



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ

ΑΡΓΥΡΩΣ ΡΑΛΛΗ

**«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ,
ΤΟΥ ΗΡΩΝΑ ΚΑΙ ΤΟΥ ΚΤΗΣΙΒΙΟΥ»**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Δρ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΘΡΕΠΤΑΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο τμήμα Πολιτικών Έργων Υποδομής του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας εκπόνησα την παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Τεχνολογικές Καινοτομίες του Αρχιμήδη, του Ήρωνα και του Κτησίβιου».

Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος έγινε με σκοπό τη μελέτη και κατανόηση των τεχνολογικών καινοτομιών του Αρχιμήδη, του Ήρωνα και του Κτησίβιου, των οποίων η συνεισφορά στην εξέλιξη του παγκόσμιου τεχνολογικού πολιτισμού είναι ιδιαίτερος σημαντική. Κατά την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας απέκτησα πολύτιμες γνώσεις για τα τεχνολογικά επιτεύγματα του τριών αυτών σπουδαίων επιστημόνων της αρχαιότητας, τα οποία αποτελούν λαμπρά παραδείγματα αξιοποίησης της θεωρητικής γνώσης στην ανάπτυξη πρακτικών εφαρμογών για τον άνθρωπο.

Αισθάνομαι την ανάγκη, αλλά και την υποχρέωση να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Νικόλαο Καθρέπτα για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος καθώς και για την επίβλεψή του και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	i
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ.....	1
1.1 Η Ζωή και το Έργο του Αρχιμήδη	1
1.1.1 Βιογραφικά Στοιχεία για τον Αρχιμήδη.....	1
1.1.2 Τα Διασωθέντα Έργα του Αρχιμήδη.....	2
1.1.3 Τα Χαμένα Έργα του Αρχιμήδη	2
1.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες του Αρχιμήδη.....	4
1.2.1 Τα Κάτοπτρα του Αρχιμήδη	4
1.2.2 Ο Ατέρμων Κοχλίας.....	9
1.2.3 Το Υδραυλικό Ρολόι	13
1.2.4 Το Ατμοτηλεβόλο.....	15
1.2.5 Το Οδόμετρο	18
1.2.6 Μηχανισμοί Έλξης και Ανύψωσης Βαρών	20
1.2.7 Πολεμικές Μηχανές	22
1.2.8 Το Πλανητάριο (Ουράνια Σφαίρα)	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	26
ΗΡΩΝΑΣ Ο ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΝΟΣ	26
2.1 Η Ζωή και το Έργο του Ήρωνα	26
2.1.1 Βιογραφικά Στοιχεία για τον Ήρωνα.....	26
2.1.2 Τα Διασωθέντα Έργα του Ήρωνα.....	27
2.1.3 Τα Χαμένα Έργα του Ήρωνα.....	27
2.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες του Ήρωνα	28
2.2.1 Αιολόσφαιρα ή Ατμοστρόβιλος του Ήρωνα.....	28
2.2.2 Αυτόματες Πύλες Ναού του Ήρωνα.....	29
2.2.3 Αυτόματη Σπονδή του Ήρωνα.....	30
2.2.4 Αυτόματος Κερματοδέκτης του Ήρωνα	30
2.2.5 Αυτόματη Κρήνη του Ήρωνα	31

2.2.6	Αυτορυθμιζόμενο Λυχνάρι του Ήρωνα	31
2.2.7	Αυτόματος Οινοχόος του Ήρωνα	32
2.2.8	Συσκευή Οινοχοΐας του Ήρωνα	32
2.2.9	Υδραυλικά Σιφώνια του Ήρωνα	33
2.2.10	Έλεγχος Στάθμης Υγρού με Μηχανική Βαλβίδα κατά Ήρωνα	34
2.2.11	Πιεστήριο Λαδιού του Ήρωνα	35
2.2.12	Διόπτρα του Ήρωνα	36
2.2.13	Αυτόματα Μηχανικά Συστήματα Θεάτρου του Ήρωνα	37
2.2.14	Διακοσμητικές Κατασκευές Ήρωνα	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		43
ΚΤΗΣΙΒΙΟΣ		43
3.1	Η Ζωή και το Έργο του Κτησίβιου	43
3.1.1	Βιογραφικά Στοιχεία για τον Κτησίβιο	43
3.1.2	Τα Διασωθέντα Έργα του Κτησίβιου.....	44
3.1.3	Τα Χαμένα Έργα του Κτησίβιου.....	44
3.2	Τεχνολογικές Καινοτομίες του Κτησίβιου	44
3.2.1	Η Αντλία του Κτησίβιου	44
3.2.2	Αυτόματος Καθρέπτης του Κτησίβιου.....	46
3.2.3	Το Ωρολόγιο του Κτησίβιου	47
3.2.4	Δοχείο Σταθερής Ροής Κτησίβιου.....	48
3.2.5	Υδραυλίσ του Κτησίβιου.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		51
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		51
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ

1.1 Η Ζωή και το Έργο του Αρχιμήδη

1.1.1 Βιογραφικά Στοιχεία για τον Αρχιμήδη

Ο Αρχιμήδης ήταν ένας από τους μεγαλύτερους μαθηματικούς, φυσικούς και μηχανικούς της αρχαιότητας. Εκτιμάται ότι γεννήθηκε το 287 π.Χ. στις Συρακούσες τη μεγάλη ελληνική αποικία της Σικελίας [1], [2].

Πατέρας του Αρχιμήδη ήταν ο αστρονόμος Φειδίας. Επίσης συγγενής του ήταν και ο βασιλιάς των Συρακουσών, Ιέρωνας. Παρά το γεγονός ότι καταγόταν από ευγενική γενιά, ο Αρχιμήδης αρνήθηκε να πάρει οποιοδήποτε αξίωμα ή να του δοθεί κάποιος τίτλος, επιμένοντας να διαθέτει όλο του τον χρόνο στη σπουδή και τη μάθηση. Για αυτό τον λόγο ταξίδεψε στην Αίγυπτο και σπούδασε στην Αλεξάνδρεια. Ήρθε σε επαφή με τον Ερατοσθένη και το Δοσίθεο, ενώ ήταν φίλος και συμμαθητής του Κόνωνα του Σάμιου [1], [2].

Ο Αρχιμήδης φονεύτηκε το 212 π.Χ. από κάποιο Ρωμαίο στρατιώτη κατά τη διάρκεια της άλωσης της πόλεως των Συρακουσών από τους Ρωμαίους. Σύμφωνα με την παράδοση, όταν η πόλη μετά από τριετή αντίσταση των Ελλήνων, κατελήφθη με προδοσία, ένας Ρωμαίος στρατιώτης μπήκε μέσα στο σπίτι του Αρχιμήδη την ώρα που μελετούσε κάποιο γεωμετρικό πρόβλημα. Ο Αρχιμήδης είπε στον στρατιώτη να βγει έξω και να μη διαταράξει τη σκέψη του, λέγοντάς το περίφημο "Μη μου τους κύκλους τάραττε". Όμως ο στρατιώτης έβγαλε το σπαθί του και τον σκότωσε [1], [2].

Το έργο του Αρχιμήδη υπήρξε τεράστιο, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, και η ερευνητική ματιά του κάλυψε πολλούς τομείς ανάμεσα στους οποίους είναι η γεωμετρία, η οπτική (κατοπτρική), η υδραυλική, η μηχανική, η αρχιτεκτονική, η αστρονομία και η πολιορκητική. Συνέδεσε το όνομά του με τη γένεση της μηχανικής στην αρχαία Ελλάδα, τη λύση περίφημων μαθηματικών προβλημάτων, καθώς και με τις αμυντικές εφευρέσεις του που χρησιμοποιήθηκαν όταν οι Ρωμαίοι πολιορκούσαν την πατρίδα του, τις Συρακούσες. Έγραψε τα πρώτα βιβλία για την επίπεδη γεωμετρία και στερεομετρία, την αριθμητική και τα μαθηματικά. Επίσης ανακάλυψε την αρχή του ειδικού βάρους και του μοχλού [1], [2].

Ο Αρχιμήδης επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την ευρωπαϊκή επιστημονική σκέψη, καθώς και τους Άραβες επιστήμονες, οι οποίοι αντέγραψαν όλα τα έργα του στην αραβική γλώσσα, στην οποία διασώθηκαν αρκετά, αφού τα πρωτότυπα είχαν χαθεί [1], [2].

1.1.2 Τα Διασωθέντα Έργα του Αρχιμήδη

Ο Αρχιμήδης έγραψε πλήθος έργων, από τα οποία πολλά έχουν χαθεί. Σύμφωνα με τα [1], [2], τα έργα του Αρχιμήδη που διασώθηκαν είναι τα εξής:

1. "Περί σφαίρας και κυλίνδρου" (Βιβλία α' και β')
2. "Κύκλου μέτρησις" (σώζονται τρία θεωρήματα)
3. "Περί κωνοειδών και σφαιροειδών" (32 θεωρήματα, 1 πόρισμα)
4. "Περί ελίκων" (28 θεωρήματα, 6 πορίσματα)
5. "Περί επιπέδων ισορροπιών ή κέντρα βαρών επιπέδων ή Μηχανικά" (Βιβλία α' και β')
6. "Ψαμμίτης"
7. "Τετραγωνισμός παραβολής"
8. "Οχουμένων" (Υδροστατική επιπλεόντων σωμάτων)
9. "Οστομάχιον"
10. "Περί μηχανικών θεωρημάτων προς Ερατοσθένη έφοδος (δηλ. μέθοδος)
11. "Βιβλίο λημμάτων" (σώθηκε στα αραβικά)
12. "Πρόβλημα Βοεικόν"
13. "Κατασκευή πλευράς του περιγραφομένου εις κύκλο επταγώνου"
14. "Περί κύκλων εφαπτομένων αλλήλων" (σώθηκε στα αραβικά)
15. "Αρχαί της Γεωμετρίας" (σώθηκε στα αραβικά)
16. "Ωρολόγιον Αρχιμήδους" (σώθηκε στα αραβικά)

1.1.3 Τα Χαμένα Έργα του Αρχιμήδη

Τα χαμένα έργα του Αρχιμήδη είναι περισσότερα. Σύμφωνα με τα [1], [2], τα έργα του Αρχιμήδη που χάθηκαν ή δεν έχουν βρεθεί μέχρι σήμερα είναι τα εξής:

1. "Περί τριγώνων"
2. "Περί τετραπλεύρων"
3. "Περί 13 ημικανονικών πολυέδρων"
4. "Αριθμητικά"
5. "Περί ζευγών"
6. "Περί κέντρου Βάρους ή Κεντροβαρικά"
7. "Πλινθίδες και Κύλινδροι"
8. "Κατοπρικά"
9. "Ισοπεριμετικά"

10. "Στοιχεία μηχανικών"
11. "Ισορροπίαι"
12. "Σφαιροποιΐα" (κατασκευή πλανηταρίων)
13. "Στοιχεία επί των στηρίξεων"
14. "Περί παραλλήλων γραμμών"
15. "Περί βαρύτητος και ελαφρότητος (πυκνόμετρα - αραιόμετρα)"
16. "Περί κοίλων και παραβολικών κατόπτρων"
17. "Προοπτική"
18. "Επισίδια Βιβλία" (πιθανότατα περί Στατικής)
19. "Βαρουσικός, Υδροσκοπίαι, Πνευματική"
20. "Καύσις δια κατόπτρων"
21. "Περί Αρχιτεκτονικής"
22. "Περί δρομομέτρων" (Οδόμετρα πλοίων)

Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι οι σπουδαιότερες μηχανικές ανακαλύψεις (π.χ. τα κάτοπτρα, το ατμοηλεβόλο, το δρομόμετρο, η ουράνια σφαίρα, κ.α.) του Αρχιμήδη δεν διασώζονται από φιλολογικής πλευράς, εκτός από τον κοχλία και το υδραυλικό ρολόι. Μένουν μόνο οι συσχετισμοί και οι μεταγενέστερες ανακατασκευές [1].

Στο χώρο των ανακατασκευών έχουμε πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία καθώς κανένας άλλος μηχανικός της αρχαιότητας δεν είχε την τύχη να γίνουν τόσες ανακατασκευές έργων του ή τόσα πειράματα γύρω από αυτά. Ο πρώτος που επιχείρησε κάτι τέτοιο ήταν ο Λεονάρντο ντά Βίντσι, ο οποίος σύμφωνα με τις υπάρχουσες πληροφορίες, είχε στην κατοχή του βιβλίο με τα έργα του Αρχιμήδη. Ο Λεονάρντο ντά Βίντσι έκανε δύο ανακατασκευές μηχανισμών του Αρχιμήδη: του ατμοηλεβόλου και του δρομομέτρου [1].

Επιπροσθέτως, ο Κ.Ν. Ράδος, το 1910, έκανε μία ανακατασκευή του ναυτικού δρομομέτρου, ενώ το οδόμετρο ανακατασκεύασε με εκπληκτική προσέγγιση ο Ολλανδός A.W. Sleeswyk στη δεκαετία του 1980. Τέλος, ο Ι. Σακάς έκανε πέντε πειράματα με τα εμπρηστικά κάτοπτρα και ανακατασκεύασε το ατμοηλεβόλο και το υδραυλικό ρολόι [1].

1.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες του Αρχιμήδη

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι σημαντικότερες εφευρέσεις – τεχνολογικές καινοτομίες του Αρχιμήδη.

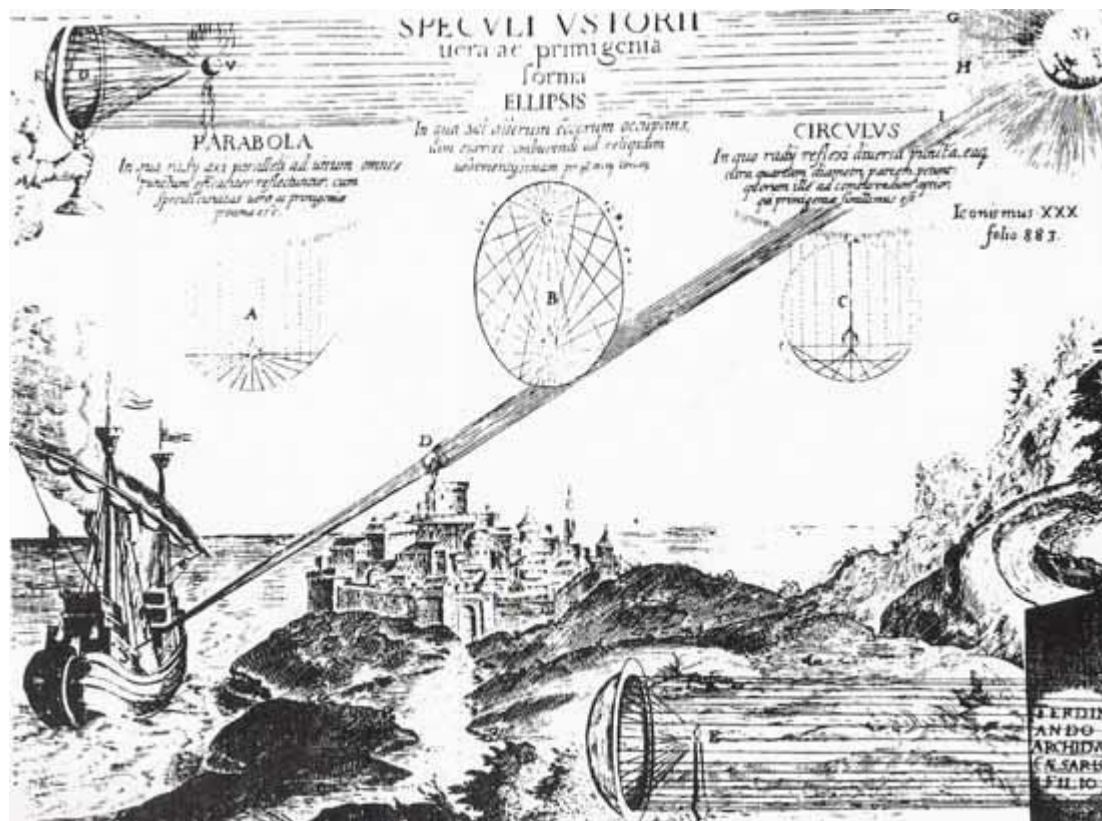
1.2.1 Τα Κάτοπτρα του Αρχιμήδη

Ένα από τα πιο πολυσυζητημένα επιτεύγματα του Αρχιμήδη, όχι μόνο κατά την αρχαιότητα και τη βυζαντινή εποχή, αλλά και κατά τους μεταγενέστερους αιώνες, είναι η κατασκευή των ηλιακών κατόπτρων. Σε αρκετά χειρόγραφα κείμενα αναφέρεται ότι ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε ηλιακά κάτοπτρα για να κάψει τα πλοία των Ρωμαίων που πολιορκούσαν από τη θάλασσα τις Συρακούσες. Το ιστορικό της υπόθεσης ταυτίζεται και αποτελεί μέρος της επιστήμης που οι αρχαίοι Έλληνες ονόμαζαν «οπτική», συμπλήρωμα της οποίας ήταν η «κατοπτρική». Γνωρίζουμε σήμερα πολλά έργα Ελλήνων, που γράφτηκαν γύρω από το θέμα της οπτικής, τα περισσότερα των οποίων έχουν χαθεί [1].

Από την κατάκτηση των Συρακουσών από τους Ρωμαίους το 212 π.Χ. έως το 1973 που ο Ι. Σακάς επανέλαβε επιτυχώς το πείραμα της καύσης του ρωμαϊκού στόλου, το γεγονός είχε λάβει μυθολογική χροιά και ένας μεγάλος αριθμός επιστημόνων και ιστορικών είχε διχαστεί επί αιώνες παίρνοντας θέση θετικά ή αρνητικά. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν σε αρκετά αρχαία χειρόγραφα πλήθος αναφορών στα κάτοπτρα του Αρχιμήδη παρατηρείται ένας σκεπτικισμός και μια δυσκολία στους νεότερους μελετητές στο να δεχτούν ότι ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε πράγματι κάτοπτρα για να κάψει τα πλοία των Ρωμαίων. Επίσης προέκυπταν ερωτήματα αναφορικά με το εάν υπήρχαν οι τεχνολογικές δυνατότητες για την κατασκευή αυτών των οργάνων την περίοδο που έζησε ο Αρχιμήδης καθώς και εάν είχαν παραπλανηθεί όσοι από τους νεότερους συγγραφείς, μεταγενέστερους του Πολύβιου, του Πλούταρχου και του Τίτου Λίβιου, έκαναν αναφορά σε αυτά [1].

Είναι πολλές οι απαντήσεις που πρέπει να δοθούν προκειμένου να διευκρινιστεί το όλο θέμα, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι σήμερα, μετά τα πειράματα του Ι. Σακά, έχει αποδειχθεί ότι τα κάτοπτρα του Αρχιμήδη ήταν δυνατό να κατασκευαστούν την εποχή εκείνη. Ωστόσο, αυτή η επιτυχής έκβαση δεν δίνει απάντηση στο ερώτημα εάν πράγματι είχε χρησιμοποιήσει ο Αρχιμήδης παρόμοια κάτοπτρα [1].

Με το πέρασμα των αιώνων, δημιουργήθηκε ένας σεβαστός αριθμός ιστορικών και επιστημόνων με διαφορετικές απόψεις που ενώ απαντούν σε πολλά σημεία του θέματος παράλληλα δημιουργούν αρκετά ερωτηματικά. Αυτοί οι ιστορικοί και επιστήμονες τοποθετούνται χρονολογικά, με βάση τις χρονολογίες που ασχολήθηκαν με το θέμα των κατόπτρων, ως εξής: ο Δίων Κάσσιος, ο Γαληνός και ο Λουκιανός έγραψαν όλοι το 2^ο αιώνα μ.Χ., ενώ ο Πρόκλος (5^{ος} αιώνας), ο Ανθέμιος (6^{ος} αιώνας), ο Ψελλός (11^{ος} αιώνας), ο Τζέτζης και ο Ζωναράς (12^{ος} αιώνας) προέρχονται από τη βυζαντινή περίοδο. Στη συνέχεια, τη σκυτάλη από τους βυζαντινούς συγγραφείς παίρνουν οι δυτικοευρωπαίοι επιστήμονες: ο Ρογήρος Βάκων (1250), ο Oronce Fine (1550), ο Jerome Cardan (1550), ο Giambattista Della Porta (1550), ο Καρτέσιος (1630), ο Γαλιλαίος (1630), ο Bonaventura Cavalieri (1632), ο Athanasius Kircher (1646), ο Du Fay (18^{ος} αιώνας), ο Buffon (1747) και ο Peyrard (1807). Το 1966 εμφανίζεται ο Ι. Σακάς, που με δημοσιεύματα, αλλά κυρίως με τα πέντε επιτυχή πειράματά του το 1973 αποδεικνύει τη δυνατότητα κατασκευής των κατόπτρων και ταυτόχρονα την ιστορική τους ύπαρξη. Τον αντικρούει ο Schneider (1968), ο Simms (1977) και ακολουθεί ο Thuillier (1979), που μάλλον συμφωνεί με τον Ι. Σακά [1].



Εικόνα 1. Αυτή η αναπαράσταση του κατορθώματος του Αρχιμήδη προέρχεται από το βιβλίο του Kircher «Η μεγάλη τέχνη του φωτός και της σκιάς» (Πηγή: [1])

Οι Έλληνες συγγραφείς και ιστορικοί από την αρχαιότητα έως σήμερα παρουσιάζονται θετικοί απέναντι στο γεγονός ότι ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε κάτοπτρα για να κάψει τα πλοία των Ρωμαίων. Στη συνέχεια παραθέτονται οι θέσεις των διάφορων δυτικοευρωπαίων επιστημόνων και ιστορικών απέναντι στη θέμα της χρήσης ή μη χρήσης των κατόπτρων από τον Αρχιμήδη [1].

Από το 13ο αιώνα αρχίζει να διαφαίνεται το έντονο ενδιαφέρον για την οπτική με προεξέχουσα φυσιογνωμία τον Robert Grosseteste (1168-1253), του οποίου τα επιστημονικά ενδιαφέροντα ήταν πολλά (γεωλογία, ηχητική, ιατρική, οπτική). Ήταν αυτός που υποστήριξε ότι η οπτική τηλεπίδραση ενός σώματος σε κάποιο άλλο είναι απόρροια της διάδοσης ακτίνων δύναμης, μία άποψη που έγινε ευρύτατα αποδεκτή μεταξύ άλλων και από το Ρογήρο Βάκωνα (1214-1294), που υπήρξε μαθητής του Grosseteste. Ο Ρογήρος Βάκωνας (Roger Bacon) συνέβαλε κατά πολύ στη μελέτη της οπτικής, κυρίως στη γνώση της ανάκλασης και της διάθλασης και θεωρείται συχνά πρωτοπόρος στην πειραματική επιστήμη. Κατά τον Middleton, ο Βάκων δεν είχε καμία επιφύλαξη στην αποδοχή της ύπαρξης των κατόπτρων του Αρχιμήδη. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι ήδη από το Μεσαίωνα ήταν αποδεκτή η ιδέα για τη δυνατότητα κατασκευής των κατόπτρων του Αρχιμήδη. Θα ακολουθήσουν και άλλες προσπάθειες γύρω από την έρευνα της οπτικής μέχρι το θέμα να ανακινηθεί πάλι [1].

