

ΠΕΡΙΣΚΟΠΙΟ

ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΤΕΥΧΟΣ 209 - ΔΡΧ. 1.400
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 1997

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΑΘΕΙΑΣ!

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ
ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ

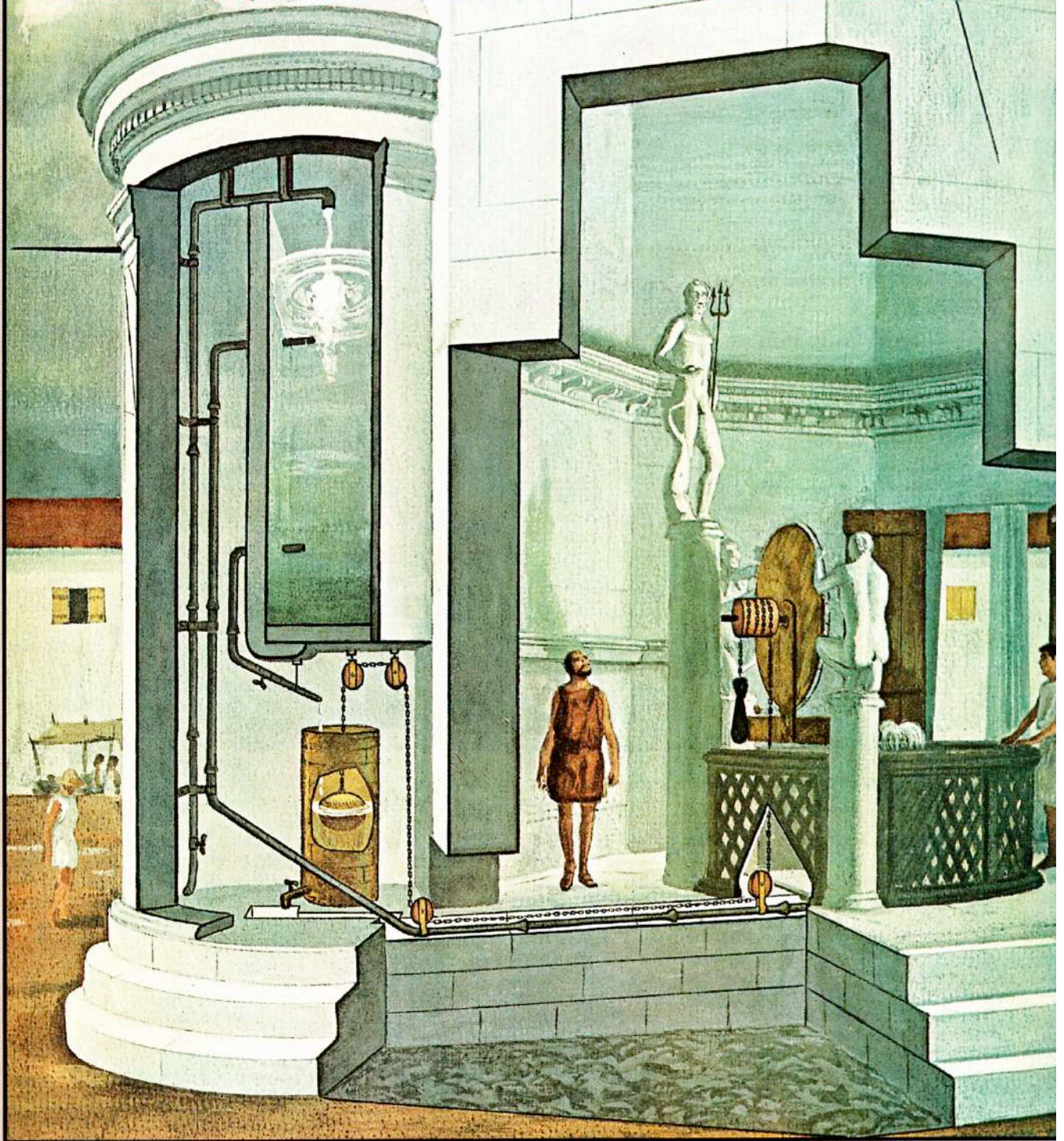
Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ

ΓΑΛΑΞΙΕΣ
"ΦΑΝΤΑΣΜΑΤΑ"

Η ΠΡΩΤΟΚΑΤΟΙΚΗΣΗ ΤΟΥ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ



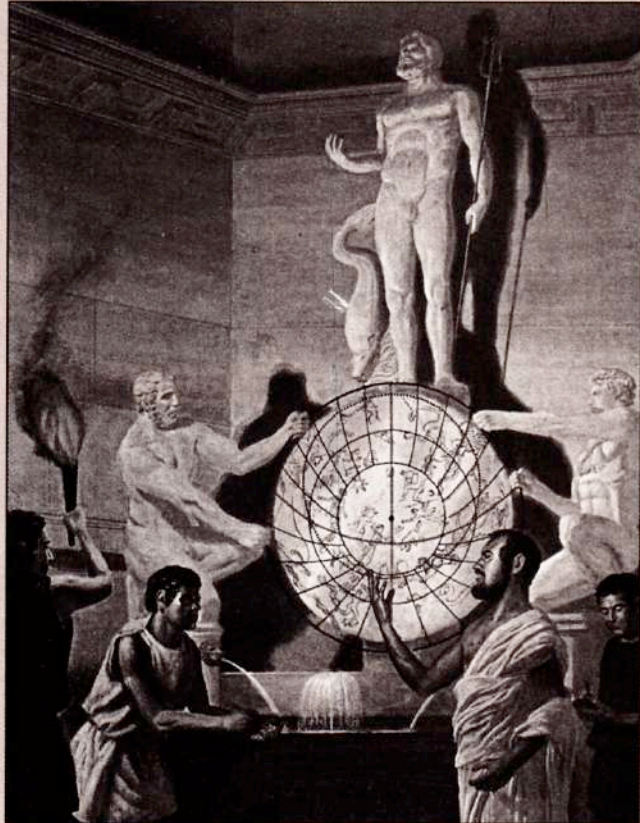
Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ



ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Ν. ΓΑΡΟΥΦΑΛΗΣ
 Αρχαιολόγος



Το “Υδραυλικό Ωρολόγιο” του Ανδρονίκου του Κυρρήστου (αναπαράσταση του εσωτερικού υδραυλικού συστήματος).



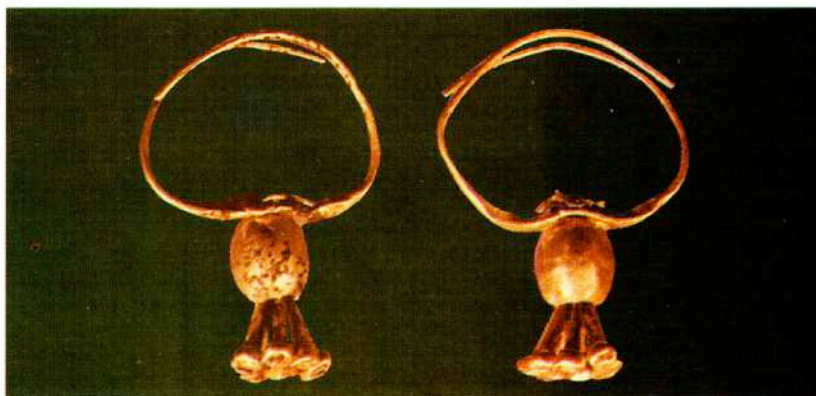
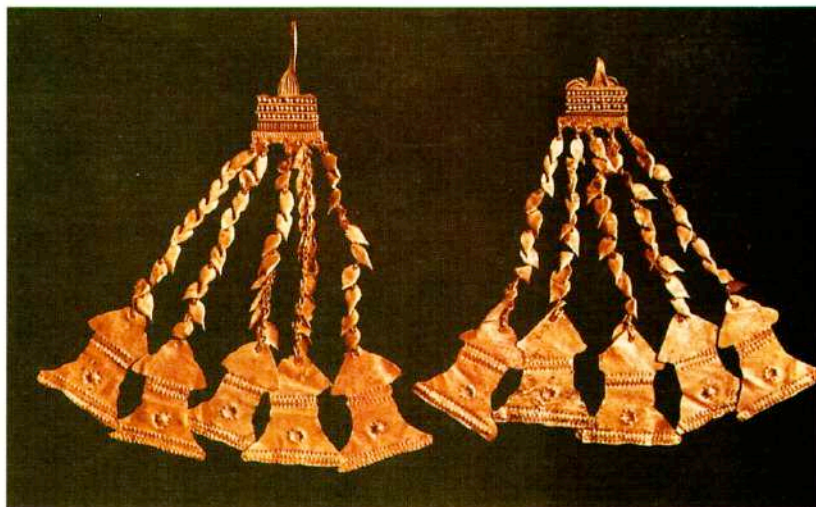
Ο δίσκος του ρολογιού. Στο παράδειγμα της εικόνας η θέση του σφαιριδίου-ήλιου καθορίζει την ώρα, η οποία είναι 4 μ.μ. Ο ήλιος διέγραψε μια σύντομη νυκτερινή πορεία κινούμενος πάνω στην περιφέρεια του ρολογιού και μια μεγάλη κυκλωτερή κίνηση δια μέσου των ωρών της ημέρας.

Η ΓΕΝΕΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ ΠΕΡΝΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΧΛΥ ΤΟΥ ΜΥΘΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΙΣΤΟΡΙΑΣ ΓΙΑ ΝΑ ΚΑΤΑΛΗΞΕΙ ΣΤΑ ΜΕΓΑΛΑ ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΚΛΑΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ, ΕΠΙΔΡΩΝΤΑΣ ΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΩΣ ΕΚ ΤΟΥΤΟΥ ΣΤΗ ΔΟΜΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ ΤΟΣΟ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΟΣΟ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ ΤΟΥ ΡΟΛΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΑΠΟΔΙΔΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΚΑΙ ΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥΣ: ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΘΟΥ, ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ, ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΟΧΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ Ή ΕΠΟΧΗ ΤΗΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.

Τα όρια ανάμεσα στην επιστημονική έρευνα και στην τεχνολογική δραστηριότητα υπήρξαν πάντα δυσδιάκριτα, μια και η αλληλεπίδραση των δύο χώρων καθόρισε τον εκάστοτε βαθμό εξέλιξής τους. Η μελέτη ωστόσο της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας αποκαλύπτει τη συστηματική σχέση ανάμεσα στην ελληνική φύση και στον άνθρωπο (που παρατηρεί, ερμηνεύει τη φυσική πληροφορία, την οποία αξιοποιεί οργανώνοντας παραγωγικά προγράμματα με άμεσα αποτελέσματα στις κοινωνικές του σχέσεις) και φανερώνει το εύρος του συντελούμενου επιστημονικού έργου. Η εξέλιξη της πρώιμης ανθρώπινης ιστορίας στον ελλαδικό χώρο αποτυπώθηκε στην πέτρα, στο μέταλλο και στον πηλό, υλικά που ικανοποίησαν τις καθημερινές ανάγκες κατά τη Χαλκολιθική εποχή. Αργότερα, με την εξέλιξη της τεχνικής και με τη δημιουργική εκμετάλλευση της συσσωρευμένης γνώσης, με τη γενίκευση της μεταποιητικής και της πολυσύνθεσης των κοινωνικών δομών, η τεχνολογία σημείωσε αξιοσημείωτη πρόοδο.

Η λιθοτεχνία (Τεχνολογία της πέτρας) αποτελεί μια μεγάλη τεχνολογική αλλαγή που ακολούθησε τον άνθρωπο σε όλη τη μετέπειτα πορεία του μέχρι τα πρώτα στάδια της Εποχής του Χαλκού. Από πολύ νωρίς ο παλαιολιθικός άνθρωπος έμαθε να επιλέγει λίθους ανάλογα με τη σύσταση της δομής τους ώστε να είναι ανθεκτικοί στα κτυπήματα και συγχρόνως να προσφέρονται για τη δημιουργία κοφτερών ακμών, όπως ο πυριτόλιθος, ο οψιανός και διάφοροι λεπτόκοκοι λίθοι. Κυριότερη τεχνική κατεργασίας του λίθου είναι ο "απολεπισμός", μέθοδος που κατ'εξοχήν εφαρμόστηκε ήδη από την Παλαιολιθική Εποχή και που προϋποθέτει σκληρότητα και ελαστικότητα της πέτρας. Η τεχνική αυτή βασίζεται στη γνώση ότι ένα κτύπημα πάνω σε μια επιφάνεια λίθου (λ.χ. πυριτόλιθου) μεταβιβάζεται ισομερώς με βαθμιαία εξασθένησή του ανάλογα με την απόσταση από το σημείο κρούσης. Ως αποτέλεσμα, σχηματίζεται κώνος η κορυφή του οποίου βρίσκεται στο σημείο κρούσης.

Με κρούση ή με πίεση (ανάλογα με το λίθο) προκύπτει από τον κύριο όγκο του λίθου (πυρήνας) ένα μακρόστενο κομμάτι, το απόλεπισμα (απόκρουσμα), η λεγόμενη φολίδα, σε μορφή λάμας δίκουπου μαχαιριού (εργαλείο φολίδας). Το μέγεθος της λεπίδας εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του αρχικού πυρήνα όσο και από τη σφοδρότητα του κτυπήματος. Στην περίπτωση κατά την οποία η αρχική



Χρυσά κοσμήματα από την Πολιόχνη (Λήμνος) - 3η χιλιετία.

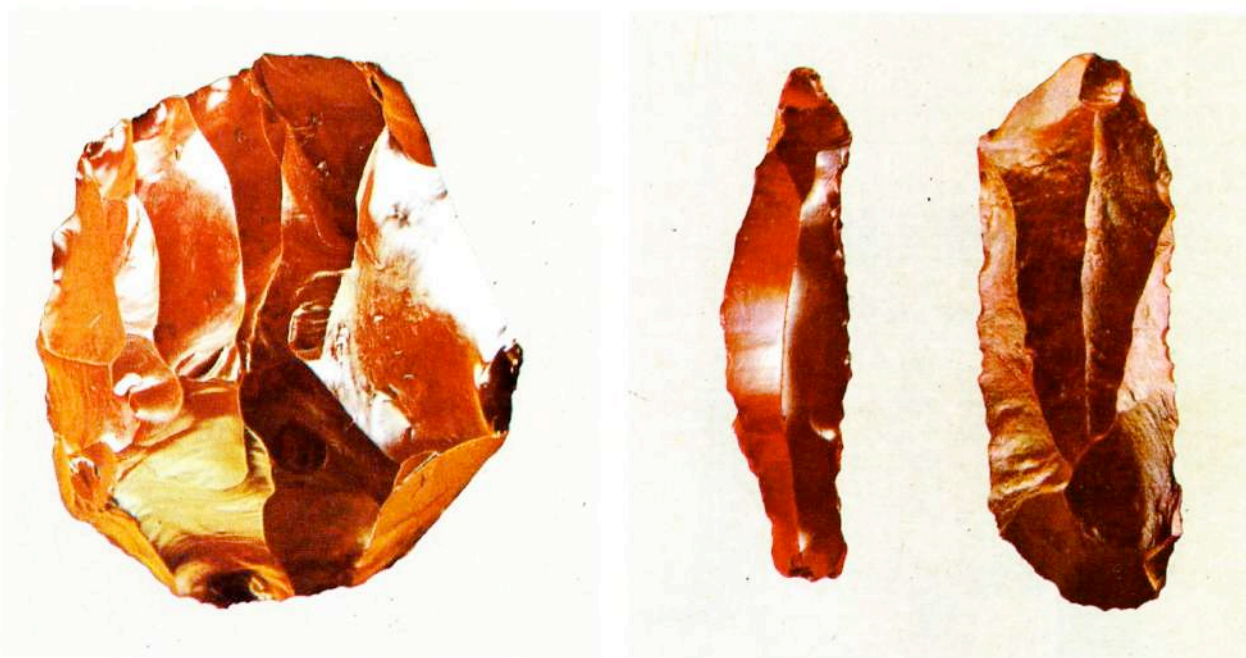
μάζα διαμορφώνεται σε εργαλείο (εργαλείο πυρήνα), οι λεπίδες, επειδή πλέον δεν ενδιαφέρουν, απορρίπτονται.

