



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

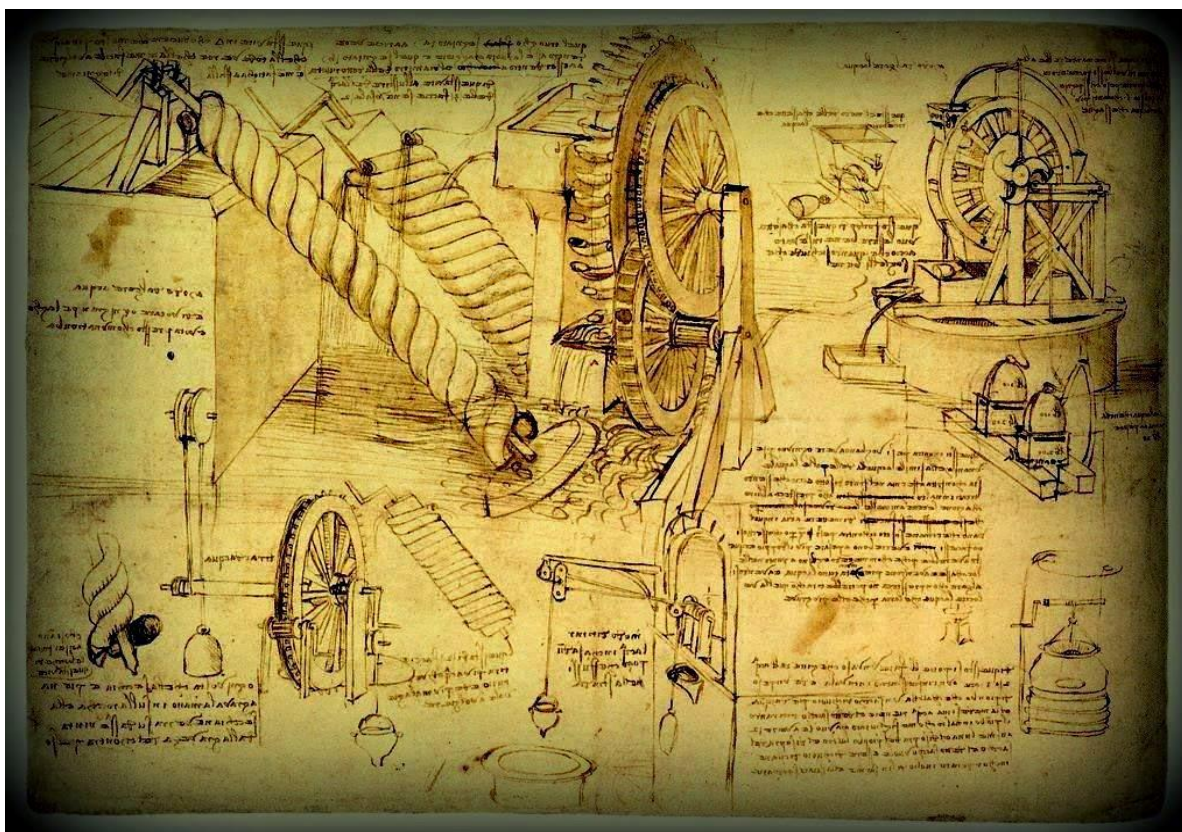
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΦΥΣΙΚΗ Ι

ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ
2020 - 2021

ΘΕΜΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ



Συντελεστές:

ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΑΡΚΟΥ (ΑΜ: 07120058)

ΟΡΕΣΤΗΣ ΚΑΛΟΓΕΡΑΣ (ΑΜ: 07120059)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

“Μηχανή ή μηχανήμα ονομάζεται οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον μπορεί να διευκολύνει την ανθρώπινη εργασία ή να αυξήσει τη δύναμη ή την αποτελεσματικότητά της.”

Βιτρούβιος

Η **μηχανική**, δηλαδή «η τέχνη των μηχανών», αποτελεί τον πρώτο κλάδο της φυσικής, που ασχολείται με τη συμπεριφορά των φυσικών σωμάτων, δηλαδή, με τις δυνάμεις αλληλοεπίδρασής τους και τα αποτελέσματα της άσκησης των δυνάμεων αυτών, όπως είναι η αλλαγή της σχετικής θέσης τους με το χρόνο και η ενδεχόμενη παραμόρφωσή τους. Επιπλέον, η μηχανική αποτελεί κεντρικό μέρος της τεχνολογίας και έχει τις ρίζες της στην αρχαία Ελλάδα, όπως επιβεβαιωμένα τεκμηριώνουν τα αρχαία κείμενα του Αριστοτέλη και του Αρχιμήδη, που έχουν διασωθεί. Επιπλέον, ο κλάδος αυτός έχει ιδιαίτερη κοινωνική σημασία, καθώς βοηθά στην ανάπτυξη και εξέλιξη πολλών μηχανών με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ζωής των ανθρώπων.

Βέβαια, η μηχανική και οι μηχανές κατέχουν την δική τους προϊστορία. Ο άνθρωπος, από τα πρώτα χρόνια της ύπαρξής του, συνειδητοποίησε πως υστερεί σωματικά όσο άφορα την επιβίωση του. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να του δημιουργηθεί η ανάγκη να προστατεύσει τον εαυτό του αλλά και να εξασφαλίσει την τροφή του. Στα πρώιμα χρόνια τα τεχνολογικά δημιουργήματα του ανθρώπου ήταν απλά **εργαλεία**, τα οποία τον βοήθησαν να επιβιώσει, ξεπερνώντας συνεχώς παντός είδους προβλήματα και βελτιώνοντας τη θέση του μέσα στη φύση. Εργαλεία στην **αρχαιότητα** μπορούν να οριστούν ως κατασκευές του ανθρώπου που έχουν στόχο να αυξήσουν την ικανότητα και την αποτελεσματικότητά του. Η συνειδητή κατασκευή των εργαλείων ξεκίνησε στην Εποχή του Λίθου, όταν οι κυνηγοί τροφουσλλέκτες κατασκεύασαν για πρώτη φορά εργαλεία κοπής, αιχμές βελών, πρωτόγονα αγκίστρια και σκεύη μεταφοράς. Σύμφωνα με το σύστημα τριών εποχών, τη χρήση λίθινων εργαλείων ακολούθησε η ανάπτυξη της **μεταλλουργίας** και η χρήση χάλκινων και αργότερα σιδερένιων εργαλείων. Με το πέρασμα των χρόνων οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες στην παραγωγή, στην κατανάλωση τροφής, στην ένδυση και στις συνθήκες διαβίωσης, καθώς και η ανάπτυξη της επιστήμης και του πολιτισμού, συνέβαλε στην κατασκευή χρησιμων εργαλείων που προορίζονταν για πιο εξειδικευμένες χρήσεις όπως στην ξυλουργία, στην ναυπηγία, στο κυνήγι, στην τεχνη και στην μεταλλουργία.

