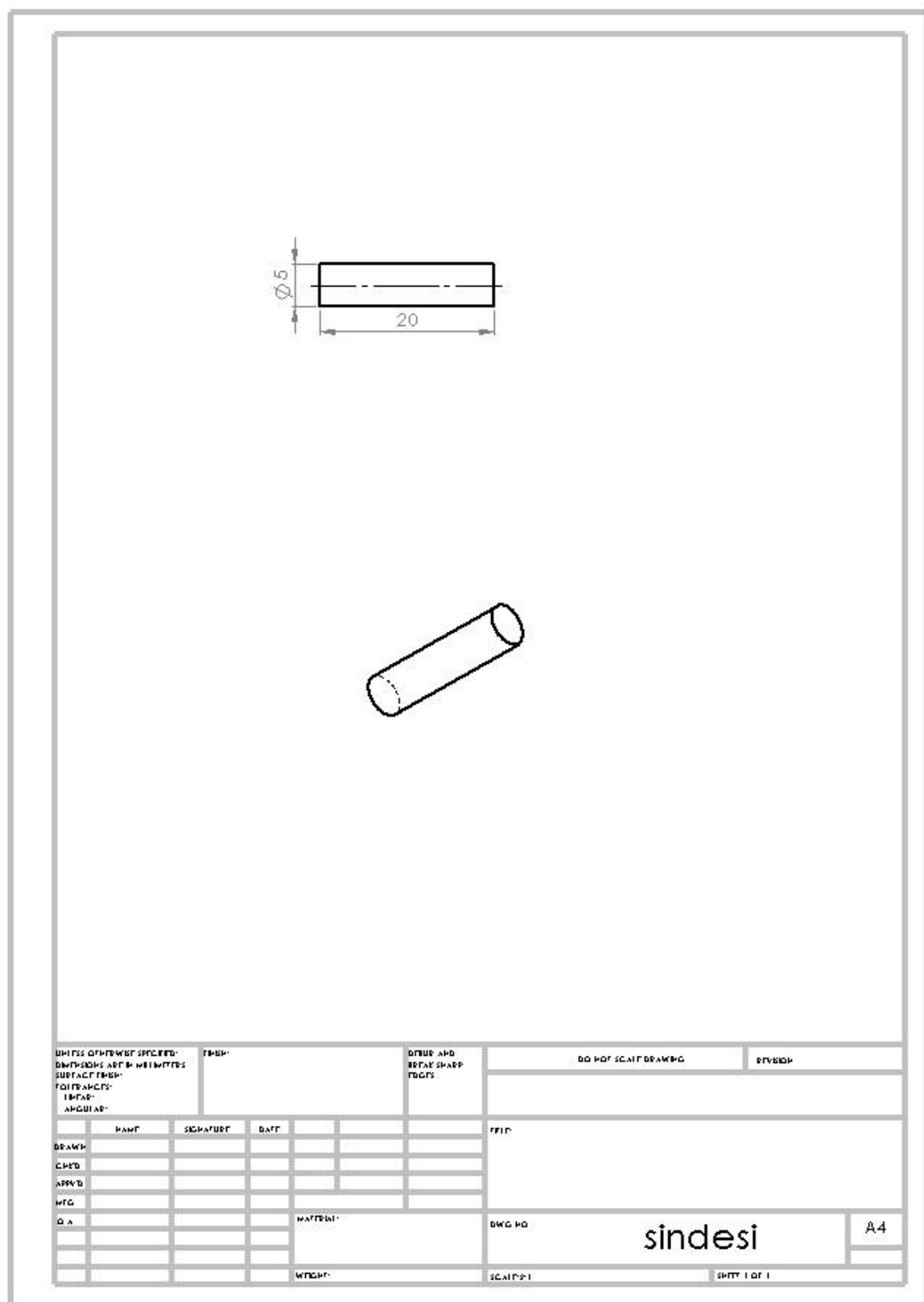


Σχήμα 3.4.(η). Η ράβδος KS



UNITS: DIMENSIONS SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: FRACTIONAL DECIMAL		FINISH:		ROUNDED AND BRISTLE SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION:	
NAME		SIGNATURE		DATE				FIELD	
DRAWN									
CHECKED									
APPROVED									
MFG									
Q.A.						MATERIAL		DWG NO	
								sindesigiaks	
								A4	
						WEIGHT		SCALE 1:1	
								SHEET 1 OF 1	