Στον ελλαδικό χώρο περιοχές με πλούσιες λιθοτεχνίες ήλθαν στο φως στην Ηπειρο, σε πάνω από 15 θέσεις (με σπουδαιότερες του Κοκκινόπηλου και του Ασπρογάλικου στην κοιλάδα του Λούρου), χρονολογούμενες από τη Μέση και Ανώτερη Παλαιολιθική Εποχή (περίπου 50.000-11.000 π.Χ.), στις όχθες του ποταμού Πηνιού, στην Πελοπόννησο (παραλίες περιοχές Αχαΐας και Ηλείας), στο σπήλαιο Φράγχθι της Ερμιονίδας, στην Εύβοια (Ν. Αρτάκη) και επίσης στα νησιά Αλόνησος, Κεφαλλονιά και Κέρκυρα.

Η εργαλειοτεχνία βασισμένη στην επεξεργασία του λίθου είχε καθοριστική σημασία για την πνευματική και κοινωνική εξέλιξη του ανθρώπου. Μια σειρά από νέα εργαλεία εμφανίστηκαν, όπως τόξα, ακιδωτά καμάκια, και αιχμές ακοντίων εξασφαλίζοντας αφθονία τροφής. Συγχρόνως τα λίθινα εργαλεία έδωσαν τη δυνατότητα κατεργασίας του οστού, του κέρατου και του ξύλου, και παραγωγής άλλων εργαλείων, όπλων, οστέινων περι-

δεραιών και ειδωλίων. Η διασπορά οψιανού σε πολλές θέσεις της ηπειρωτικής και νησιωτικής Ελλάδας υποδηλώνει την πρώιμη ύπαρξη χερσαίων και θαλάσσιων εμπορικών δρόμων. Η ανεύρεση οψιανού από τη Μήλο, ηλικίας 9000-8000 ετών, στο σπήλαιο Φράγχθι Ερμιονίδας καθιστά πιθανή την εκδοχή πως πράγματι γίνονταν κατά τη μακρινή εκείνη εποχή, ταξίδια στο Αιγαίο με μικρά πλοία. Ακολουθώντας το "δρόμο του οψιανού" ο Χ. Τζάλας (πρόεδρος του Ελληνικού Ινστιτούτου Προστασίας Ναυτικής Παράδοσης) οργάνωσε το 1988 ένα ταξίδι από το Λαύριο στη Μήλο με την "παπυρέλλα", ένα μικρό αμφίπρωρο σκάφος από πάπυρο (ιδέα σύμφωνη με την τεχνολογία της Μεσολιθικής εποχής και με αιγυπτιακές απεικονίσεις ανάλογων πλοιαρίων). Το σκάφος με πλήρωμα 6 κωπηλάτες και χωρίς πανί κατάφερε να φτάσει στη Μήλο ύστερα από ταξίδι 7 ημερών, αντιμετωπίζοντας ανέμους έντασης μέχρι και 6 μποφόρ (με κύμα τουλάχιστον 1,5 μ.) παρουσιάζοντας εξαιρετική πλευστότητα και ευστάθεια.

Κατά την Πρώιμη Εποχή του Χαλκού



Λίθινα εργαλεία της Νεώτερης Παλαιολιθικής. Αριστερά: εργαλεία πυρήνα από πυριτόλιθο. Δεξιά: εργαλείο φολιδας-λεπίδας.

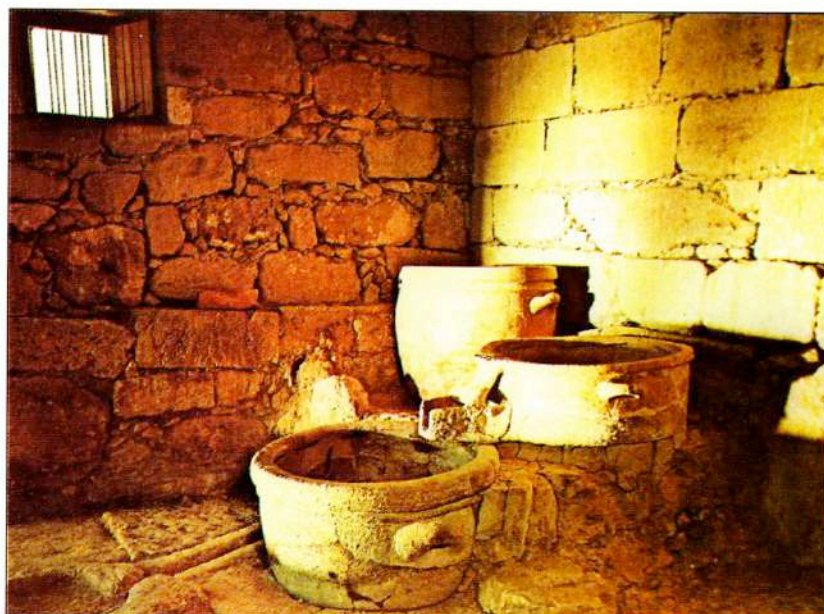
(3000-2000 π.Χ.) εμφανίζονται στον αιγαιακό χώρο τα πρώτα αστικά κέντρα (Πολιόχνη Λήμνου, Θερμή Λέσβου, Εμποριό Χίου, Ηραίο Σάμου, Λέρνα Αργολίδας, κ.ά.) και ανθεί ο σπουδαίος πρωτοκυκλαδικός πολιτισμός (3200-2000 π.Χ.). Τα ανασκαφικά δεδομένα μας πληροφορούν για την ύπαρξη μεταλλοτεχνίας βασισμένης σε μια προχωρημένη τεχνογνωσία ενώ το υψηλό επίπεδο κατασκευής των κτισμάτων αποτελεί ένα σαφές δείγμα πλούτου και ανεπτυγμένης τεχνολογίας. Η αναζήτηση του πολύτιμου μετάλλου (χαλκός,

άργυρος) και η διακίνησή του (είτε ως πρώτη ύλη είτε ως προϊόν) οδήγησε στην ειδίκευση της εργασίας, την ανάπτυξη της βιοτεχνικής δραστηριότητας και τη δημιουργία εμπορικών δρόμων (θαλάσσιων και χερσαίων) που συνέδεσαν την Ελλάδα με μακρινές περιοχές και ενέπνευσαν αργότερα μυθολογικές συνθέσεις, όπως αυτή του μύθου των Αργοναυτών με το χρυσόμαλλο δέρας ή της τιμωρίας του Προμηθέα, με άμεση αναφορά και οι δύο στον πλούσιο από μέταλλα Καύκασο. Αλλά και τα "ηφαιστό-

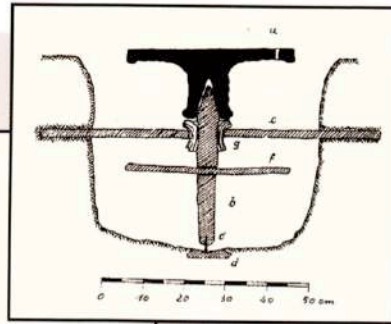
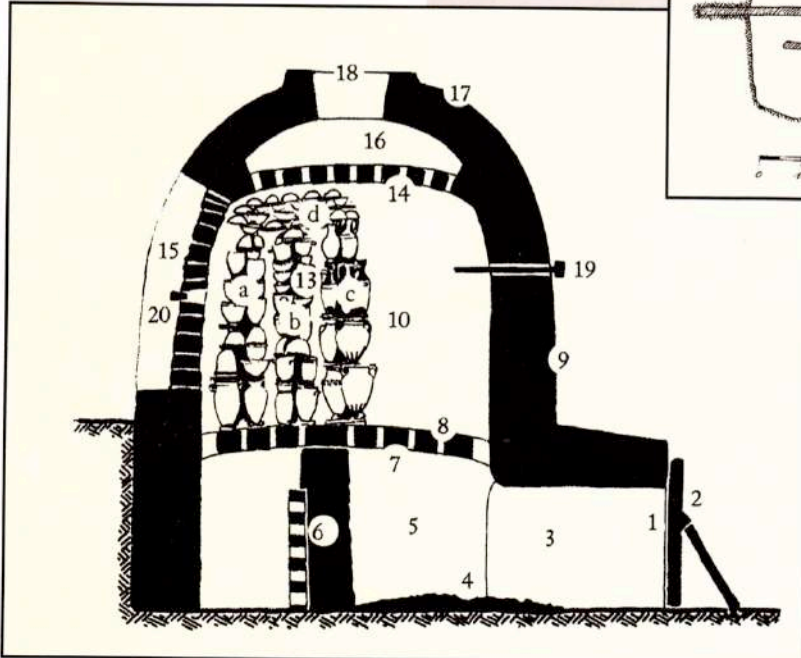
τευκτα" (έργα του Ηφαιστου), όπως το σκήπτρο του Αγαμέμνονα, οι χρυσές υπηρέτριες, ο χάλκινος Τάλως, τα όπλα του Αχιλλέα ή το περιδέραιο της Αρμονίας, έχοντας ως αφηγηρία πιθανώς κάποια υπαρκτά λατρευτικά ομοιώματα ή αναθήματα, αποτελούν δείγματα της τεχνολογίας ενός μακρινού παρελθόντος.

Κατά τη Μέση Εποχή του Χαλκού (2000-1550 π.Χ.) κυριαρχεί στο Αιγαίο ο Μινωικός πολιτισμός. Μεγάλα, πολυώροφα ανάκτορα κτίζονται στην Κνωσό, στη Φαιστό, στα Μάλλια, στη Ζάκρο, με πολύ καλά οργανωμένα συστήματα αποχέτευσης και ύδρευσης. Στην Κνωσό η ύπαρξη ενός πραγματικού υδραγωγείου πιστοποιεί άρτια γνώση των αρχών της υδραυλικής (σωλήνες με ειδική διατομή για την ενόρμηση του νερού δένονταν μεταξύ τους με τοξωτές λαβές και είχαν τέτοια κλίση ώστε να μη θραύονται εύκολα). Αξιοθαύμαστη όμως είναι η επίδοση των Μινωϊτών στην κεραμική που έφτασε σε επίπεδα τελειότητας συνδυάζοντας πλαστικότητα, πολυχρωμία και αφάνταστη ποικιλία τόσο σε σχήματα αγγείων (κρατήρες, σαλατιέρες, πρόχοι, κύπελλα, φρουτιέρες, αμφορείς, κύαθοι) όσο και σε τεχνικές ("ακιδωτή", "οστρακόδερμου", "ωκέλυφα" ή "υμενόστρακα" του καμαραϊκού ρυθμού).

Τη μεγάλη της ευημερία η μινωική Κρήτη την οφείλει σε σημαντικό βαθμό



Μινωικός ληνός (πατητήρι σταφυλιών) στην αγροικία του Βαθύπετρου (κεντρική Κρήτη).



Αναπαράσταση
κεραμικού
τροχού,
7ος αι. π.Χ.

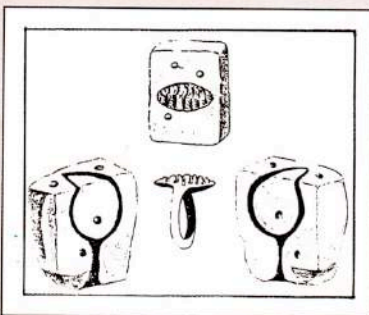
Αναπαράσταση κεραμικού κλιθάνου.
1) στόμιο, 2) αλεξίπυρο, 3) δίοδος φωτιάς, 4) καύσιμη ύλη, 5) χώρος καύσης ("σπηλιά"), 6) κολώνα, 7) μπάτος, 8) σχάρα εξόδου της φωτιάς, 9) εξωτερική επένδυση του κλιθάνου, 10) κεντρικός χώρος όπτησης, 13) αγγεία ("μίζα"), 14) διάμεσο σκέπασμα, 15) άνοιγμα κτισμένο με πλίνθους, 16) χώρος συγκέντρωσης του καπνού, 17) θόλος, 18) οπή εξαερισμού, 19/20) οπές ελέγχου της καύσης.

στη ναυπήγηση πλοίων τέτοιων που της έδωσαν τη δυνατότητα να κυριαρχήσει στο Αιγαίο και να αναπτύξει μια σφριγηλή εμπορική δραστηριότητα σε όλη την Ανατολική Μεσόγειο. Είναι η εποχή της μινωικής Θαλασσοκρατίας. Το μινωικό πλοίο εμφανίζεται σε μεγάλη ποικιλία: μικρές επιμήκεις "θάρκες" κυκλαδικού τύπου με πανί στερεωμένο στην αβαθή καρίνα, μεγαλύτερα ιστιοφόρα σκάφη (μήκους από 12,50 έως 21 μ. περίπου) με στρογγυλεμένο σκαρί και με ανυψωμένες πλώρη και πρύμνη, χωρίς έμβολο στην πλώρη, ενώ τα κουπιά (10 ή 12 σε κάθε πλευρά) ήταν στερεωμένα σε σκαρμούς.