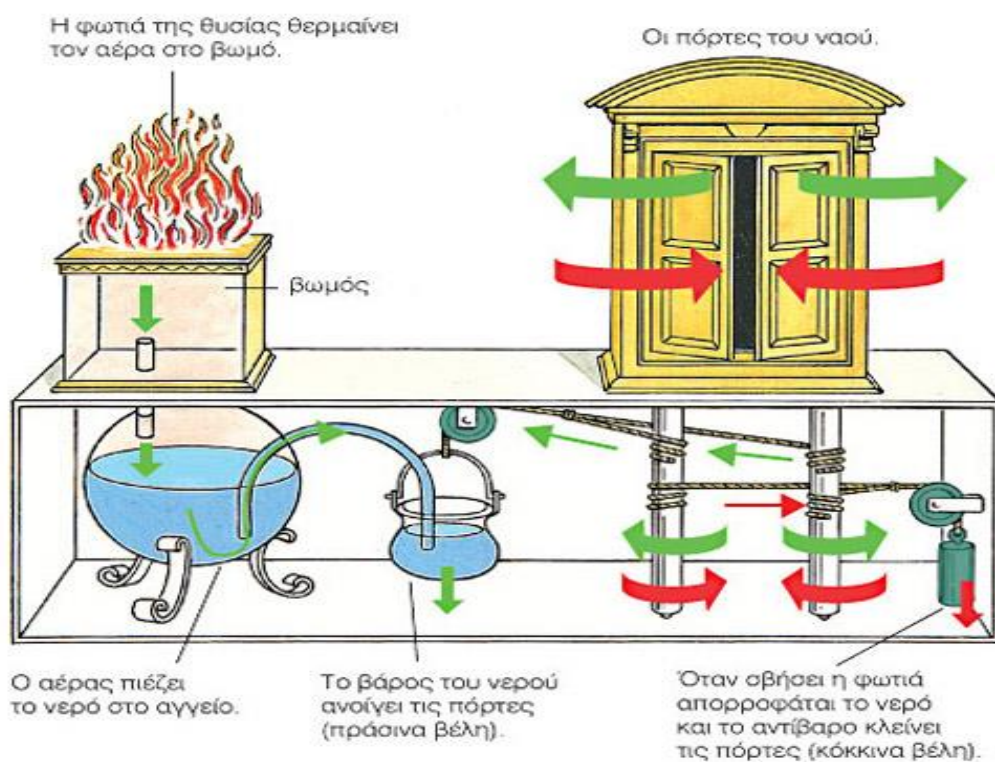
Έτσι, στην αρχαιότητα συναντάμε εργαλεία όπως ο πέλεκυς, το σκέπαρνον, το πριόνι, το σφυρι, το τρύπανον ή τέρετρον, ο ξυστήρ, ο διαβήτη, οι γνώμονες και αλφάδια.

Στην **αρχαιότητα**, διακρίνονται δύο είδη μηχανών: οι απλές και οι σύνθετες. Στις απλές κατατάσσονταν οι μοχλοί, η σφήνα, ο κοχλίας, το πολύσπαστο, κ.ά. Στις σύνθετες από την άλλη ανήκαν οι υδραυλικές μηχανές, οι βιομηχανικές (μύλοι άλεσης και σύνθλιψης), οι υψωτικές ή ανυψωτικές, οι πολεμικές και οι μηχανές θεάτρου. Κατά τη μηχανολογία, η μηχανή είναι ένα σύνολο μηχανικών μερών και μηχανισμών ικανών να μπορούν να μετατρέπουν μια ενέργεια τροφοδότησης σε μία διαφορετικού ή ίδιου τύπου αλλά με διαφορετικές παραμέτρους τελική ενέργεια, με σκοπό να την χορηγήσουν σε άλλες μηχανές ή να την χρησιμοποιήσουν άμεσα για να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες διαδικασίες παραγωγής έργου.

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΡΧΑΙΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

- **Ο «Κινηματογράφος» του Ήρωνα**

Το σταθερό αυτόματο θέατρο του Ήρωνα, γνωστό στους αρχαίους Έλληνες ως απλώς “κινηματογράφος” αποτέλεσε μία πρωτότυπη εφεύρεση μιας ισχυρής προσωπικότητας από την Αλεξάνδρεια, τον Ήρων τον Αλεξανδρεύς που ήταν ένας άριστος μηχανικός αλλά και εφευρέτης. Η κίνηση της αυλαίας, η αλλαγή των σκηνικών και γενικότερα ότι φαινόμενο συνέβαινε κατά την προβολή του έργου όλα συνέβαιναν αυτόματα. **Για παράδειγμα το άνοιγμα και το κλείσιμο των πορτών του ναού ήταν εφικτά χάρη στην συγχρονισμένη κίνηση νημάτων δεκάδων μέτρων, που έλκονταν με την βοήθεια της δύναμης που αναπτυσσόταν λόγω της χρήσης ενός μολύβδινου βαριδιού (λόγω δράσης-αντίδρασης μεταξύ της τάσης του νήματος και του βάρους του βαριδιού), σε συνδυασμό με την χρήση του νερού σε μια απλή κατασκευή που δούλευε συμφώνα με τους νόμους της θερμοδυναμικής.**



Εικόνα 1: ο κινηματογράφος του Ήρωνα (πηγή [εδώ](#))

- **Το «Ρομπότ – Υπηρέτης» του Φίλωνα**

Μία ακόμα περίτεχνη εφεύρεση της αρχαιότητας ήταν δημιούργημα του Φίλωνα γνωστός και ως «Φίλων ο Μηχανικός». Το πρώτο ανθρωπόμορφο ρομπότ, που εκτελούσε χρέη υπηρέτη ήταν γεγονός. Συγκεκριμένα, είχε την μορφή υπηρέτη σε φυσικό μέγεθος, όπου στο δεξί του χέρι κρατούσε μια οινόχοη. Κάθε φορά που ο επισκέπτης τοποθετούσε ένα κύπελλο στη δεξιά παλάμη του “ρομπότ”, εκείνο αυτόματα έριχνε αρχικά κρασί και έπειτα για ανάμιξη νερό στον κρατήρα ανάλογα με την επιθυμία του. Στο εσωτερικό του υπηρέτη βρίσκονταν δύο δοχεία, ένα με κρασί και το άλλο με νερό, ενώ στο πυθμένα τους είχαν δύο σωληνίσκους που οδηγούν το περιεχόμενο τους μέσα από το δεξί χέρι του στο χείλος της οινόχοης. Δύο αεραγωγοί σωληνίσκοι ξεκινούσαν από το άνω μέρος των δοχείων, διαπερνούσαν τον πυθμένα τους και κατέληγαν κεκαμμένοι στο στομάχι του. Το αριστερό του χέρι συνδεόταν με τους ώμους μέσω άρθρωσης, ενώ για να συγκρατηθεί ανυψωμένο χρειαζόταν μια ελικοειδής ράβδος (ελατήριο) έκκεντρα τοποθετημένη στην προέκταση του. Δύο σωλήνες ξεκινούσαν από το ίδιο σημείο (κλείδα) και κατέρχονταν. Οι σωλήνες αυτοί διέθεταν δύο οπές ή σχισμές στις απολήξεις τους, με την οπή που επικοινωνούσε με το δοχείο του οίνου να προηγείται από εκείνη που επικοινωνούσε με το νερό. Έτσι όταν τοποθετούνταν πάνω στην παλάμη του ένας κρατήρας, το αριστερό του χέρι κατέβαινε και οι σωλήνες της κλείδας ανυψώνονταν. **Η οπή του ενός σωλήνα ευθυγραμμιζόταν με τον αεραγωγό σωληνίσκο του δοχείου του οίνου, αέρας εισερχόταν στο δοχείο και οίνος έρρεε από το σωληνίσκο της οινόχοης στον κρατήρα. Όταν μισογέμιζε το κύπελλο με κρασί, το χέρι εξαιτίας του βάρους κατέβαινε περισσότερο, η δίοδος του αεραγωγού σωληνίσκου του οίνου έφραζε και η ροή σταματούσε. Ταυτόχρονα ευθυγραμμιζόταν η οπή του δεύτερου σωλήνα με τον αεραγωγό σωληνίσκο του δοχείου με το νερό και ξεκινούσε να εισέρχεται νερό για την αραιώση του κρασιού. Τέλος, όταν γέμιζε το κύπελλο, το χέρι εξαιτίας του βάρους κατέβαινε περισσότερο, η δίοδος του αεραγωγού σωληνίσκου του νερού έφραζε και η ροή σταματούσε.**



Εικόνα 2: Ο εσωτερικός μηχανισμός του Ρομπότ-Υπηρέτη (πηγή: [εδώ](#))



Εικόνα 3: Πιστή απεικόνιση του Ρομπότ-Υπηρέτη (πηγή: [εδώ](#))

- **Η «ιπτάμενη περιστέρα» του Αρχύτα**

Η πρώτη αυτόνομη πτητική μηχανή της αρχαιότητας είναι του Αρχύτα του Ταραντίνου, γνωστός και ως ο πατέρας της μηχανολογίας. Την ονόμασε περιστέρα ή πετομηχανή και λειτουργούσε με ένα σύστημα αεροπροώθησης. Η ιπτάμενη περιστέρα που κατείχε σχήμα αεροπλάνου ήταν μια μικρή συσκευή, φτιαγμένη ως κέλυφος οπου στο εσωτερικό της υπήρχε μια κύστη ζώου σαν μπαλόνι. Στο άκρο της περιστέρας, όπου κατέληγε η κύστη συνδεόταν με αεραντλία ή λέβητα μέσω του ανοίγματος. **Αυτό δικαιολογεί το γεγονός πως κάθε φορά που η πίεση του αέρα περνούσε από αυτό το άνοιγμα, η περιστέρα εκτοξευόταν λόγω του πεπιεσμένου αέρα που έβγαινε από το πίσω μέρος με ορμή. Συγκεκριμένα, λειτουργούσε σαν αεριωθούμενο αεροπλάνο βάσει της αρχής δράσης-αντίδρασης.** Η πτητική αυτή μηχανή κάλυπτε αποστάσεις 200 μέτρων από την πρώτη κιάλας πτήση της.