Τη θετική αυτή ατμόσφαιρα θα χαλάσει ο Καρτέσιος (Descartes), όταν θα ανακινήσει το θέμα το 1637 με το έργο του *Dioptrique*, στο οποίο ασκούσε έντονη κριτική στην άποψη ότι τα κάτοπτρα του Αρχιμήδη ήταν γεγονός. Γνωρίζουμε επιστολές του προς τον ιερέα Marin Mersenne, όπου, βάσει των όσων γνώριζε για την οπτική, του τόνιζε ότι τα κάτοπτρα του Αρχιμήδη ήταν φανταστικά.

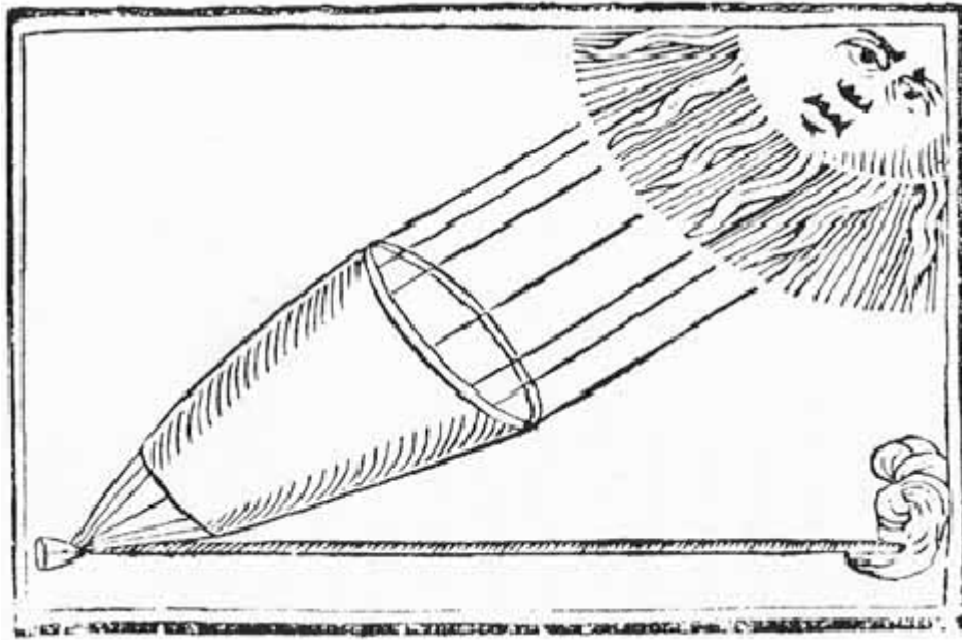


Εικόνα 2. Γκραβούρα του 16^{ου} αιώνα από εικονογράφηση ενός συγγράμματος οπτικής του Polonais Witelo (γραμμένο το 13^ο αιώνα). Απεικονίζει το κατόρθωμα του Αρχιμήδη με τα κάτοπτρα, σε αρκετά απλοποιημένη μορφή. Τρία κάτοπτρα πάνω σε έναν πύργο των Συρακουσών πυρπολούν το ίδιο πλοίο σε τρία διαφορετικά σημεία (Πηγή: [1])

Ο Καρτέσιος επανήλθε και πάλι στο θέμα λίγο αργότερα με μία επιστολή του της 11^{ης} Οκτωβρίου 1638, όπου σχολίαζε επιτιμητικά το βιβλίο του Γαλιλαίου *Dialoghi delle Nuovi Scienze*, καθώς και τα πειράματα του τελευταίου, όπου αποδεχόταν την ύπαρξη των κατόπτρων. Ο Καρτέσιος τόνιζε ότι με αυτά που έγραφε ο Γαλιλαίος φαινόταν ότι δεν γνώριζε την κατοπτρική και ότι ο ίδιος δεν πίστευε στην ύπαρξη των κατόπτρων [1].

Παρά την αντίθεση του Καρτέσιου, ο μύθος των κατόπτρων δεν μπόρεσε να καταρριφθεί. Στα 1632, ο ιησουίτης μοναχός Bonaventura Cavalieri έγραψε μία σχετική εργασία πάνω στο θέμα αυτό. Λίγα χρόνια αργότερα, ένας άλλος ιησουίτης μοναχός, ο γνωστός Athanasius Kircher ξαναέφερε την υπόθεση στην επιφάνεια με τη δημοσίευση σχετικής εργασίας, όπου υποστήριζε πως έκανε σχετικά πειράματα, βεβαιώνοντας ότι με πέντε επίπεδα κάτοπτρα σε μελετημένες θέσεις είναι εφικτό να επιτύχουμε υψηλές θερμοκρασίες σε απόσταση μεγαλύτερη των 33 μ. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρει ο Kircher, φαίνεται ότι έκανε επιτόπια έρευνα ο ίδιος στις Συρακούσες και από αυτήν έβγαλε το συμπέρασμα ότι ο Αρχιμήδης δεν είχε ανάγκη κατόπτρων με μεγάλη ακτίνα δράσης. Αρκούσε να αναπτύσσουν θερμότητα σε απόσταση 30 βημάτων, περίπου 21-33 μ [1].

Τις προσπάθειες αυτές θα συνεχίσουν αρκετοί άλλοι ακόμα. Αξιοσημείωτη είναι η προσπάθεια του G. L. Leclerc de Buffon, ο οποίος αναφέρει τα αποτελέσματα των πειραματικών του αναζητήσεων σε σχετικό βιβλίο.



Εικόνα 3. Συνδυασμός του Ιταλού Cavalieri για το κάτοπτρο του Αρχιμήδη. Πρόκειται για ένα κόνουρο παραβολοειδές, που εστιάζει σε μικρή απόσταση. Κατόπιν, ένα κυρτό παραβολοειδές μικρών διαστάσεων καθιστά τις ακτίνες παράλληλες, σχηματίζοντας μια «συμπυκνωμένη» δέσμη μεγάλου βεληνεκούς (Πηγή: [1])

Ο Buffon, κατασκευάζοντας ένα όργανο που αποτελούνταν από 168 μικρά κάτοπτρα, έκανε διάφορους πειραματισμούς καύσης με ηλιακές ακτίνες πάνω σε ποικίλα υλικά, όπως π.χ. σε κομμάτια ξύλου, τα οποία αναφλέχθηκαν σε σύντομο χρονικό διάστημα, γεγονός που έγινε ευρύτερα γνωστό και είχε μεγάλη απήχηση [1].

Τις προσπάθειες των Kircher και Buffon θα επαναλάβει το 1807 ο Γάλλος Peyrard, πειραματιζόμενος και αυτός με μικρά κάτοπτρα με επιτυχία. Βλέπουμε ότι οι τρεις τελευταίοι κινούνται στα πλαίσια που έχει διαγράψει ο Ανθέμιος ο Τραλλιανός, χρησιμοποιώντας πολλά και μικρά κάτοπτρα, τα οποία πολύ εύκολα στρέφουν προς όλες τις κατευθύνσεις [1].

Διαπιστώνουμε από όσα έχουν ειπωθεί ως τώρα ότι στους έντεκα συγγραφείς και ερευνητές που σχετίστηκαν με το θέμα των κατόπτρων του Αρχιμήδη, οι εννέα ήταν θετικοί. Εντελώς αρνητικός ήταν μόνο ένας, ο Καρτέσιος, ενώ άλλος ένας, ο Du Fay, ήταν αμφιταλαντευόμενος. Αυτό σημαίνει ότι το κλίμα ήταν θετικό και η ιστορική ύπαρξη των κατόπτρων αποδεκτή. Είναι πιθανόν να διαφεύγουν πηγές που έχουν μείνει στο περιθώριο και αυτό εξαιτίας του γεγονότος ότι τα κάτοπτρα ήταν περισσότερα ταυτισμένα με την έρευνα της οπτικής – ειδικότερα της διάθλασης και αντανάκλασης του φωτός – και λιγότερο με την κατοπτρική σαν εξειδικευμένη επιστήμη. Με άλλα λόγια, το θέμα ήταν περιθωριοποιημένο. Ωστόσο, οι κατά καιρούς αναφορές σε αυτό, το διατηρούσαν ζωντανό, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπήρχαν και οι σχετικές αμφιβολίες. Όμως το γενικό κλίμα ήταν θετικό [1].

Θα περάσουν περίπου 150 χρόνια μέχρι να εμφανιστεί ο Ι. Σακάς, ο οποίος κάνει την πρώτη σχετική δημοσίευση για το θέμα. Τελικά, το 1973, μετά από επανειλημμένα πειράματα, πραγματοποίησε επιτυχημένη καύση ενός ομοιώματος ρωμαϊκής γαλέρας στο Σκαραμαγκά, αλλά παρά τα επιτυχή αποτελέσματα των πειραμάτων οι επιθέσεις και αντεγκλήσεις συνεχίστηκαν [1].

Το ενδιαφέρον για το θέμα αναζωπυρώθηκε το 1977, όταν ο Άγγλος ιστορικός και επιστήμονας D. L. Simms δημοσίευσε άρθρο με το οποίο στόχευε να διαλύσει ένα μακροχρόνιο αλλά αστήρικτο μύθο, καταρρίπτοντας τις ιστορικές πηγές που τον στηρίζουν και αποδεικνύοντας ότι ο Αρχιμήδης δεν είχε τα επιστημονικά και τεχνικά μέσα που απαιτούνται για την κατασκευή ενός ηλιακού μηχανισμού άμυνας. Το άρθρο του Simms προκάλεσε τη δημοσίευση ενός άλλου άρθρου από τον Thuillier στο γαλλικό περιοδικό La Recherche. Με αυτό το άρθρο, ο Thuillier ανασκευάζει κατά κάποιον τρόπο τις απόψεις του Simms και προς το τέλος φαίνεται να αποδέχεται την ιστορική ύπαρξη των κατόπτρων του Αρχιμήδη.

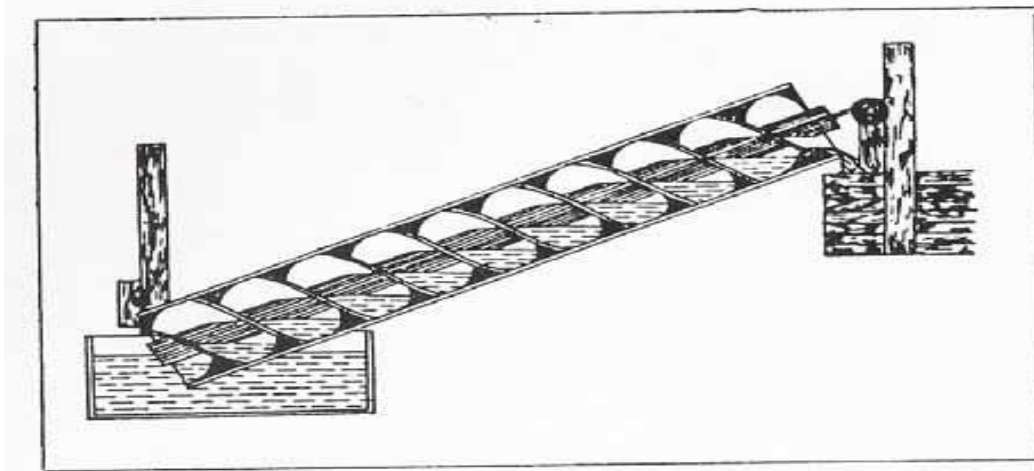
1.2.2 Ο Ατέρμων Κοχλίας

Ο αρτέμων κοχλίας που είναι γνωστός και σαν υδρόβιδα ή έλικα είναι μια από τις παλαιότερα γνωστές αντλητικές μηχανές της οποίας η διάδοση τόσο στο χώρο (έκταση χρήσης) όσο και στο χρόνο (διάρκεια χρήσης του οργάνου) υπήρξε τεράστια. Μπορούμε να πούμε, χωρίς το φόβο να υποπέσουμε σε ιστορικό λάθος, ότι διαδόθηκε ευρέως σε όλες τις χώρες της Μεσογείου και επίσης τη σημερινή Αραβία, Ιράκ, Ιράν, Αφγανιστάν, Πακιστάν και Ινδία. Είναι ίσως η περισσότερο γνωστή αντλητική μηχανή ταυτισμένη απόλυτα και αδιαφιλονίκητα με τον εφευρέτη της, που χρησιμοποιείται έως σήμερα σε όλες τις χώρες που αναφέρθηκαν (εκτός από τις Ευρωπαϊκές) [1].

Την παλαιότερη αναφορά για τον κοχλία τη συναντούμε στο κείμενο του Μοσχίωνα, αναφορικά με ένα γιγαντιαίο πλοίο που είχε κατασκευάσει ο αρχιτέκτονας Αρχίας από την Κόρινθο για τον τύραννο των Συρακουσών Ιέρωνα Β' (270-216 π.Χ.). Το τεράστιο αυτό πλοίο ήταν η περίφημη «Συρακουσία» και το κείμενο του Μοσχίωνα είναι σημαντικότερο, καθώς περιγράφει αυτό το τεράστιο πλοίο. Δυστυχώς, το πρωτότυπο κείμενο του Μοσχίωνα χάθηκε αλλά διασώθηκε περίληψη της περιγραφής του από τον Αθήναιο [1].

Την ανακάλυψη του κοχλία από τον Αρχιμήδη αναφέρουν τόσο ο Αγαθαρχίδης ο Κνίδος (180-116 π.Χ.) σε άγνωστο έργο, του οποίου τμήμα διασώζει ο Διόδωρος ο Σικελιώτης, όσο και ο Ποσειδώνιος από την Απάμεια. Το πιθανότερο είναι ότι ο Αρχιμήδης επινόησε τον κοχλία ενώ βρισκόταν στην Αίγυπτο, επιδιώκοντας με αυτό τον τρόπο να βοηθήσει τους Αιγύπτιους χωρικούς στην άντληση νερού από ένα χαμηλό σημείο προς ένα υψηλότερο για την άρδευση των αγρών τους και ίσως την αποξήρανση εδαφών [1].

Η ονομασία «κοχλίας» οφείλεται στο σχέδιο, τη μορφή του οργάνου, που μοιάζει με το κέλυφος του σαλιγκαριού (κοχλίας). Με την ονομασία κοχλίας μεταφέρθηκε και στη λατινική γλώσσα ως *coclea* – *cochlia*, ενώ αρκετά συχνά ονομαζόταν και έλιξ (=σπείρα). Το όργανο αυτό το συναντάμε στους ελληνικούς παύρους που έχουν διασωθεί, με διαφορετικές ονομασίες, όπως *όργανον*, *ξύλικόν όργανον*, *κυκλευτήριον*, *πήγματα*, *βάλανοι*, *κυκλευτής*, ενώ αυτοί που το χειρίζονται αποκαλούνται *οργανισταί*, *κυκλευταί*, *κυκλεύοντες το όργανον* [1].

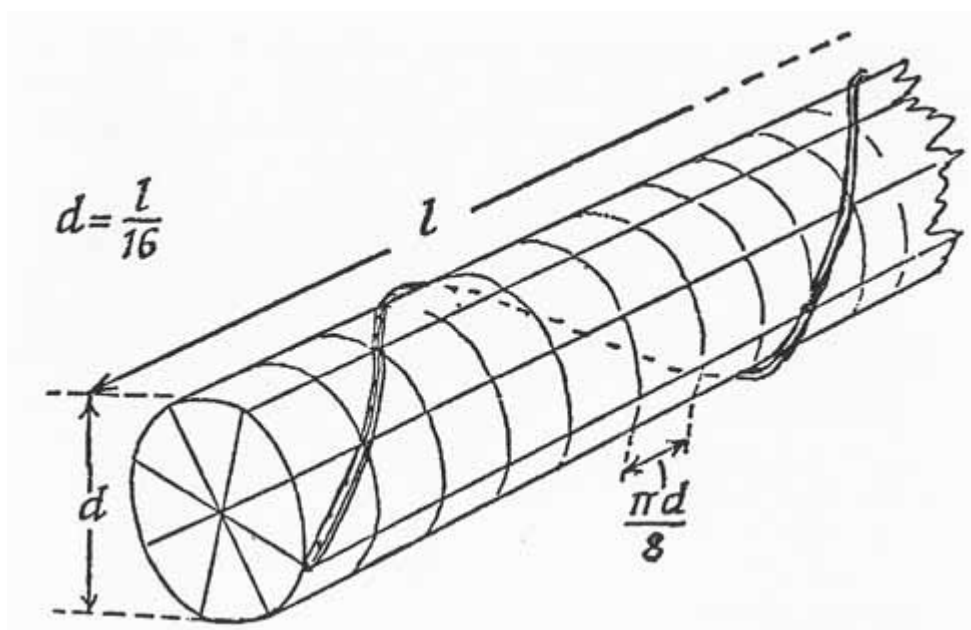


Εικόνα 4. Ο κοχλίας ή έλικα του Αρχιμήδη, μηχανισμός για την άντληση νερού (γραμμική αναπαράσταση από τον L. Sprague de Camp) (Πηγή: [1])

Στη συνέχεια παραθέεται η μόνη φιλολογική περιγραφή του οργάνου από τον Βιτρούβιο:

«1. Υπάρχει όμως ακόμη μία μηχανή, ο κοχλίας, η οποία δύναται να αντλήσει μεγάλη ποσότητα νερού, αλλά όχι σε μεγάλο ύψος, όπως ο αντλητικός τροχός. Η κατασκευή της έχει ως εξής: Λαμβάνουν μια δοκό. Όσο είναι το μήκος της σε πόδια, τόσο κατασκευάζεται το πάχος σε δακτύλους. (σημ. Πούς = 0,296 μ. επί ρωμαϊκών χρόνων. Δάκτυλος = 0,019 μ. Επομένως η σχέση πούς : δάκτυλος = 0,296 : 0,019 = 15 περίπου. Εάν το μήκος της δοκού είναι 5 μ., το πάχος λαμβάνεται 0,33 μ.). Στη συνέχεια, η δοκός γίνεται κύλινδρος. Οι δύο περιφέρειες των βάσεων της κυλινδρικής δοκού υποδιαιρούνται σε τέσσερα ή οκτώ ίσα μέρη, τα οποία συνδέονται κατόπιν μεταξύ τους μέσω ευθειών (χορδών), και η διαίρεση έχει γίνει κατά τέτοιο τρόπο, ώστε όταν η δοκός είναι οριζόντια, οι γραμμικές διαιρέσεις της μιας βάσης να αντιστοιχούν ακριβώς με τις γραμμικές διαιρέσεις της άλλης βάσης. Ακολούθως συνδέουν μέσω ευθειών οριζόντιων γραμμών επί της κυλινδρικής επιφάνειας τα αντίστοιχα σημεία των περιφερειών των δύο βάσεων και υποδιαιρούν κάθε τέτοια οριζόντια γραμμή σε ίσα μέρη, κάθε ένα από τα οποία να ισούται με το όγδοο της περιφέρειας της βάσης, οπότε οι χαραζόμενοι κατά αυτό τον τρόπο άτρακτοι (τμήματα της δοκού) τόσο κατά το πάχος, όσο και κατά το μήκος είναι ίσοι. (Χαράσσονται δηλ. παράλληλοι κύκλοι προς τις δύο βάσεις). Σημειώνονται τα σημεία τομής των ευθειών και των κύκλων.

2. Αφού με αυτό τον τρόπο έχει γίνει ακριβώς η σχεδίαση, λαμβάνουν λεπτό ξύλινο έλασμα από ιτιά ή λυγαριά και αφού το επαλείψουν με υγρή πίσσα, το στερεώνουν στο πρώτο σημείο τομής (παράλληλου κύκλου και οριζόντιας ευθείας). Κατόπιν το στρέφουν πλαγίως προς το επόμενο σημείο τομής κύκλου και ευθείας. Με αυτό τον τρόπο γίνεται η στερέωση αφού το έλασμα περιστρέφεται γύρω από τη δοκό και προχωράει κατά μήκος. Και αφού από το πρώτο σημείο, με αυτό τον τρόπο, φθάνει κανείς στο όγδοο σημείο, έχει φθάσει σε αυτή την οριζόντια γραμμή, στο άκρο της οποίας στερεώθηκε αρχικά το έλασμα, και εδώ επίσης στερεώνεται το τέρμα.



Εικόνα 5. Μέθοδος κατασκευής του κοχλίας, με βάση την περιγραφή του Βιτρούβιου, από τον J. G. Landels (Πηγή: [1])

Με αυτό τον τρόπο προχωράει το έλασμα πλαγίως (ελικοειδώς) μέσω των οκτώ σημείων και κατά μήκος συγχρόνως προς το όγδοο σημείο. Κατά τον ίδιο τρόπο, αφού σε όλο το μήκος και το πλάτος σε κάθε σημείο στερεώνονται στελέχη, σχηματίζονται διάυλοι, οι οποίοι εκτείνονται περιστροφικά (ελικοειδώς) δια μέσου των οχτώ υποδιαίρεσεων της δοκού και δίνουν ακριβή και φυσική απομίμηση ενός ελικοειδούς κοχλία.

3. Με αυτό τον τρόπο στερεώνονται και άλλα στελέχη, το ένα πάνω στο άλλο, μέχρι τέτοιο ύψος, ώστε όλο το πάχος να είναι το ένα όγδοο του μήκους της δοκού. Περιστροφικά γύρω από τα στελέχη αυτά τοποθετούνται και στερεώνονται ελάσματα (ξύλινα), τα οποία προστατεύουν τον κοχλία. Κατόπιν τα ελάσματα αυτά επαλείφονται με πυκνή πίσσα και στερεώνονται με ταινία σιδήρου, για να μην σπάνε από την πίεση του νερού. Τα πέρατα του ξύλινου κυλίνδρου (της δοκού) επενδύονται με σίδηρο. Όμως, δεξιά και αριστερά του κοχλία τοποθετούνται τετραγωνικές δοκοί (παραστάδες), οι οποίες στις δύο πλευρές, στα άκρα, έχουν προσαρμοστεί με οριζόντια στελέχη. Σε αυτά έχουν μπει έμβολα από σίδηρο και σε αυτά μπαίνουν τα έμβολα του κοχλία. Και έτσι ο κοχλίας περιστρέφεται μέσω της ανθρώπινης δύναμης που εφαρμόζεται σε περιστροφική συσκευή.