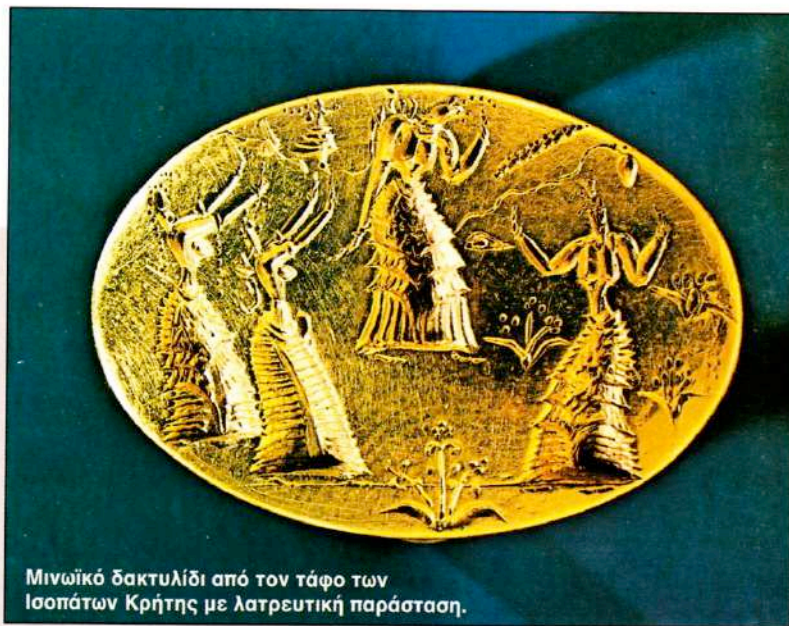
Τη μεγάλη παράδοση των Μινωιτών στον τομέα της μεταλλοτεχνίας και της κεραμικής κληρονόμησαν οι Μυκηναίοι

Ελληνες. Διάφορα αντικείμενα από χρυσό, άργυρο, ήλεκτρο, δικαιολογούν απόλυτα τη φήμη των Μυκηνών ως "Πολύχρυσων". Η θαυμαστή τεχνική των χρυσών σκευών που βρέθηκαν στους βασιλικούς τάφους μαρτυρεί τη μεγάλη ανάπτυξη της μεταλλοτεχνίας. Η κατεργασία του μετάλλου (με έκκρουση, χρυσοκόλληση, έλαση, κοκκίδωση, συρματο-

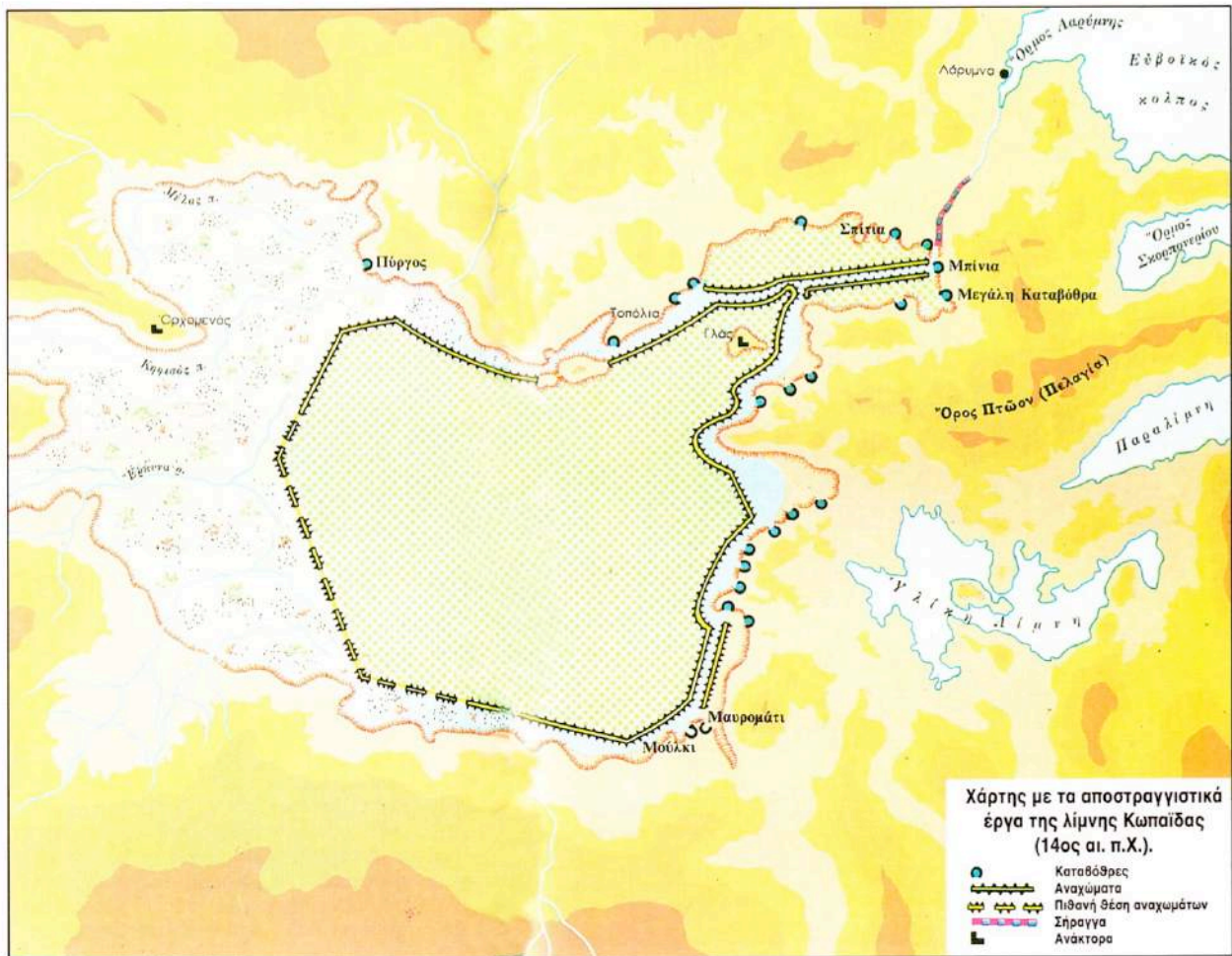
πλεκτική, ενθετική, εγκολλητική, κ.ά.), η οπλουργία (ξίφη, εγχειρίδια, λόγχες και μαχαίρια, κοσμημένα με ελεφαντοστούν ή χρυσό και με "ζωγραφικές" παραστάσεις "επί μετάλλου"), η κατεργασία ευαίσθητων υλών (ελεφαντοστό, φαγεντιανής, γυαλιού), η σφραγιδογλυφία (σφραγίδες από αχάτη, σαρδώνυχα, αμέθυστο, χρυσό), η ανέγερση των μεγάλων θολωτών τάφων (με το εκφορικό δομικό σύστημα) και τα κυκλώπεια τείχη των μυκη-



Τρόπος κατασκευής δακτυλιδίου με τρεις μήτρες.



Μινωικό δακτυλίδι από τον τάφο των Ισοπάτων Κρήτης με λατρευτική παράσταση.



ναϊκών ακροπόλεων (Μυκήνες, Τίρυνθα, Αθήνα, Γλας), μαρτυρούν όχι μόνο το δυναμισμό και την καλαισθησία, αλλά και την τεχνογνωσία των Ελλήνων κατά την Υστερη Εποχή του Χαλκού (16ος-12ος αι. π.Χ.).

Το μεγαλύτερο όμως τεχνικό έργο των Μυκηναίων είναι αυτό της αποστράγγισης της Κωπαϊδας (14ος αι. π.Χ.). Τα νερά των ποταμών και των χειμάρρων που πλημμύριζαν την πεδιάδα, διοχετεύτηκαν μέσω μιας ακανόνιστης διώρυγας, πλάτους 40-60 μ., και ενός συστήματος αναχωμάτων προς τον ΒΑ μυχό της λίμνης όπου μια συγκεντρωτική τάφρος (μήκους 9 περίπου χιλιομέτρων) τα παρέσυρε στις καταβόθρες. Επειδή δεν ήταν αρκετές οι καταβόθρες να απορροφήσουν έναν τόσο μεγάλο υδάτινο όγκο, οι Μυκηναίοι τεχνίτες κατασκεύασαν μια υπόγεια επικλινή σήραγγα, σκαμμένη στο βράχο, συνολικού μήκους 2.230 μ.! Το έργο εκτελέστηκε ως εξής: ανοίχθηκαν 16 κάθετα τετράγωνα φρέατα σε αποστάσεις 100-200 μ. το ένα από το άλλο και σε βάθος 18 έως 63 μ. Όταν έφτασαν στο επιθυμητό βάθος, οι τεχνίτες άρχισαν την εξόρυξη πλαγίως συνδέοντας τα φρέατα μεταξύ τους. Ο όλος αγωγός ήταν ικανός να απο-

χετεύει μεγάλες ποσότητες υδάτων, εξασφαλίζοντας την τέλεια αποξήρανση του ελώδους εδάφους.

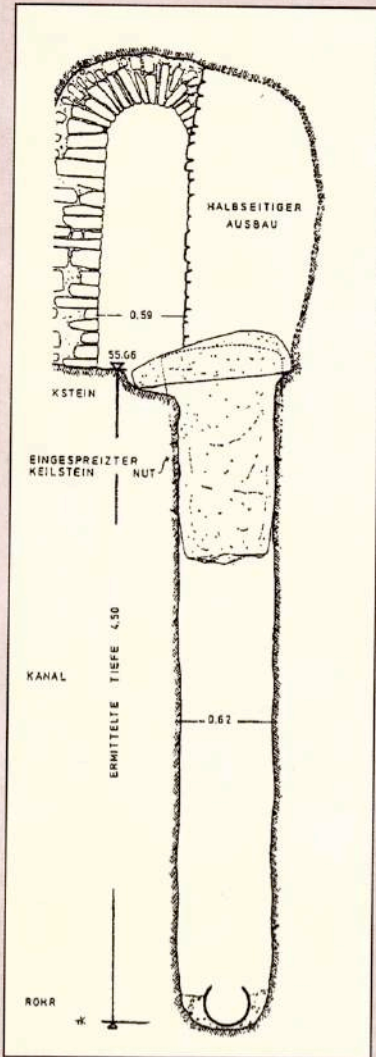
Μετά την κατάρρευση της αυτοκρατορίας των Χιτιτών (1200 π.Χ.), οι οποίοι κρατούσαν μυστική τη γνώση της κατεργασίας του σιδήρου, οι Έλληνες κατάφεραν να γίνουν κύριοι της τεχνικής, που περιελάμβανε αρχικά θέρμανση του μεταλλεύματος σε υψηλή θερμοκρασία, ακολουθούσε ενανθράκωση για σκλήρυνση του μετάλλου, στη συνέχεια γινόταν ψύξη και στο τέλος βαφή με αναπόρρωση και επακολουθούσα ψύξη. Είναι φανερό πως η όλη διαδικασία απαιτούσε πολύ μεγάλη και εξειδικευμένη εμπειρία. Η κατεργασία και η χρήση του σιδήρου γενικεύεται στον ελληνικό χώρο κατά την περίοδο από το 1100 έως το 900 π.Χ. (Σκοτεινοί Αιώνες).

Στη Γεωμετρική περίοδο (9ος-7ος αι. π.Χ.), η τεχνολογία ταυτίζεται με τη μεταλλοτεχνία και ιδίως με την κατεργασία του σιδήρου. Η υιοθέτηση του ελαφρότερου και σκληρότερου σιδήρου ως του κατ' εξοχήν υλικού τεχνολογίας (σε σχέση με το μαλακό και βαρύτερο χαλκό), αφού είναι ιδανικός για την κατασκευή εργαλείων και όπλων μεγάλης αντοχής και

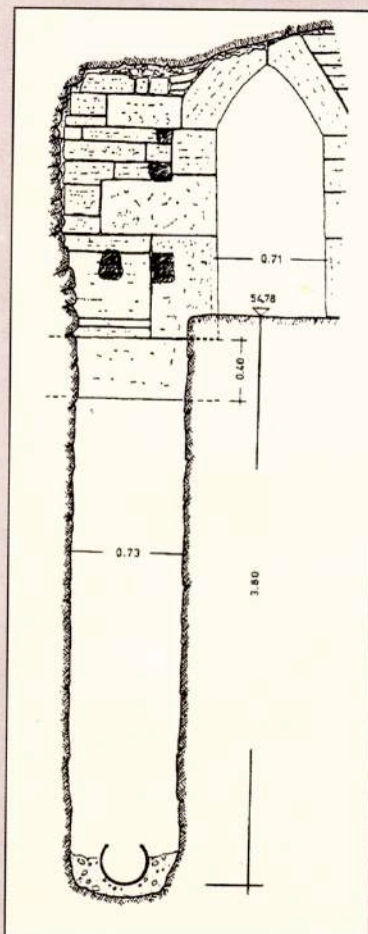
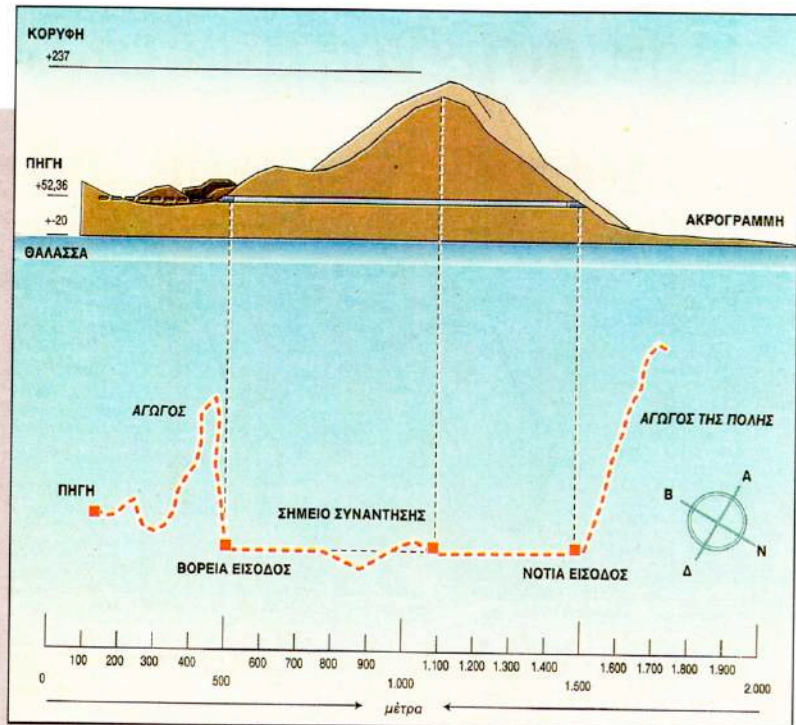
με κοφτερές όψεις, αποτέλεσε μια τεχνολογική επανάσταση με επιπτώσεις σε όλους τους τομείς της αρχαίας κοινωνίας. Χωρίς να καταργηθεί ο χαλκός (που χρησιμοποιήθηκε κυρίως ως κράμα με κασσίτερο - κρατέρωμα - για την κατασκευή αντικειμένων όπως πόρτες, βέλη, αιχμές των δοράτων, τρίποδες και τριποδικοί λέβητες, όπου απαιτείται ολική ή μερική σφυρηλάτηση, τεχνική στην οποία προσφέρεται το εν λόγω μέταλλο), για αντικείμενα καθημερινής ανάγκης, όπως εργαλεία και όπλα, χρησιμοποιήθηκε ευρέως το νέο υλικό, ο σίδηρος, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, αλλά και επιπλέον γιατί ανευρίσκεται στον ελληνικό χώρο, ενώ ο χαλκός εισαγόταν από την Κύπρο και την Ανατολή. Αυτό προσέδωσε μια πρωτόγνωρη αυτάρκεια στις ελληνικές πόλεις-κράτη με εμφανή οικονομικά οφέλη.

Σίδηρος, χαλκός και χρυσός, τρία υλικά για τρεις βασικές ομάδες μεταλλικών αντικειμένων: Όπλα, σκεύη και κοσμήματα. Μακρύς και εντυπωσιακός ο κατάλογος των επιτευγμάτων των Ελλήνων μεταλλουργών της Γεωμετρικής εποχής: Ραβδωτοί τρίποδες (από χυτές χάλκινες ράβδους, για να συγκρατούν λέβητα), τε-

Το Ευπαλίнейο Υδραγωγείο της Σάμου κατά το σχέδιο του υποδιευθυντή του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου Δρα Hermann Kienast. Τομή του ορύγματος σε κλίμακα 1:10.000.



Τομή της νότιας (αριστερά) και θόρειας (δεξιά) εισόδου του Υδραγωγείου. Είναι εμφανής η διαφορά του βάθους των δύο υδραγωγών: ο νότιος έχει βάθος 4,50 μ. και ο θόρειος 3,80 μ. έτσι ώστε να ρέει το νερό. Στο βάθος κάθε υδραγωγού διακρίνεται ο σωλήνας μεταφοράς του νερού.