Εικόνα 4: Ο Αρχύτας ο Ταραντίνος και η εφεύρεση του, η ιπτάμενη περιστέρα (πηγή [εδώ](#))

- **Το «Νύχι» ή «Σιδερένιο Χέρι» του Αρχιμήδη**

Το «Νύχι» ή αλλιώς «Σιδερένιο Χέρι» ήταν η σπουδαιότερη αμυντική εφεύρεση του Αρχιμήδη, χάρη στην οποία οι Συρακούσιοι κατάφερναν να καταστρέφουν τα πλοία των αντιπάλων τους χωρίς να χρειάζεται να βγαίνουν από τα τείχη τους. Μέσα από τα γραπτά των Πολύβιου, Λίβιου και Πλούταρχου γίνεται κατανοητή η λειτουργία του μηχανισμού και περιγράφουν ακριβώς την Αρπάγη, ως ένα μεγάλο μοχλό με γάντζο, ο οποίος ήταν προσαρμοσμένος στο άκρο αλυσίδας, η οποία κρεμόταν από το ένα άκρο της δοκού. Για ευνόητους λόγους η μηχανή ήταν κρυμμένη και πιθανόν τοποθετημένη παράλληλα με τον τοίχο μέχρι την στιγμή, την οποία το πλοίο βρισκόταν στο δραστικό βεληνεκές. Μάλιστα ο Πολύβιος αναφέρει ότι πριν την αγκίστρωση του πλοίου, ρίχνονταν πέτρες στην πλώρη, έχοντας σκοπό να απομακρυνθούν οι επιβαίνοντες πεζοναύτες λίγο πριν κατέβει το άγκιστρο. Την στιγμή που το πλοίο εγκλωβιζόταν, το αντίθετο άκρο του μοχλού χαμήλωνε, ώστε να επιτευχθεί η ανύψωση του πλοίου. Έπειτα, κατακλυζόταν από το νερό, πλημμύριζε η πρύμνη ή κλονιζόμενο αφηνόταν να πέσει στην θάλασσα, ή στα βράχια στη βάση των τειχών της πόλης. Μια εξίσου σημαντική πληροφορία αποτελεί πως ο Πολύβιος και ο Πλούταρχος δεν διευκρίνισαν τον τρόπο με τον οποίο ο κινητήριος βραχίονας (στο αντίθετο άκρο του μοχλού) χαμήλωνε προκειμένου να ανυψώσει τον γάντζο και κατά συνέπεια το πλοίο. Παρ' όλα, αυτά ο Λίβιος αναφέρει ότι μόλις το πλοίο αγκιστρωνόταν στην μια άκρη του βραχίονα, «η άλλη άκρη χαμήλωνε απότομα προς το έδαφος εξαιτίας του μολύβδινου βάρους, το οποίο ήταν τοποθετημένο σε αυτήν».

Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση φυσικής μέσω της παρακάτω σχετικής αναφοράς:

Οι άνθρωποι εκμεταλλεύονταν, κατά βάση, το γεγονός ότι μπορούσαν να πετύχουν την ανύψωση ενός βαρύτερου αντικείμενου (π.χ. ένα καράβι) χρησιμοποιώντας μια μικρότερη δύναμη, ασκώντας την σε σημείο που ο μοχλοβραχίονας της να είναι αρκετά μεγαλύτερος από εκείνον της δύναμης του βάρους του αντικείμενου.



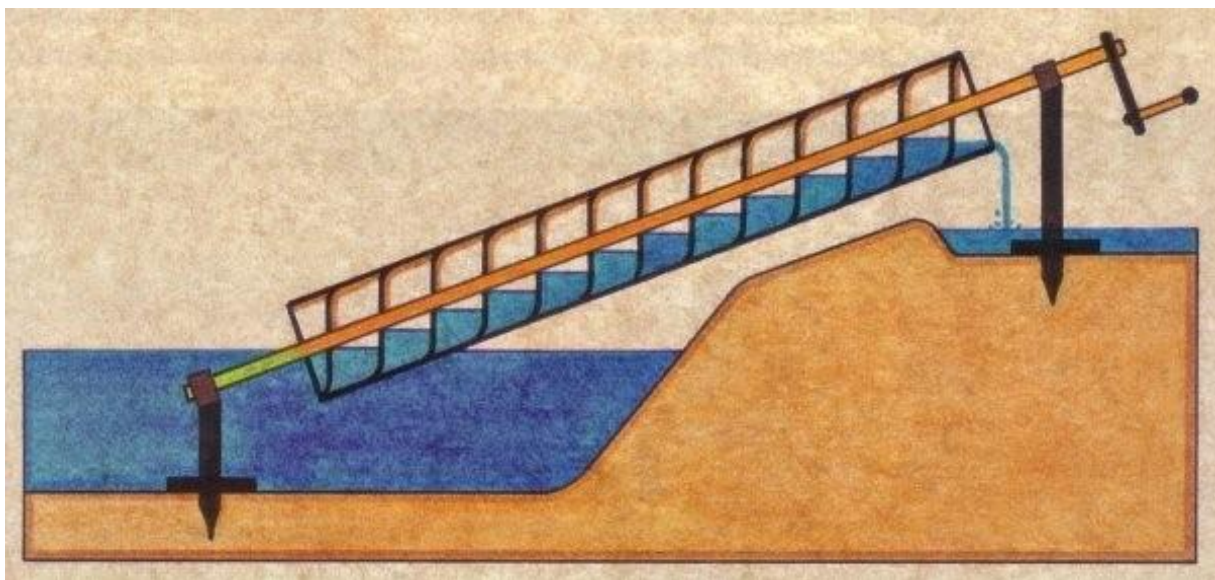
Εικόνα 5: Η «Σιδερένια Χείρα» του Αρχιμήδη (πηγή [εδώ](#))

- **Ατέρμων Κοχλίας**

Ο κοχλίας του Αρχιμήδη, ή αντλία με κοχλία, είναι μια κατασκευή που από την αρχαιότητα χρησιμοποιούνταν για την άντληση και την μετακίνηση νερού από κάποιο χαμηλό μέρος σε ένα υψηλό και κατά κύριο λόγο σε κανάλια άρδευσης. Η εφεύρεση της αντλίας με κοχλία έχει αποδοθεί κυρίως στον Αρχιμήδη, άλλα φαίνεται να ήταν ευρέως γνωστό στους αρχαίους Έλληνες μηχανικούς, κατά την Ελληνιστική περίοδο. Ο Ατέρμων κοχλίας του Αρχιμήδη αποτελούνταν από έναν κοχλία σε κενό σωλήνα (ελικοειδής επιφάνεια μέσα σε κύλινδρο). Ο κοχλίας μπορούσε να περιστραφεί μέσω ενός ανεμόμυλου ή ακόμα και χειροκίνητα. Βρισκόταν σε κλίση με το έδαφος και καθώς γύριζε, ποσά νερού εγκλωβίζονταν και μεταφέροντα στο ανώτερο μέρος της κατασκευής, από όπου το νερό χυνόταν και τροφοδοτούσε τα κανάλια άρδευσης. Η επαφή της κυλινδρικής επιφάνειας και του κοχλίας δεν χρειαζόταν να είναι υδατοστεγής, καθώς το ποσό που έριχνε μέσα στο κανάλι ήταν μεγαλύτερο από αυτό που διέρρεε. Επίσης, λόγω του σχεδιασμού, το νερό που διαρρέει πηγαίνει στο χαμηλότερο τμήμα, που με τη σειρά του ανεβαίνει, με αποτέλεσμα την δημιουργία μιας μηχανικής ισορροπίας κατά τη χρήση.