Σχήμα 3.4.(θ). Σύνδεση για τη ράβδο KS



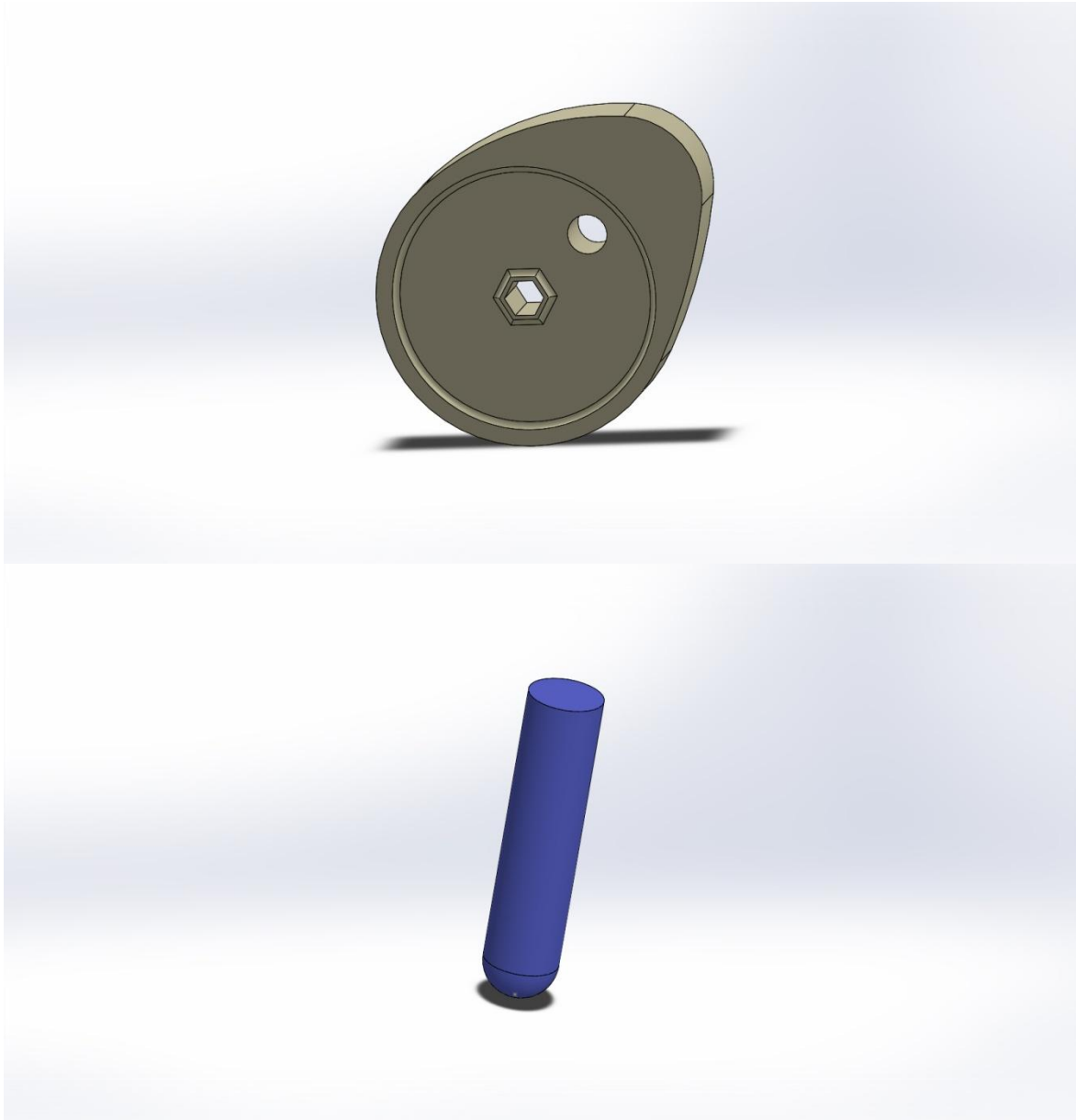
Σχήμα 3.4.(ι). Σύνδεση για τις ράβδους A0 και B0