τράπλευρα υποκρητήρια (μια παραλλαγή των ραβδωτών τριπόδων), τριποδικόι λέβητες (πολλές φορές πελώριων διαστάσεων - πάνω από 2 μ.) σε μεγάλη τυπολογική ποικιλία (συμπαγείς χυτοί τρίποδες ή σφυρήλατοι, πλούσια διακοσμημένοι), σφυρήλατοι κινητοί λέβητες (κατασκευασμένοι από λεπτό χάλκινο έλασμα και με χάλκινο ή μολύβδινο πώμα που χρησίμευσαν συχνά ως τεφροδόχοι), κομήματα ("διαδήματα" από λεπτά φύλλα χρυσού, ηλέκτρου, αργύρου κ.ά., με εμπέσητη ή εγχάρακτη διακόσμηση, "περόνες" σχήματος θελόνης με ή χωρίς σφαιρικό έξαρμα στο μέσον, "πόρπες" βιολόσχημες, τοξωτές και οκτάσχημες, τοξωτές με διακοσμημένο ορθογώνιο πλακίδιο ή με ημισελινοειδές τόξο, "νώτια" (σκουλαρίκια) χρυσά ή χάλκινα, "περιδέραια", "επιστήθια") και τέλος όπλα (ξίφη δίκοπα, που φτάνουν σε πολλές περιπτώσεις σε μήκος τα 1,20 μ., δόρατα, τόξα, βέλη, φαρέτρες και κρήνη με καθιστά, ψηλά ή με πεταλόσχημα λοφία, ασπίδες χάλκινες, θώρακες και κνημίδες).

Σημαντικές ήταν οι εξελίξεις και στο χώρο της ναυτικής τεχνολογίας την εποχή του μεγάλου αποικισμού. Ναυπηγούνται ιστιοφόρα εμπορικά πλοία, βαριάς κατασκευής (μέχρι και 250 τόννων) ικανά για μακρινά ταξίδια, και γρήγορα, ελαφρά πλοία με 20 ή με 50 κουπιά ("πεντηκοντόροι"). Τα κουπιά τοποθετούντο απευθείας πάνω στην κουπαστή, στην οποία στερεωνόταν ένα ξύλινο προστατευτικό κγκλίδωμα. Τα πλοία αυτά χρησιμοποιήθηκαν από τους Έλληνες για πάνω από 200 χρόνια (8ος-6ος αι. π.Χ.). Γύρω στο 750 π.Χ. οι Έλληνες κατασκεύασαν τη διήρη,

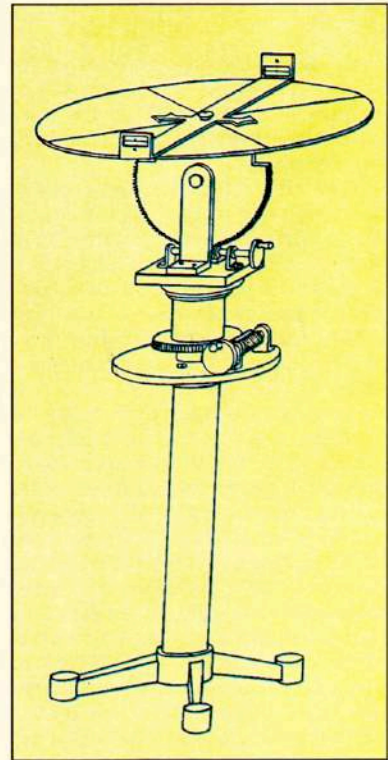
Η ΔΙΟΠΤΡΑ: Ο ΑΡΧΑΙΟΣ ΘΕΟΔΟΛΙΧΟΣ



Αναπαράσταση χρήσης της τοπογραφικής διόπτρας κατά την οροθέτηση ιδιοκτησίας. Η μέτρηση της απόστασης γινόταν με τη μια λινή μετροταινία, τη ληνή.

Ο μηχανικός και εφευρέτης Ηρων ο Αλεξανδρεύς (1ος αι. π.Χ.), στο έργο του "Διόπτρα", περιγράφει ένα εξαιρετικά σύνθετο γεωδαιτικό όργανο, που μοιάζει με το σημερινό θεοδόλιχο, όργανο απαραίτητο σε τοπογράφους και κτηματογράφους (ο Ησύχιος την αναφέρει ως "γεωμετρικόν όργανον"). Αποτελείτο από ένα στυλίσκο με τριποδική βάση πάνω στον οποίο στηριζόταν ένας κυκλικός δίσκος που τοποθετημένος σ' έναν οδοντωτό ημικυκλικό δίσκο ρυθμιζόταν μέσω άλλων οδοντωτών τροχών και ελίκων. Ο ανώτερος δίσκος, στον ο-

ποίο ήταν προσαρμοσμένη η κυρίως διόπτρα με διπλούς κροτάφους - στόχαστρα, ήταν χαραγμένος με δύο διασταυρωμένες σε ορθές γωνίες γραμμές. Με τη βοήθεια γυάλινων κυλίνδρων, που ήταν γεμάτοι νερό, η διόπτρα τοποθετείτο σε οριζόντια θέση. Το όργανο αυτό χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή υδραγωγείων, κτηρίων και στη χάραξη λιμανιών. Στο έργο του "Διόπτρα" ο Ηρων αναφέρει το όργανο ως απαραίτητο στοιχείο για τη διάτρηση όρους, εργασία ανάλογη με εκείνη του Ευπαλίνειου ορύγματος της Σάμου.



Αναπαράσταση της διόπτρας, τοπογραφικού οργάνου, όπως την περιγράφει ο Ηρων στο ομώνυμο σύγγραμμά του.

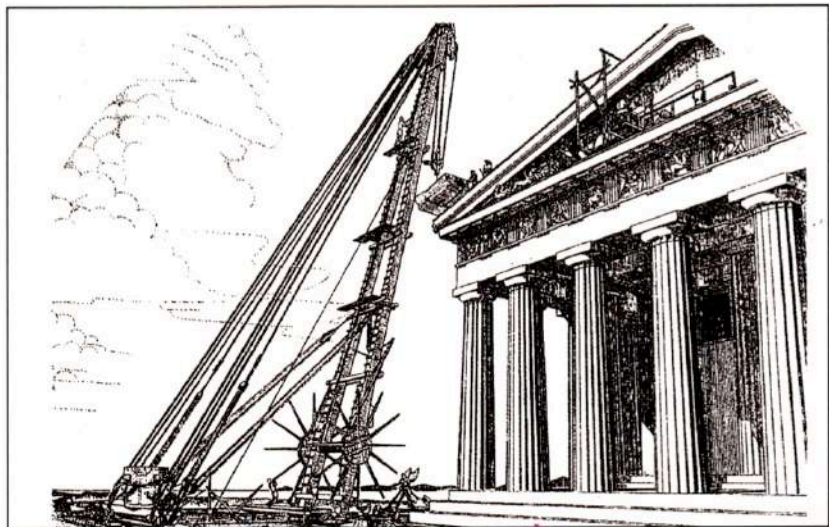
στενό πλοίο με δύο (η μια πάνω στην άλλη) σειρές κωπηλατών. Ήταν κατάλληλο και για πόλεμο και για μεταφορές. Είχε ένα αιχμηρό έμβολο στην πλώρη και μπορούσε να φιλοξενήσει γύρω στους 100 άνδρες. Η κομψή και ευέλικτη ελληνική διήρης κατάφερε να επικρατήσει των αντίστοιχων βαριών φοινικικών δίνοντας στους Έλληνες αποίκους τη δυνατότητα να εξαπλωθούν σε όλη τη Μεσόγειο.

Στα τέλη του 7ου αιώνα (γύρω στο 630 π.Χ.) ναυπηγήθηκε στην Κόρινθο (σύμφωνα με την παράδοση από τον Κορίνθιο Αμεινοκλή) η πρώτη τριήρης, ένα πλοίο που αποτελούσε μια έξυπνη εξέλιξη της ελληνικής διήρους. Τοποθετήθηκε ένας τρίτος πάγκος κωπηλασίας, όχι στην ίδια

κάθετη γραμμή με τους άλλους δύο, αλλά με απόκλιση προς τα έξω, πάνω σε ένα είδος σκαλωσιάς η οποία προεξείχε από κάθε πλευρά του πλοίου. Στις θέσεις αυτές, πλάτους 0,50 μ., κάθονταν οι "θρανίτες", κάτω από αυτούς οι "ζευγί-

τες" και στην τελευταία σειρά οι "θαλαμίτες" (στο ύψος της ισάλου γραμμής). Η τριήρης, με 200 άνδρες πλήρωμα, και με μέγιστη ταχύτητα (εμβολής) τους 10 κόμβους, εφοδιασμένη με ένα ισχυρό έμβολο στην πλώρη, αποτέλεσε για τους επό-

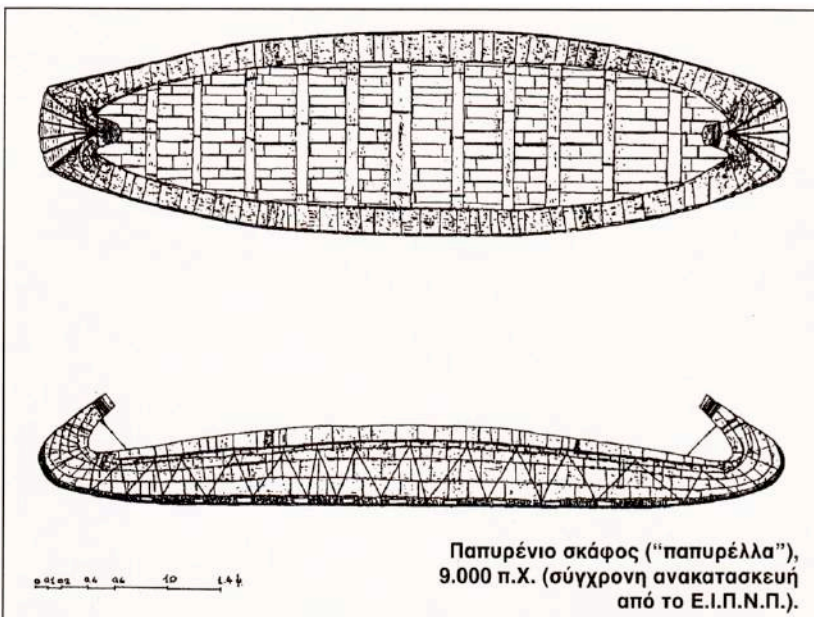
Ο μεγάλος ανυψωτικός γερανός που χρησιμοποιήθηκε κατά την ανέγερση του περικλείου Παρθενώνα. Ήταν ξύλινος, ύψους 27 μ., αξιοθαύμαστα αποτελεσματικός και βασιζόταν στις ίδιες αρχές μηχανικής όπως και οι σύγχρονες μηχανές, διαφέροντας μόνο στην κατασκευή.



μενους αιώνες ένα όπλο τεχνολογίας αιχμής και καθοριστικό παράγοντα για την επικράτηση των Ελλήνων επί των Φοινίκων αντιπάλων τους στον ευρύτερο μεσογειακό χώρο.

Στην Αθήνα της κλασικής εποχής η κυριότερη πηγή γνώσης είναι τα μεταλλεία του Λαυρίου, όπου η εκμετάλλευση του αργυρούχου μολύβδου αποκαλύπτει τον υψηλό βαθμό τεχνικής αλλά και τις αξιόλογες γεωλογικές γνώσεις των αρχαίων Ελλήνων. Μέσα από ένα δίκτυο στοών (βάθους έως και 120 μ.) με φρέατα εξαιρισμού οι αρχαίοι μεταλλωρύχοι ανέσχυραν το μετάλλευμα στην επιφάνεια, εργαζόμενοι γονατιστοί με απλά εργαλεία και υπό το φωτισμό των λύχνου (λυχναριού). Μετά ακολουθούσε η επεξεργασία και ο καθαρισμός του μεταλλεύματος: προηγείτο θραύση του μεταλλεύματος, το οποίο στη συνέχεια με "λειοτρίβηση" (τρίψιμο) έφτανε σε μέγεθος κόκκου στα πλυντήρια, τα οποία εντυπωσιάζουν ακόμα και σήμερα για τη στεγανότητα και το μέγεθός τους. Τέλος ο αργυρούχος μολύβδος μεταφερόταν στις μεταλλευτικές καμίνους, όπου μέσα σ' ένα "κύπελλο" υψηλής θερμοκρασίας ο μολύβδος οξειδωνόταν από τον αέρα και χωριζόταν από τον άργυρο.

Εκτός από τη μεταλλοτεχνία, και η αγγειοπλαστική ήταν ένας χώρος αναζήτησης τεχνικών θελτώσεων και ανάπτυξης της τεχνολογίας. Τα άψητα αγγεία (η λεγόμενη "μίζα"), σε διάφορα μεγέθη για εξοικονόμηση χώρου, τοποθετούντο στον κεραμικό κλίβανο, έναν υπέργειο κτιστό φούρνο, που συνήθως



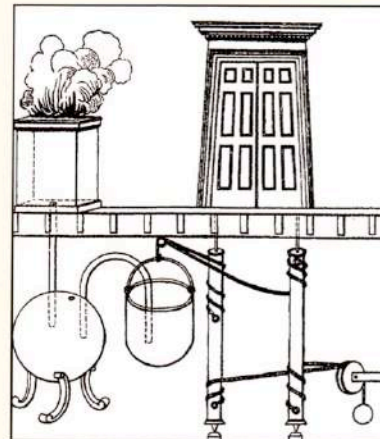
Παπυρένιο σκάφος ("παπυρέλλα"), 9.000 π.Χ. (σύγχρονη ανακατασκευή από το Ε.Ι.Π.Ν.Π.).

ΟΙ "ΑΥΤΟΜΑΤΕΣ ΘΥΡΕΣ" ΤΟΥ ΗΡΩΝΑ

Ο Ηρών, χρησιμοποιώντας απλές μηχανικές αρχές, επινόησε έναν υδραυλικό μηχανισμό για το αυτόματο άνοιγμα της πύλης ενός ναού.

Όταν ο ιερέας άναβε τη φωτιά στο θωμό που βρισκόταν έξω από το ναό, θερμαινόταν ο αέρας μέσα σε μια μεταλλική σφαίρα, η οποία ήταν τοποθετημένη κάτω από το θωμό και εξωθούσε το νερό δια μέσου ενός σιφωνίου σ' ένα μεγάλο κάδο. Ο κάδος, που ήταν αναρτημένος με αλυσίδες από ένα σύστημα βαρών και τροχαλιών, καθώς γινόταν βαρύτερος, κινείτο προς τα κάτω και έστρεφε τους άξονες των θυρών, οι οποίες άνοιγαν.

Όταν η φωτιά στο θωμό έσβηνε, ψυχόταν ο αέρας μέσα στη σφαίρα με αποτέλεσμα την επιστροφή του νερού μέσω του σιφωνίου προς την αντίθετη κατεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο άδειαζε ο κάδος, ανερχόμενος δε (λόγω ελάττωσης βάρους) έστρεφε τους άξονες κατ' αντίστροφη φορά με αποτέλεσμα να κλείνουν οι θύρες "αυτόματα".



Οι "Αυτόματες Θύρες" του Ηρώνα (1ος αι. π.Χ.).