Σε μερικούς σχεδιασμούς, ο κοχλίας ήταν ενωμένος με το κυλινδρικό περίβλημα και περιστρέφονταν μαζί, αντί να περιστρέφεται μόνο ο κοχλίας. Αυτό φαίνεται και σε απεικονίσεις της αρχαίας Ελλάδας και της αρχαίας Ρώμης, που δείχνουν συνήθως έναν άνδρα να περιστρέφει ολόκληρη την κατασκευή. Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση φυσικής μέσω της παρακάτω σχετικής αναφοράς:

Η μετάβαση του νερού από το χαμηλό στο υψηλό υψόμετρο γίνεται εφικτή χάρη στην μετατροπή της ενέργειας που προσφέρουμε για την περιστροφή του κοχλία σε βαρυτική δυναμική ενέργεια του νερού που ανυψώνεται (και σε πολύ μικρότερο βαθμό σε κινητική του νερού που μετατοπίζεται κατά μήκος του άξονα του κοχλία).



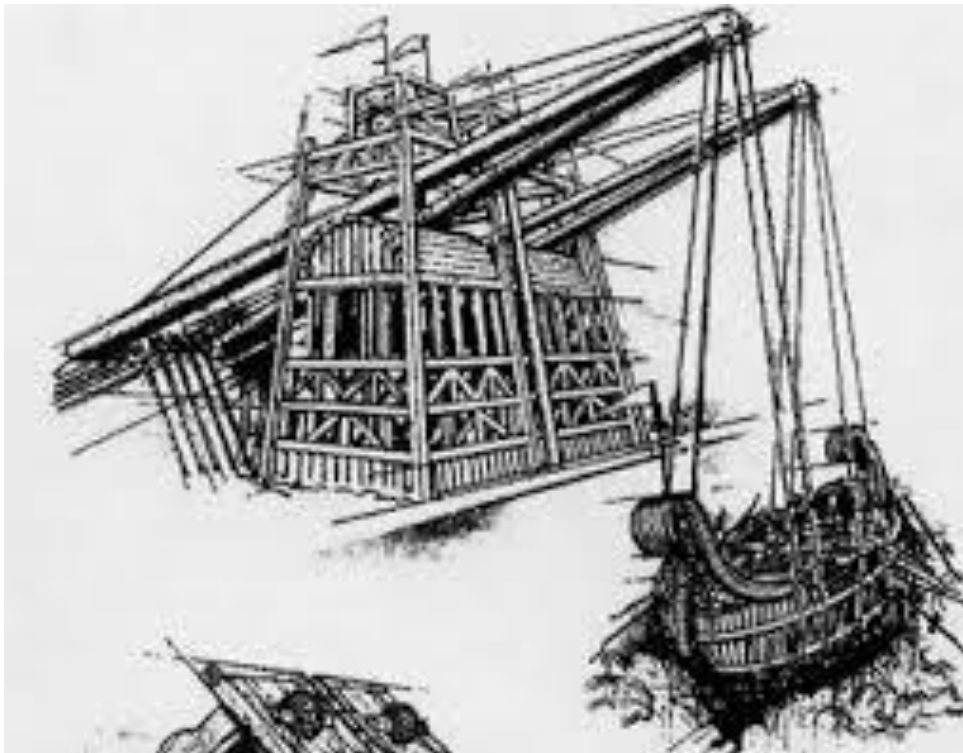
Εικόνα 6: Ατέρμων Κοχλίας (πηγή [εδώ](#))

- **Ο «Βαρούλκος»**

Μηχανισμός ο οποίος αποτελούνταν από συμπλεκόμενους κοχλίες και οδοντωτούς τροχούς εντός κιβωτίου και χρησιμοποιούνταν κυρίως για την ανύψωση ή έλξη μεγάλων φορτίων με την εφαρμογή ελάχιστης δύναμης. Παρόλο που ο μηχανισμός περιγράφεται αναλυτικά από τον Ήρωνα ο εφευρέτης του ήταν ο Αρχιμήδης, ο οποίος με έναν παρόμοιο μηχανισμό (περισσότερων οδοντωτών τροχών και κοχλιών) κατέλκυσε ένα γιγάντιο πλοίο με τη δύναμη του ενός χεριού του. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς του Ήρωνα, για τη μείωση της απαιτούμενης ελκτικής δύναμης ενός φορτίου κατά $1/200$, απαιτείται σχέση οδοντωτών τροχών $1:5:5:5:8/5$ (θεωρητικά ικανής για την επίτευξη αυτού του σκοπού), ενώ η επιπλέον σημαντική μείωση με τη χρήση του κοχλία και του χειροστροφάλου φαίνεται να είναι απαραίτητη για την υπερνίκηση των αυξημένων τριβών.

Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση φυσικής μέσω της παρακάτω σχετικής αναφοράς:

Οι άνθρωποι εκμεταλλεύονταν, κατά βάση, το γεγονός ότι μπορούσαν να πετύχουν την ανύψωση ενός βαρύτερου αντικείμενου (π.χ. ένα καράβι) χρησιμοποιώντας μια μικρότερη δύναμη, ασκώντας την σε σημείο που ο μοχλοβραχίονας της να είναι αρκετά μεγαλύτερος από εκείνον της δύναμης του βάρους του αντικείμενου.



Εικόνα 7: Μια Σκιτσογραφία από τον “Βαρούλκο” (πηγή [εδώ](#))

- **Ναυτικό Δρομόμετρο**

Το ναυτικό δρομόμετρο ανακαλύφθηκε από τον Αρχιμήδη αρχικά ως δρομόμετρο, δηλαδή ως όργανο μέτρησης αποστάσεων στην ξηρά και εξελίχθηκε ως ναυτικό αργότερα, υπολογίζεται γύρω στον 1^ο αι. Π.Χ.. Αποτελεί έναν ακριβή μηχανισμό για την μέτρηση θαλάσσιων αποστάσεων. Εσωτερικά αποτελείται από ένα κιβώτιο με συμπλεκόμενους οδοντωτούς τροχούς και έναν ατέρμονα κοχλία, όπου στην άκρη του εμφανίζει έναν **πτερυγιοφόρο υδροκίνητο τροχό**. Επιπλέον, η περιφέρεια του τροχού στο εσωτερικό των πτερυγίων εφάπτεται της στάθμης της θάλασσας και το κιβώτιο ήταν προσκολλημένο, άλλοτε πάνω σε ελκόμενο από το πλοίο πλωτήρα και άλλοτε στο εσωτερικό πλαϊνό του πλοίου, έχοντας τον άξονα του τροχού να διαπερνά τα τοιχώματα του. Ο τροχός περιστρέφεται ανάλογα με την ταχύτητα που διαθέτει το πλοίο και ένας βαθμονομημένος δίσκος (από την εξωτερική πλευρά του κιβωτίου), ο οποίος είναι ενσωματωμένος στον άξονα του τελευταίου οδοντωτού τροχού υποδεικνύοντας την απόσταση που διανύει. Μεταγενέστερα υπήρξε και το ναυτικό δρομόμετρο του Ήρωνα (100 μ.Χ.) που μετρούσε εξίσου με ακρίβεια τις θαλάσσιες αποστάσεις και η λειτουργία στηρίχτηκε σε αυτήν που κατασκεύασε πρώτος ο Αρχιμήδης. Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση του γενικευμένου νομού του Νεύτωνα, κατά τον οποίο:

Τα μόρια του νερού δέχονται μια δύναμη F από τον πτερυγιοφόρο υδροκίνητο τροχό, με $F = \Delta p / \Delta t$ (όπου Δp η μεταβολή της ορμής των μορίων του νερού έπειτα από την επαφή τους με τον πτερυγιοφόρο υδροκίνητο τροχό). Λογω όμως του τρίτου νόμου του Νεύτωνα αναπτύσσεται στον πτερυγιοφόρο υδροκίνητο τροχό μια δύναμη F' ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς με την F ως δράση-αντίδραση, η οποία προκαλεί την κίνηση του πτερυγιοφόρου υδροκίνητου τροχού και επομένως την αποτελεσματική λειτουργία του ναυτικού δρομόμετρου.