4. Η διάταξη του κοχλία, όμως, σε ό,τι αφορά την κλίση του, ρυθμίζεται, ώστε να ανταποκρίνεται στο Πυθαγόρειο ορθογώνιο τρίγωνο. Το μήκος του κοχλία χωρίζεται δηλαδή σε πέντε ίσα μέρη, και το ένα άκρο του κοχλία τίθεται σε ύψος τριών τέτοιων μερών. Τότε η απόσταση της κατακόρυφης από το υψωμένο άκρο του κοχλία μέχρι το χαμηλότερο άκρο του ισούται με τέσσερα τέτοια μέρη.»

Η φθαρτότητα του υλικού κατασκευής έχει περιορίσει στο ελάχιστο τα αρχαιολογικά ευρήματα του κοχλία. Αντίθετα, υπάρχουν πολλά στοιχεία, τόσο από αναπαραστάσεις όσο και από σύγχρονες χρήσεις του κοχλία, ο οποίος παρέμεινε αμετάβλητος στη διάρκεια των αιώνων. Σε μια νωπογραφία της Πομπηίας βλέπουμε την αναπαράσταση ενός αιγυπτιακού κοχλία, που πρέπει να χρονολογείται περίπου στο 80 π.Χ. Αυτή η αναπαράσταση και οι δύο τερακότες της ελληνιστικής περιόδου, που βρίσκονται η μία στο Βρετανικό Μουσείο και η άλλη στο Αρχαιολογικό Μουσείο του Καΐρου, μας δείχνουν τον τρόπο χρήσης του κοχλία: ένας άνθρωπος, στηριζόμενος σε ένα οριζόντιο δοκάρι που βρισκόταν ανάμεσα σε δύο κάθετα υποστυλώματα κινούσε με τα πόδια του τον κοχλία, που βρισκόταν σε οριζόντια θέση. Φυσικά, εδώ πρόκειται για μεταφορά νερού από ένα οριζόντιο σημείο σε άλλο, διαφορετικά οποιαδήποτε κλίση του κοχλία δεν επιτρέπει την ποδοκίνητη περιστροφή του οργάνου. Και τα δύο μοντέλα είναι χρονολογημένα κατά προσέγγιση.

Επειδή ο κοχλίας χρησιμοποιήθηκε σε όλη σχεδόν τη Μεσόγειο και διατηρήθηκε για πολλούς αιώνες απaráλλακτος, βρίσκουμε ακόμα και σήμερα το όργανο αυτό να χρησιμοποιείται στην αρχική του μορφή σε χώρες της Βόρειας Αφρικής, κυρίως την Αίγυπτο. Η εκτεταμένη χρήση και εξαπλώση του κοχλία, που χρονολογικά οριοθετείται από το 220 π.Χ., οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η ρωμαϊκή αυτοκρατορία ενσωμάτωσε στις κτήσεις της, σχεδόν όλη τη Μεσόγειο, διευκολύνοντας την ανταλλαγή πληροφοριών και γνώσεων. Το ίδιο συνέβη αργότερα με την αραβική εξάπλωση που έφτασε έως την Ισπανία και σε αυτήν οφείλεται το γεγονός ότι βρίσκουμε τον κοχλία σε πολλές ευρωπαϊκές περιοχές να χρησιμοποιείται ως το τέλος του Μεσαίωνα, αλλά και πολύ αργότερα, όπως στα 1475, όταν ανακαλύπτουμε αποξηραντικούς ανεμόμυλους με αρχιμήδειους κοχλίες να

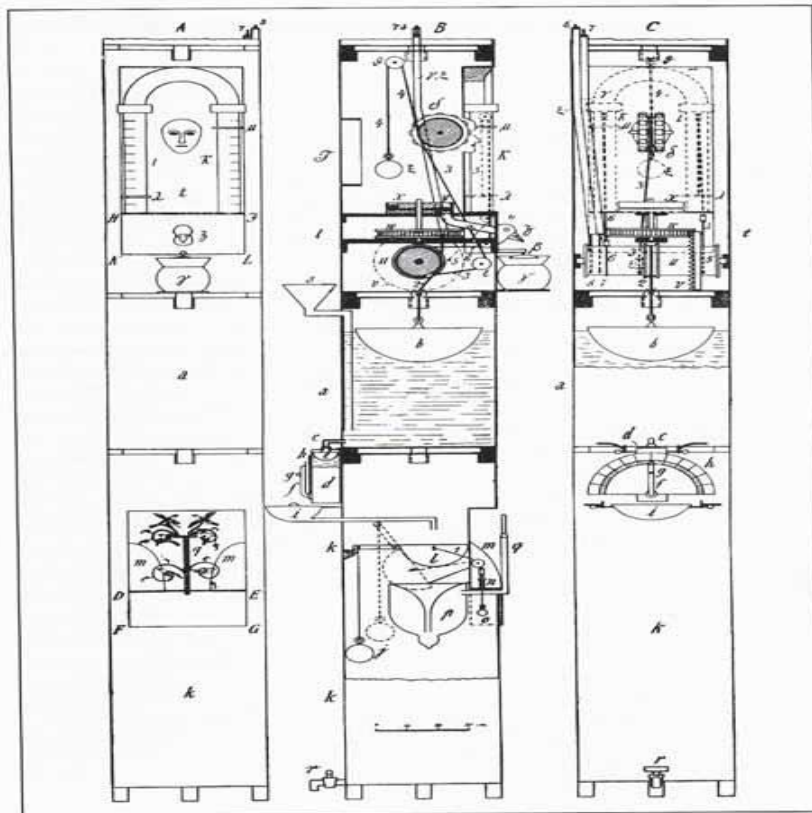
χρησιμοποιούνται στους Αγίους Τόπους. Τέλος, στην αραβική κατάκτηση της Ισπανίας θα πρέπει να αποδώσουμε την παρουσία πολλών αρχιμήδειων κοχλιών σε ορυχεία της Ιβηρικής χερσονήσου, όπως στις περιοχές Linares, Posadas, Sotiel Coronada, Cordoba και αλλού.

1.2.3 Το Υδραυλικό Ρολόι

Το υδραυλικό ρολόι που αποδίδεται στον Αρχιμήδη πρέπει να σημειωθεί ότι έχει διχάσει τους επιστήμονες. Άλλοι το αποδίδουν στον Αρχιμήδη και άλλοι υποστηρίζουν ότι είναι επινόηση άλλων μηχανικών (Φίλωνας ή Ήρωνας), αλλά αποδόθηκε σε αυτόν από τους Άραβες αντιγραφείς. Ωστόσο, το θέμα έχει αποσαφηνιστεί πλέον μετά από πρόσφατες έρευνες, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν στοιχεία που συναινούν και για τις δύο υποθέσεις. Έχουμε τρεις φιλολογικές αναφορές στο ρολόι του Αρχιμήδη, τις οποίες μας παραδίδουν ο Βιτρούβιος (1^{ος} αιώνας π.Χ.), ο Πάππος ο Αλεξανδρινός (3^{ος} αιώνας μ.Χ.) και ένα αραβικό σχόλιο πολύ μεταγενέστερο.

Από τις τρεις αυτές φιλολογικές αναφορές διαπιστώνεται ότι ενώ ο Βιτρούβιος δεν ξεκαθαρίζει τι ακριβώς ήταν οι ωρολογιακές κατασκευές που αναφέρει, ο Πάππος αντιγράφει τον Γέμινο. Η αναφορά στον Κάρπο είναι έμμεση και δεν μπορεί να ελεγχθεί. Επίσης, ο Πάππος απέχει 600 χρόνια από το γεγονός, άρα η μαρτυρία του ελέγχεται γενικά. Επομένως, προκύπτει το ερώτημα για το που στηρίζομαστε όταν γίνεται αναφορά στο υδραυλικό ρολόι του Αρχιμήδη.

Πρώτος ο βαρόνος Carra de Vaux το 1891 ανέφερε ότι υπήρχε ένα αραβικό χειρόγραφο με περιγραφή ενός υδραυλικού ρολογιού που αποδίδεται στον Αρχιμήδη. Πρόκειται για το χειρόγραφο «Το βιβλίο του Αρχιμήδη για την κατασκευή των υδραυλικών ρολογιών». Πολύ αργότερα το 1918, οι E. Wiedemann και F. Hauser δημοσίευσαν μία γερμανική μετάφραση του έργου χρησιμοποιώντας δύο χειρόγραφα, ένα από το Παρίσι και ένα από το Λονδίνο, καθώς και ένα απόσπασμα από την Οξφόρδη.



Εικόνα 6. Αναπαράσταση του υδραυλικού ρολογιού του Αρχιμήδη, κατά τους Γερμανούς επιστήμονες Wiedemann & Hauser, σε μετάφραση Ε. Σ. Σταμάτη (Πηγή: [1]).

Την περίφημη αυτή έκδοση που περιέχει την πραγματεία του Αρχιμήδη μετέφρασε εξ' ολοκλήρου στα ελληνικά ο Ε. Σταμάτης. Μέσω αυτής της εργασίας γνωρίζουμε σήμερα ότι ο Αρχιμήδης είχε γράψει πραγματεία για κάποιο υδραυλικό ρολόι, της οποίας γνωρίζουμε μόνο τον αραβικό τίτλο, «Ωρολόγιον». Πρόκειται αναμφισβήτητα για μοναδικό ντοκουμέντο, που εμπλουτίζει την ελληνική βιβλιογραφία σχετικά με τις δυνατότητες της υδραυλικής μηχανικής την εποχή εκείνη.

Παρά τα όσα είχαν δημοσιευθεί για το θέμα, υπήρξαν ερευνητές, οι οποίοι είτε αρνήθηκαν την πατρότητα του ρολογιού στον Αρχιμήδη, είτε την αντιπαρήλθαν, και ανάμεσά τους είναι ο Solla Price. Η στάση αυτή πηγάζει από το γεγονός ότι τα αραβικά χειρόγραφα κάνουν παράλληλη αναφορά στον Ήρωνα και τον Φίλωνα. Πριν από τον Price έντονες αντιρρήσεις είχε εκφράσει ο Drachmann στηριζόμενος σε ένα αραβικό σχόλιο, το οποίο είχε μεταφράσει ο Carra de Vaux. Ωστόσο από ιστορικής και φιλολογικής πλευράς το θέμα έχει λήξει. Οι Άραβες μετέφρασαν χαμένη πραγματεία που έφτασε ως εμάς αλλοιωμένη. Επομένως, πρέπει να αποδοθεί στον Αρχιμήδη η πραγματεία για την κατασκευή του πρώτου υδραυλικού ρολογιού, γεγονός που με σαφήνεια προκύπτει από τις πηγές, και να γίνει αποδεκτό ότι το εν λόγω κείμενο εμπλουτίστηκε εκ μέρους των Αράβων μεταφραστών του, οι οποίοι άντλησαν στοιχεία από αντίστοιχες εργασίες για τα υδραυλικά ρολόγια του Φίλωνα και του Ήρωνα. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στον Αρχιμήδη και τον Κτησίβιο πρέπει να χαρακτηριστεί ως μία ευγενής άμιλλα δύο φωτισμένων προσωπικοτήτων και να τονιστεί ότι κάτι τέτοιο συνέβαινε συχνά. Δηλαδή, ήταν συχνό φαινόμενο το αλληλοσυμπλήρωμα γνώσεων πάνω στον ίδιο τομέα έρευνας. Και αυτό φαίνεται καθαρά στο έργο του Ήρωνα, το οποίο περιέχει εκτός των δικών του ανακαλύψεων, και συμπληρωματικά στοιχεία από τις εργασίες προγενέστερών του, όπως του Κτησίβιου ή του Φίλωνα.

Ο τελευταίος που μελέτησε το χειρόγραφο του Αρχιμήδη ήταν ο D. Hill, το 1976, και ενώ ο πρώτος, ο Carra de Vaux, πίστευε ότι η απόδοση του χειρογράφου στον Αρχιμήδη ήταν λανθασμένη, ο Hill έφθασε σε ένα τελείως διαφορετικό συμπέρασμα. Μελετώντας το αραβικό κείμενο διαπίστωσε ότι η γλώσσα που χρησιμοποιούταν σε αυτό παρουσίαζε μεγάλες διαφορές κατά τμήματα και έτσι κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο Αρχιμήδης πιθανότατα ήταν ο συγγραφέας των δύο πρώτων τμημάτων του έργου, τα οποία στη συνέχεια μεταφράστηκαν στα αραβικά, και ότι τα υπόλοιπα πέντε τμήματα ενσωματώθηκαν στο αρχικό κείμενο από άλλους. Επίσης, ο Hill αναφέρει αρκετούς Άραβες συγγραφείς, οι οποίοι σαφώς αποδίδουν στον Αρχιμήδη την πραγματεία για το υδραυλικό ρολόι, ένα θέμα που κατά κάποιο τρόπο τους ήταν οικείο.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι μετά την έκδοση των Αρχιμήδους Απάντων από τον Ε. Σταμάτη και την περιγραφή του υδραυλικού ρολογιού, ο Ι. Σακάς άρχισε να μελετά το ρολόι και να κάνει διάφορα σχέδια για το πως ήταν και πως λειτουργούσε. Μετά από αρκετά χρόνια μελέτης και πειραματισμών ο Ι. Σακάς ανακοίνωσε στον τύπο την κατασκευή του ρολογιού και το γεγονός έγινε ευρύτατα γνωστό.

1.2.4 Το Ατμοτηλεβόλο

Το ατμοτηλεβόλο ήταν ένα πολεμικό όπλο που εκτόξευε μπάλες βάρους ενός ταλάντου (περίπου 23 χλγμ.) σε απόσταση 6 σταδίων (περίπου 1.100 μ.). Λειτουργούσε με την ατμοσυμπίεση. Είναι το πρώτο παγκοσμίως όπλο που λειτουργούσε με ατμό. Το εφεύρε ο Αρχιμήδης στη διάρκεια της πολιορκίας των Συρακουσών από τους Ρωμαίους (213-211 π.Χ.). Με το όπλο ασχολήθηκε αργότερα και ο Λεονάρντο ντα Βίντσι, που το ονόμασε αρχιτρόνιτο (από τις λέξεις Αρχιμήδης και τρώννυμι) και έκανε τα πρώτα κατασκευαστικά σχέδια του όπλου [3], [4].

Οι μοναδικές ιστορικές μαρτυρίες που έχουμε για το ατμοτηλεβόλο (ή ατμοπυροβόλο) του Αρχιμήδη προέρχονται από τον Ιταλό ποιητή Φραγκίσκο Πετράρχη (1304-1374) και τον περίφημο μηχανικό και ζωγράφο Λεονάρντο ντα Βίντσι (1452-1519), ο οποίος, όπως αναφέρει, κατασκεύασε το ατμοτηλεβόλο [1].

Η ιδιοφυΐα και το ήθος του μεγάλου αυτού αναγεννησιακού άνδρα ήταν επόμενο ότι θα τον απέτρεπε από την απόκρυψη των στοιχείων εκείνων που του έδωσαν τις δυνατότητες σύλληψης των δικών του μηχανικών κατασκευών. Έτσι πολύ απλά, με πλήρη ειλικρίνεια όταν περιγράφει το ατμοτηλεβόλο του, που το ονόμασε «architronito», το απέδωσε στον Αρχιμήδη, από όπου προκύπτει και η αρχή της λέξης «archi-tronito» από το όνομα του έλληνα σοφού [1].

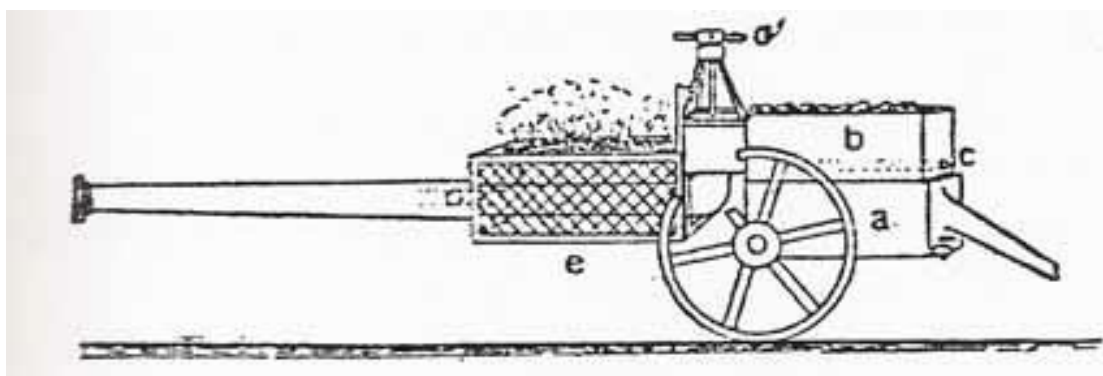


Εικόνα 7. Σχέδιο του Λεονάρντο ντα Βίντσι που αποδίδεται στο «αρχιτρόνιτο», το ατμοτηλεβόλο του Αρχιμήδη. Ο σχεδιασμός όμως δεν ανταποκρίνεται στο ατμοτηλεβόλο, όπως το γνωρίζουμε. Πρόκειται πιθανόν για την μπομπάρδα του Λεονάρντο ντα Βίντσι (Πηγή: [1]).

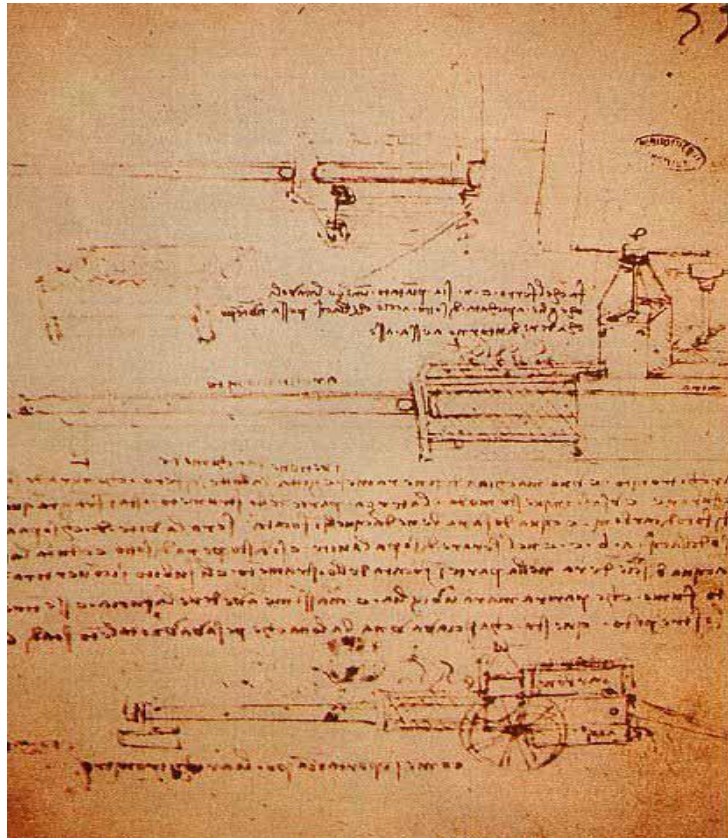
Ανάμεσα στα σχέδια του αρχείου του Λεονάρντο ντα Βίντσι βρέθηκαν τρία που αφορούν το ατμοτηλεβόλο του Αρχιμήδη. Τα τρία αυτά σχέδια δόθηκαν αργότερα στο Πολεμικό Μουσείο, το οποίο με τη σειρά του ενημέρωσε τον Ι. Σακά για αυτά και τον παρότρυνε στην ανακατασκευή του ατμοτηλεβόλου του Αρχιμήδη. Σαν συνέχεια των όσων αφορούν τον Λεονάρντο ντα Βίντσι και το ατμοτηλεβόλο είναι όσα πολύ ενδιαφέροντα σημειώνει σε σχετικό άρθρο του ο Γ. Χαραλαμπίδης [1].

Ο αναφορά στον Ήρωνα μας θυμίζει ότι την εποχή του Αρχιμήδη ή λίγο αργότερα υπήρχαν συσκευές που χρησιμοποιούσαν τον ατμό για πρακτικούς λόγους. Ήδη, γύρω στο 250 π.Χ., ο γιατρός Φιλομένης χρησιμοποιούσε μια χύτρα ατμού όπου μαγείρευε διάφορα φαγητά, ίδια περίπου με αυτή που «ανακάλυψε» 1800 χρόνια μετά ο Denis Papin (1681), η οποία όμως ήταν εφοδιασμένη με ασφαλιστική δικλείδα, εφεύρημα καθαρό του Papin. Επίσης, και ο Φίλων ο Βυζάντιος περιέγραψε ένα λέβητα που χρησιμοποιούσαν στα θυσιαστήρια της εποχής για την αναρρίπηση της φωτιάς. Ο λέβητας ήταν κλειστός και έφερε προς τα πάνω ένα λεπτό λυγισμένο σωλήνα, μέσω του οποίου ο ατμός που παραγόταν μέσα στο λέβητα εκτοξευόταν προς τη φωτιά του θυσιαστηρίου. Ο ίδιος περιγράφει μια συσκευή, που σφύριζε με τη βοήθεια του ατμού (ατμοσειρήνα) και προτείνει τη χρησιμοποίησή της στους φάρους.

Από την εποχή που ο Λεονάρντο ντα Βίντσι δημοσίευσε τα σχέδιά του για το αρχιτρόνιτο δεν έχει γίνει καμία άλλη αναφορά σε αυτό, ενώ τα σχέδια του Ιταλού μηχανικού έφθασαν στα χέρια ενός Έλληνα συναδέλφου του, του Ι. Σακά, ο οποίος μετά από προτροπή του Πολεμικού Μουσείου προχώρησε στην ανακατασκευή του ατμοτηλεβόλου σε μικρογραφία.

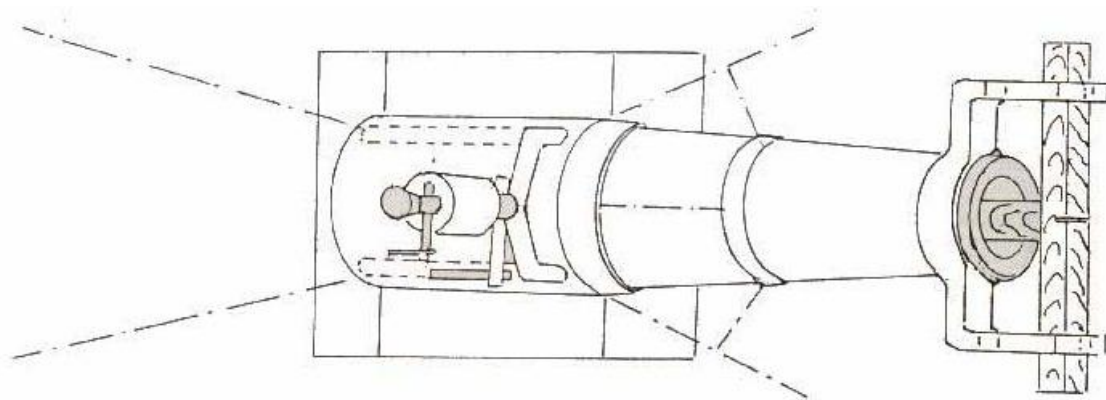


Εικόνα 8. Γραμμική αποκατάσταση του σχεδίου του Λεονάρντο ντα Βίντσι, για το «architronito» (a = δοχείο ύδατος, b = ανθρακαποθήκη, c = άξονας σκοπεύσεως, d = κοχλίας τροφοδοτήσεως και e = εστία ανθράκων) (Πηγή: [1]).