είχε κατασκευάσει ο κεραμέας μόνος του. Δεμάτια κλαδιών συσσωρευόνταν στο χώρο καύσης ("σπηλιά") πάνω από τον οποίο βρισκόταν το δάπεδο ("μάτος"), όπου τοποθετούντο τα προς ψήσιμο αγγεία.

Η μεγάλη αξία των ελληνικών (ιδίως των αττικών) αγγείων, που τα έκανε περιζήτητα σε ολόκληρη τη Μεσόγειο, έγκειτο στο στιλπνό, μελανό τους γάνωμα. Η στιλπνότητα του αγγείου οφειλόταν σ' ένα γάνωμα που προέκυπτε από τον πηλό μέσα από μια διαδικασία επάλληλων καυθίσεων κατά την οποία η μάζα του πηλού απαλασσόταν από οποιαδήποτε χονδροκόκκα σωματίδια, αποτελούμενη στο τέλος από πολύ λεπτά μόρια πηλού

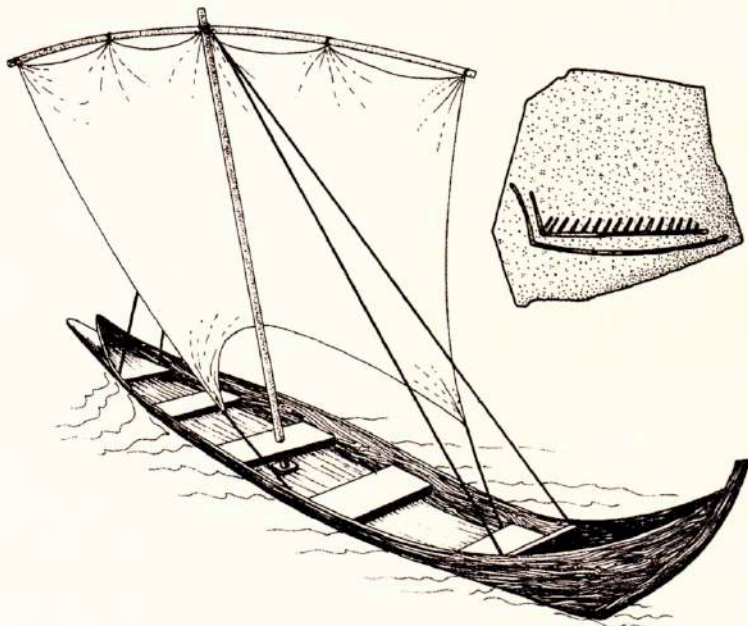
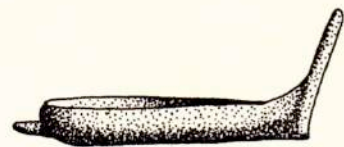
με θερμοκρασία σύντηξης τους 900° C. Στο γάνωμα αυτό η περιεκτικότητα σε σίδηρο ήταν μεγάλη. Το αγγείο τοποθετείτο στην κάμινο που θερμαινόταν. Κατά τη διάρκεια της όπτησης η οπή εξαιρισμού και η διόδος τροφοδοσίας παρέμεναν ανοικτές για επιτάχυνση της καύσης. Στο διάστημα αυτό, και μέχρι τους 900° C, ο σίδηρος του γανώματος, λόγω της τροφοδοσίας του οξυγόνου, απορροφούσε πολύ αέρα και μεταβαλλόταν σε τριοξειδίο του σιδήρου (Fe₂O₃), αιματίτη, προσδίδοντας στο αγγείο μια κοκκινωπή απόχρωση. Στο επόμενο στάδιο ο κεραμέας έκλεινε την οπή εξαιρισμού και καθώς η καύση ήταν ατελής, η κάμινος γέμιζε μονοξειδίο του άνθρακα, αντί διοξειδίου, μετατρέποντας μέσα σ' αυτό το αναγωγικό περιβάλλον (χωρίς δηλαδή αρκετό οξυγόνο) το οξειδίο του σιδήρου σε μαύρο επιτεταρτοξειδίο του σιδήρου (Fe₃O₄), δηλαδή μαγνητίτη, οπότε όλο το αγγείο γινόταν μαύρο. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο ο κεραμέας άνοιγε πάλι την οπή και την είσοδο τροφοδοσίας αφήνοντας το αγγείο να ψυχθεί. Καθώς εισορμούσε ο αέρας, τα μέρη του αγγείου που δεν είχαν επιζωγραφιστεί με γάνωμα επανοξειδωνόταν και ξαναγίνονταν κόκκινα. Τα μέρη με το γάνωμα, έχοντας πολύ πυκνή σύσταση για να απορροφήσουν το οξυγόνο, παρέμεναν μαύρα. Επίσης, τα διάφορα χρώματα των ελληνικών αγγείων (π.χ. το κοραλλί-κόκκινο) αποτελούν οπτά είδη πηλού, που αποκτούν και σταθεροποιούν το χρώμα τους κατά τη διάρκεια της όπτησης. Τα παραπάνω τρία στάδια όπτησης λάμβαναν χώρα μέσα σ' ένα καλάν ρυθμισμένο κλίβανο και από έναν εξαιρετικά έμπειρο τεχνίτη.

Το δεύτερο ήμισυ του βου αιώνα πραγματοποιήθηκαν μεγάλα τεχνικά έρ-

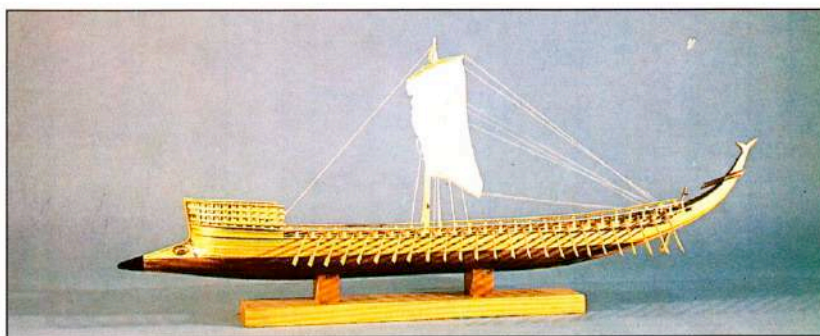


Θηραϊκό πλοίο του 1500 π.Χ. με εντυπωσιακή ναυπηγική αρτιότητα. Υπολογίζεται πως είχε 30 μ. μήκος, 42 κωπηλάτες (21 από κάθε πλευρά) και ένα τετράγωνο ιστίο (Ναυτικό Μουσείο της Ελλάδος).

Μινωϊκό πλοίο του 2.000 π.Χ.



γα, που προϋπέθεταν εξειδικευμένες γνώσεις και κατάλληλα μηχανικά μέσα. Στη Σάμο, στην Εφεσο και στην Αθήνα ανηγέρθησαν κολοσσιαίων διαστάσεων (100x50 μ. περίπου) λίθινοι ναοί. Ο αρχιτέκτονας Χερσίφρων χρησιμοποίησε ιδιοφυείς ανυψωτικές μηχανές (Vitruvius, De Architectura, VII & X) κατά την ανέγερση του περίφημου ναού της Αρτέμιδος στην Εφεσο, ενός από τα επτά θαύματα του αρχαίου κόσμου. Στο διάστημα 538-522 π.Χ., περίοδο διακυβέρνησης του Πολυκράτη, κατασκευάστηκαν στη Σάμο μεγάλα έργα, γνωστά ως "Πολυκράτεια": ο μεγάλος ναός της Ηρας (Ηραίο III), από



Πεντηκόντορος. Ελαφρό πολεμικό πλοίο της αρχαιότητας με 50 κουπιά (25 από κάθε πλευρά) (Ναυτικό Μουσείο της Ελλάδος).

τον Σάμιο αρχιτέκτονα Ροίκο, ο λιμενοβραχίονας ("χώμα") που προστάτευε την πόλη της Σάμου από τα κύματα της θάλασσας, και το Ευπαλίνειο όρυγμα ("υδραγωγείο").

Το Ευπαλίνειο όρυγμα αποτελεί ένα

μηχανικό έργο αξεπέραστο στην ιστορία της μηχανικής τεχνολογίας και τεκμήριο του υψηλού επιπέδου τεχνολογίας των Ελλήνων μηχανικών του βου αιώνα. Ο Μεγαρέυς μηχανικός Ευπαλίνος κατόρθωσε να διανοίξει έναν αγωγό διαμέσου ενός

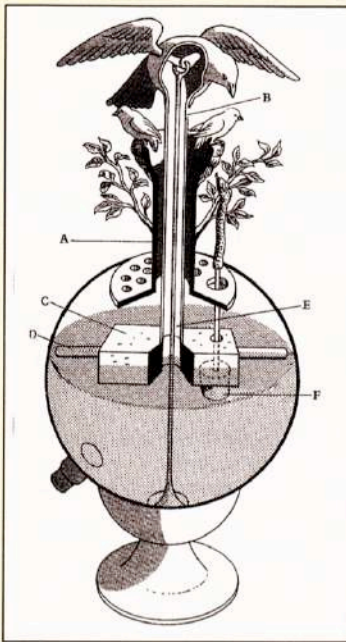
όρους για την υδροδότηση της πρωτεύουσας της Σάμου (σημ. Πυθαγόρειο). Ο αγωγός, η κατασκευή του οποίου άρχισε συγχρόνως από δύο αντίθετα σημεία του όρους Αμπελος, αποτελείται από τρία άνισα τμήματα: το πρώτο ήταν υπέργειο, που διανύοντας μια απόσταση 900 μ. από την πηγή κατέληγε στις παρυφές του όρους Αμπελος (σημ. Κάστρο ύψους 237 μ.), όπου συνδεόταν με το στόμιο της σήραγγας, η οποία ήταν και το κύριο έργο, μήκους 1.036 μ. (και σε ύψος 55 μ. από την επιφάνεια της θάλασσας). Ένα τρίτο και τελευταίο τμήμα, ο αγωγός πόλης, μήκους 500 μ., από τη νότια είσοδο της σήραγγας οδηγούσε στην πόλη.

Ο Ευπαλίνος, εκτός των πολλών δυσκολιών που παρουσίαζε το έργο, είχε να αντιμετωπίσει και την κατά τόπους σαθρότητα του εδάφους. Ενώ λοιπόν οι δύο ομάδες προχωρούσαν στη διάνοιξη, η βόρεια ομάδα σε απόσταση 200 μέτρων από την είσοδο, υποχρεώθηκε να αποκλίσει από την ευθεία γραμμή λόγω της σαθρό-

ΜΙΑ "ΓΟΗΤΕΥΤΙΚΗ" ΕΠΙΝΟΗΣΗ

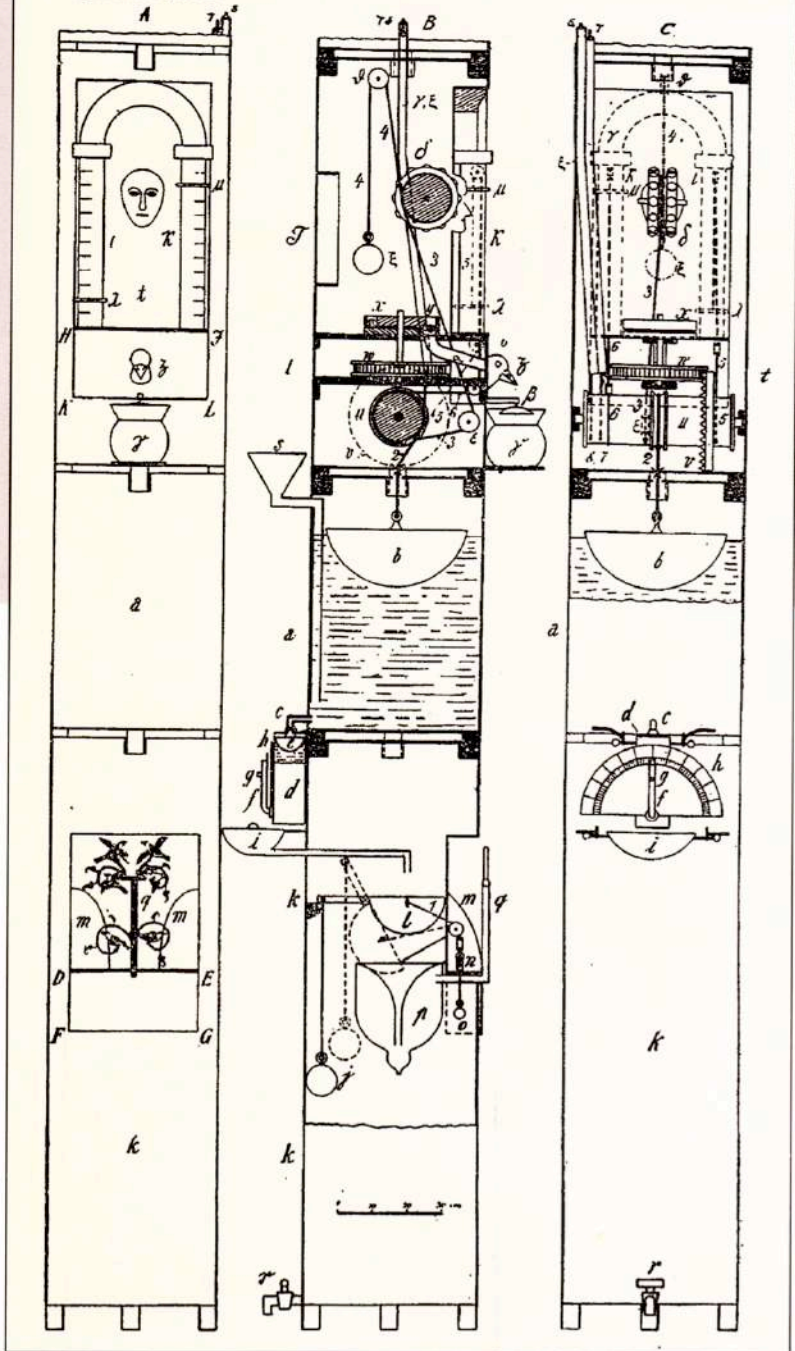
Ο Φίλων ο Βυζάντιος (2ος αι. π.Χ.), ανάμεσα στις άλλες μηχανικές εφευρέσεις, επινόησε και πολλά "παιχνίδια", όπως αυτό με το πουλί και το φίδι. Μια φωλιά, περιέχοντας το ομοίωμα ενός πουλιού, ήταν συνδεδεμένη με ένα σωλήνα, που είχε τη μορφή δένδρου (Α), ο οποίος ήταν συγκολλημένος με το διάτρητο κάλυμμα ενός δοχείου. Το πουλί ήταν τοποθετημένο σ' έναν εσωτερικό σωλήνα (Β), ο οποίος διατρέχοντας μέσα από τον κορμό του δένδρου έναν πλωτήρα (C) στερεωνόταν στον πυθμένα του δοχείου (D). Ο σωλήνας (B) περιείχε ένα μακρύ σύρμα (Ε), το οποίο διαπερνώντας το φελλό είχε το ένα άκρο του στερεωμένο στον πυθμένα του δοχείου και το άλλο στα φτερά του πουλιού. Ένα ομοίωμα φιδιού ήταν συνδεδεμένο μ' ένα μικρότερο πλωτήρα (F).