Εικόνα 8: Το Ναυτικό Δρομόμετρο (πηγή [εδώ](#))

- **Η Αιολόσφαιρα του Έρωνα του Αλεξανδρέα**

Η **αιολόσφαιρα**, επίσης γνωστή ως **μηχανή του Έρωνα**, είναι μια πολύ απλή μορφή ατμομηχανής η οποία έχει την δυνατότητα να περιστρέφεται όταν η κεντρική παροχή νερού θερμαίνεται. Ο παράγοντας της περιστροφής της είναι η ροπή του ατμού ο οποίος αποχωρεί από τα ακροφύσια, κάνοντας την να συμπεριφέρεται σαν ρουκετομηχανή. Η αιολόσφαιρα του Έρωνα φαίνεται να είναι η πρώτη καταγεγραμμένη ατμοτουρμπίνα αντίδρασης και γενικότερα η πρώτη καταγεγραμμένη μορφή ατμομηχανής. Πέρα από τον Έρωνα, ο Βιτρούβιος έκανε αναφορά σε μια αιολόσφαιρα τον 1ο αιώνα π.Χ. στο σύγγραμμά του "Περί αρχιτεκτονικής". Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρο αν αναφέρεται στην ίδια μηχανή ή σε κάποιον πρόδρομό της, καθώς δεν αναφέρει τα τμήματα που περιστρέφονται.

Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση φυσικής μέσω της παρακάτω σχετικής αναφοράς:

Η **θερμική ενέργεια του ατμού (κινητική ενέργεια των μορίων του)** ασκεί μια δύναμη F κατά την έξοδο του από τα ακροφύσια με φορά προς τα έξω. Όμως, λόγω δράσης-αντίδρασης έχουμε την άσκηση μιας δύναμης F' ίσου μέτρου με την F στα ακροφύσια, η ροπή της οποίας προκαλεί τελικά την περιστροφή της σφαίρας και την αποτελεσματική λειτουργία της συσκευής.



Εικόνα 9: Η Αιολόσφαιρα (πηγή [εδώ](#))

- **Η Ανεμοκίνητη Ύδραυλις**

Πρόκειται για την πρώτη ουσιαστική αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως για την κίνηση μιας μηχανής. Αποτελούνταν κυρίως από δύο διατάξεις: τη ανεμοκίνηση και την ύδραυλη. Η διάταξη της ανεμοκίνησης αποτελούνταν από έναν οριζόντιο άξονα που στη μία άκρη του υπήρχε μία κατακόρυφη πτερωτή, ενώ στην άλλη άκρη του έφερε έναν τροχό με σκυτάλια. Τα μεταλλικά έδρανα στηριζόντουσαν από τον άξονα ενός πλαισίου πακτωμένου σε ένα μετακινούμενο βάθρο που στρεφόταν προς την κατεύθυνση του ανέμου. Μία (αρθρωμένη στο μέσον της) οριζόντια ράβδος ήταν πεπλατυσμένη στο ένα άκρο της, ενώ αντίθετα στο άλλο ήταν συνδεδεμένη αρθρωτά με τον άξονα του εμβόλου του κυλίνδρου της ύδραυλης. Η πτερωτή περιστρεφόταν μέσω της ενέργειας του ανέμου και τα σκυτάλια κτυπούσαν και καταβίβαζαν διαδοχικά το πεπλατυσμένο άκρο της δοκού ανασηκώνοντας το έμβολο της ύδραυλης το οποίο κάθε φορά ξανακατέβαινε λόγω του βάρους του όλο και περισσότερο. Γι' αυτό το λόγο, η ύδραυλις προμηθευόταν τον απαιτούμενο αέρα για τη ορθή λειτουργία της. Με λίγα λόγια η εφεύρεση αυτή εκμεταλλευόταν την αιολική ενέργεια, μετατρέποντας την σε κινητική, με την βοήθεια της πτερωτής. Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση του γενικευμένου νομού του Νεύτωνα, κατά τον οποίο:

Τα μόρια του αέρα δέχονται μια δύναμη F από την πτερωτή, με $F = \Delta p / \Delta t$ (όπου Δp η μεταβολή της ορμής των μορίων του αέρα έπειτα από την επαφή τους με την πτερωτή).

Λογω όμως του τρίτου νόμου του Νεύτωνα αναπτύσσεται στην πτερωτή μια δύναμη F' ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς με την F ως δράση-αντίδραση, η όποια προκαλεί την κίνηση της πτερωτής και επομένως την αποτελεσματική λειτουργία της μηχανής.



Εικόνα 10: Ξύλινο ομοίωμα της Ανεμοκίνητης Ύδραυλις (πηγή [εδώ](#))