### 3.5. Μηχανισμός κνώδακα με ακόλουθο

#### 3.5.1. Τα επιμέρους τμήματα του μηχανισμού

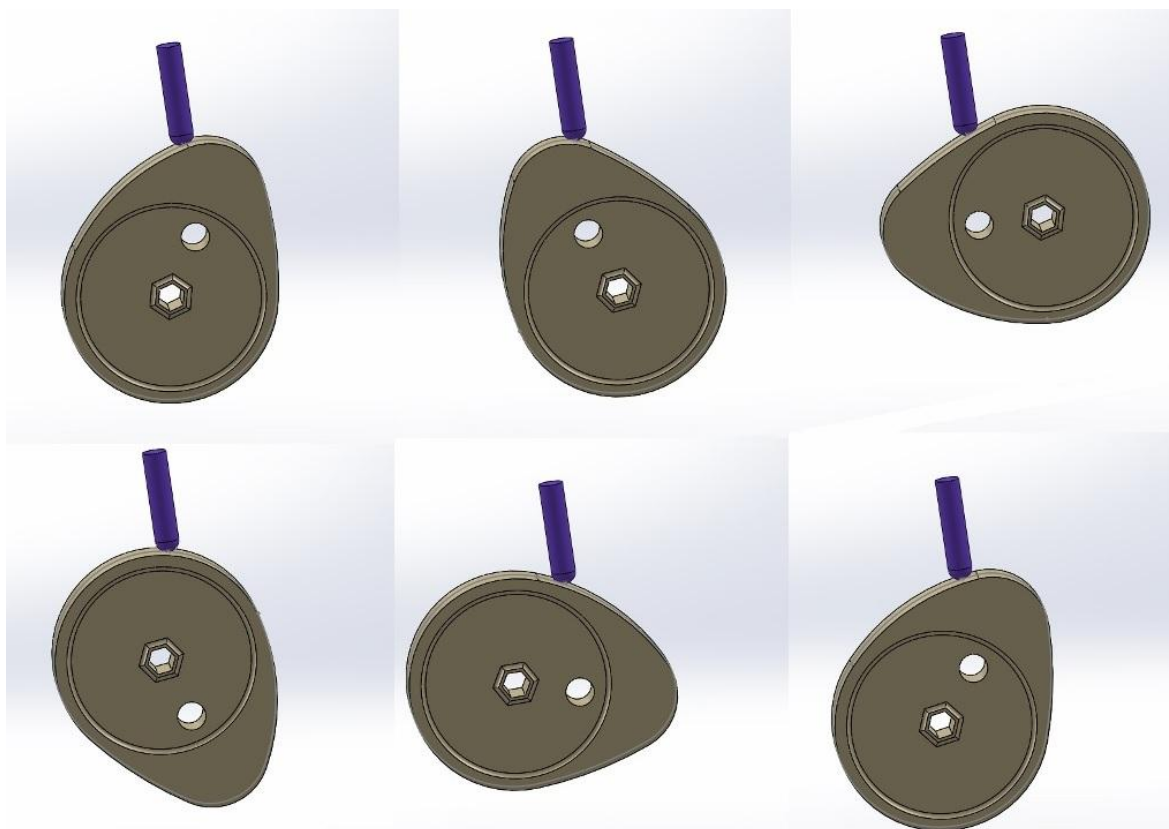
Κατά τη σχεδίαση αυτού του μηχανισμού υλοποιήθηκαν δύο ξεχωριστά κομμάτια. Ο κνώδακας που απεικονίζεται στο σχήμα 3.5.(α) πάνω, όπως επίσης και ένας κύλινδρος, ο ακόλουθος που απεικονίζεται στο σχήμα 3.5.(α) κάτω. Στον κνώδακα σχεδιάστηκαν δύο υποδοχές, μια κυκλική όπου θα μπορούσε να λειτουργήσει και σαν υποδοχή για κάποιο άλλο αντικείμενο και μία πολυγωνική οπή για παρόμοια αλλά πιο απαιτητική χρήση. Ο ακόλουθος σχεδιάστηκε ως ένας απλός κύλινδρος με ένα σφαιρικό τελείωμα το οποίο είναι και αυτό που "ακολουθεί" δηλαδή ακουμπάει το άλλο μέλος του μηχανισμού.