Καθώς χυνόταν κρασί ή νερό μέσα από το διάτρητο κάλυμμα του δοχείου, ο μικρός φελλός (F) ανύψωνε το φίδι για να απειλήσει το πουλί. Όμως όταν το υγρό έφθανε αρκετά ψηλά, ο πλωτήρας (C) ανυψωνόταν, με αποτέλεσμα ο σωλήνας (B) να ωθεί προς τα πάνω το πουλί, που άνοιγε τα φτερά του για να αντιμετωπίσει το φίδι. Όταν πάλι το δοχείο άδειαιζε (από μια οπή στον πυθμένα), το φίδι κατερχόταν με τη βοήθεια του πλωτήρα του. Αλλά και ο πλωτήρας (C) καταδυόταν μέχρι να συναντήσει το υποστήριγμα (D), οπότε το πουλί κατερχόταν και δίπλωνε τα φτερά του.



Αναπαράσταση του μηχανισμού "Το πουλί και το φίδι" του Φίλιωνα.

Α. Υδραυλικό ρολόϊ

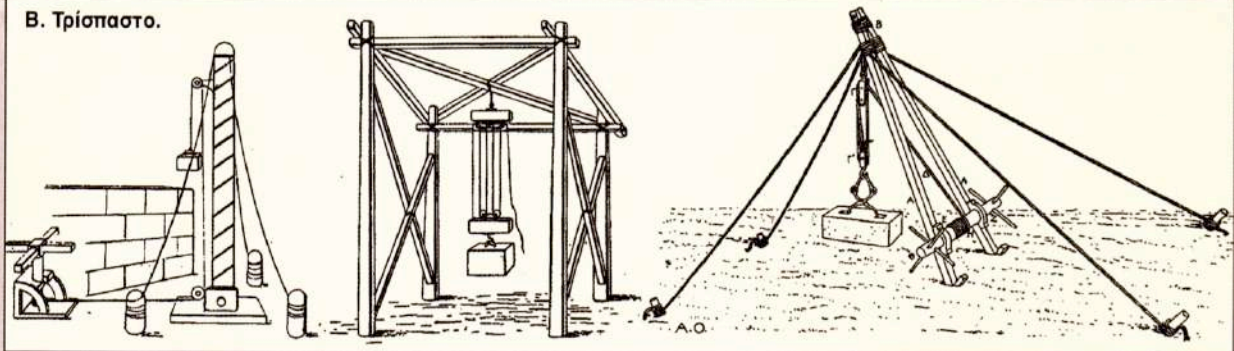


τητας των πετρωμάτων σ' εκείνο το σημείο, και συνέχισε διαγράφοντας τεθλασμένη πορεία. Στη συνέχεια, αφού απέφυγε το επικίνδυνο σημείο, επανήλθε στη νοητή ευθεία και συναντήθηκε με τη νότια ομάδα στη μέση της απόστασης με απόκλιση 0,60 μ. Όπως σημειώνει ο επικεφαλής της γερμανικής ερευνητικής ομάδας Δρ Hermann Kienast, το "λάθος" αυτό πρέπει να θεωρηθεί μικρό εφόσον

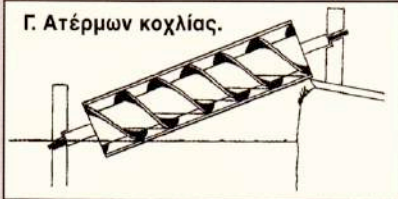
ο Ευπαλίνος πέτυχε τελικά να συναντηθούν οι δύο σήραγγες, ενώ αξιολογώντας το όλο έργο αναφέρει ότι "πιθανόν είναι η πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας που έγινε τέτοιο τόλμημα".

Το έργο προβλημάτισε τους μηχανικούς ήδη από την αρχαιότητα: ο μεγάλος Αλεξανδρινός μηχανικός και εφευρέτης Ηρων (1ος αι. π.Χ.) περιγράφει στο έργο του "Διόπτρα" τον τρόπο διάτρησης ε-

Β. Τρίπαστο.



Γ. Ατέρμων κοχλίας.



Δ. Αρχιτρόνιο (ατμοपुरοβόλο).



Εφευρέσεις του Αρχιμήδη

νός όρους και διάνοιξης σήραγγας με βασικό όργανο τη "διόπτρα" (γεωδαιτικό όργανο), πρόγονο του σύγχρονου θεοδολίχου. Με τη βοήθεια της διόπτρας ήταν δυνατός, κατά τον Ηρώνα, ο προσδιορισμός του κατευθυντηρίου άξονα του ορύγματος βάσει ενός ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων με αποτέλεσμα να προκύπτει μια ευθεία στην κορυφή του όρους, η οποία ήταν δυνατό να μεταφερθεί με δευτερεύουσες κάθετες ευθείες στο εσωτερικό του ορύγματος ακριβώς στο σημείο συνάντησης των δύο ομάδων εργασίας. Η πιθανότητα χρήσης ενός οργάνου όπως η διόπτρα από τον Ευπαλίνο, έξι αιώνες πριν από τον Ηρώνα, ανατρέπεται άρδην τη μέχρι τώρα άποψή μας για την αρχαία ελληνική τεχνολογία.

Τον 5ο αιώνα π.Χ. δεσπόζει, με τη μεγαλειώδη παρουσία του, ο μαρμάρινος ναός της Αθηνάς Παρθένου πάνω στον ιερό βράχο της Ακρόπολης, για την αποπεράτωση του οποίου απαιτήθηκαν περίπου 13.000 κομμάτια πεντελικού μαρμάρου (από 2 έως 13,5 τόννους το καθένα), κατασκευάστηκαν πλακόστρωτα πολλών χιλιομέτρων για τη μεταφορά τους από το λατομείο της Πεντέλης στην Ακρόπολη και χρησιμοποιήθηκαν μεγάλες και ισχυρότατες ανυψωτικές μηχανές για την τοποθέτηση των μελών στην προκαθορισμένη θέση τους πάνω στο ναό. Η κατα-

σκευή του ναού συνίστατο στην αρμολόγησή του με τους μεγαλύτερους, κατά το δυνατόν, λαξευτούς λίθους, οι οποίοι έχοντας απλή γεωμετρική μορφή συναρμόζονταν μεταξύ τους "εν ξηρώ", δηλαδή χωρίς συνδετικό κονίαμα. Ήταν απολύτως απαραίτητη η γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων του μαρμάρου, οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διεύθυνση των στρώσεων του πετρώματος. Ετσι, ανάλογα με τη θέση που θα καταλάμβανε ο λίθος και ανάλογα με την κατεργασία που επρόκειτο να υποστεί (σπόνδυλος, γείσο, ανάγλυφη ζωφόρος ή κυμάτια) απαιτείτο ένας συγκεκριμένος

προσανατολισμός των στρώσεων και των πτυχώσεων του υλικού και των αυλάκων εξορύξεων. Απόδειξη των υψηλών ικανοτήτων των Ελλήνων τεχνιτών της εποχής είναι η τέλεια επαφή των λίθων καθώς οι αρμοί έχουν εύρος τόσο μικρό ώστε δεν εισχωρούσε ούτε ο αέρας! Ο αρχιτέκτων Μανόλης Κορρές, υπεύθυνος του προγράμματος συντήρησης και αποκατάστασης του Παρθενώνα, γράφει πως "με γνώμονα τη μοναδική λιθοτεχνική τελειότητα και τα διάφορα ποσοτικά μεγέθη του Παρθενώνος ως κτηρίου, εύκολα αποδεικνύεται ότι σήμερα δεν θα ήταν δυνατή η τόσο τέλεια κατασκευή του



Η τριήρης "Ολυμπιάς" εν πλω, 650 π.Χ. (σύγχρονη ανακατασκευή), (φωτ. Υδρογραφικής Υπηρεσίας/προσωπικό αρχείο Δ.Ν. Γαρουφαλής).

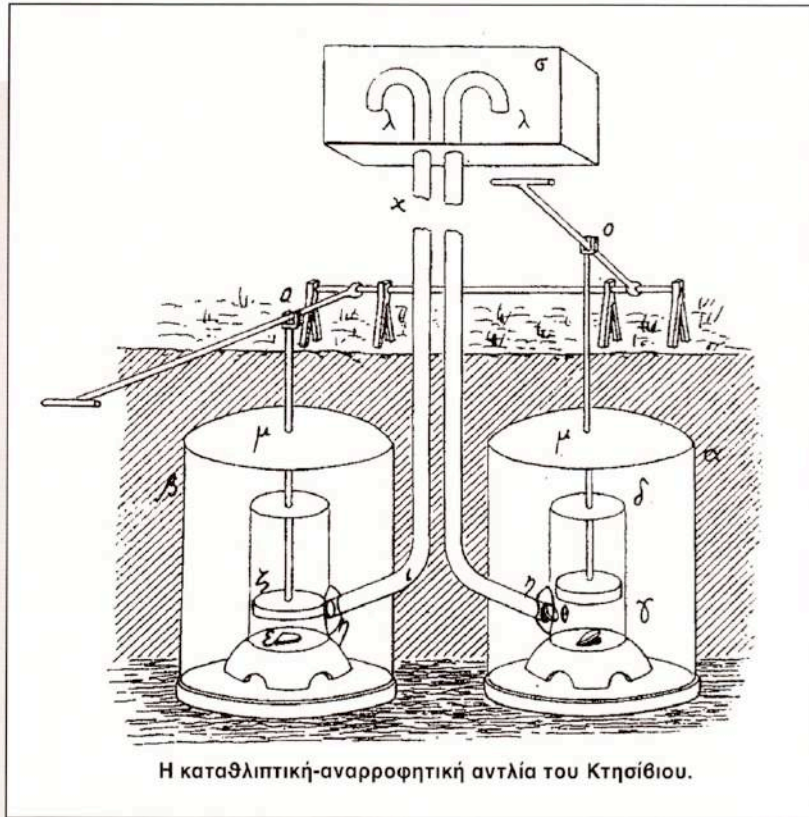


Η Υδραυλς του Κτησίβιου. Το πρώτο ηλεκτροφόρο μουσικό όργανο στην παγκόσμια ιστορία. Ο Ηρων σχεδίασε μια θελιωμένη έκδοση στην οποία τη χειροκίνητη αντλία πίεσης αντικατέστησε ένας ανεμόμυλος.

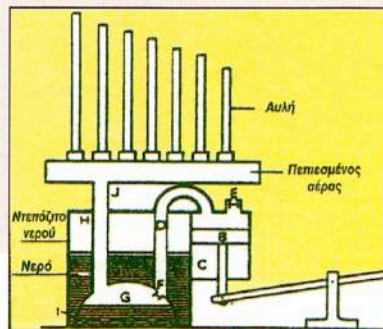
στον εκπληκτικό χρόνο των οκτώ ετών, έστω και με απασχόληση ισάριθμων ή και περισσότερων τεχνιτών και παρά τη χρήση αυτοκινήτων αντί κάρων ή ηλεκτρικών γερανών αντί χειροκινήτων”.

Ραγδαία υπήρξε η τεχνολογική εξέλιξη στα ελληνοιστικά και στα ύστερα χρόνια της αρχαιότητας. Η ελληνοιστική εποχή παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με τον 20ό αιώνα, αφού ήταν η εποχή της έντονης πνευματικής δραστηριότητας, των ταξιδιών, της ευρυμάθειας και της έρευνας, των διαλέξεων, των λεσχών, των εφευρέσεων και της προόδου. Την επιστήμη προστάτευσαν και ενίσχυσαν σε μέγιστο βαθμό οι ελληνοιστικοί μονάρχες με πρωτοπόρους τους Πτολεμαίους βασιλείς. Διατέθηκαν μεγάλα χρηματικά ποσά για την ίδρυση στην Αλεξάνδρεια δύο μόνιμων ερευνητικών κέντρων, της Βιβλιοθήκης και του Μουσείου.

Στις αρχές του 3ου αιώνα π.Χ. η παλιά υλιστική θεωρία συνδυάστηκε με την



Η καταθλιπτική-αναρροφητική αντλία του Κτησίβιου.



πειραματική έρευνα από ένα “φυσικό” και περιπατητικό φιλόσοφο, τον Στράωνα τον Λαμψακηνό (320-270 π.Χ.). Η διαύγεια και ο σύγχρονος χαρακτήρας της σκέψης του αποτυπώνονται σ’ ένα απόσπασμα των “πνευματικών πειραμάτων” που διασώθηκε στο έργο του μεταγενέστερου μηχανικού Ηρωνα (1ος αι. π.Χ.). Ο Στράων αποδεικνύει σ’ αυτό πειραματικά πως τα κενά περιεχομένου αγγεία δεν είναι στην πραγματικότητα κενά, αλλά γεμάτα αέρα αποτελούμενο από μικροσκοπικά μόρια της ύλης.

Ένα ακόμα “σύγχρονο” χαρακτηριστικό της ελληνοιστικής εποχής ήταν η αγάπη για το επιβλητικό, για το “μέγεθος”. Ο Πτολεμαίος Β’ ο Φιλάδελφος (285-246 π.Χ.), έχοντας ένα πρωτοφανές πάθος για την τεχνολογία και για κάθε είδους επιστημονική γνώση, κάλεσε τον αρχιτέ-

κτονα Σώστρατο τον Κνίδιο για να κατασκευάσει τον περίφημο Φάρο της Αλεξάνδρειας. Το οικοδόμημα με πλευρές βάσης περίπου 340 x 340 μ. έφτασε στο εκπληκτικό ύψος των 140 μέτρων. Μέσα στο ίδιο πνεύμα κατασκευάστηκε (το 280 π.Χ.) από τον Λίνδιο Χάρη, σ’ ένα άλλο σπουδαίο ελληνοιστικό κέντρο, τη Ρόδο, το κολοσσιαίο χάλκινο άγαλμα του θεού Ηλίου, ύψους 33 μ., ένα αληθινό επίτευγμα της μηχανικής και της γλυπτικής.