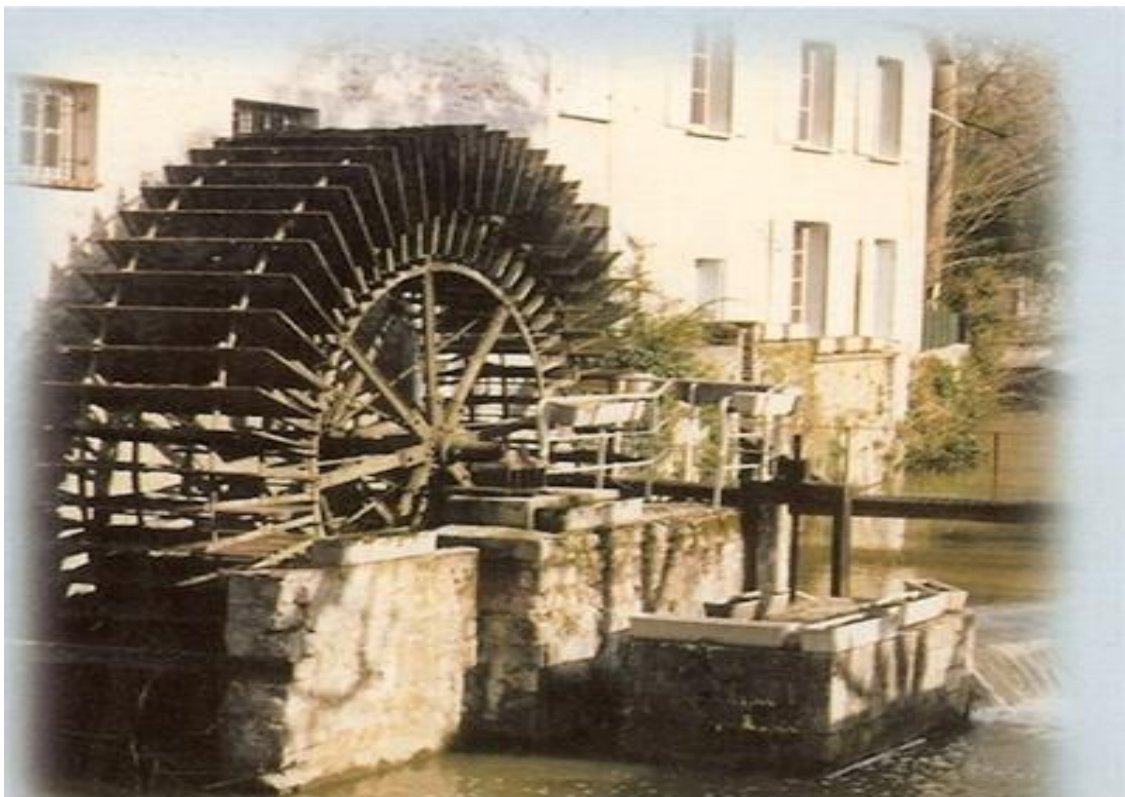
- **Ο Ελληνικός Νερόμυλος (Υδραλέτης)**

Ο υδροκίνητος μύλος άλεσης δημητριακών είναι μία εφεύρεση που εξακολουθεί να χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Σύμφωνα με το Στράβωνα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα Κάβειρα από τον ελληνομαθή βασιλιά του Πόντου Μιθριδάτη ΣΤ΄ τον Ευπάτορα. Ήταν ο καταλληλότερος για τις λοφώδεις και ορεινές περιοχές της Ελλάδος αλλά και της Μικράς Ασίας καθώς ήταν εξαιρετικά ικανός στο να λειτουργεί με μικρές ποσότητες τρεχούμενου νερού που κινούνταν όμως με αρκετά μεγάλη ταχύτητα. Αποτελεί το θεμέλιο για την μεταγενέστερη δημιουργία του υδροστροβίλου. Στο εσωτερικό του αποτελούνταν από έναν κατακόρυφο άξονα, μια οριζόντια πτερωτή και δύο οριζόντιες μυλόπετρες. Η κάτω μυλόπετρα διαπερνιούνταν από τον άξονα και συνδεόταν μέσω μεταλλικών συνδέσεων με τη διάτρητη στο κέντρο της πάνω μυλόπετρας. Η πτερωτή κινούνταν από το νερό και ο άξονας μετέδιδε την περιστροφή στην άνω μυλόπετρα. Ο καρπός από τη χοάνη έπεφτε στο άνοιγμα της περιστρεφόμενης μυλόπετρας, αλεθόταν ανάμεσα στις δύο μυλόπετρες και εξερχόταν περιφερειακά, λόγω της φυγόκεντρης δύναμης που ασκούσαν σε αυτό. Η χοάνη ήταν εφοδιασμένη με ρυθμιστή παροχής καρπού, ο οποίος προωθούσε τον καρπό ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής.

Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση του γενικευμένου νομού του Νεύτωνα, κατά τον οποίο:

Τα μόρια του νερού δέχονται μια δύναμη F από την πτερωτή, με $F = \Delta p / \Delta t$ (όπου Δp η μεταβολή της ορμής των μορίων του νερού έπειτα από την επαφή τους με την πτερωτή).

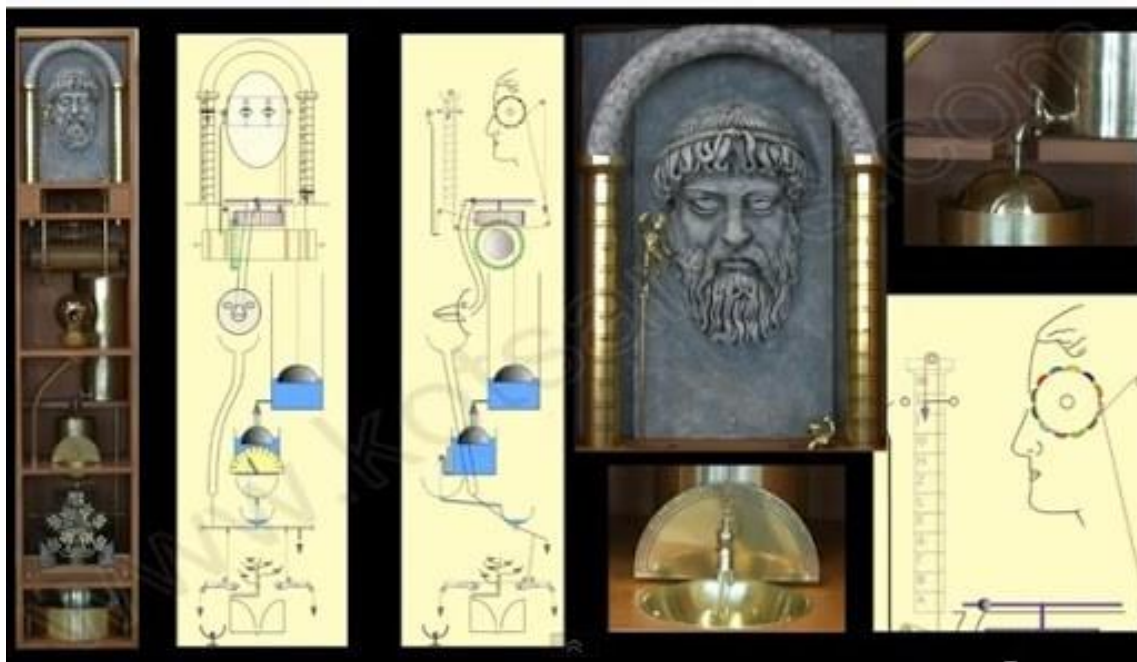
Λόγω όμως του τρίτου νόμου του Νεύτωνα αναπτύσσεται στην πτερωτή μια δύναμη F' ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς με την F ως δράση-αντίδραση, η όποια προκαλεί την κίνηση της πτερωτής και επομένως την αποτελεσματική λειτουργία του νερόμυλου.



Εικόνα 11: Ο Ελληνικός Νερόμυλος (πηγή [εδώ](#))

- **Το Υδραυλικό Ωρολόγιο (Ρολόι)**

Το Υδραυλικό Ωρολόγιο αποτελεί ένα θαύμα του αυτοματισμού, αφού το ρολόι αυτό μπορούσε να λειτουργεί ασταμάτητα, δίχως την ανθρώπινη παρέμβαση, υποδεικνύοντας τα 365 διαφορετικά ωράρια του έτους. Το ανώτερο μπρούντζινο δοχείο τροφοδοτούταν μέσω ενός υπερχειλιστή από το νερό μιας πηγής. Εκείνο με τη σειρά του τροφοδοτούσε το μικρότερο ενδιάμεσο δοχείο που αποτελούσε έναν ελεγκτή σταθερής στάθμης με ένα σύστημα κωνικής βαλβίδας διακοπής της ροής πάνω σε πλωτήρα που περιείχε. Εκείνη τη στιγμή ένας σταλακτης τροφοδοτούσε σταδιακά την μία σταγόνα μετά την άλλη στο υψίκορμο μπρούντζινο δοχείο, έχοντας σταθερή παροχή νερού. Με την άνοδο της στάθμης του νερού σε αυτό, ένας πλωτήρας ανασηκωνόταν και μέσω μιας ράβδου ανυψωνόταν ταυτόχρονα ένα αγαλματίδιο με δείκτη. Ο δείκτης υποδείκνυε την ώρα του 24ώρου σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο που περιείχε το διάγραμμα των ωρών της ημέρας και της νύκτας ανάλογα με την ημερομηνία. Στο τέλος του 24ώρου το νερό ξεπερνούσε το ενσωματωμένο παράπλευρο σιφόνι και άδειαζε με ταχύτητα. Ένα ευφυές σύστημα ενεργοποιούνταν με την κάθοδο του πλωτήρα, έχοντας μετάδοση κίνησης με σχέση 1 προς 365 (που αποτελούνταν από έναν οδοντωτό κανόνα, ένα επίσχεστρο, δύο οδοντωτούς τροχούς και έναν ατέρμονα κοχλία), το οποίο εξασφάλιζε την περιστροφή του βαθμονομημένου τυμπάνου κατά το ένα τριακοσιοστό εξηκοστό πέμπτο της περιφέρειάς του, ώστε ο δείκτης του αγαλματιδίου να υποδεικνύει μετέπειτα με ακρίβεια το ωράριο της επόμενης ημέρας.