Εικόνα 9. Ιδιόχειρες σημειώσεις και τρία σχέδια του Λεονάρντο ντα Βίντσι που αφορούν το ατμοτηλεβόλο του Αρχιμήδη (Πηγή: [1]).

Στις 12 Μαΐου 1981, ο Ι. Σακάς πραγματοποίησε βολή ενώπιον κοινού, που είχε μεγάλη επιτυχία και απέδειξε ότι ο Αρχιμήδης με απλούστατα υλικά κατασκεύασε το ατμοτηλεβόλο και το χρησιμοποίησε με επιτυχία κατά των Ρωμαίων. Η ανακατασκευή του ατμοτηλεβόλου και η επιτυχής βολή του εντυπωσίασε όλους τους παρευρισκόμενους στο πείραμα και το γεγονός καλύφθηκε από τον ελληνικό και ξένο τύπο με κολακευτικά σχόλια. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ακάλυπτη περιοχή στα Άνω Βριλήσσια της Αττικής [1].



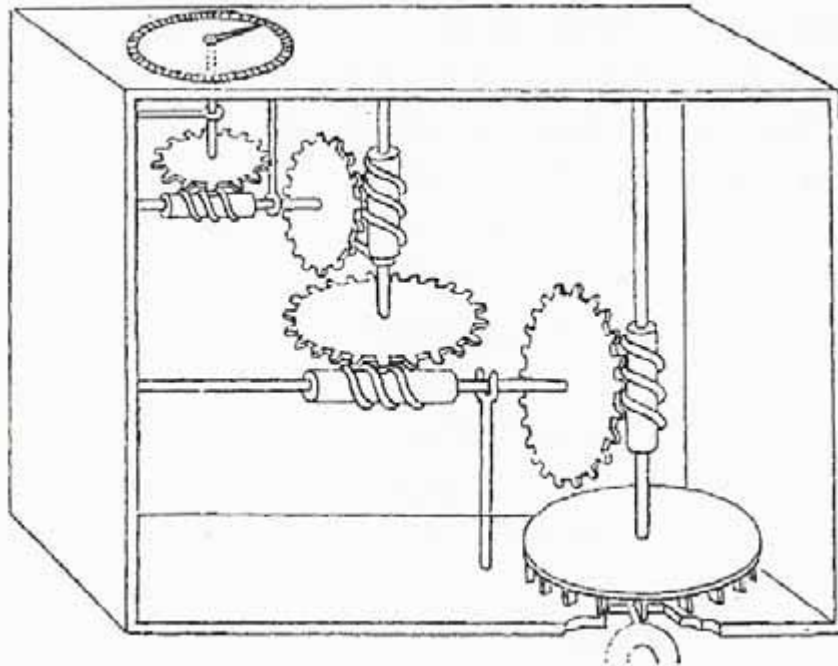
Εικόνα 10. Τομή και κάτοψη του ατμοτηλεβόλου του Αρχιμήδη που ανακατασκεύασε ο Ι. Σακάς (Πηγή: [1]).

1.2.5 Το Οδόμετρο

Το οδόμετρο είναι μια συσκευή που μετρά την απόσταση που διάνυσε ένα κινούμενο όχημα. Πρώτη αναφορά στο οδόμετρο γίνεται από τον Βιτρούβιο, που αφιερώνει και ειδικό τμήμα για αυτό χωρίς να παρέχεται καμία απεικόνιση του οργάνου. Με την ανάγνωση αυτού του τμήματος γίνεται αμέσως φανερό ότι ο συγγραφέας περιγράφει κάποιο μηχανήμα προγενέστερο της εποχής του, του οποίου πιθανότατα είχε δει μόνο τα υπολείμματα, και για αυτό δεν το απεικόνισε. Ίσως επρόκειτο για κάποια μορφή άμαξας που διέθετε έναν τεράστιο, δυσανάλογα μεγάλο τροχό, αναγκαίο για το οδόμετρο και κατά πάσα πιθανότητα δεν επρόκειτο για χρηστικό μηχανήμα. Αν και ο Βιτρούβιος δεν ονομάζει κάποιον ως τον εφευρέτη και κατασκευαστή του μηχανισμού, η σύγχρονη έρευνα έχει αποδώσει την εφεύρεση του οργάνου στον Αρχιμήδη, δεδομένου ότι υπάρχει και μια αναφορά από τον Τζέτζη σχετικά με την ανακάλυψή του από τον Αρχιμήδη [1], [5].

Το όργανο αυτό το γνωρίζουμε επακριβώς χάρη στην περιγραφή του Ήρωνα του Αλεξανδρέα, μεγάλου μαθηματικού και μηχανικού της ελληνιστικής περιόδου, την οποία ενσωμάτωσε στο έργο του όταν είχε διατελέσει διευθυντής του περίφημου Μουσείου της Αλεξάνδρειας [1].

Η αναφορά του Ήρωνα στο οδόμετρο και η σχετική περιγραφή του είναι γραμμένη εκατό χρόνια περίπου μετά από αυτήν του Βιτρούβιου και περιέχεται στο έργο του, Διόπτρα ή Περί Διόπτρας. Όπως τα περισσότερα έργα του Ήρωνα, έτσι και αυτό είχε περιπετειώδη βίο. Μετά από λήθη πολλών αιώνων, η Διόπτρα εκδόθηκε για πρώτη φορά στη Δύση το 1814, στην Ιταλία, από τον Venduri, ενώ το ελληνικό κείμενο δημοσιεύθηκε μαζί με το αντίστοιχο ιταλικό και πάλι στην Ιταλία από τον Vicentio το 1858. Γαλλική μετάφραση του έργου έγινε από τον Vincent το 1862, ενώ στα γερμανικά έγινε μια πρώτη έκδοση στα 1897 από τον Schone, για να επανεκδοθεί αργότερα στα 1903 [1].



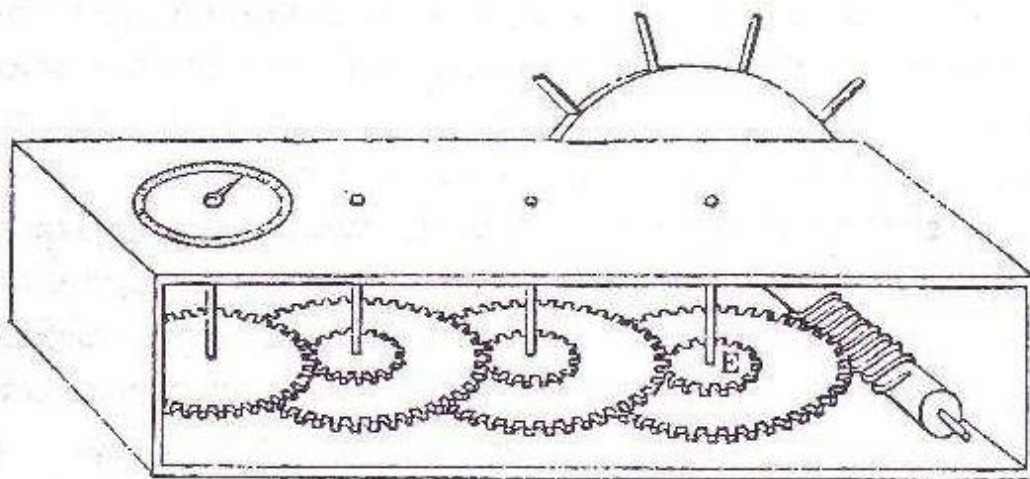
Εικόνα 11. Το οδόμετρο όπως περιγράφεται από τον Ήρωνα τον Αλεξανδρινό, αλλά αποδίδεται στον Αρχιμήδη (Πηγή: [1]).

Για το πρωτότυπο ελληνικό κείμενο υπάρχουν δύο αντίγραφα, ένα στην Εθνική Βιβλιοθήκη του Παρισιού με τα στοιχεία, Mynas Codex, το οποίο χρησιμοποίησε ο Vincent για την δική του έκδοση, και ένα δεύτερο στη Βιβλιοθήκη του Στρασβούργου. Τέλος, ένα τρίτο, σε λίγα αποσπάσματα, υπάρχει στη Βιβλιοθήκη της Βιέννης [1].

Το έργο του Ήρωνα, Διόπτρα, έχει γίνει κατά καιρούς αντικείμενο σημαντικών μελετών, ιδιαίτερα από συγγραφείς που ασχολούνται με την αρχαία ελληνική και ρωμαϊκή μηχανική. Ουσιαστικά το έργο περιγράφει την κατασκευή ενός γεωδαιτικού μηχανήματος, της διόπτρας, που υπήρξε ο πρόγονος του αστρολάβου και του σημερινού θεοδόλιχου [1].

Το μηχανικό οδόμετρο (ή δρομόμετρο) αποτελείται από ένα σύμπλεγμα οδοντωτών τροχών (γρاناζιών), που με τη βοήθεια ελίκων μεταφέρουν την κίνηση του οχήματος και τη μετατρέπουν σε μονάδες μέτρησης. Έτσι είναι εύκολο σε οποιονδήποτε να ενημερωθεί για την απόσταση που έχει διανύσει το όχημα, συμβουλευόμενος τη διαβαθμισμένη πλάκα που υπάρχει στην επάνω πλευρά του κιβωτίου το οποίο περικλείει το μηχανισμό, ένα μηχανισμό που σύγχρονοι ερευνητές ονόμασαν «ταξίμετρο» [1].

Αναφορικά με το αντίστοιχο μηχανήμα που μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη θάλασσα, το ναυτικό δρομόμετρο, η περιγραφή που έκανε ο Ήρωνας είναι περίπου η ίδια, εκτός από μερικές μεταβολές, που είναι απαραίτητες για την προσαρμογή του δρομόμετρου στα πλοία με τη βοήθεια ενός πλωτήρα. Η σύντομη περιγραφή αυτής της μετατροπής υπάρχει στην παράγραφο 38 της Διόπτρας και παρουσιάζεται ξαφνικά χωρίς κάποια, μικρή έστω, εισαγωγή. Μπορούμε να σκιαγραφήσουμε συνοπτικά αυτό το μηχανήμα. Έξω από το πλοίο τοποθετείται ένας πτερυγοφόρος τροχός, που συνδεόταν στο εσωτερικό του πλοίου με το ίδιο σύστημα οδοντωτών τροχών, όπως και στο αρχικό δρομόμετρο. Ο τελικός τροχός έκανε μια πλήρη στροφή κάθε 100 ρωμαϊκά passus, μονάδα μέτρησης, η οποία έχει χαθεί η ακριβής της αντιστοιχία [1].



Εικόνα 12. Μετατροπή του οδομέτρου ξηράς σε δρομόμετρο θαλάσσης, πάντα κατά την περιγραφή του Ήρωνα (Πηγή: [1]).

1.2.6 Μηχανισμοί Έλξης και Ανύψωσης Βαρών

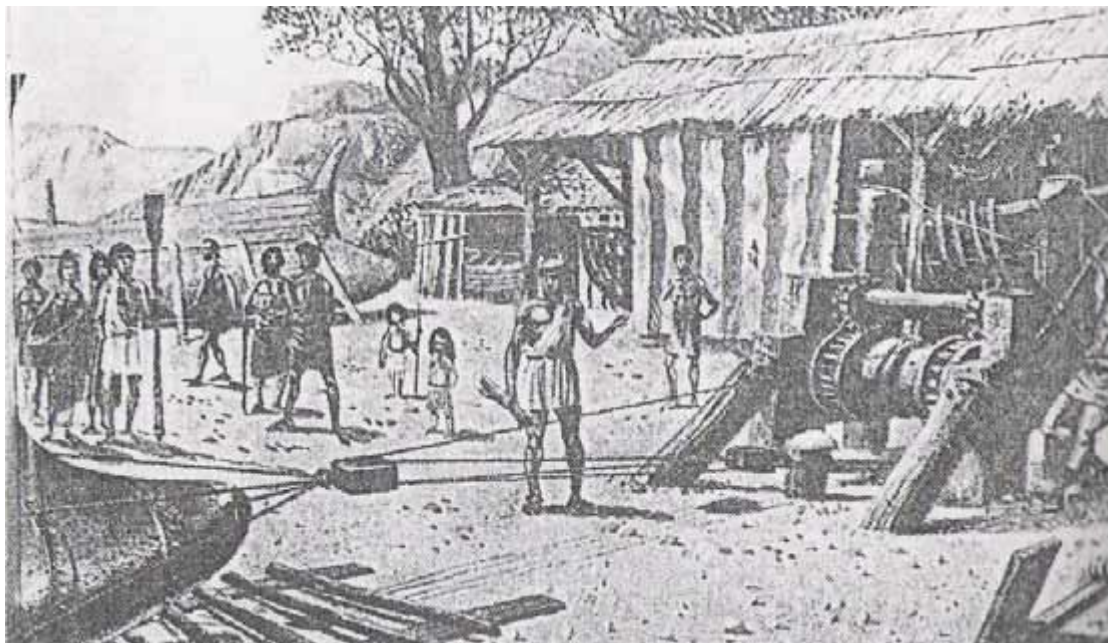
Στις μηχανικές εφευρέσεις του Αρχιμήδη εντάσσονται οι μηχανισμοί έλξης και ανύψωσης βαρών, όπως βαρούλκος, πολύσπαστο, τρίσπαστο και χαριστίων, τους οποίους ονομαστικά γνωρίζουμε από διάφορες φιλολογικές πηγές. Ωστόσο, οι πηγές δεν αποσαφηνίζουν τί ακριβώς ήταν αυτοί οι μηχανισμοί, με αποτέλεσμα σήμερα να μην έχουμε αρκετά ξεκάθαρη εικόνα για αυτούς [1].

Ο Πλούταρχος αναφέρεται σε έναν πολύσπαστο μηχανισμό που χρησιμοποίησε ο Αρχιμήδης για να καθελκύσει ένα τεράστιο πλοίο μετά από αίτημα του βασιλιά Ιέρωνα. Ο μηχανισμός αυτός είναι γνωστός σε εμάς ως παλάγκο (βίτζι), έχει δύο μεγάλες ξύλινες τροχαλίες (μακαράδες), μέσα στις οποίες κινείται ένας μεγάλος αριθμός σχοινιών [1].

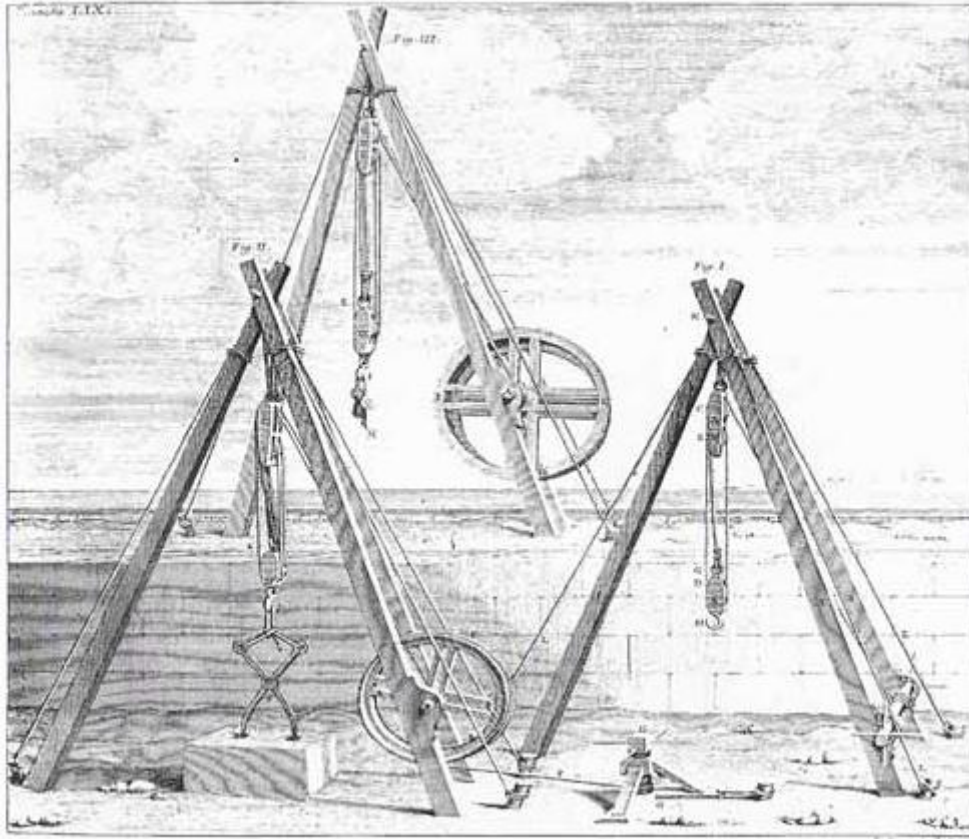
Το ίδιο περιστατικό διηγείται και ο Πρόκλος, ο οποίος παρουσιάζει τον Ήρωνα να επαναλαμβάνει το ίδιο πείραμα. Όμως, ο Ήρωνας το δικό του μηχανήμα έλξης βαρών το αποκαλεί βαρούλκο, ένα όργανο στο οποίο ένας εργάτης στρέφει, μέσω ενός συστήματος οδοντωτών τροχών, ο τελευταίος των οποίων κινείται από έναν ατέρμονα κοχλία [1].

Για το ίδιο θέμα ο Τζέτζης αναφέρεται σε μηχανήμα τρίσπαστο, που είναι μηχανισμός ίδιος με το πολύσπαστο, αλλά σε κάθε τροχαλία αντιστοιχούν τρεις δέσμες σχοινιών. Επίσης, ο Τζέτζης σε άλλο απόσπασμα αναφέρει κάποιο μηχανισμό με την ονομασία χαριστίων και την ίδια ονομασία συναντάμε σε κείμενο του Σιμπλίκιου, ενός έλληνα συγγραφέα του 6^{ου} αιώνα μ.Χ. [1].

Σύμφωνα με το [1], ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε μία μορφή βαρούλκου που κατέληγε σε κάποια έλικα (ατέρμονα κοχλία), μέσω της οποίας μπορούσε να κινήσει ένας και μόνο άνθρωπος τεράστιο βάρος με θαυμαστά αποτελέσματα. Επιπρόσθετα, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι δεν έχουμε να κάνουμε με διαφορετικά μηχανήματα έλξης βαρών αλλά με ένα και μοναδικό, το οποίο παραδόθηκε σε εμάς σήμερα με διαφορετικές ονομασίες από τις φιλολογικές πηγές, το οποίο είναι συχνό φαινόμενο στα αρχαία κείμενα.



Εικόνα 13. Χειροκίνητο βαρούλκο με οδοντωτούς τροχούς για την καθέλκυση των πλοίων στην ξηρά. Ένα από τα μηχανήματα που επινόησε ο Αρχιμήδης (Πηγή: [1]).



Εικόνα 14. Πολύσπαστο της εποχής του Αρχιμήδη. Εικονογράφηση του Βιτρούβιου (Πηγή: [1]).

1.2.7 Πολεμικές Μηχανές

Όλες οι εφευρέσεις του Αρχιμήδη που χρησιμοποιήθηκαν στη διάρκεια της πολιορκίας των Συρακουσών ανήκουν στην κατηγορία των πολεμικών μηχανών, έστω και αν είχαν αμυντικό χαρακτήρα. Οι εφευρέσεις αυτές είναι τα εμπρηστικά κάτοπτρα (παρουσιάστηκαν στην υποενότητα 1.2.1), το ατμοηλεβόλο (παρουσιάστηκαν στην υποενότητα 1.2.4), οι μηχανικές αρπάγες και οι λιθοβόλοι γερανοί. Αυτά είχαν ανακαλυφθεί και κατασκευαστεί για την αμυντική ικανότητα της πόλης και φυσικά δεν μπορούμε να απορρίψουμε την περίπτωση της προσαρμογής κάποιου από αυτά στις συνθήκες της πολιορκίας. Όλα αποτελούν αδιαμφισβήτητες ανακαλύψεις του Αρχιμήδη, αφού δεν υπάρχει καμία σχετική αναφορά για αυτά σε κείμενα ή και έργα άλλων μηχανικών της ελληνιστικής περιόδου. Παράλληλα, ο Αρχιμήδης βελτίωσε πολλά από τα ήδη υπάρχοντα όπλα [1].

Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι οι γραπτές πηγές που έχουμε για τις πολεμικές μηχανές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα «πολιορκητικά» κείμενα, που αφορούν όλες τις μηχανές που χρησιμοποιούνται σε μία πολιορκία και τα «βελοποιικά», που αφορούν τους κάθε μορφής και είδους καταπέλτες [1].



Εικόνα 15. Τρεις πολεμικές μηχανές του Αρχιμήδη που τον έκαναν διάσημο: οι γερανοί που σήκωναν στον αέρα τα ρωμαϊκά πλοία, ισχυροί καταπέλτες και τα εμπρηστικά κάτοπτρα (Πηγή: [1], [6]).

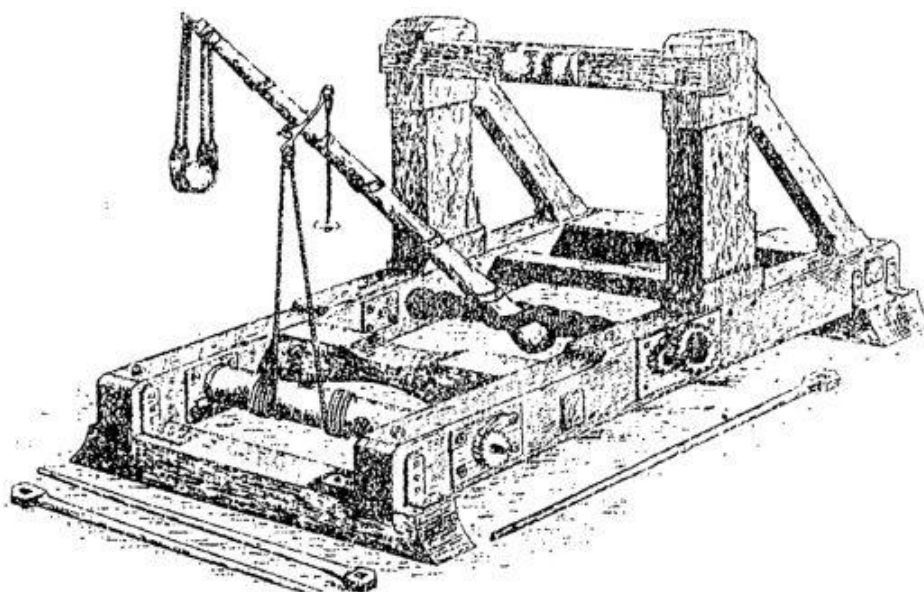
Την εποχή που γίνεται η πολιορκία των Συρακουσών, η εξέλιξη των πολεμικών μηχανών (πολιορκητικών ή αμυντικών) βρίσκεται σε άνθηση. Αυτό οφείλεται σε τρεις κυρίως λόγους [1]:

1. τη μηχανική παράδοση που πρώτος θεμελίωσε ο τύραννος των Συρακουσών Διονύσιος ο Πρεσβύτερος (430-367 π.Χ.),
2. τις μηχανικές επιτεύξεις σε αυτό τον τομέα των μηχανικών του Μ. Αλεξάνδρου και
3. τις εξελίξεις που έφερε στο χώρο η σχολή μηχανικών της Ρόδου.