Στην Αλεξάνδρεια έζησε και σπούδασε ο μεγάλος μαθηματικός, μηχανικός και εφευρέτης της αρχαιότητας Αρχιμήδης ο Συρακούσιος (287-212 π.Χ.). Το έργο του είναι τεράστιο: εργασίες πάνω στα Μαθηματικά και τη Γεωμετρία, εφαρμογή των Μαθηματικών στη Μηχανική και στην Αστρονομία, καθορισμός του κέντρου βάρους και πλήθος εφευρέσεων. Τα έργα του που αναφέρονται στη “Στατική” των απλών μηχανών και στην “Υδροστατική” (όπου εξετάζεται η αρχή της άωσης στα υγρά και η ισορροπία παραβολοειδών εκ περιστροφής τμημάτων) διασώθηκαν μόνο μέσα στα έργα του Ηρωνα και του Πάππου. Στο χώρο της εφηρμοσμένης μηχανικής ο Αρχιμήδης επιτόνησε ιδιοφυείς μηχανές κάθε είδους. Εφηύρε το ρωμαϊκό ζυγό (καντάρι), το τρίπαστο (ανυψωτική τριπλή τροχαλία) και τον ατέρμονα κοχλία (“έλιξ του Αρχιμήδους”), μηχανή άντλησης νερού από ποταμούς και φρέατα. Για τη μέτρηση του χρόνου κα-

Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Στις αρχές του 1ου αιώνα π.Χ. (περί το 87 π.Χ.) χρονολογείται και ο περίφημος μηχανισμός των Αντικυθήρων, μια από τις πιο σημαντικές μηχανικές εφευρέσεις στην ιστορία, που ίσως κατασκευάστηκε από τον Ρόδιο μηχανικό και αστρονόμο Γέμινο (110-40 π.Χ.). Πρόκειται για ένα αστρονομικό μηχανήμα ακριβείας, με εκπληκτική τεχνολογική τελειότητα, τοποθετημένο σ' ένα ξύλινο κιβώτιο με διαβαθμισμένες πλάκες στο εξωτερικό του. Εσωτερικά αποτελείται από περίπου 30 αλληλοεμπλεκόμενους οδοντωτούς τροχούς, έκκεντρα τοποθετημένους, με διάμετρο που ποίκιλλε από 132 μέχρι 9 χιλιοστά. Τους τροχούς, που ήταν οργανωμένοι επικυκλωειδώς, έθετε σε κίνηση, με διαφορετική ταχύτητα τον καθένα, ένας περιστρεφόμενος χειροκίνητος άξονας. Δείκτες, σύμφωνα με τις επιγραφές, έδειχναν την πορεία του Ηλίου, την πορεία και τις φάσεις της Σελήνης και τις κινήσεις των πλανητών. Ο μηχανισμός αποτελεί εξαιρετική φώση των μηχανών με οδοντωτούς τροχούς (διόπτρα, οδόμετρο, μηχανές καθέλκυσης πλοίων, ανυψωτικές μηχανές, κ.ά.). Σύμφωνα με τον D.de Solla Price, που προχώρησε σε μια ανακατασκευή του μηχανισμού, ο υπολογιστής των Αντικυθήρων μπορεί να θεωρηθεί ως ημερολογιακό υπολογιστικό μηχανήμα για τις θέσεις του Ηλίου και της Σελήνης και φαίνεται ν' ακολουθεί την παράδοση που είχε ξεκινήσει ο Αρχιμήδης με την κατασκευή των πλανηταρίων. Μάλιστα ο Άγγλος επιστήμονας αναφέρεται στην ύπαρξη ενός πολύπλοκου συστήματος διαφορετικού οδοντωτού τροχού, ο οποίος δεχόταν δύο διαφορετικές περιστροφές. Ο υπολογιστής (αστρολάβος κατ' άλλους επιστήμονες) των Αντικυθήρων μας αναγκάζει να αναθεωρήσουμε την άποψη που είχαμε μέχρι τώρα για το βαθμό τεχνολογικής εξέλιξης των αρχαίων Ελλήνων.



Ο αστρονομικός μηχανισμός των Αντικυθήρων (αριστερά). Αναπαράσταση του μηχανισμού από τον D.J. Solla Price.

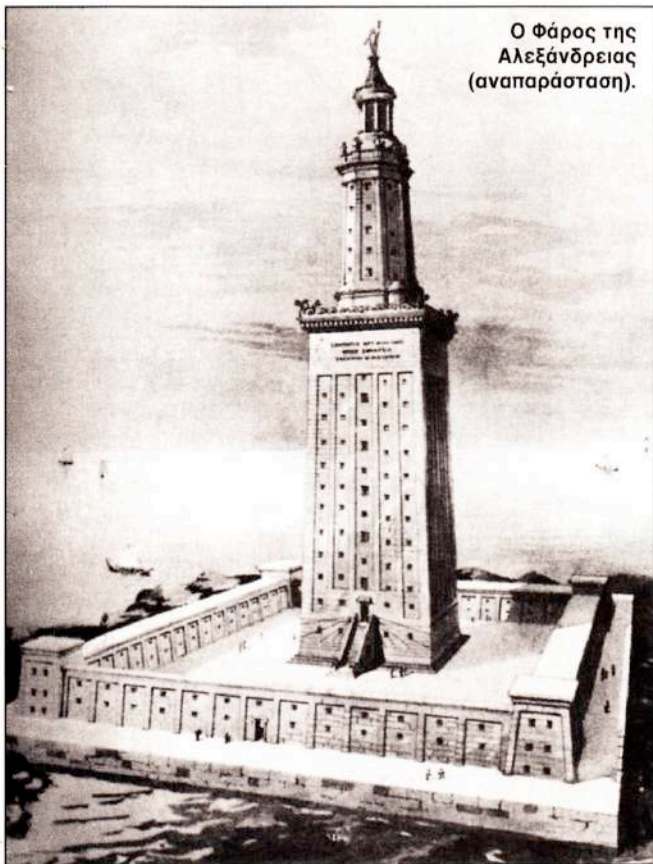
τασκεύασε ένα υδραυλικό ρολόι, το οποίο υπολόγιζε με μεγάλη ακρίβεια τις ώρες. Είχε ύψος 4 μέτρα και χρησιμοποιούσε νερό (αντί για ελατήριο), έφερε διάφορες διακοσμήσεις και ειδοποιούσε για

την αλλαγή της ώρας. Μεγάλη φήμη απέκτησαν και οι πολεμικές μηχανές του Αρχιμήδη: "αρχιτρόνιτο" (πυροβόλο ατμού), "καταπέλτες", "άρπαγες", "κάτοπτρα" για την καύση εχθρικών πλοίων. Η τελευταία του εφεύρεση θεωρήθηκε μια αναπάντεχη τομή στην ιστορία των εφευρέσεων αφού για πρώτη φορά ο άνθρωπος έκανε χρήση της "ηλιακής ενέργειας". Ο Αρχιμήδης, γνωρίζοντας τη θερμαντική ιδιότητα του ήλιου, κατασκεύασε γιγαντιαία παραβολικά κάτοπτρα, με τα οποία επεχείρησε να κάψει ρωμαϊκά πλοία. Τα κάτοπτρα αυτά φαίνεται πως ήταν από στιλβωμένο ορείχαλκο.

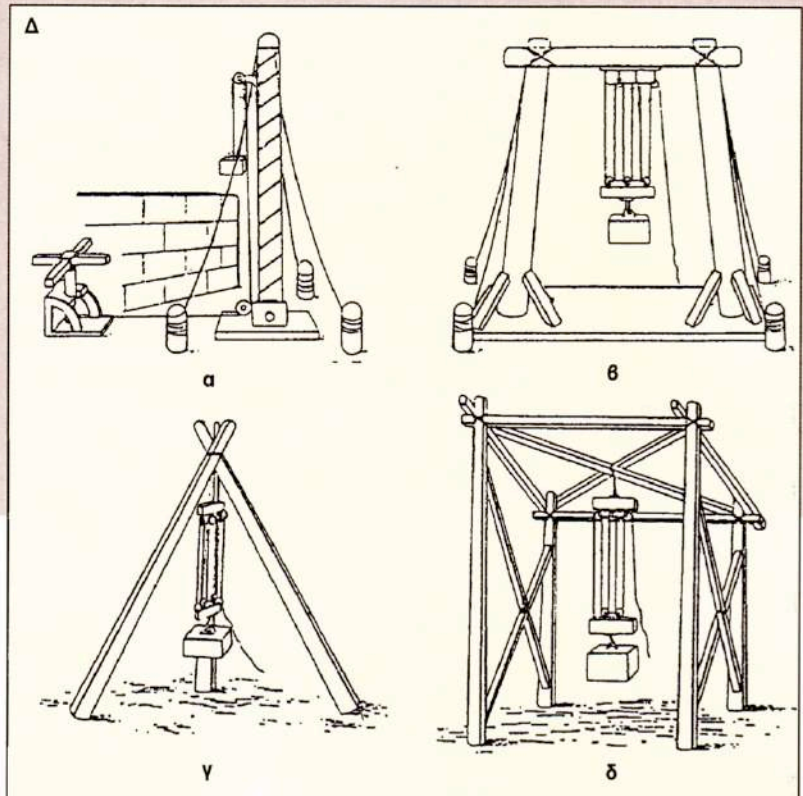
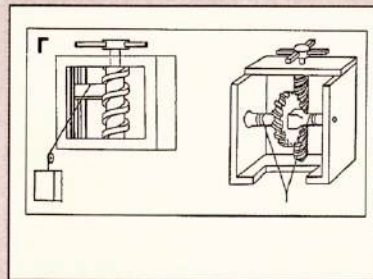
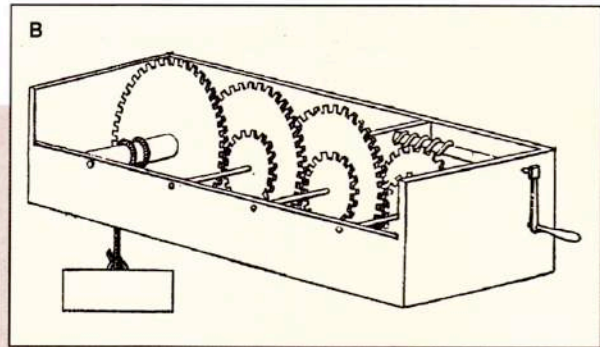
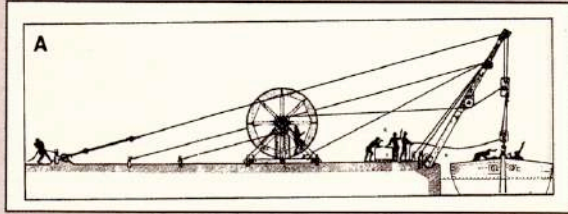
Ο Κτησίβιος ο Αλεξανδρεύς (285-222 π.Χ.), έχοντας σχεδόν ενστικτωδώς μια ικανότητα για μηχανικές καινοτομίες, ήταν ένας "φύσει" εφευρέτης. Υπήρξε ιδρυτής της Πνευματικής Επιστήμης ("Υδραυλικής"), που αφορά την υλική υπόσταση του αέρα και τη χρήση του. Το σύγγραμμα που περιγράφει τις μηχανικές εφευρέσεις και τα πειράματα του Κτησίβιου δεν σώθηκε, αλλά μεταγενέστεροι μηχανικοί, όπως ο Ηρων και ο Φίλων, ανα-

φέρονται σ' αυτές εκτενώς.

Ο Κτησίβιος κατασκεύασε σπουδαίες και επιτυχημένες μηχανές προσφέροντας μεγάλες υπηρεσίες στην Αλεξάνδρεια του Πτολεμαίου Β'. Δύο όμως είναι οι σημαντικότερες εφευρέσεις του: η Υδραυλις (το πρώτο στην παγκόσμια ιστορία ηλεκτροφόρο μουσικό όργανο, πρόδρομος του μεταγενέστερου εκκλησιαστικού οργάνου) και η δικύλινδρη πυροσβεστική αντλία. Την Υδραυλις περιγράφει αναλυτικά ο Ηρων, ο οποίος προχώρησε και σε μια βελτίωσή της αντικαθιστώντας την αντλία πίεσης με ένα μικρό ανεμόμυλο. Αποτελείται από δύο τμήματα: το κάτω τμήμα που περιελάμβανε το υδραυλικό σύστημα και το άνω ηλεκτροφόρο τμήμα με τους αυλούς. Η λειτουργία του μουσικού οργάνου ήταν απλή. Μια αεραντλία διοχέτευε αέρα υπό πίεση μέσω ενός σωλήνα σ' ένα ανεστραμμένο, μεταλλικό, ημισφαιρικό δοχείο, τον "πνιγέα" ("πνιγείς" κατά Ησύχιο "του υδραυλικού οργάνου μέρος"), ο οποίος ήταν βυθισμένος μέσα σ' ένα ξύλινο κάδο με νερό, τον "θωμό" ή "θωμίσκο". Καθώς ανερχόταν η στάθμη του νερού στη δεξαμενή που περιέβαλε τον πνιγέα, λόγω της αυξημένης πίεσης στο εσωτερικό του, το πλεόνασμα του αέρα πιεζόταν προς τα πάνω και μέσω ενός δεύτερου σωλήνα αποθηκευόταν σ' ένα κιβώτιο αέρα. Από το κιβώτιο αυτό ξεκινούσε μια σειρά αυλών σε διάταξη ανάλογη με εκείνη της σύριγγος του Πανός. Βαλβίδες διαχώριζαν τους αυλούς από το κιβώτιο πεπιεσμένου αέρα. Κάθε βαλβίδα αποτελείται από ένα δίσκο με μια οπή στο κέντρο του, έτσι ώστε όταν το πλήκτρο δεν ήταν πιεσμένο η ροή του αέρα διακοπτόταν από το σταθερό τμήμα



Ο Φάρος της Αλεξάνδρειας (αναπαράσταση).



Ανυψωτικές μηχανές που αναφέρονται από τον Ηρωνα.
A. Ανυψωτικός μηχανισμός με τροχό.
B. Βαρούλκο με ατέρμονα κοχλία και με οδοντωτούς τροχούς.
Γ. Ανυψωτικές μηχανές με ατέρμονα κοχλία
Δ. (α-δ) μονόκωλος, δίκωλος, τρίκωλος, τετράκωλος.

του δίσκου, ενώ αντίθετα όταν το πλήκτρο πιεζόταν, η οπή του δίσκου ευθυγραμμιζόταν με τον αυλό αφήνοντας τον αέρα να διέλθει ελεύθερα. Οι βαλβίδες επανέρχονταν στην αρχική τους θέση με τη βοήθεια σιδερένιων ελατηρίων - των πρώτων γνωστών. Η Υδραυλικ υπήρξε ένα πολύ δημοφιλές μουσικό όργανο, εξαπλώθηκε σ' όλη τη Μεσόγειο στους Ρωμαϊκούς χρόνους και ήταν το κοσμικό όργανο της βυζαντινής αυλής. Στη Δύση έγινε γνωστό τον 8ο αι. μ.Χ. και εξελιγμένο αποτέλεσε το βασικό όργανο της Δυτικής Εκκλησίας.

Μια εικόνα και συνοπτική περιγραφή της πυροσβεστικής αντλίας του Κτησίβιου διασώθηκε σ' ένα χειρόγραφο των Πνευματικών του Φίλωνος (παραρτ. 1. κεφ. 2, Χειρ. Marsh 669, φύλλο 2ν, της Bodleian Βιβλιοθήκης της Οξφόρδης). Εικονίζονται δύο ανοικτοί στην κορυφή κύλινδροι τοποθετημένοι σε δύο μεγάλα "δοχεία" γεμάτα με νερό, δύο έμβολα και δύο βαλβίδες εισροής κάτω από τα έμβολα. Δύο ράβδοι συνέδεαν τα έμβολα με τις λαβές πίεσης. Βελτιωμένη έκδοση της αντλίας του Κτησίβιου παρουσίασε αργότερα ο Ηρων.

Ο μαθητής του Κτησίβιου Φίλων ο Βυζάντιος (260-180 π.Χ.) ήταν ένας στρατιωτικός μηχανικός με μεγάλη όμως ποικιλία εφευρέσεων στο ενεργητικό του,

που περιέγραψε στο σύγγραμά του "Μηχανική Σύνταξις". Επίσης στο έργο του "Πνευματικά" περιγράφει διάφορες κατασκευές που λειτουργούν με θερμό αέρα ή με ατμό. Από τις εφευρέσεις του ξεχωρίζει η αλυσιδωτή αντλία με κάδους (μαγκάνι), ο ποδοκίνητος τροχός με μαγκάνι, ο αυτόματος μηχανισμός παροχής νερού και διάφορα ψυχαγωγικά παιχνίδια υδροαυτόματα, όπως το άλογο που πίνει νερό μόνο του, η Κόρη που προσφέρει νερό και η εντυπωσιακή επιπόνηση ενός καινοφανούς οκτάπλευρου μελανοδοχείου με άνοιγμα σε κάθε πλευρά το οποίο μπορούσε να περιστρέφεται ώστε κάθε πλευρά να βρίσκεται στην επάνω επιφάνεια και να βυθίζεται η πένα στο μελάνι χωρίς αυτό να χύνεται από τις άλλες πλευρές!