Εικόνα 12: Το Υδραυλικό Ωρολόγιο (πηγή [εδώ](#))

- **Ο Πολυβόλος Καταπέλτης του Διονύσιου του Αλεξανδρέως**

Ο πολυβόλος καταπέλτης του Διονύσιου του Αλεξανδρέως αποτέλεσε την πρώτη εφαρμογή της επίπεδης αλυσοκίνησης στην ιστορία παγκοσμίως. Ήταν μία πολεμική μηχανή

που είχε τη δυνατότητα να εκτοξεύει βέλη με επαναλαμβανόμενο τρόπο και εξαιρετικά εύκολα. Είναι γνωστό πως αποτελεί το κορυφαίο επίτευγμα της αρχαιοελληνικής καταπελτικής μηχανικής. Το πρωτότυπο στοιχείο της πολεμικής μηχανής ήταν ότι χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά και με μεγάλη επιτυχία η επίπεδη αλυσοκίνηση. Τα τελευταία χρόνια κάθε μηχανή της μοντέρνας τεχνολογίας, από το ποδήλατο μέχρι και το αυτοκίνητο, διαθέτει αλυσοτροχούς που συντελούν θετικά στη μετάδοση της κίνησης. Η λειτουργία του ήταν απλή και αποτελεσματική για την εποχή του. Ο χειριστής κινούσε τους μοχλούς και με την κίνηση της αλυσίδας τα βέλη οδηγούνταν στην εγκοπή του κυλίνδρου, ενώ ταυτόχρονα απελευθερωνόταν η χορδή του καταπέλτη. Με την αυτόματη κίνηση το βέλος εκτοξευόταν και τέλος, η βολή ολοκληρωνόταν καθώς ο χειριστής συνέχιζε να κινεί τους μοχλούς. Η διαδικασία αυτή ήταν επαναλαμβανόμενη και διαρκούσε μέχρι τα τελειώσουν τα βέλη της φαρέτρας. Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση φυσικής μέσω της παρακάτω σχετικής αναφοράς:

Οι άνθρωποι προσέφεραν ενέργεια (από την χημική ενέργεια που διεθεται) στο σύστημα των μεταλλικών ελατηρίων ή κάποιου άλλου μηχανισμού/συστήματος που παραμορφωνόταν (όπου η ενέργεια αυτή αποθηκευόταν ως δυναμική ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης). Όταν απελευθέρωναν το σύστημα η ενέργεια που είχε μεταφερθεί στην χορδή μεταφερόταν στα σώματα που εκτοξεύονταν. Άρα η μετατροπή της χημικής ενέργειας του ανθρώπου σε δυναμική στο σύστημα και έπειτα σε κινητική στα εκτοξευόμενα σώματα είναι και ο λόγος για τον οποίο ο καταπέλτης δούλεψε σωστά.



Εικόνα 13: Πιστό Αντίγραφο Καταπέλτη (πηγή [εδώ](#))

- **Ο Καταπέλτης**

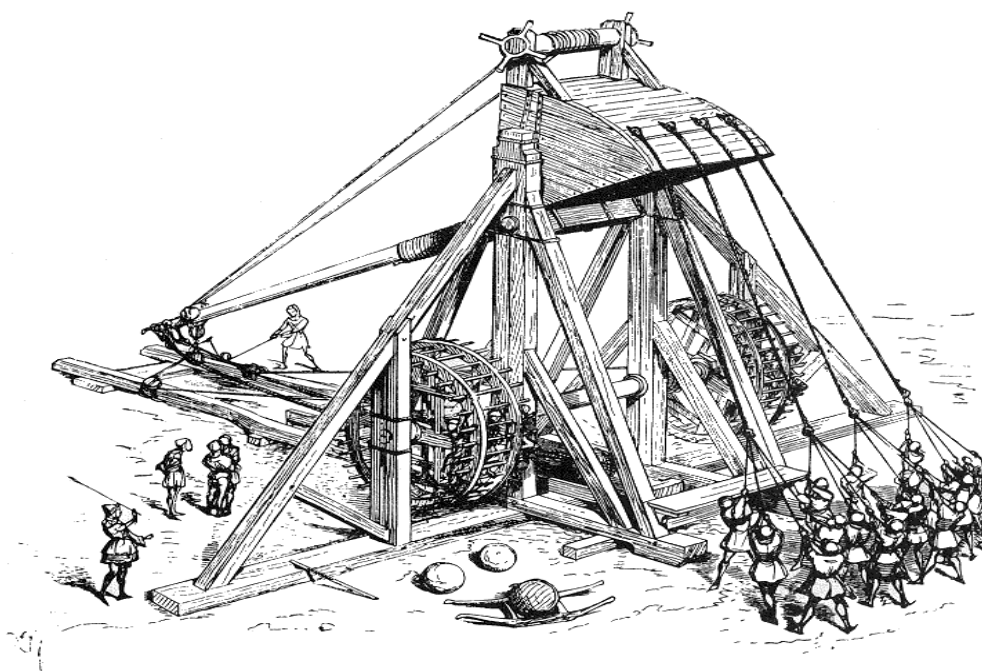
Ο Καταπέλτης ήταν μία περίφημη αρχαία πολεμική μηχανή με την οποία αρχικά εκτοξευόντουσαν βέλη και μεταγενέστερα ακόντια και λίθοι. Υπολογίζεται πως εφευρέθηκε στη Σικελία περίπου το 399 π.Χ. και από τότε κυριάρχησε ως πολεμικό μέσο πολλών λαών μέχρι την ανακάλυψη της πυρίτιδας, αλλά μέχρι και σήμερα.

Οι καταπέλτες ήταν ξύλινες κατασκευές που αποτελούνταν από τα ακόλουθα επτά βασικά μέρη:

1. τον **ορθοστάτη**, ο οποίος στηρίζονταν σε τριγωνική ή τετράγωνη βάση,
2. το **τόξο**, που αποτελούνταν από δύο αντίτακτους βραχίονες εμβολισμένους σε συστρεμμένα σχοινιά του ορθοστάτη,
3. τη **σύριγγα**, που αποτελούσε κάθετη δοκό προς το τόξο όπου περιείχε γλυφή εντός της οποίας τοποθετούνταν το βέλος ή το ακόντιο,
4. τη **χορδή**, δια της οποίας επιτυγχάνονταν η εκσφενδόνιση του βέλους ή του ακοντίου,
5. τον **στρόφαλο**, που φέρονταν στη άκρη της σύριγγας, δια του οποίου τεντώνονταν η χορδή,
6. την **κατακλείδα**, παρά τον στρόφαλο, η οποία συγκρατούσε τεντωμένη τη χορδή και
7. τον **μοχλό**, ή πείρο που μετακινούσε την κατακλείδα και απελευθερώνονταν η χορδή.

Η βλητική ισχύς του καταπέλτη επιτυγχάνονταν εξαιτίας της κάμψης των βραχιόνων του τόξου και δια της χορδής αυτού. Η χορδή ή αλλιώς και τόνος, κατασκευάζονταν άλλοτε από τρίχες (γυναικών ή ίππων) και άλλοτε από τένοντες ισχυρών ζώων (βοδιών) κατάλληλα επεξεργασμένους. Το πάχος του τόνου αποτελούσε τον «κανόνα» ή τον «εμβάτη» (το μέτρο, τη βάση) υπολογισμού της κατασκευής των διαφόρων μερών του καταπέλτη. Κατά τη διάρκεια εξέλιξης, η βλητική ισχύς του ενισχύθηκε από μεταλλικά ελατήρια ή με πεπιεσμένο αέρα. Η λειτουργία της μηχανής αυτής μπορεί να τεκμηριωθεί με την χρήση φυσικής μέσω της παρακάτω σχετικής αναφοράς:

Οι άνθρωποι προσέφεραν ενέργεια (από την χημική ενέργεια που διεθεταν) στο σύστημα των μεταλλικών ελατηρίων ή κάποιου άλλου μηχανισμού/συστήματος που παραμορφωνόταν (όπου η ενέργεια αυτή αποθηκευόταν ως δυναμική ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης). Όταν απελευθερώναν το σύστημα η ενέργεια που είχε μεταφερθεί στην χορδή μεταφερόταν στα σώματα που εκτοξεύονταν. Άρα η μετατροπή της χημικής ενέργειας του ανθρώπου σε δυναμική στο σύστημα και έπειτα σε κινητική στα εκτοξευόμενα σώματα είναι και ο λόγος για τον οποίο ο καταπέλτης δούλευε σωστά.