Όλα αυτά αντανακλώνται με τον καλύτερο τρόπο στα πολλά συγγράμματα των αρχαίων αλλά και στις πρόσφατες έρευνες γύρω από την αρχαία «βελοποιική», την επιστήμη, δηλαδή, που μελετά όλους τους μηχανισμούς οι οποίοι βάζουν (εκσφενδονίζουν κάποιο αντικείμενο κατά του εχθρού).

Έχουμε τα όπλα πολιορκίας (πρόσκρουσης) που, εκτός από τα βλητικά όπλα, περιέχουν και μηχανισμούς εκπόρθησης (π.χ. οι πολιορκητικοί κριοί, οι χελώνες, οι καταπέλτες κ.α.), και τους μηχανισμούς άμυνας, στους οποίους είχε σημαντικότερη συνεισφορά ο Αρχιμήδης με τα εμπρηστικά κάτοπτρα, οι αρπάγες και οι λιθοβόλοι γερανοί, καθώς το ατμοτηλεβόλο του μπορεί να παίξει και επιθετικό και αμυντικό ρόλο. Πάντως, είναι γεγονός ότι αυτά τα τέσσερα όπλα (ατμοτηλεβόλο, εμπρηστικά κάτοπτρα, αρπάγες και λιθοβόλοι γερανοί) εμφανίστηκαν για πρώτη φορά τότε και αποτελούν τη βάση για τις μελλοντικές επιστήμες της υδραυλικής κατοπτρικής και βαλλιστικής [1].

Στις Συρακούσες, ο Αρχιμήδης βρήκε μία λαμπρή παράδοση κατασκευής πολεμικών μηχανών, την οποία βελτίωσε αλλά και μεγάλωσε. Στον τομέα αυτό σπουδαίο ρόλο διαδραμάτισε ο τύραννος των Συρακουσών Διονύσιος ο Πρεσβύτερος, που, πρώτος στην ιστορία δημιούργησε ένα σύγχρονο ερευνητικό κέντρο πολεμικής βιομηχανίας. Αυτό συνέβη το 399 π.Χ. και κύριος στόχος του Διονυσίου ήταν η ανάπτυξη της πολεμικής τεχνικής. Συγκέντρωσε πλήθος ειδικών τεχνικών από όλα τα σημεία του ελληνικού κόσμου, τους χώρισε σε ομάδες με καθορισμένο αντικείμενο έρευνας, τους παρείχε άφθονα υλικά μέσα και τους εξόπλισε με τα ανάλογα ψυχολογικά κίνητρα.



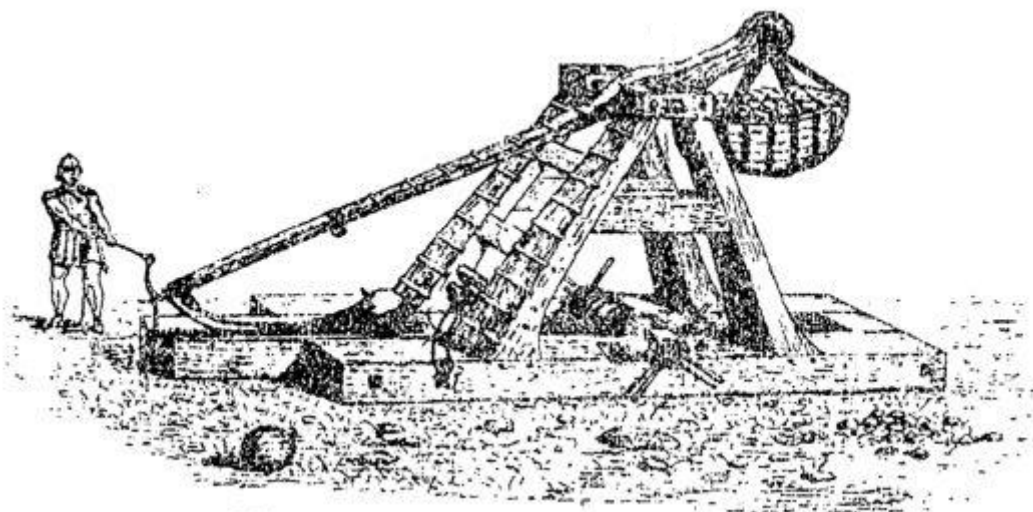
Εικόνα 16. Βαλλιστικό μηχανήμα της εποχής του Αρχιμήδη, κατά τον L. Sprague de Camp (Πηγή: [1]).

Στόχος των προσπαθειών του ήταν η ανακάλυψη όπλων που θα του παρείχαν υπεροπλία απέναντι στους Καρχηδόνιους κυρίως και ο στόχος αυτός επιτεύχθηκε με θαυμαστά αποτελέσματα, τέτοια ώστε να προκαλεί έως σήμερα το θαυμασμό των ειδικών. Γνωρίζουμε ότι χάρη σε αυτό το κέντρο εφευρέθηκαν κυρίως οι καταπέλτες – το βασικό όργανο πολεμικής τακτικής της αρχαιότητας – καθώς και βελτιώθηκαν πολλά άλλα. Επιπλέον, γνωρίζουμε ότι χάρη σε αυτό το κέντρο προωθήθηκε η ναυπηγική τεχνική με την κατασκευή μιας σειράς πολεμικών πλοίων, όπως τετρήρεις ή πεντήρεις, που είχαν περισσότερη δύναμη στα έμβολά τους από τις γνωστές τρήρεις. Αυτή την παράδοση εμπλούτισε ο Αρχιμήδης με τις δικές του εφευρέσεις ωθούμενος από την πολιορκία των Συρακουσών από τους Ρωμαίους [1].

Από τις τέσσερις εφευρέσεις του Αρχιμήδη αρκετά γραπτά στοιχεία έχουμε για τα εμπρηστικά κάτοπτρα, λιγότερα για το ατμοτηλεβόλο και σχεδόν τίποτα για τη «σιδηρά αρπάγη» και το «λιθοβόλο γερανό», που τόσο τεράστια επίδραση είχαν πάνω στους πολιορκητές (Ρωμαίους). Δεν υπάρχει καμία αναφορά για αυτά, ενώ σπανιότατα είναι και τα σχέδια που τα αναπαριστούν. Επομένως, είμαστε υποχρεωμένοι να περιοριστούμε είτε σε αναφορές μεταγενέστερων συγγραφέων είτε σε σύγχρονες απεικονίσεις [1].

Υπάρχουν όμως στοιχεία που αναφέρονται στην κατασκευή από τον Αρχιμήδη ενός πετροβόλου καταπέλτη, του μεγαλύτερου που είχε κατασκευαστεί έως τότε. Προηγουμένως, αναφέραμε ότι η ανακάλυψη και εξέλιξη του καταπέλτη δεν οφειλόταν στον Αρχιμήδη, αλλά σε άλλους. Ωστόσο, και στον τομέα αυτό ο Αρχιμήδης έδειξε την ευφυΐα του και τις μηχανικές του γνώσεις με την κατασκευή ενός τεράστιου καταπέλτη, που όμως θα πρέπει να είχε πολύ λιγότερα αποτελέσματα από τα αναμενόμενα. Ήταν μια «πετροβόλος», ένας καταπέλτης που εκτόξευε πέτρες βάρους 3 ταλάντων (=78 κιλών), της οποίας η κατασκευή ήταν άμεσα εξαρτημένη από τη δύναμη στρέψης των σχοινιών που αποτελούσαν το μηχανισμό στρέψης.

Στην προ του Αρχιμήδη περίοδο είχαν χρησιμοποιηθεί είτε μαλλιά και νεύρα ζώων είτε μπρούτζινοι σταθεροί βραχίονες, που όμως παρουσίαζαν μεγάλα μειονεκτήματα. Πάντως, αν και ο σχεδιασμός στα ελατήρια στρέψης ήταν ικανοποιητικός, είχε φθάσει σε οριακό σημείο, ώστε δεν επέτρεπε τη βελτίωση του καταπέλτη. Αυτό κατόρθωσαν έλληνες μηχανικοί που εργάζονταν στην Αίγυπτο, οι οποίοι αντικατέστησαν τα προηγούμενα υλικά (μαλλιά, νεύρα ή μπρούντζο) με κουβάρι σχοινιού δίνοντας μεγαλύτερη δύναμη ώθησης, γεγονός που μεγάλωνε το βεληνεκές του όπλου.



Εικόνα 17. Βαλλιστικό μηχανήμα της εποχής του Αρχιμήδη, κατά τον L. Sprague de Camp (Πηγή: [1]).

1.2.8 Το Πλανητάριο (Ουράνια Σφαίρα)

Ο Αρχιμήδης έκανε τα πρώτα βήματα στην αναπαράσταση των κινήσεων του Ήλιου, της Σελήνης και των πλανητών, κατασκευάζοντας μηχανισμούς, οι οποίοι σαφέστατα δεν είχαν υδραυλική υποδομή. Χρησιμοποίησε, ίσως για πρώτη φορά στην ιστορία, σειρές οδοντωτών τροχών διατεταγμένων σε τρόπο που να εμπλέκονται σε παράλληλα επίπεδα, για να φθάσει έτσι να χρησιμοποιήσει τους πιο κατάλληλους αριθμούς δοντιών που χρειάζονται προκειμένου οι σωστές αναλογίες των τροχών να στρέφουν τους διάφορους δείκτες των πλανητών. Ίσως ακόμα να χρησιμοποίησε τον ατέρμονα κοχλία για να περιστρέψει το σύστημα οδοντωτών τροχών κατά ένα δόντι τη φορά προκειμένου να πετύχει τη μεγάλη αναλογία που χρειάζεται για να φαίνεται η ημερήσια περιστροφή μαζί με τις περιστροφές του Ήλιου, της Σελήνης και των πλανητών. Υποθέτουμε ότι όλα αυτά τα στοιχεία τα είχε ενσωματώσει στην πραγματεία του Περί Κατασκευής Σφαιρών, η οποία όμως δυστυχώς χάθηκε. Η Περί Κατασκευής Σφαιρών θα αποτελούσε μία σημαντική εξαίρεση στην πάγια συνήθειά του να μην καταγράφει τις μηχανικές του εφευρέσεις. Στον Κικέρωνα χρωστάμε σχεδόν τις περισσότερες πληροφορίες που αφορούν τα πλανητάρια που είχε κατασκευάσει ο Αρχιμήδης [1].

Επιπροσθέτως, στοιχεία για τις αστρονομικές μετρήσεις του Αρχιμήδη μεταφέρουν δύο αρχαίοι συγγραφείς, ο Ιππόλυτος (3^{ος} αιώνας μ.Χ.) και ο Μακρόβιος (4^{ος} αιώνας μ.Χ.) καθώς και άλλοι, όπως ο Σέξτος Εμπειρικός, ο Αμμιανός Μαρκελίνος, ο Οβίδιος κ.α. Ο Αρχιμήδης έκανε αστρονομικούς υπολογισμούς με κάποιο αστρονομικό όργανο που ο ίδιος υπαινίσσεται στο έργο του Ψαμμίτης. Δυστυχώς, δεν υπάρχει κανένα σχέδιο, προερχόμενο από τον Αρχιμήδη, για το όργανο αυτό. Σε αυτό το όργανο, αναφέρθηκε διεξοδικά τόσο ο Price όσο και ο Maddison, ενώ σχεδιαστική απόπειρα έκανε ο Dijksterhuis. Πάνω στον Dijksterhuis στηρίχθηκε ο Lejeune, που έδωσε πλήρη περιγραφή του όλου θέματος [1].

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η διόπτρα του Αρχιμήδη πρέπει να θεωρείται ως το αρχαιότερο όργανο σκόπευσης που εμφανίστηκε στην Ελλάδα. Επίσης, ένα γενικότερο συμπέρασμα που εξάγεται από τις αναφορές στη διόπτρα του Αρχιμήδη είναι ότι αν και πρόκειται για όργανο απλοϊκό αλλά μεγαλοφυές στη σύλληψή του, είναι ακριβέστερο σους υπολογισμούς του από νεότερες κατασκευές, π.χ. τη διόπτρα του Ιπάρχου [1].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΗΡΩΝΑΣ Ο ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΝΟΣ

2.1 Η Ζωή και το Έργο του Έρωνα

2.1.1 Βιογραφικά Στοιχεία για τον Έρωνα

Ο Έρωνας ήταν ονομαστός Έλληνας μαθηματικός και μηχανικός της αρχαιότητας. Έζησε στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου, πιθανότατα, τον 1ο π.Χ. αιώνα. Τα βιογραφικά στοιχεία που έχουμε σήμερα για τον Έρωνα είναι ελάχιστα. Παρόλα αυτά ο Έρωνας είναι πάρα πολύ γνωστός από τα έργα του στη γεωδαισία, στη μηχανική, στην υδραυλική, στη γεωμετρία και την οπτική, από τα οποία άλλα διασώθηκαν στο πρωτότυπο και άλλα είναι γνωστά από μετάφρασή τους στη λατινική γλώσσα [7], [8].

Ο Έρωνας υπήρξε διευθυντής της περίφημης Ανώτατης Τεχνικής Σχολής της Αλεξάνδρειας, το πρώτο πολυτεχνείο που είχε ιδρυθεί στο Μουσείο για μηχανικούς. Λέγεται ότι ακολουθούσε την θεωρία των ατόμων και τη Μηχανική Σύνταξη του Φίλωνα. Επίσης, ιδέες του Κτησίβιου ήταν βάση για κάποια από τα έργα του. Ήταν γνωστός και ως Έρων ο Κτησίβιου (ως μαθητή, πιθανότατα, του μεγάλου μαθηματικού και εφευρέτη Κτησίβιου), και Έρων ο Μηχανικός [9].

Ο Έρωνας συνόψισε στα έργα του Πνευματικά και Αυτοματοποιητική τη μέχρι τότε γνωστή καθώς και τη νέα τεχνολογία των αυτόματων, πνευματικών, υδραυλικών και μηχανικών αυτοκινήτων μηχανών και θεάτρων. Η πιο διάσημη εφεύρεση του Έρωνα είναι η αιολόσφαιρα ή ατμοστρόβιλος, η πρώτη ατμομηχανή στην ιστορία. Επιπρόσθετα, ο Έρωνας είναι γνωστός από το δικής του επινόησης πίδακα, «κρήνη του Έρωνα» και από το ομώνυμο του τύπο, που παρέχει το Εμβαδόν Ε επιπέδου τριγώνου από τα μήκη των πλευρών του α, β και γ [7], [8], [9]. Ο τύπος αυτός είναι ο εξής [8]:

$$E = \frac{1}{4} \sqrt{t(t-a)(t-b)(t-g)}, \quad \text{όπου } 2t = a + b + g \text{ (hperimetroVtoutrigónou).}$$

2.1.2 Τα Διασωθέντα Έργα του Ήρωνα

Στα έργα του Ήρωνα, τα οποία σώθηκαν, συγκαταλέγονται τα εξής [9]:

1. *Όροι Γεωμετρίας και Γεωμετρικά*, που περιέχουν εφαρμοσμένα γεωμετρικά προβλήματα. Στη γεωμετρία, διατύπωσε και απέδειξε έναν τύπο, γνωστό ως ο τύπος του Ήρωνα, για τον υπολογισμό του εμβαδού ενός τριγώνου σε σχέση με τις πλευρές του. Επίσης σκέφτηκε μια επαναληπτική διαδικασία για τον υπολογισμό της τετραγωνικής ρίζας κάποιου αριθμού.
2. *Στερεομετρικά*, με πρακτικά προβλήματα στερεομετρίας.
3. *Περί μέτρων και Μετρικά A, B και Γ*, με γενικά προβλήματα μετρήσεων.
4. *Περί διόπτρας*, με στοιχεία τοπογραφικών μετρήσεων. Εδώ περιγράφει το οδόμετρο, το ναυτικό δρομόμετρο (παραλλαγή του οδομέτρου για χρήση σε πλοίο).
5. *Κατοπτρικά*, με στοιχεία οπτικής. Εδώ, ο Ήρωνας είχε προτείνει ότι το φως ακολουθεί το συντομότερο γεωμετρικά μονοπάτι. Αυτή η θεωρία δεν είναι πλέον αποδεκτή, κι έχει αντικατασταθεί με την αρχή του ελαχίστου χρόνου, που αποτελεί ειδική περίπτωση της αρχής της ελάχιστης δράσης
6. *Πνευματικά A και B*, με τα αυτόματα πνευματικά και υδραυλικά συστήματα. Αναλυτικότερα, περιγράφεται η λειτουργία της αιολόσφαιρας (η πρώτη ατμομηχανή), η αυτόματη πόρτα για ναούς ή θέατρα, αυτοματισμοί για το θέατρο του, όπως για παράδειγμα πολλαπλές εναλλασσόμενες σκηνές κινούμενων μορφών που συνοδεύονταν από οπτικά και ηχητικά εφέ.
7. *Αυτοματοποιητική*. Έργο του 1ου αιώνα π.Χ. Είναι το αρχαιότερο γνωστό κείμενο με περιγραφές αυτόματων μηχανικών συστημάτων-αυτόματα θέατρα, ικανών να κάνουν προγραμματισμένες κινήσεις.
8. *Μηχανική*, από της οποίας διασώθηκαν μόνο ελληνικά αποσπάσματα, ενώ το πλήρες κείμενο σώθηκε σε αραβική μετάφραση του 'Kosta ben Luka. Στο βιβλίο αυτό περιέχεται η θεωρία της στατικής και της κινηματικής των σωμάτων, αναλύονται τα πέντε απλά μηχανικά στοιχεία, ο τροχός, ο μοχλός, το πολύσπαστο, η σφήνα, και ο κοχλίας. Εξετάζεται η μετάδοση κίνησης με οδοντωτούς τροχούς, οι ανυψωτικές μηχανές και άλλα συστήματα εφαρμοσμένης μηχανικής.
9. *Βελοπαικτικά*, το βιβλίο με τα παλαιότερα χειρόγραφα σχήματα, που περιέχουν τη θεωρία της βολής και αναλύει τα ελληνιστικά βαλλιστικά όπλα.

2.1.3 Τα Χαμένα Έργα του Ήρωνα

Σύμφωνα με το [7], στα έργα του Ήρωνα που δεν σώθηκαν συγκαταλέγονται:

1. Τέσσερις τόμοι για τα υδραυλικά ωρολόγια, στους οποίους αναφέρεται ο ίδιος ο συγγραφέας στην εισαγωγή των Πνευματικών του.
2. Το βιβλίο για τη λειτουργία του Αστρολάβου.

2.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες του Ήρωνα

Στον Ήρωνα αποδίδονται οι εφευρέσεις πολλών ελεγκτικών μηχανισμών ανάδρασης που λειτουργούσαν με νερό, φωτιά και συμπιεσμένο αέρα σε διάφορους συνδυασμούς και η κατασκευή του πρώτου προγραμματιζόμενου αναλογικού υπολογιστή με ένα πολύπλοκο σύστημα γριναζωτών ατράκτων διάστικτων με καβίλιες και δεμένων με σχοινιά που στις άκρες τους είχαν βάρη (σακιά άμμου που άδειαζαν με την πάροδο του χρόνου) και χρησιμοποιείτο στην λειτουργία του αυτόματου θεάτρου του [9]. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι σημαντικότερες εφευρέσεις – τεχνολογικές καινοτομίες του Ήρωνα.

2.2.1 Αιολόσφαιρα ή Ατμοστρόβιλος του Ήρωνα

Η αιολόσφαιρα ή ατμοστρόβιλος του Ήρωνα είναι η πρώτη ατμομηχανή που ανακαλύφθηκε. Αποτελούνταν από ένα κλειστό δοχείο που όταν το νερό που είχε τοποθετηθεί μέσα του άρχιζε να βράζει, ο ατμός που παραγόταν κατευθυνόταν με σωλήνες στο πάνω μέρος σε μία κοίλη σφαίρα με δύο αντιδιαμετρικές εφαπτομενικά εξόδους. Η ταχύτητα εξόδου του ατμού συνδυασμένη με την κατάλληλη άρμωση της σφαίρας την έκαναν να περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογη του βρασμού του νερού. Επιπρόσθετα, η περιστροφική κίνηση της σφαίρας ήταν με φορά αντίθετη προς τη φορά της εξόδου του ατμού. Η παραγόμενη κυκλική κίνηση από την ατμομηχανή του Ήρωνα θα μπορούσε να δώσει κίνηση σε αρκετές μηχανές της εποχής, όπως ο τόννος. Δεν έχουμε όμως αρκετά στοιχεία για κάτι τέτοιο [8], [11].

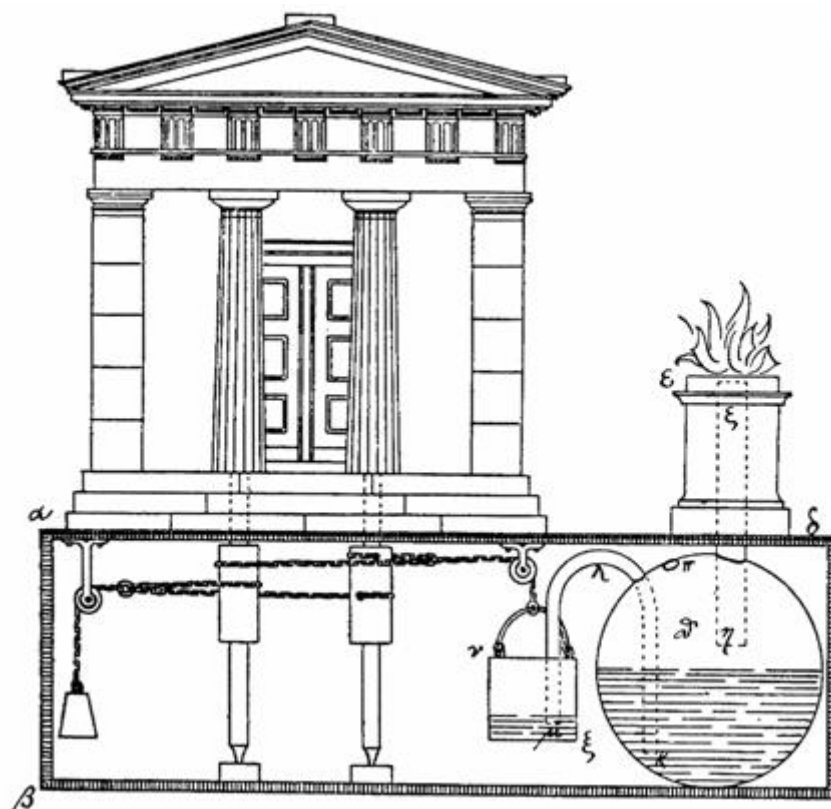


Εικόνα 18. Η Αιολόσφαιρα ή Ατμοστρόβιλος του Ήρωνα (Πηγή: [10]).