Σχήμα 3.5.(α). Ο κνώδακας και ο ακόλουθος

### 3.5.2. Η κίνηση του μηχανισμού

Η κίνηση του μηχανισμού παρουσιάζεται στο σχήμα 3.5.(β). Αναλυτικότερα, τα δύο επιμέρους τμήματα του μηχανισμού βρίσκονται σε επαφή μόνο στη μύτη του σφαιρικού τμήματος του ακόλουθου, το οποίο ακουμπάει στη μέση της πλατιάς επιφάνειας του κνώδακα. Καθώς δίνουμε αριστερόστροφη κίνηση στον κνώδακα, η περιστροφή του δίνει κίνηση στον ακόλουθο. Η κίνηση του είναι σταθερή και μόνο σε ένα άξονα, στον  $\psi$ . Λόγω βαρύτητας ο ακόλουθος στη διάρκεια που "κατεβαίνει" η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη, συγκριτικά με αυτή που έχει όταν ανεβαίνει. Ο κνώδακας περιστρέφεται γύρω από ένα σταθερό άξονα, ο οποίος είναι ο νοητός άξονας στη μέση της κυκλικής οπής.



Σχήμα 3.5.(β) Η κίνηση του μηχανισμού

### 3.5.3. Μηχανολογικά σχέδια

Στις επόμενες σελίδες παραθέτονται σε σχήματα τα μηχανολογικά σχέδια των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του μηχανισμού κνώδακα με ακόλουθο.







#### 4. ΣΥΝΟΨΗ

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία μελετήθηκαν οι μηχανισμοί. Έγινε μία ιστορική αναδρομή για το πώς ξεκίνησαν οι μηχανισμοί, πού και πώς χρησιμοποιήθηκαν αλλά και πώς εξελίχτηκαν. Στη συνέχεια αναφέρθηκαν μερικοί μηχανισμοί και η λειτουργία τους και μερικές τους εφαρμογές. Τέλος, μελετήθηκαν και σχεδιάστηκαν συνολικά τέσσερις μηχανισμοί. Ο μηχανισμός της Γενεύης, ο κυκλοειδής μειωτήρας, ο μηχανισμός με τα τέσσερα μέλη ή αλλιώς πρέσα και τέλος ο μηχανισμός κνώδακα-ακόλουθου. Κατά μία μελλοντική μελέτη ή εξέλιξη αυτής της διπλωματικής θα πρότεινα μία διατριβή στην αστοχία των χρησιμοποιούμενων υλικών, στην διάβρωση τους με το πέρασμα των χρόνων από διάφορους παράγοντες όπως επίσης και μία μελέτη για την θερμοκρασία που αναπτύσσεται μεταξύ των μελών του κάθε μηχανισμού. Από μία άλλη οπτική γωνία θα μπορούσαν οι μηχανισμοί να ενταχθούν σε μεγαλύτερους μηχανισμούς, οι οποίοι θα σχεδιαστούν.

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A Brief Illustrated History of Machines and Mechanisms, Emilio Bautista Paz, Marco Ceccarelli, Javier Echavarri Otero, Jose Luis Munoz Sanz
2. Introduction to Mechanisms, Srinivas Kirthy. K
3. Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated, Paul E. Sandin
4. Robotics. Designing the mechanisms for Automated Machinery, Ben-Zion Sandler
5. Μηχανική και τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα, Χρήστος Δ. Λάζος
6. Geometry, Perspective Drawings, and Mechanisms, Don Row, Talmage James Reid
7. Handling Mechanisms, John M. Dossa