Εικόνα 14: Μια Σκιτσογραφία του Καταπέλτη (πηγή [εδώ](#))

- **Το Ατμοτηλεβόλο**

Πρόκειται για ένα κανόνι που λειτουργούσε με την βοήθεια του ατμού. Αποτελούνταν από ένα μεταλλικό κυλινδρικό λέβητα που πάνω του υπήρχε συνδεδεμένο με στρόφιγγα ένα κλειστό δοχείο με νερό. Ο λέβητας στο ανοικτό άκρο του είχε ενσωματωμένη μια ξύλινη κάνη στην οποία τοποθετούνταν τα λίθινα βλήματα. Η κάνη έφρασσε με μια ξύλινη δοκό που ασφαλιζόταν με δύο αντηρίδες. Όταν ο λέβητας αποκτούσε με φωτιά την κατάλληλη θερμοκρασία, άνοιγε η στρόφιγγα, το νερό έπεφτε στον λέβητα και μέσω της ταχύτατης εξάτμισης του νερού η ξύλινη δοκός έσπαζε και η σφαίρα εκτοξευόταν. Με λίγα λόγια η λειτουργία της εφεύρεσης αυτής βασιζόταν στους νομούς της θερμοδυναμικής. Το βεληνεκές της σφαίρας ρυθμιζόταν από την κλίση του όπλου και την ανάλογη αντοχή της ξύλινης δοκού.



Εικόνα 15: Μοντέλο Ατμοτηλεβόλου (πηγή [εδώ](#))

- **Η Καταθλιπτική Αντλία του Κτησιβίου**

Πρόκειται για μια δίδυμη αναρροφητική εμβολοφόρα αντλία υγρών που εφευρέ ο Κτησιβίος τον 3ο αιώνα π.Χ. και εξακολουθεί να έχει εκτεταμένη χρήση με διάφορες παραλλαγές ως τις μέρες μας.

Αποτελούνταν από δύο έμβολα που παλινδρομούσαν με τη βοήθεια αρθρωτών μοχλών και χειρομοχλών εντός δύο κατακόρυφων κυλινδρικών δοχείων οι οποίοι ήταν βυθισμένοι στο προς άντληση νερού. **Οι σωλήνες εξαγωγής νερού κατέληγαν στον πυθμένα ενός ενδιάμεσου δοχείου που έφερε τις βαλβίδες εξαγωγής νερού.** Κατά την ανοδική κίνηση του εμβόλου αναπτυσσόταν υποπίεση, η οποία είχε ως αποτέλεσμα την αναρρόφηση του νερού. Κατά την καθοδική κίνηση του εμβόλου το νερό κατέληγε στο ενδιάμεσο δοχείο που έφερε ένα στεγανό κάλυμμα τύπου ανάστροφης χοάνης και τον κατευθυντήριο σωληνίσκο εξαγωγής του. Η εναλλασσόμενη αντίθετη κίνηση των εμβόλων προκαλούσε τη συνεχή ροή νερού με πίεση. Με λίγα λόγια η καταθλιπτική αντλία δουλεύει αποκλειστικά με βάση τους κανόνες των ρευστών.



Εικόνα 16: Μοντέλο της Καταθλιπτικής Αντλίας του Κτησιβίου (πηγή [εδώ](#))

ΠΗΓΕΣ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ:

1. Άρθρο: <https://krinitrikalon.gr/nea/archea-elliniki-technologia-18-apolytos-exopragmatikes-efevresis-ton-archeon-ellinon/>
2. Άρθρο: https://www.tilestwra.com/5-efevresis-twn-arxaiwn-poy-eksigithikan-ton-20-aiwna/?fbclid=IwAR0xcKExG9yq5JBOb830GfjIU7F8gTZ_k7saFnIKPZ_TkXfxZb7SJzrUUo0
3. Άρθρο: http://kotsanas.com/cat.php?category=11&fbclid=IwAR3zF_dOP4V7LRBt9gYMkLtKR7RA_BJ7e8QileedH6CILDEeYYMotoFfyUc
4. Άρθρο: <https://www.mixanitouxronou.gr/apisteftes-efevresis-ton-archeon-ellinon-pou-exigithikan-ton-20o-eona-to-rompot-ipiretis-to-peristrefomeno-theatro-ke-o-kochlias-gia-tin-antlisi-idaton/>
5. Εργασία: <https://www.mixanitouxronou.gr/apisteftes-efevresis-ton-archeon-ellinon-pou-exigithikan-ton-20o-eona-to-rompot-ipiretis-to-peristrefomeno-theatro-ke-o-kochlias-gia-tin-antlisi-idaton/>
6. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=0101002>
7. Άρθρο: <https://www.mixanitouxronou.gr/i-proti-iptameni-michani-kataskevastike-apo-ellina-pithagorio-filosofo-ke-petaxe-se-apostasi-200-metron-o-idios-elise-ena-apo-ta-megalitera-mathimatika-provlimata/>
8. Άρθρο: <http://physics4u.gr/blog/2017/06/27/%CE%B1%CF%81%CF%87%CF%8D%CF%84%CE%B1%CF%82-%CE%BF-%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%82-%CE%BF-%CF%80%CF%85%CE%B8%CE%B1%CE%B3%CF%8C%CF%81%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82-%CF%86%CE%B9/>
9. Άρθρο: <https://chilonas.com/2016/10/19/httpwp-mep1op6y-4mp/>
10. Άρθρο: <https://www.archaiologia.gr/blog/photo/%CE%B5%CF%83%CF%89%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CF%83%CF%80%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%BF%CF%84%CF%8C%CE%BC%CE%BF%CF%82-%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B5%CE%AF%CE%BF-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B1/>
11. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=1101006>
12. Άρθρο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1>
13. Άρθρο: <http://www.hellenicaworld.com/Greece/Technology/gr/ArchaiaEllinikiTechnologia016.html>
14. Άρθρο: <https://www.isalos.net/2019/04/i-naftiki-technologia-stin-archaia-ellada/>

15. Εργασία:

[https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MECH1227/Naysiploia Michaelides 2002.pdf](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MECH1227/Naysiploia_Michaelides_2002.pdf)

16. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=1101003>

17. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=1101013>

18. Άρθρο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CF%87%CE%BB%CE%AF%CE%B1%CF%82%CF%84%CE%BF%CF%85%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B9%CE%BC%CE%AE%CE%B4%CE%B7>

19. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=0701003>

20. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=1101007>

21. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=0204004>

22. Άρθρο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%80%CE%AD%CE%BB%CF%84%CE%B7%CF%82>

23. Άρθρο: <https://arxaia-ellinika.blogspot.com/2018/11/proto-polivolo-arxaioelliniko.html?fbclid=IwAR0EB2ZSe5eQM9BctU003lg9TUoiPHJli38iMdKpQFDgetkct5a8HIL4pGk>

24. Άρθρο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE>

25. Άρθρο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AE>

26. Άρθρο: [https://arxaia-](https://arxaia-ellinika.blogspot.com/search/label/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1%20%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1)

[ellinika.blogspot.com/search/label/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1%20%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1](https://arxaia-ellinika.blogspot.com/search/label/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1%20%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1)

27. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=0701005>

28. Άρθρο: <http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=0601002>

BIBΛΙΑ:

1. Connolly, P., *Greece and Rome at War*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1981.
2. Dijksterhuis, E. J., *Archimedes*, translated into English by C. Dikshoorn, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1987.