2.2.2 Αυτόματες Πύλες Ναού του Ήρωνα

Κατασκευή ενός ναού ώστε με την έναρξη της θυσίας στο βωμό που βρίσκεται στην είσοδο του ναού και το άναμμα της φλόγας να ανοίγουν αυτόματα οι πύλες οι οποίες κλείνουν αυτόματα με το τέλος της θυσίας και το σβήσιμο της φλόγας [7], [12].

Με το άναμμα της φλόγας θερμός αέρας διοχετεύεται από τον σωλήνα ζ στη σφαίρα και πιέζει την ελεύθερη επιφάνεια του νερού το οποίο βρίσκεται διέξοδο, μέσα από τον σωλήνα κμ, στο δοχείο ν. Η αύξηση του βάρους του δοχείου δημιουργεί κίνηση προς τα κάτω. Έτσι η αλυσίδα ανάρτησης του δοχείου ξετυλίγεται από τους δύο κατακόρυφους στύλους οι οποίοι με την περιστροφή τους ανοίγουν τις πύλες του ναού. Το σβήσιμο του βωμού συνεπάγεται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα στο κλειστό σύστημα σφαίρα-δοχείο, με αποτέλεσμα ο αέρας να συσταλλθεί και να δημιουργήσει υποπίεση στη σφαίρα με αποτέλεσμα την αναρρόφηση του νερού από το δοχείο και την απώλεια του βάρους του. Έτσι το αντίβαρο στην πλευρά αβ δημιουργεί την αντίστροφη περιστροφή στους κατακόρυφους στύλους και το κλείσιμο της πύλης του βωμού [12].



Εικόνα 19. Απεικόνιση Λειτουργίας των Αυτόματων Πυλών Ναού (Πηγή: [12]).

2.2.3 Αυτόματη Σπονδή του Ήρωνα

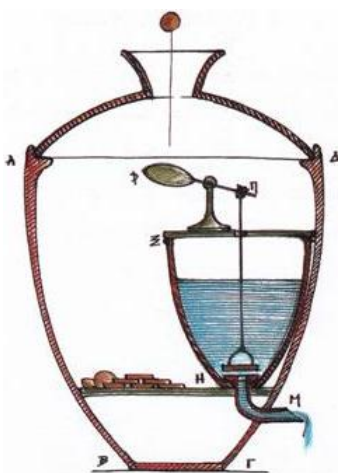
Κατά την αυτόματη σπονδή του Ήρωνα όταν ανάψει φωτιά σε ένα βωμό για θυσία, τότε από τα αγάλματα που στέκονται δίπλα στο βωμό ρέει αυτόματα σπονδή και η φωτιά σβήνει [7]. Όταν άναβε φωτιά σε βωμούς οι μορφές (π.χ. αγάλματα) πάνω σε αυτούς έριχναν σπονδή (και έσβηναν αυτόματα τη φωτιά). Για τη λειτουργία της αυτόματης σπονδής γινόταν αξιοποίηση της διαστολής του αέρα που θερμαίνεται από τη φωτιά. Ο διαστελλόμενος αέρας πίεζε το νερό στο υποκείμενο δοχείο, το ανέβάζε μέσα από ένα σωλήνα και το έριχνε στη φωτιά, με αποτέλεσμα αυτή να σβήσει [13].



Εικόνα 20. Απεικόνιση Λειτουργίας της Αυτόματης Σπονδής (Πηγή: [13]).

2.2.4 Αυτόματος Κερματοδέκτης του Ήρωνα

Σε μερικά αγγεία, που είχαν ενσωματωμένο τον αυτόματο κερματοδέκτη, όταν κάποιος έριχνε ένα νόμισμα, τότε το νερό έρεε απ' αυτά για αγιασμό. Το νόμισμα έπεφτε πάνω σε έναν ζυγό, που μετακινούμενος άνοιγε μία βαλβίδα και έρεε λίγο νερό [14].



Εικόνα 21. Απεικόνιση Λειτουργίας του Αυτόματου Κερματοδέκτη (Πηγή: [14]).

2.2.5 Αυτόματη Κρήνη του Ήρωνα

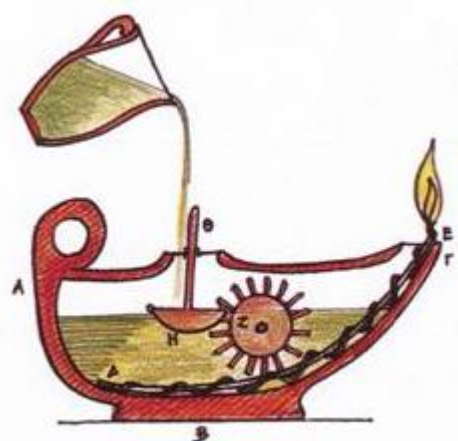
Αυτόματη κρήνη, όπου με την εφαρμογή υδραυλικών σιφωνίων, μηχανικών συστημάτων μετάδοσης και πνευματικών μεθόδων παραγωγής ήχων, μια δημόσια κρήνη, με κελαηδήματα πουλιών και μια περιοδικά περιστρεφόμενη κουκουβάγια, λειτουργεί αδιάκοπα. Η ροή του νερού προκαλεί από μόνη της το περιοδικό κελάηδισμα των πουλιών και την περιστροφή της κουκουβάγιας [7], [15].



Εικόνα 22. Απεικόνιση Αυτόματης Κρήνης (Πηγή: [15]).

2.2.6 Αυτορυθμιζόμενο Λυχνάρι του Ήρωνα

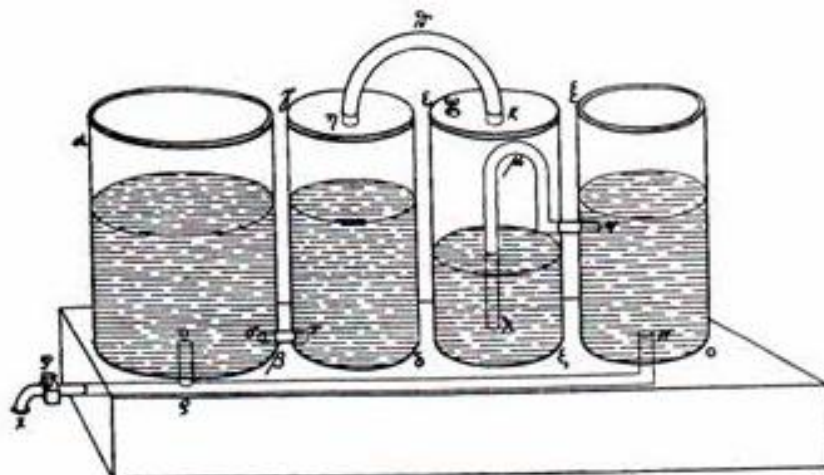
Το λυχνάρι τροφοδοτείται αρχικά με λάδι, όσο όμως το λάδι καίγεται και χαμηλώνει η στάθμη του, ένας μικρός πλωτήρας μετακινείται προς τα κάτω, συμπαρασύρει έναν τροχό και αυτός με τη σειρά του μετακινεί ένα σύρμα γύρω από το οποίο είναι τυλιγμένο το φυτίλι. Κατεβαίνοντας με αυτό τον τρόπο η στάθμη του λαδιού ανεβαίνει το φυτίλι [16].



Εικόνα 23. Απεικόνιση Αυτορυθμιζόμενου Λυχναριού Ήρωνα (Πηγή: [16]).

2.2.7 Αυτόματος Οινοχός του Ήρωνα

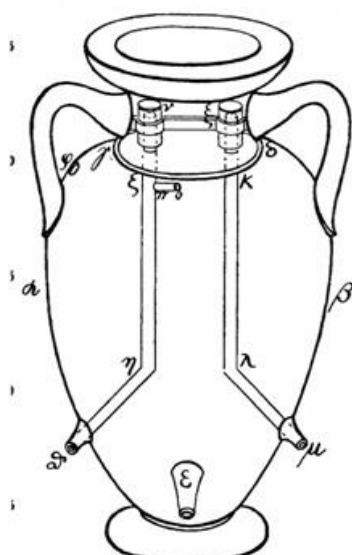
Πρόκειται για ένα είδος αυτόματου οινοχού που δίνει κρασί (οίνος + νερό) στη σταθερή αναλογία την οποία έχει προεπιλέξει ο κατασκευαστής. Ο λόγος οίνος προς νερό είναι ίσος με το λόγο των βάσεων των δοχείων $αβ$ και $γδ$. Όσο νερό ρίξουμε στο δοχείο $αβ$ που είναι άδειο, τόσο κρασί θα πάρουμε από το στόμιο $χ$ όταν ανοίξουμε τον κρουνό $φ$ [17].



Εικόνα 24. Απεικόνιση Αυτόματου Οινοχού (Πηγή: [17]).

2.2.8 Συσκευή Οινοχοΐας του Ήρωνα

Το δοχείο είναι γεμάτο με κρασί, το οποίο ρέει από τον κρουνό $ε$. Όταν όμως στο δοχείο ρίξουμε νερό, τότε το κρασί σταματάει να ρέει, ενώ το νερό ρέει από τους κρουνούς $θ$ και $μ$ μέχρι να χυθεί όλο οπότε ο κρουνός $ε$ αρχίζει να ξαναδίνει κρασί. Έτσι αν κάποιος θελήσει να νοθεύσει το κρασί αποτυγχάνει [18].

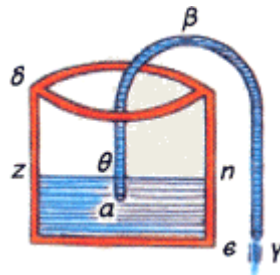


Εικόνα 25. Απεικόνιση Συσκευής Οινοχοΐας Ήρωνα (Πηγή: [18]).

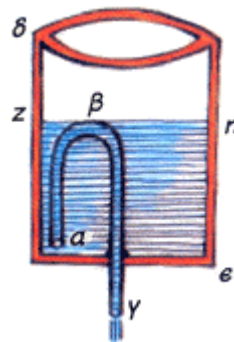
2.2.9 Υδραυλικά Σιφώνια του Ήρωνα

Τα υδραυλικά σιφώνια αποτελούν απλά όργανα έλεγχου της στάθμης και ως εκ τούτου της ροής ενός ρευστού. Το σιφώνιο και ειδικότερα το αξονικό σιφώνιο λειτουργεί ως υδραυλικός διακόπτης, επιτρέπει δηλαδή τον έλεγχο της στάθμης h ενός δοχείου έτσι ώστε αυτή να μην μπορεί να υπερβεί μίαν ανώτατη τιμή h_0 ίση με το ύψος του σιφωνίου.

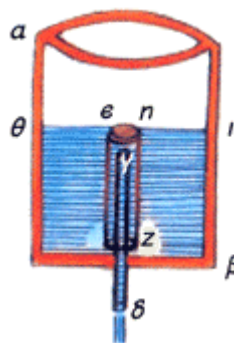
Με μια μικρή αλλά σταθερή παροχή g_0 , αυξάνει αργά και γραμμικά η στάθμη h του νερού στο δοχείο, μέχρι να φθάσει το ύψος h_0 του σιφωνίου και να μηδενιστεί το σφάλμα ε , οπότε το νερό διοχετεύεται απότομα και γρήγορα μέσα από το σιφώνιο και το δοχείο αδειάζει με μια παροχή $g > g_0$. Το σιφώνιο αυτό αποτελεί από μόνο του ένα πρώτο απλό κλειστό σύστημα ελέγχου της στάθμης του νερού στο δοχείο [19].



Εικόνα 26. Καμπύλο σιφώνιο (Πηγή: [19]).



Εικόνα 27. Καμπύλο σιφώνιο εντός δοχείου (Πηγή: [19]).



Εικόνα 28. Αξονικό σιφώνιο (Πηγή: [19]).

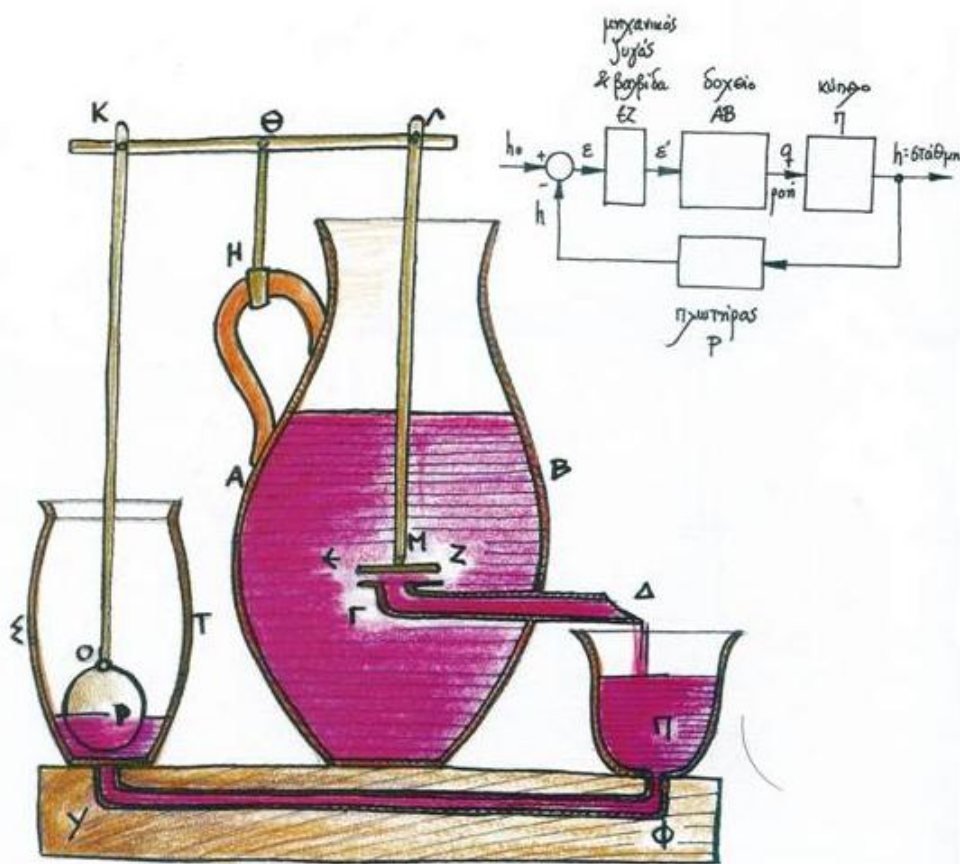
2.2.10 Έλεγχος Στάθμης Υγρού με Μηχανική Βαλβίδα κατά Ήρωνα

Από το στόμιο ενός αγγείου ένα ποτήρι γεμίζει κρασί. Κι όσο κρασί πάρει κανείς από το ποτήρι, τόσο θα ρεύσει σε αυτό από το στόμιο του αγγείου [20].

Έστω AB το αγγείο με το κρασί και $\Gamma\Delta$ το στόμιο του. Έστω, ο μικρός δίσκος/τυμπάνιον EZ και οι ράβδοι/κανόνες $H\Theta$, $K\Lambda$, KO , ΛM . Έστω κάτω από το στόμιο το ποτήρι Π . Και έστω ένας πλωτήρας/λεβητάριον P , συνδεδεμένος με τη ράβδο KO και βυθισμένος στο αγγείο ΣT . Ο σωλήνας $Y\Phi$ συγκοινωνεί με τα αγγεία ΣT και Π [19].

Όταν τα αγγεία Π και ΣT είναι κενά, ο πλωτήρας P ακουμπά στον πυθμένα του αγγείου ΣT και το στόμιο $\Gamma\Delta$ μένει ανοιχτό. Τότε το κρασί ρέει από αυτό και στα δύο δοχεία ΣT και Π , οπότε ανυψώνεται ο πλωτήρας και κλείνει το στόμιο, μέχρις ότου πάλι αφαιρέσουμε κρασί από το ποτήρι. Και τούτο συμβαίνει κάθε φορά που αφαιρούμε κρασί [19], [20].

Πρόκειται για ένα κλειστό σύστημα ελέγχου στάθμης υγρού με μηχανική βαλβίδα. Η ανάδραση υλοποιείται μέσω του πλωτήρα και ο έλεγχος μέσω του μηχανικού ζυγού και της βαλβίδας [20].



Εικόνα 29. Έλεγχος στάθμης υγρού με μηχανική βαλβίδα κατά Ήρωνα (Πηγή: [20]).

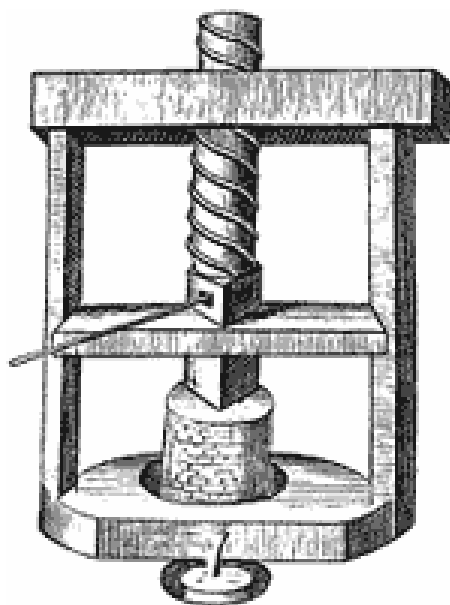
2.2.11 Πιεστήριο Λαδιού του Ήρωνα

Υπήρχαν και στην αρχαία Ελλάδα (όπως υπάρχουν σε ευρεία χρήση και μέχρι σήμερα) πιεστήρια που με την δύναμη που εφαρμόζεται σε έναν κοχλία καταφέρνουν να συμπιέζουν οτιδήποτε χρειαστεί. Η δύναμη όμως που απαιτείται για την λειτουργία τους είναι συνήθως μεγάλη κάνοντας ιδιαίτερα κουραστική την χρήση τους [21].

Ο Ήρωνας λοιπόν κατανοώντας την μηχανική των υγρών κατάφερε και έφτιαξε μερικές συσκευές ώστε να βγαίνει ευκολότερα το λάδι από τις ελιές με τη βοήθεια υδραυλικής πρέσας. Αυτός ο τύπος πιεστηρίου αν και είναι δυσκολότερος κατασκευαστικά, καθώς απαιτεί σοβαρή κατασκευαστική ακρίβεια, δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα μιας και ο πολλαπλασιασμός δυνάμεως που πετυχαίνει είναι εντυπωσιακός σε σχέση με το απλό μηχανικό πιεστήριο [21].

Πρόκειται για έναν ατέρμονα κοχλία ο οποίος στηρίζεται σε οπή με τύλο που του δίνει την δυνατότητα να περιστρέφεται δεξιά και αριστερά. Στρέφοντάς τον προς την μια κατεύθυνση, ασκούνται μεγάλες πιέσεις μεταξύ του κοχλία και ενός σταθερού σημείου. Αυτό επιτυγχάνεται όταν η οπή μέσα στην οποία περιστρέφεται ο κοχλίας βρίσκεται σε σταθερή βάση τετραγώνου σχήματος [22].

Ο ίδιος βασικός τρόπος συμπίεσης χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα στα περισσότερα πιεστήρια λαδιού, τυπογραφεία, ανυψωτικά μηχανήματα κλπ. Ο Κτησίβιος έφτιαξε επίσης κάποιο παρόμοιο πιεστήριο που δούλευε με αντλία κενού. Φυσικά η στεγανοποίηση που απαιτούσε η κατασκευή ήταν ακόμα καλύτερη από το υδραυλικό πιεστήριο [21].



Εικόνα 30. Πιεστήριο λαδιού (Πηγή: [21]).

2.2.12 Διόπτρα του Ήρωνα

Πρόκειται για ένα εξαιρετικό γεωδαιτικό όργανο που ήταν κατάλληλο για την ακριβή μέτρηση της οριζόντιας, της κατακόρυφης και της γωνιακής απόστασης δύο ουράνιων ή γήινων σημείων [23], [24].

Αποτελούνταν από ένα στυλίσκο που έφερε μια οριζόντια οδοντωτή βάση που μπορούσε να περιστραφεί με τη βοήθεια ενός ατέρμονα κοχλία. Πάνω στη βάση μπορούσε να τοποθετηθεί ένα ακριβές σύστημα διόπτρευσης (θεοδόλιχος) που αποτελούνταν από ένα κατακόρυφο (πιθανόν βαθμονομημένο) ημικυκλικό δίσκο που μπορούσε να περιστραφεί με ακρίβεια με τη βοήθεια ενός ατέρμονα κοχλία και από έναν οριζόντιο (πιθανόν βαθμονομημένο) δίσκο που έφερε μία σταυρωτή περιστρεφόμενη σκοπευτική διάταξη. Ο χειριστής του οργάνου μπορούσε να σκοπεύσει οποιοδήποτε σημείο στο χώρο και να σημειώσει τις γωνιακές συντεταγμένες του [23].

Άλλες φορές πάνω στη βάση μπορούσε να τοποθετηθεί ένα σύστημα οριζοντίωσης (χωροβάτης) που αποτελούνταν από δύο κατακόρυφους γυάλινους συγκοινωνούντες σωληνίσκους με νερό που χρησιμοποιούνταν για τον καθορισμό του οριζοντίου επιπέδου και μια ρυθμιζόμενη με ακρίβεια σκοπευτική διάταξη [23].

Το σύστημα είχε ως παρελκόμενα δύο βαθμονομημένους κανόνες που ο καθένας έφερε μια διάταξη κατακορύφωσης και μια ολισθαίνουσα ασπρόμαυρη ασπίδισκη που έπαιζε το ρόλο του στόχου. Ο χειριστής του οργάνου μπορούσε να στοχεύσει δύο τυχαία σημεία στα οποία ήταν τοποθετημένοι οι δύο βαθμονομημένοι κανόνες και να υπολογίσει την υψομετρική τους διαφορά [23].

Στην επίλυση τοπογραφικών προβλημάτων με τη χρήση της διόπτρας ο Ήρων εφαρμόζει τις ευθυγραμμίες, την πολλαπλή καθετότητα και τις αναλογίες πλευρών ομοίων τριγώνων. Είναι όμως βέβαιο ότι τουλάχιστον στον υπολογισμό αστρονομικών μεγεθών χρησιμοποιούνταν τα μοιρογνώμια της διόπτρας όπως ακριβώς και στους αστρολάβους [23].

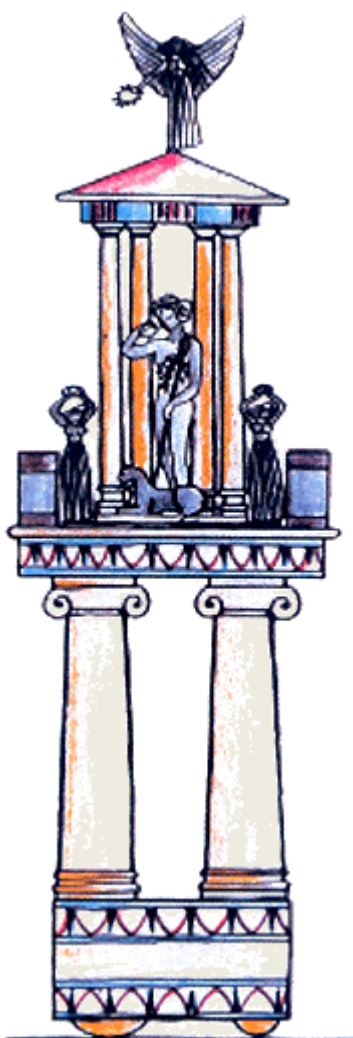


Εικόνα 31. Διόπτρα του Ήρωνα (Πηγή: [24]).

2.2.13 Αυτόματα Μηχανικά Συστήματα Θεάτρου του Ήρωνα

Ο Ήρωνας στο έργο του Αυτοματοποιητική περιγράφει αυτόματα μηχανικά συστήματα ικανά να πραγματοποιούν προγραμματισμένες κινήσεις. Ο Ήρωνας παρουσιάζει στο έργο του αυτό τη μορφή και την τέχνη της κατασκευής αρχαίων αυτόματων θεάτρων και τα διαχωρίζει σε δύο είδη: το κινητό αυτόματο και το σταθερό αυτόματο.

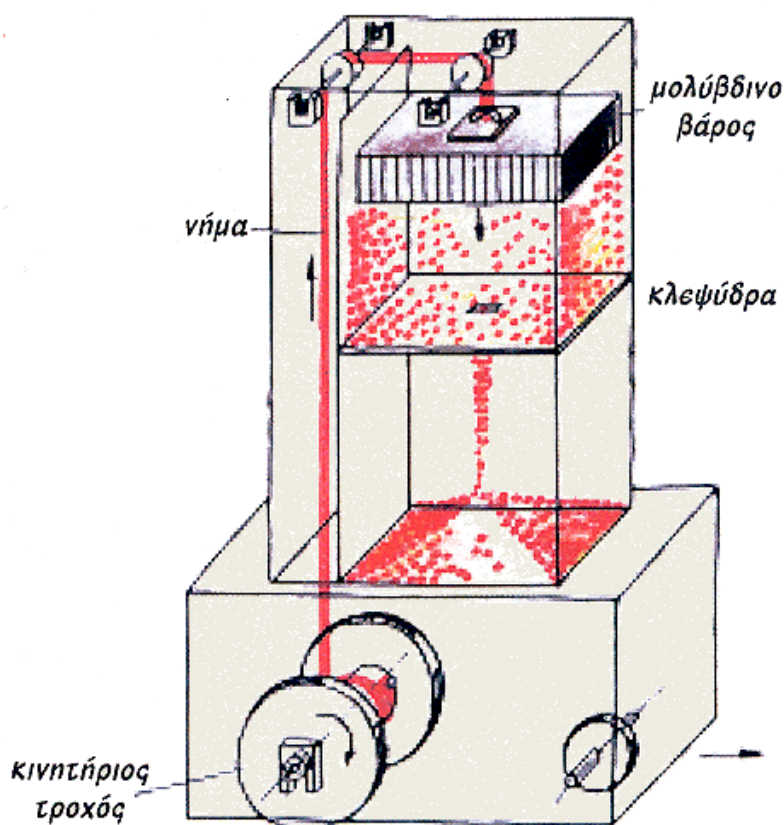
Τα κινητά αυτόματα τα περιγράφει ως εξής: «Κατασκευάζονται ναοί ή βωμοί μετρίου μεγέθους, ικανοί να μετακινούνται αυτόματα και να στέκονται μετά σε καθορισμένες θέσεις. Και οι μορφές πάνω σε αυτούς κινούνται όλες μόνες τους, με μία λογική ακολουθία κινήσεων που ταιριάζει στο σχετικό μύθο και τέλος επιστρέφουν στην αρχική τους θέση» [7]. Τέτοια αυτόματα με τη μορφή ναών είχαν επάνω τους μορφές, όπως το Διόνυσο ή τη Νίκη, οι οποίες μπορούσαν να περιστρέφονται, είχαν Βάκχες που χόρευαν κάτω από τον ήχο τύμπανων και κυμβάλων, είχαν βωμούς όπου ξάφνου άναβαν αυτόματα φωτιές και πάλι αυτόματα λουλούδια στεφάνωναν το ναό και με υδραυλικά συστήματα έτρεχε γάλα ή κρασί σε τακτά χρονικά διαστήματα [7].



Εικόνα 32. Κινητό αυτόματο θέατρο του Ήρωνα (Πηγή: [19]).

Ο Ήρωνας, από την άλλη μεριά, περιγράφει τα σταθερά αυτόματα ως εξής: «Πάνω σε ένα μικρό στύλο τοποθετείται μία σκηνή θεάτρου που διαθέτει πόρτες ικανές να ανοίγουν και που περιέχει διάταξη μορφών που αναπαριστούν ένα μύθο» [7]. Οι πόρτες ανοίγουν και κλείνουν αυτόματα και κάθε φορά νέες μορφές παρουσιάζονται μέχρι να ολοκληρωθεί η παράσταση. «Και οι μορφές που εμφανίζονται ζωγραφισμένες στον πίνακα μπορεί όλες να φαίνεται ότι κινούνται, εάν ο μύθος το απαιτεί, άλλες σαν πιονίζουν, άλλες σαν να δουλεύουν με σκεπάρνια, με σφυριά ή με πελέκια και να προκαλούν με κάθε κτύπο κρότο σαν τον αληθινό» [7]. Και είναι ακόμα δυνατόν φωτιές να ανάβουν στη σκηνή, να παρουσιάζονται πλοία κινούμενα σε διάταξη στόλου, δελφίνια να κολυμπούν, μορφές να εμφανίζονται αυτόματα και να εξαφανίζονται πάλι, κεραυνοί να πέφτουν και να ακούγεται ο ήχος της βροντής. Τέτοιες παραστάσεις θεατρικών έργων με πέντε πράξεις παρουσιάζει ο Ήρωνας, προκαλώντας ιδιαίτερο θαυμασμό στους θεατές του [7].

Όλες οι πολύπλοκες κινήσεις των μηχανισμών και στα δύο είδη των αυτόματων θεάτρων προκαλούνται από την πτώση ενός μολύβδινου κινητήριου βάρους μέσα σε μία μεγάλη κλεψύδρα. Το κινητήριο βάρος είναι συνδεδεμένο μέσω ενός νήματος με έναν περιστρεφόμενο κινητήριο άξονα που συνδέεται με τη σειρά του μηχανικά με τους τροχούς ή με τα άλλα κινούμενα τμήματα του αυτομάτου. Με αυτό τον τρόπο η πτώση του βάρους προκαλεί κίνηση των τροχών ή των άλλων κινούμενων τμημάτων. Ο απλός αυτός τρόπος παραγωγής της απαιτούμενης εσωτερικής κινητήριας ενέργειας του αυτομάτου, με την αξιοποίηση της δυναμικής ενέργειας του μολύβδινου βάρους, εξασφαλίζει στο αυτόματο τη δυνατότητα να κινείται, κινώντας μαζί του και τον ίδιο τον κινητήριο μηχανισμό: Το βάρος πέφτοντας, προκαλεί το ίδιο την κίνησή του.



Εικόνα 33. Ο κινητήριο μηχανισμός αυτομάτου θεάτρου του Ήωνα (Πηγή: [19]).

Επίσης, η κλεψύδρα, που όπως είναι γνωστό στην αρχαιότητα ήταν ένα όργανο μέτρησης του χρόνου, αποτελεί και εδώ έναν αντίστοιχο μετρητή του χρόνου λειτουργίας του αυτομάτου: Ο χρόνος εξομοιώνεται αναλογικά με τα αντίστοιχα διαστήματα που διανύει το βάρος μέσα στην κλεψύδρα ή με τα μήκη των σχοινιών, που συνδέουν τα κινητά μέλη με το βάρος και ζετυλίγεται κατά την πτώση του [7].

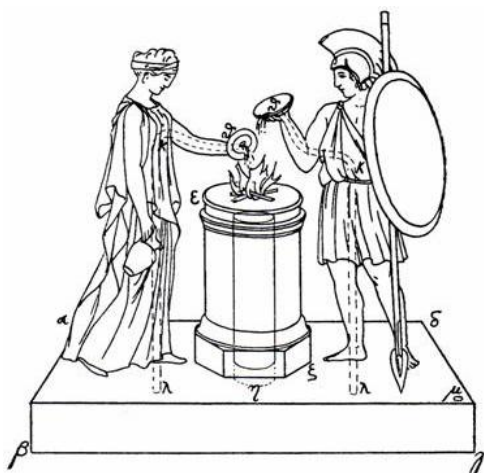
Ιδιοφυής είναι όμως ο τρόπος προγραμματισμού των πολύπλοκων κινήσεων: Με τρία διαφορετικά είδη περιελίξεων του νήματος γύρω από τον κινητήριο άξονα επιτυγχάνει ο Ήρωνας ένα τριαδικό σύστημα προγραμματισμού. Δεξιόστροφη, αριστερόστροφη και ελεύθερη περιέλιξη προκαλούν αντίστοιχα κίνηση προς τα εμπρός, προς τα πίσω ή ακινησία. Επομένως, με μία ατελείωτη σειρά τέτοιων λεπτών προγραμμάτων, αποτελούμενων από περιελίξεις νημάτων, γίνονται διαδοχικά όλες οι προγραμματισμένες κινήσεις, τόσο των κινητών όσο και των σταθερών αυτομάτων [7].

2.2.14 Διακοσμητικές Κατασκευές Ήρωνα

Στην υποενότητα αυτή θα παρουσιαστούν παραδείγματα διακοσμητικών κατασκευών που συναντάμε στα Πνευματικά του Ήρωνα.

Διακοσμητική Κατασκευή I

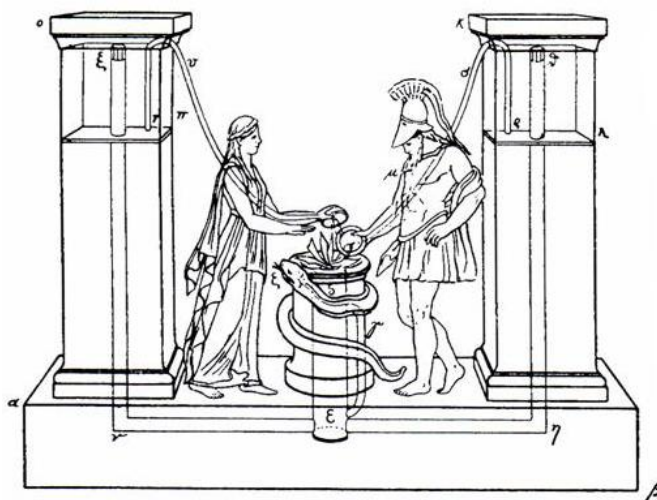
Μόλις ανάψει ο βωμός, ο αέρας θερμαινόμενος διαστέλλεται. Η πίεση που δημιουργείται μεταφέρεται μέσω των σωλήνων λθ στα χέρια των ομοιωμάτων από τα οποία ρέουν σταγόνες θυμιάματος στο βωμό [25].



Εικόνα 34. Διακοσμητική κατασκευή I (Πηγή: [25]).

Διακοσμητική Κατασκευή II

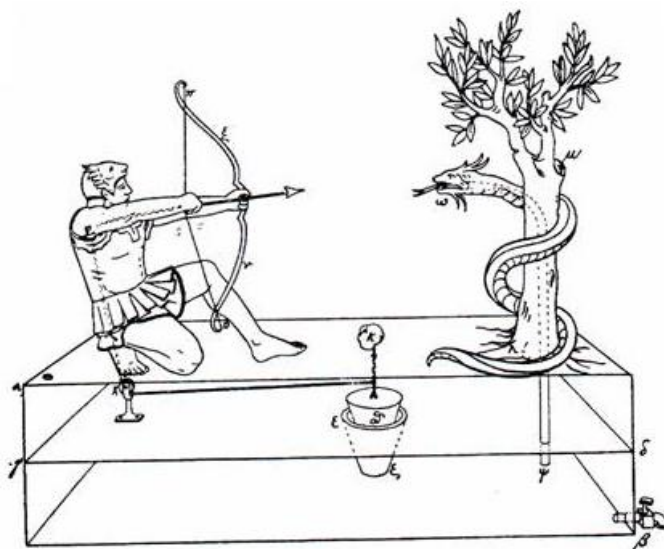
Μόλις ανάψει ο βωμός, ο αέρας θερμαινόμενος διαστέλλεται. Η πίεση που δημιουργείται μεταφέρεται μέσω των σωλήνων εηθ και εηζ και ασκείται στις επιφάνειες ρ και π. Έτσι μέσω των σωλήνων σ και υ μεταφέρονται σταγόνες θυμιάματος στο βωμό. Συγχρόνως ένας σωλήνας μεταφέρει αέρα από το σημείο ε προς ένα ακροφύσιο τοποθετημένο στο στόμα του δράκοντα ο οποίος ενώ πραγματοποιείται η σπονδή συρίζει [26].



Εικόνα 35. Διακοσμητική κατασκευή II (Πηγή: [26]).

Διακοσμητική Κατασκευή III

Αν κάποιος μετακινήσει το μήλο κ , τότε το βάρος θ απελευθερώνει το χέρι του Ηρακλή ο οποίος τοξεύει τον δράκοντα. Συγχρόνως το βάρος βυθίζεται στο νερό ανεβάζοντας τη στάθμη του. Έτσι ο αέρας συμπιέζεται μέσα στο σωλήνα $\psi\omega$ και βγαίνει με κάποια πίεση από το στόμιο ω , δημιουργώντας ένα συριγμό. Ενώ λοιπόν ο Ηρακλής τοξεύει το δράκοντα, ο τελευταίος συρίζει [27].



Εικόνα 36. Διακοσμητική κατασκευή III (Πηγή: [27]).

Διακοσμητική Κατασκευή IV

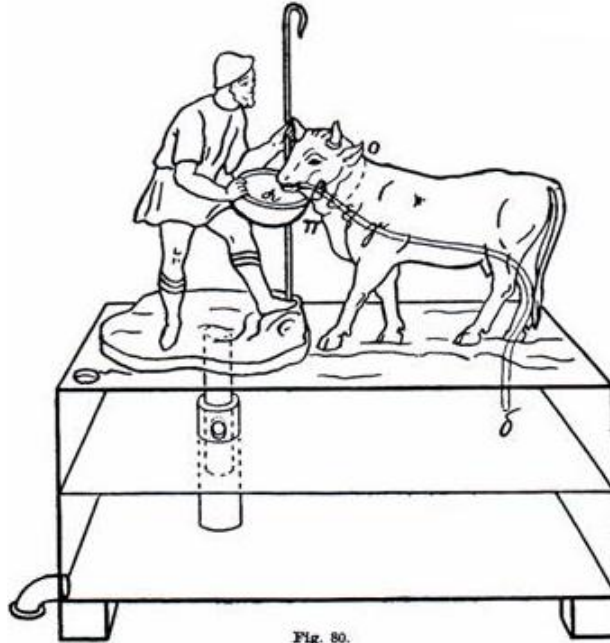
Στο ράμφος του αετού βρίσκεται ένα σιφόνι. Μόλις πλησιάσει κάποιος ένα δοχείο με νερό αρχίζει να ρέει προς το εσωτερικό του μηχανισμού, προξενώντας θορύβους που προσομοιάζουν την κατάποση [28].



Εικόνα 37. Διακοσμητική κατασκευή IV (Πηγή: [28]).

Διακοσμητική Κατασκευή V

Ενώ το μοσχάρι πίνει νερό με το σιφόνι *αβγδ*, ένα σπαθί μπορεί να του κόβει το λαιμό, από τη διαδρομή *οπ*, χωρίς να διακόπτεται η ροή του νερού και χωρίς το κεφάλι να αποκόπτεται από το σώμα. Αυτό επιτυγχάνεται με τον παρακάτω μηχανισμό που είναι κατάλληλα τοποθετημένος μέσα στο λαιμό του ζώου [29].



Εικόνα 38. Διακοσμητική κατασκευή V (Πηγή: [29]).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΤΗΣΙΒΙΟΣ

3.1 Η Ζωή και το Έργο του Κτησίβιου

3.1.1 Βιογραφικά Στοιχεία για τον Κτησίβιο

Ο Κτησίβιος ήταν μεγάλος μαθηματικός, μηχανικός και εφευρέτης της αρχαίας Ελλάδας, που έζησε τον 3^ο αιώνα π.Χ. (285-222 π.Χ.). Γεννήθηκε στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου από πατέρα κουρέα από την Ασπονδία, προάστιο της Αλεξάνδρειας. Ήταν ιδρυτής της Αλεξανδρινής Σχολής των μηχανικών και μαθηματικών, του λεγομένου "Μουσείου Αλεξανδρείας" επί βασιλείας του Πτολεμαίου Β΄ του Φιλαδέλφου [30], [31].

Θεωρείται Πατέρας της Πνευματικής, δηλαδή της επιστήμης που ασχολείται με τον αέρα και τις χρήσεις του. Επίσης, ασχολήθηκε με πεδίο των υδραυλικών μηχανών. Τα έργα του αφορούσαν τους τομείς των Πνευματικών, των Υδραυλικών και της Στρατιωτικής μηχανικής. [30], [31].

Στον Κτησίβιο αποδίδεται η εφεύρεση της αντλίας και του υδραυλικού οργάνου με το όνομα Ύδραυλις, καθώς και η κατασκευή υδραυλικών ωρολογίων και πολεμικών μηχανών. Φαίνεται ότι άφησε σημειώσεις που χρησιμοποιήθηκαν αργότερα από το μαθητή του Φίλωνα το Βυζάντιον και αργότερα από τον Ήρωνα [30].

Τέλος, σύγχρονοι επιστήμονες πιστεύουν ότι η Ύδραυλις, που εφηύρε ο Κτησίβιος και που προσάρμοσε σε μαθηματικές μελέτες του Πυθαγόρα για την αρμονία της μουσικής κλίμακας, ήταν σε χρήση τουλάχιστον μέχρι και τον 9ο αιώνα (μ.Χ.) στο Βυζάντιο [31].

3.1.2 Τα Διασωθέντα Έργα του Κτησίβιου

Δυστυχώς, το έργο του Κτησίβιου δεν διασώθηκε, αλλά αντλούμε τις πληροφορίες για αυτόν από τον Ρωμαίο συγγραφέα, αρχιτέκτονα και μηχανικό Βιτρούβιο, στο έργο του Περί Αρχιτεκτονικής, καθώς και από τους Φίλωνα τον Βυζάντιο και τον Αθήναιο που ομιλούν με θαυμασμό γι' αυτόν [31].

3.1.3 Τα Χαμένα Έργα του Κτησίβιου

Σύμφωνα με το [31], στα έργα του Κτησίβιου που δεν σώθηκαν συγκαταλέγονται:

1. *Υπομνήματα μηχανικά.*
2. *Βελοποιητικά*, αφορούσε εφαρμογή σε πολιορκητικές μηχανές με βάση τη χορδή βέλους, σε συνδυασμό τεινομένων ιμάντων δια τροχών. Παρόμοιο έργο συνέγραψε και ο Ήρωνας τον 1ο αιώνα (μ.Χ.).
3. *Περί Πνευματικής.*
4. *Απομνημονεύματα*, αφορούσε περιγραφή όλων των ερευνών και επιτευγμάτων του.

3.2 Τεχνολογικές Καινοτομίες του Κτησίβιου

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι σημαντικότερες εφευρέσεις – τεχνολογικές καινοτομίες του Κτησίβιου.

3.2.1 Η Αντλία του Κτησίβιου

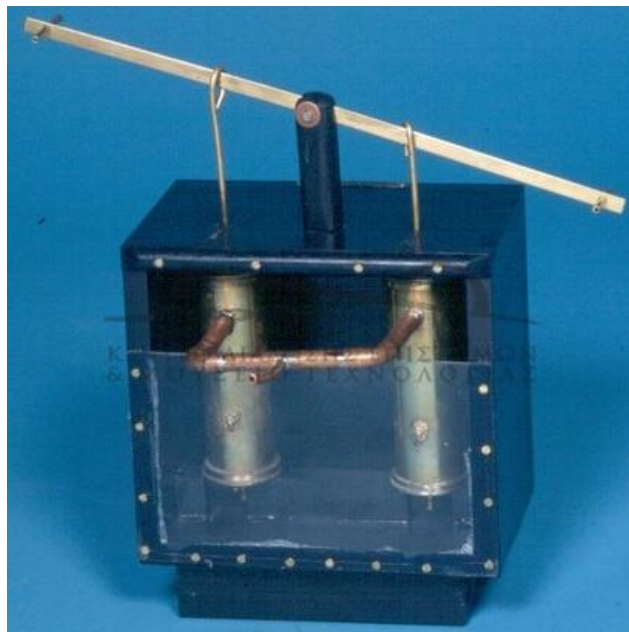
Η εμβολοφόρος αντλία του Κτησίβιου (285 - 222 π.Χ.) θεωρείται μία από τις σημαντικότερες μηχανολογικές εφευρέσεις για την άντληση νερού, η οποία βρίσκεται εφαρμογές ως τις μέρες μας, εδώ και 23 αιώνες [32].

Αποτελείται από δύο όμοιους κυλίνδρους οι οποίοι στο εσωτερικό τους φέρουν έμβολα που κινούνται παλινδρομικά με τη βοήθεια μοχλού. Η κίνηση των εμβόλων δημιουργεί κενά αέρος και αναρρόφηση νερού, το οποίο μέσω σωλήνα μεταφέρεται έξω από το χώρο όπου είναι βυθισμένη η αντλία. Για την κατασκευή του ομοιώματος έγινε συνδυαστική χρήση των στοιχείων που δίνουν στα βιβλία τους οι συγγραφείς Φίλων, Ήρων και Βιτρούβιος. Η παροχή της εμβολοφόρου αντλίας είναι 1,0 κ.μ. νερού την ώρα και έχει απόδοση περίπου 80% [32].

Οι διαστάσεις της κατασκευής προσεγγίζουν κατά πολύ την μπρούτζινη αντλία του 3^{ου} μ.Χ. αιώνα, που βρέθηκε στο Soliel Coronada, η οποία είναι και η μεγαλύτερη σε μέγεθος από όλες τις αντλίες αυτού του τύπου που έχουν βρεθεί ως τώρα, και πλησιάζει κατά πολύ τις διαστάσεις που αναφέρονται στο βιβλίο του Φίλωνος [32].



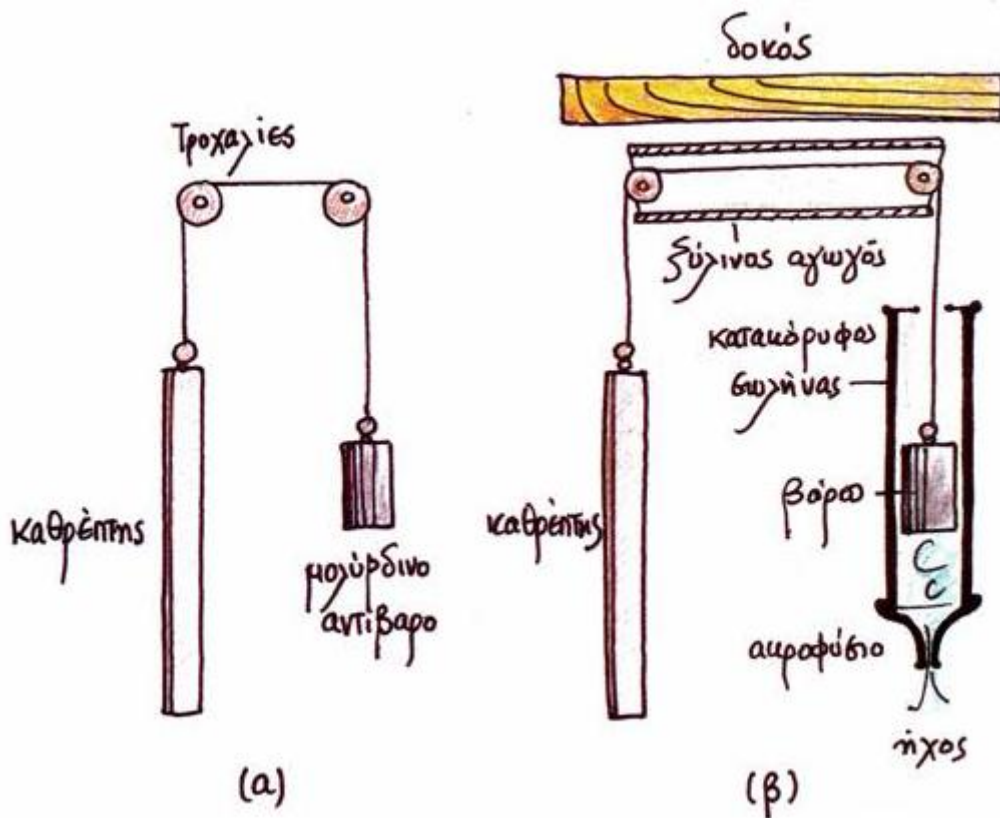
Εικόνα 39. Αντλία Κτησίβιου (Πηγή: [32]).



Εικόνα 40. Αντλία Κτησίβιου (Πηγή: [32]).

3.2.2 Αυτόματος Καθρέπτης του Κτησίβιου

Κάτω από μια δοκό στερέωσε έναν ξύλινο αγωγό και προσάρμοσε τροχαλίες. Μέσα από τον αγωγό οδήγησε το σχοινί προς τη γωνία του τοίχου όπου και έφτιαξε ένα κατακόρυφο σωλήνα στον οποίο ολίσθαινε, προσαρμοσμένη στο σχοινί μια σφαίρα από μολύβι. Το βάρος κατεβαίνοντας μέσα στο στενό χώρο του σωλήνα, προκαλούσε τη συμπύκνωση του αέρα. Με τη βίαιη κάθοδό του, το βάρος εξωθούσε μεγάλη ποσότητα του αέρα αυτού να βγαίνει συμπιεσμένος μέσα από το στόμιο και να παράγει έναν διακριτικό ήχο. Δεν πρόκειται για αυτόματο μηχανισμό ανύψωσης του καθρέπτη, αλλά για αξιοποίηση των τριβών στις τροχαλίες έτσι ώστε ο καθρέπτης να ισορροπεί σε διάφορα ύψη, με τη βοήθεια ενός αντισταθμιστικού μολύβδινου βάρους. Η δεύτερη παραλλαγή κατά την οποία το βάρος λειτουργεί σαν έμβολο μέσα σε σωλήνα, συμπιέζει τον εγκλωβισμένο αέρα, τον ωθεί να διαφύγει από ένα ακροφύσιο και παράγει ήχο [33].



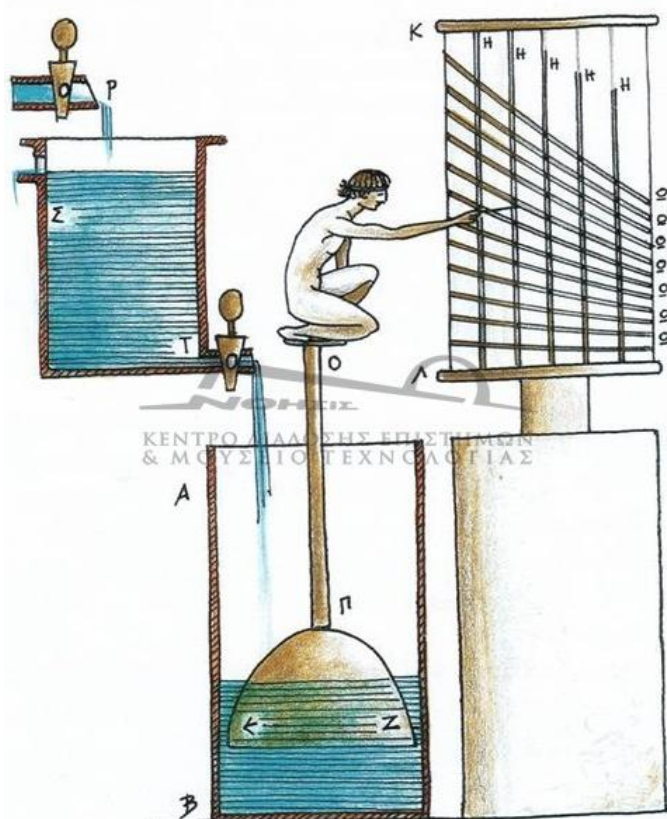
Εικόνα 41. Ο αυτόματος καθρέπτης του Κτησίβιου α) απλός, β) με μηχανισμό παραγωγής ήχου (Πηγή: [33]).

3.2.3 Το Ωρολόγιο του Κτησίβιου

Νερό ρέει με σταθερή ροή από ακροφύσιο Δ μέσα σε μεγάλο δοχείο AA και ανυψώνει πλωτήρα Π . Στον πλωτήρα είναι προσαρμοσμένος κανόνας K και πάνω του αγαλματίδιο P που λειτουργεί ως δέκτης και δείχνει τις ώρες πάνω σε μια κατακόρυφη παραστάδα Ω , η κλίμακα της οποίας μεταβάλλεται με προσθήκη ή αφαίρεση παρεμβλημάτων ανάλογα με τις αυξομειώσεις της διάρκειας των ωρών [19], [34].

Στον κανόνα K είναι προσαρμοσμένος οδοντωτό τροχός, ο οποίος κινεί κατακόρυφο τύμπανο Σ , με χαράξεις κάθετες για τους μήνες και εγκάρσιες, όχι όμως παράλληλες, για τις ώρες, έτσι ώστε να συνυπολογίζεται η μεταβολή της διάρκειας των ωρών ανά μήνα [19], [34].

Στον οδοντωτό τροχό είναι συνδεδεμένα άλλα τύμπανα T και μηχανισμοί που προκαλούν διάφορες κινήσεις τα λεγόμενα πάρεργα. Αυτός ο μηχανισμός είχε εξασφαλίσει την αρχική σταθερή ροή του νερού από το χρυσό ακροφύσιο Δ . Αυτή η σταθερή ροή μπορούσε να επιτευχθεί μέσω του ελέγχου στάθμης του νερού στο αρχικό δοχείο παροχής B [19], [34].

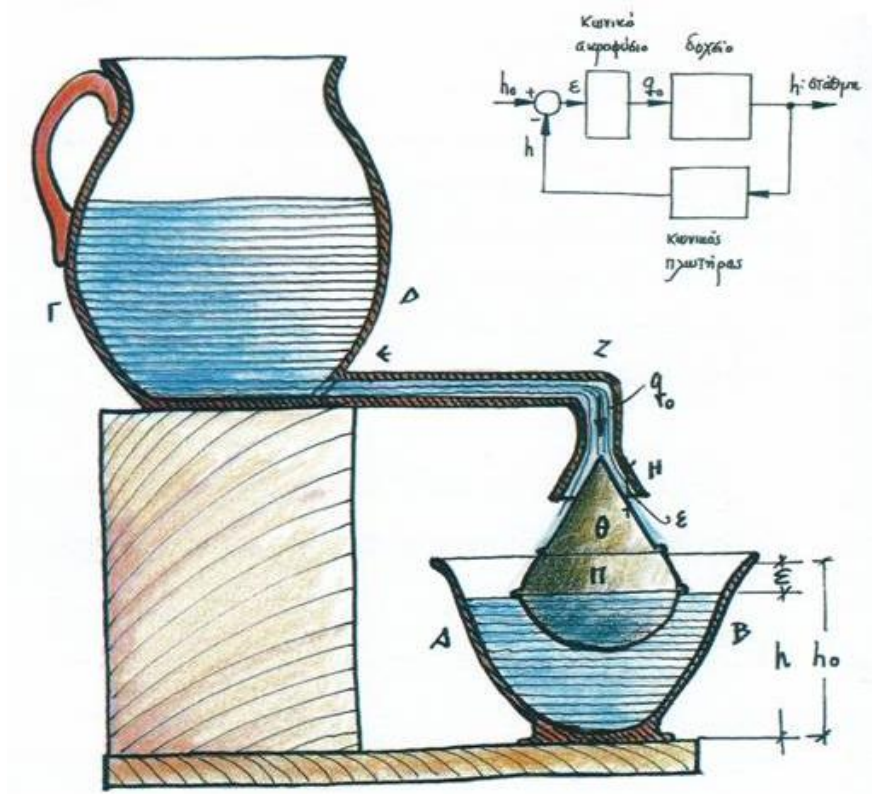


Εικόνα 42. Το Ωρολόγιο του Κτησίβιου (Πηγή: [34]).

3.2.4 Δοχείο Σταθερής Ροής Κτησίβιου

Ο έλεγχος της ροής του νερού (στο δοχείο σταθερής ροής) επιτυγχάνεται με τον ακόλουθο τρόπο: κατασκευάζονται στον τόρνο δύο κώνοι, ο ένας συμπαγής και ο άλλος κοίλος (αρσενικός-θηλυκός), έτσι ώστε να ταιριάζουν ακριβώς ο ένας μέσα στον άλλο. Με ένα τέτοιο σύστημα πλωτήρα – ακροφυσίου μπορεί η εισροή του νερού στο δοχείο να γίνεται πιο γρήγορα ή πιο αργά [19], [35].

Η υδραυλική κωνική βαλβίδα, μεταξύ πλωτήρα και ακροφυσίου εξασφαλίζει την ανάδραση και ελέγχει τη στάθμη h και την παροχή εξόδου q του δοχείου. Από τα αρχαιότερα κλειστά υδραυλικά συστήματα αυτόματου ελέγχου, που εξασφαλίζει σταθερή στάθμη και σταθερή ροή σε όλη τη διάρκεια της δυναμικής λειτουργίας του [19], [35].



Εικόνα 43. Δοχείο σταθερής ροής Κτησίβιου (Πηγή: [35]).

3.2.5 Ύδραυλις του Κτησίβιου

Αν δεν υπήρχε ο Κτησίβιος, ο κόσμος της μουσικής δεν θα υπήρχε έτσι όπως τον γνωρίζουμε σήμερα. Εφεύρε την Ύδραυλι, το πρώτο μουσικό όργανο με πλήκτρα, το πρώτο πολυφωνικό όργανο στην ιστορία. Η Ύδραυλις (ή ύδραυλος), το λεγόμενο όργανο του νερού, ήταν αρχαιοελληνικό πνευστό όργανο, μηχανικό αερόφωνο όργανο της αρχαιότητας με ισχυρό και οξύ ήχο, χρησιμοποιούμενο στα θεάματα του υποδρόμου και στην εκτέλεση στρατιωτικής μουσικής. Για τον τρόπο λειτουργίας και χρήσης του μας διασώζονται οι περιγραφές του Ήρωνα και του Βιτρούβιου. Χαρακτηριστικό γνώρισμα του οργάνου αυτού ήταν το υδραυλικό σύστημα πάνω στο οποίο βασιζόταν για να λειτουργήσει, καθώς αυτό ήταν υπεύθυνο για την παραγωγή, κίνηση και ρύθμιση της πίεσης του αέρα, ο οποίος διοχετευόταν στους αυλούς διαμέσου των πλήκτρων [36], [37].

Η Ύδραυλις ήταν μια μεγάλη σύριγγα, που αποτελείτο από μια σειρά ηχητικών σωλήνων από καλάμι, διαβαθμισμένων ανάλογα με το μήκος τους, μέσα στους οποίους φυσούσε ο εκτελεστής, όπου στα στόμια των αυλών της παρεχόταν υψηλής και σταθερής πίεσης αέρας. Κάτω από τους αυλούς υπήρχε μια δεξαμενή με νερό στο πυθμένα της οποίας βρισκόταν ένα κοίλο ημισφαίριο, ο πνιγέας. Στον πνιγέα έμπαινε νερό από τις οπές της βάσης και αέρας από τους σωλήνες της κορυφής. Οι σωλήνες αυτοί ήταν πάνω από το κοίλο ημισφαίριο και κατέληγαν έξω από τη δεξαμενή. Ένας σωλήνας από αυτούς λύγιζε και συγκοινωνούσε με την πυξίδα (πυξίς – εμβολέας). Η πυξίδα ήταν μια εμβολοφόρος αντλία που διοχέτευε τον αέρα από τον σωλήνα της κορυφής με πίεση στον πνιγέα [37].

Έπειτα, ο αέρας οδηγείται στο στεγανό χώρο πάνω από τη δεξαμενή και κάτω από τους αυλούς. Οι αυλοί στο κάτω μέρος είχαν τους γλωσσοκόμους. Η γλωσσίδα κάθε γλωσσοκόμου ήταν διάτρητη και με τη βοήθεια του πλήκτρου (αγκωνίσκου) σπρωγόταν προς τα μέσα με αποτέλεσμα να ανοίγεται δίοδος προς το στόμιο του αντίστοιχου αυλού. Ο πεπιεσμένος αέρας διοχετευόταν στον αυλό, άρα το όργανο ηχούσε. Όταν το πλήκτρο σταματούσε να πιέζεται τότε η γλωσσίδα επανερχόταν στη θέση της με τη βοήθεια ελατηριωτού μηχανισμού, διακόπτοντας τη ροή του αέρα και ο αυλός έπαυε να ηχεί [37].

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο αέρας παραγόταν από ανθρώπους (έφηβους ή δούλους) που ανεβοκατέβαζαν, χτυπούσαν ή πηδούσαν πάνω – κάτω στα φυσερά, όσο ο εκτελεστής του οργάνου έπαιξε φανερώνοντας έτσι τη δεξιοτεχνία του στα πλήκτρα [37].

Μετά τους Έλληνες, το πρωτόπορο αυτό ακουστικό και τεχνολογικό κατασκεύασμα ταξίδεψε και υιοθετήθηκε πρόθυμα από πολλούς, φτάνοντας μέχρι τους Ρωμαίους και έπειτα τους Βυζαντινούς. Τον 7^ο και 8^ο αιώνα η Ύδραυλις ονομάστηκε πλέον Όργανο και άκμαζε στο Βυζαντινή Αυτοκρατορία αλλά και σε όλα τα μεγάλα κέντρα κατασκευής και παραγωγής της, όπως η Κωνσταντινούπολη [37].

Αξιομνημόνευτο είναι το περιστατικό της αποστολής ενός εκκλησιαστικού οργάνου ως δώρο το 757 μ.Χ. από το βυζαντινό αυτοκράτορα Κωνσταντίνο τον Κοπρώνυμο στον αυτοκράτορα των Φράγκων Πιπίνου τον Βραχύ, πατέρα του Καρλομάγνου. Λίγο αργότερα, το 812 μ.Χ., οι βυζαντινοί χάρισαν και ένα δεύτερο στον ίδιο τον Καρλομάγνο. Τον 10ο αιώνα κατασκευάστηκε με έξοδα της εκκλησίας το αγγλικό εκκλησιαστικό όργανο του Γουίντσεστερ, με ασυνήθιστο μέγεθος και με 26 φυσερά που απαιτούσαν 70 άτομα, διαθέτοντας επίσης 40 νότες, με 10 αυλούς για κάθε νότα. Εξέλιξη της Ύδραυλις είναι το σύγχρονο Εκκλησιαστικό όργανο [37].



Εικόνα 44. Ύδραυλις του Κτησίβιου (Πηγή: [38]).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Αρχιμήδης, ο Ήρωνας και ο Κτησίβιος αποτελούν τρεις εμβληματικές προσωπικότητες της επιστήμης στον αρχαίο ελληνικό κόσμο, των οποίων η συνεισφορά στην εξέλιξη του παγκόσμιου τεχνολογικού πολιτισμού είναι ιδιαίτερος σημαντική. Τα επιτεύγματά τους αναδεικνύουν την εφαρμοσμένη τεχνική σκέψη και το πρακτικό τεχνολογικό πνεύμα, με τα οποία επιτυγχάνεται αξιοποίησης της θεωρητικής επιστημονικής γνώσης στην ανάπτυξη πρακτικών εφαρμογών για τον άνθρωπο.

Τα τεχνολογικά επιτεύγματα του Αρχιμήδη, του Ήωνα και του Κτησίβιου συνδέουν διάφορους τεχνολογικούς κλάδους αναδεικνύουν την τεχνική σκέψη που περιέχουν καθώς και συνδυάζουν την τεχνολογία με άλλα πνευματικά δημιουργήματα του ανθρώπου, όπως είναι η φιλοσοφία και η τέχνη. Επιπροσθέτως, τα τεχνολογικά επιτεύγματα του Αρχιμήδη, του Ήωνα και του Κτησίβιου αποτελούν βάσεις για την ευρωπαϊκή Αναγέννηση και τις ιδέες της βιομηχανικής επανάστασης.

Ο Αρχιμήδης ήταν μία μεγαλοφυής μορφή της ανθρωπότητας που ξεπερνούσε τα όρια της επιστήμης, είτε αυτή ήταν τα μαθηματικά, είτε η μηχανική, είτε η αστρονομία. Ο Αρχιμήδης συνήθιζε να δοκιμάζει τις δυνάμεις του και πολλές φορές τα μηχανικά του επιτεύγματα «μοιάζουν» να είναι ασκήσεις τεχνικής, πρακτικές αποδείξεις των δυνατοτήτων του. Ο Αρχιμήδης επηρέασε σε μεγάλο βαθμό την ευρωπαϊκή επιστημονική σκέψη. Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα πνεύματα του ανθρώπινου στοχασμού που σφράγισε με τα έργα του το τρόπο σκέψης του Δυτικού πολιτισμού.

Το συνολικό έργο του Ήωνα αποτελεί σταθμό στην ιστορία της τεχνολογίας, τόσο γιατί συστηματικά συνέλεξε τις μέχρι τότε γνωστές εμπειρίες όσο και για τις καινοτομίες και τις εφευρέσεις του, που άνοιξαν το δρόμο σε μία τεχνολογικά νέα εποχή. Το έργο του αποτέλεσε σημείο αναφοράς και έδωσε ερεθίσματα σε πολλούς.

Τέλος, ο Κτησίβιος θεωρείται ο ιδρυτής της Αλεξανδρινής Σχολής μηχανικών, ο δάσκαλος στον οποίο αναφέρεται τόσο ο Φίλωνας όσο και ο Ήρωνας. Ο Κτησίβιος, ο Φίλωνας και ο Ήρωνας αποτελούν μία σχολή μηχανικών, που διέθεταν τον βιβλιογραφικό πλούτο της Αλεξανδρινής βιβλιοθήκης, την όρεξη να αξιοποιήσουν, να βάλουν σε τάξη και να εφαρμόσουν σε ειρηνικές περιόδους τις εμπειρίες των πλούσιων μεσογειακών πολιτισμών και την πρόθεση να δημιουργήσουν τεχνολογίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Χ. Δ. Λάζος, *Αρχιμήδης: Ο Ευφυής Μηχανικός*, 3^η έκδοση, ΑΙΟΛΟΣ, 1995
- [2] <http://el.wikipedia.org/wiki/Αρχιμήδης>
- [3] <http://www.elora.gr/portal/to-pto-thema/2364-από-τα-θαυμαστά-της-αρχαίας-ελληνικής-τεχνολογίας>
- [4] http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεβόλον_Αρχιμήδους
- [5] <http://wikipedia.qwika.com/en2el/Odometer>
- [6] http://grmath4.phpnet.us/tecnologia/arximidis_kataskeues_saka_m.htm
- [7] Δ. Καλλιγερόπουλος, *Η τέχνη της κατασκευής των αυτομάτων, Αυτοματοποιητική, Ηρώνα του Αλεξάνδρινου*, 1η έκδοση, Αθήνα 1996
- [8] Εγκυκλοπαίδεια Νέα Δομή, Τόμος 13^{ος}, Εκδόσεις «ΔΟΜΗ», 1996
- [9] <http://el.wikipedia.org/wiki/Ηρών>
- [10] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aeolipile_illustration.JPG
- [11] <http://www.e-telescope.gr/el/history-and-archaeology/132-ancient-technology>
- [12] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p502.html
- [13] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p507.html
- [14] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p504.html
- [15] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p512.html
- [16] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p508.html
- [17] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p506.html
- [18] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p519.html
- [19] <http://www.hellinon.net/ancientGreekAutomatic.htm>
- [20] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p513.html
- [21] <http://www.e-telescope.gr/el/history-and-archaeology/132-ancient-technology>
- [22] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p533.html
- [23] <http://theancientweb.wordpress.com/2012/03/14/τα-αστρονομικά-μετρητικά-όργανα-των-α/>
- [24] <http://www.archimedesclock.gr/gr/kataskeves/metritika/dioptra.html>
- [25] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p521.html
- [26] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p523.html
- [27] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p524.html
- [28] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p525.html
- [29] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p522.html

- [30] Εγκυκλοπαίδεια Νέα Δομή, Τόμος 19^{ος}, Εκδόσεις «ΔΟΜΗ», 1996
- [31] http://el.wikipedia.org/wiki/Κτησίβιος_ο_Αλεξανδρεύς
- [32] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p531.html
- [33] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p503.html
- [34] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p496.html
- [35] http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p510.html
- [36] [http://www.diodos.gr/Αρχαία-Ελλάδα/Εφευρέτες/367-Κτησίβιος-\(285-222-π-χ-\).html](http://www.diodos.gr/Αρχαία-Ελλάδα/Εφευρέτες/367-Κτησίβιος-(285-222-π-χ-).html)
- [37] <http://el.wikipedia.org/wiki/Υδραυλις>
- [38] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydraulis_001.jpg