Το έργο του Κτησίβιου και του Φίλωνος βελτίωσε πολύ ο Ηρων ο Αλεξανδρεύς

(1ος αι. π.Χ.). Οι κατασκευές του, αν και αρκετές αποτελούν βελτιωμένες εκδόσεις εφευρέσεων προγενέστερων μηχανικών, τον κατατάσσουν ανάμεσα στις μεγαλύτερες μορφές στην ιστορία της μηχανικής τεχνολογίας και μάλλον δίκαια μερικοί τον θεωρούν ως πνευματικό πρόγονο του Λεονάρντο ντα Βίντσι. Το σύνολο των κατασκευών και των εφευρέσεων του Ηρωνα, τεράστιο, με εντυπωσιακή ποικιλία και έμπνευση, περιλαμβάνεται σε 16 συγγράμματα.

Ο Ηρων, έχοντας μελετήσει σε βάθος τη θεωρία περί της υλικής υπόστασης του αέρα, προέβη στην επιπόνηση μιας μηχανής, η εφαρμογή της οποίας τον 19ο αι. επέφερε επανάσταση στις μεταφορές και στη βιομηχανία (Βιομηχανική Επανάσταση). Πρόκειται για την "αιολόσφαιρα", την πρώτη ατμομηχανή στην ιστορία. "Το σχέδιό της" γράφει ο Ηρων "ή-

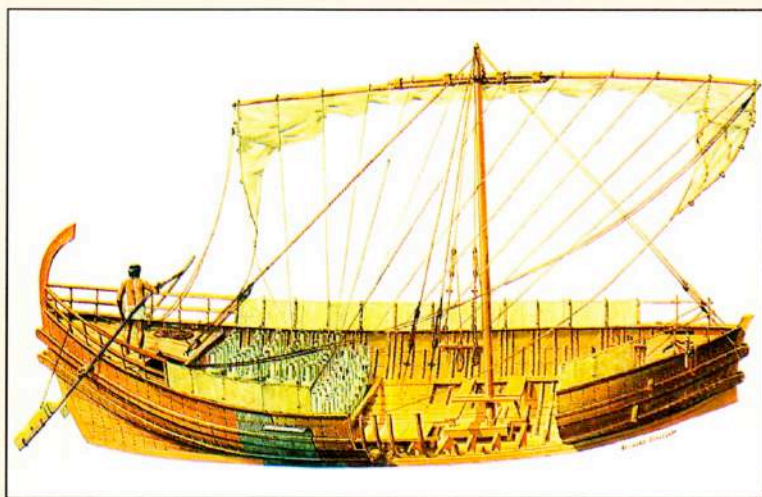
ταν απλό: ένας μεγάλος, σφραγισμένος λέβητας νερού τοποθετείτο πάνω σε μια πηγή θερμότητας, όπως φωτιά από κάρβουνα. Καθώς το νερό έβραζε, ατμός ανερχόταν μέσα από δύο σωλήνες, μεταξύ των οποίων περιστρεφόταν μια σφαίρα. Πίδακες ατμού εκτινάσσονταν από τη σφαίρα δια μέσου δύο διεξόδων (ακροφυσίων), υποχρεώνοντάς την να περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα". Το εντυπωσιακό είναι ότι η λειτουργία αυτή είναι η ίδια με τη σύγχρονη πρόωση των πυραύλων και των αεριωθουμένων. Ο Δρ Landels (Reading University) κατασκεύασε ένα αντίγραφο της εφεύρεσης το οποίο ανέπτυξε την εντυπωσιακή ταχύτητα των 1.500 στροφών ανά λεπτό. Ετσι η σφαίρα του Ηρωνα υπήρξε για αιώνες το πιο γρήγορα περιστρεφόμενο αντικείμενο.

Η δικύλινδρη πυροσβεστική αντλία του Ηρωνα, βελτιωμένη έκδοση εκείνης του Κτησίβιου, αποτέλεσε μια σημαντική τεχνολογική εξέλιξη στο χώρο της αντιμετώπισης της φωτιάς. Η αντλία, αποτελούμενη από δύο έμβολα πίεσης υγρού, που λειτουργούσαν με έναν κινούμενο βραχίονα, μεταφερόταν πάνω σε μια άμαξα οπουδήποτε υπήρχε ανάγκη. Η αντλία προσέφερε μεγάλες υπηρεσίες στην Αλεξάνδρεια και διαδόθηκε πολύ στα ρωμαϊκά χρόνια. Στο Μεσαίωνα, όταν αυξήθηκαν οι πόλεις και μεγάλωσαν σε μέγεθος και πληθυσμό, οι πυροσβεστικές αντλίες "ανακαλύφθηκαν" εκ νέου, βασιζόμενες σε μεγάλο βαθμό στο σχέδιο της αντλίας του Κτησίβιου και του Ηρωνα.

Την ίδια εποχή με τον Ηρωνα έζησε ο Μακεδόνας αστρονόμος και μηχανικός Ανδρόνικος ο Κύρρησής (Κύρρος Συρίας) ο οποίος, περί το 50 π.Χ., κατασκεύασε, στο χώρο ανατολικά της Ρωμαϊκής αγοράς της Αθήνας, ένα οικοδόμημα, που ήταν συγχρόνως ανεμοδείκτης και ηλιακό ρολόι (εξωτερικά), υδραυλικό ρολόι και (ίσως) πλανητάριο (εσωτερικά). Το οικοδόμημα, ένα μικρό οκτάγωνο με πλευρά 3,20 μ., κατασκευασμένο από λευκό πεντελικό μάρμαρο, έκρυβε στο εσωτερικό του έναν ιδιοφυή εξοπλισμό, που σήμερα δυστυχώς λείπει. Στην κορυφή της κωνικής στέγης έφερε

ΤΟ ΠΛΟΙΟ ΤΗΣ ΚΥΡΗΝΕΙΑΣ

Εκτός από πολεμικά υπήρχαν βέβαια και τα εμπορικά πλοία. Το ελληνικό εμπορικό πλοίο αποτελεί κατά κάποιο τρόπο εξέλιξη του παλιού κρητικού πλοίου, αλλά ήταν λίγο μακρύτερο. Τα πλοία αυτά ήταν ανθεκτικές κατασκευές με το φορτίο να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος στο αμπάρι. Ένα χαρακτηριστικό εμπορικό πλοίο των μέσων του 4ου αι. π.Χ. είναι το "πλοίο της Κυρήνειας" (πειραματικό ομοίωμα του οποίου κατασκευάστηκε από το Ε.Ι.Π.Ν.Π.) το καλύτερο μέχρι σήμερα διατηρημένο από την αρχαιότητα (έχει διασωθεί το 75% από το κύτος του: η καρίνα, το κοράκι, το πέτωμα, οι σκαρμοί, η επένδυση μολύβδου και άλλα τμήματα της κατασκευής). Το πλοίο μας έδωσε πολύ σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την αρχαία ναυπηγική. Ετσι μάθαμε πως οι αρχαίοι Έλληνες ναυπηγοί κατασκεύαζαν ένα πλοίο αρχίζοντας από το "πέτωμα" (τεχνική "πρώτα το πέτωμα") και μετά άρmozαν εσωτερικά τον σκελετό (τους νομείς). Αυτή η τεχνική, που είναι αντίστροφη από τη σημερινή, όπως αποδείχθηκε από το πειραματικό ομοίωμα (Κυρήνεια II), προσέδιδε στο σκάφος εντυπωσιακή ευστάθεια και αξιοθαύμαστη πλευστότητα. Το μήκος του είναι 14,75 μ. και είχε πλήρωμα τέσσερα άτομα μαζί με τον κυβερνήτη. Είχε δύο καταστρώματα (πρύμνης και πλώρης) ενώ τον υπόλοιπο χώρο καταλάμβανε το αμπάρι. Κατασκευασμένο από πεύκο, μετέφερε μέσα σε 400 αμφορείς λάδι από τη Σάμο και κρασί από τη Ρόδο, καθώς και μυλόπετρες, αμύγδαλα και σίδηρο. Το τελευταίο του δρομολόγιο ήταν ένα συνηθισμένο ταξίδι: από τη Σάμο, στη Νίσυρο, μετά στη Ρόδο, έως ότου το βύθισαν πειρατές στα ανοικτά της Κυρήνειας της Κύπρου.

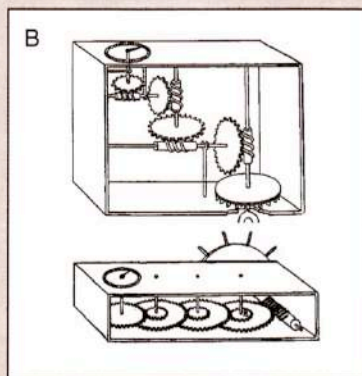
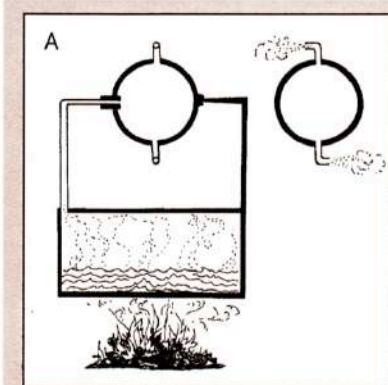


Το "πλοίο της Κυρήνειας" (αναπαράσταση), 4ος αι. π.Χ.

έναν ανεμοδείκτη με μορφή ορειχάλκινου Τρίτωνα, ο οποίος περιστρεφόμενος σύμφωνα με τον πνέοντα άνεμο έδειχνε με το επίσης ορειχάλκινο ραβδί του έναν από τους οκτώ ανάγλυφους ανέμους που

εικονίζονται προσωποποιημένοι στο πάνω μέρος καθεμιάς από τις οκτώ πλευρές (αντιστοιχώντας στα οκτώ σημεία του ορίζοντα).

Σε ό,τι αφορά τον εσωτερικό εξοπλι-



Κατασκευές του Ηρωνα.

A. Η "αιολόσφαιρα" (η πρώτη ατμομηχανή).

B. Το "οδόμετρο" και το "δρομόμετρο". Το οδόμετρο ήταν ένα μηχάνημα που έδειχνε τη διανυθείσα απόσταση. Αποτελείτο από ένα σύμπλεγμα οδοντωτών τροχών που μετέφερε μέσω ελίκων την κίνηση του οχήματος εκφράζοντάς την σε μονάδες μέτρησης. Παραλλαγή του οδόμετρου ήταν το δρομόμετρο, όργανο απαραίτητο για τη μέτρηση των αποστάσεων, που διήνυαν τα πλοία.

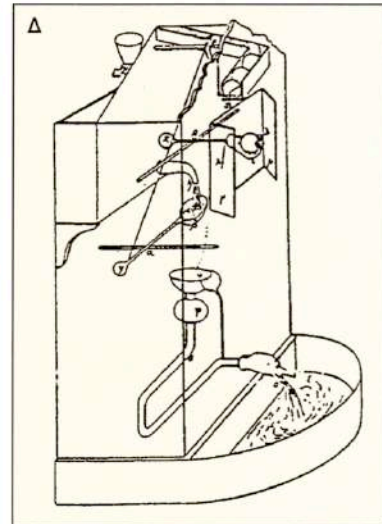
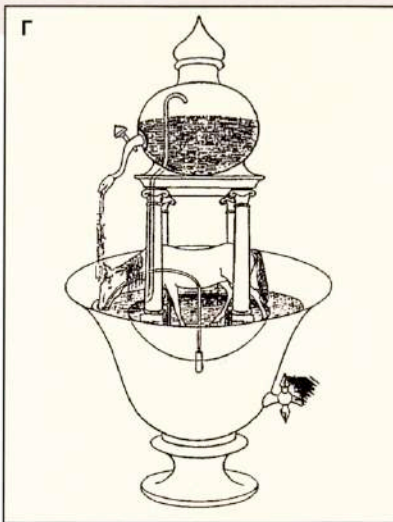
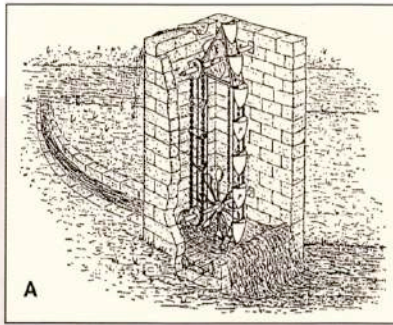
Εργα του Φίλωνα του Βυζάντιου

A. Αλυσιδωτή αντλία με κάδους (μαγκάνι).

B. Η υπηρέτρια που σερβίρει μόνη της νερό.

Γ. Αλογο που πίνει νερό.

Δ. Αυτόματη μηχανή παροχής νερού.

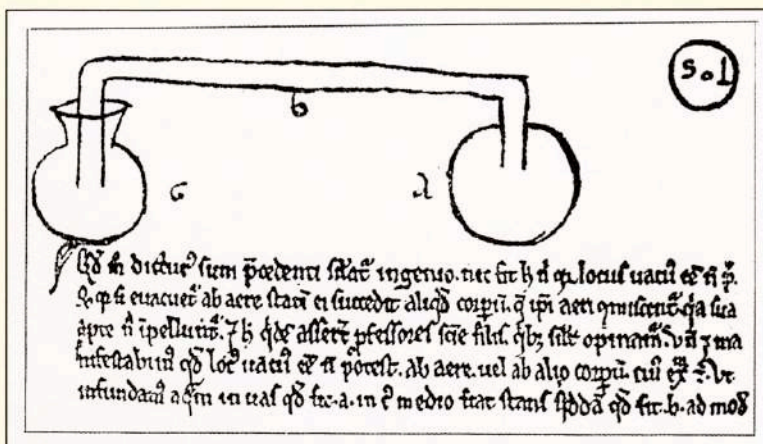


σμό του, ο Άγγλος επιστήμονας Derek de Solla Price προσπάθησε να αναπαραστήσει το μηχανισμό του υδραυλικού ρολογιού και ενός πλανηταρίου, συσχετίζοντας το οικοδόμημα με τον ορειχάλκινο δίσκο του Σάλτσμπουργκ, που φέρει εγχάρacteres παραστάσεις προσωποποιημένων αστερισμών. Σύμφωνα λοιπόν με τον Price, το μεγάλο "Υδραυλικό Ωρολόγιο" (που το "φύλασσε" ένα άγαλμα του Ποσειδώνα με τρίαινα), καθόριζε το ημερήσιο ταξίδι του ήλιου και τη διαδρομή των ετήσιων εποχών. Με τη βοήθεια ενός σωλήνα, νερό, προερχόμενο από μια πηγή της Ακρόπολης, έρρεε μέσα σε μια μεγάλη δεξαμενή τοποθετημένη κατά τρόπο υπερυψωμένο στον πίσω κυκλικό χώρο του οκταγωνικού πύργου. Από τον πυθμένα της δεξαμενής αναχωρούσε έ-

ΤΟ ΘΕΡΜΟΣΚΟΠΙΟ

Από τον Ηρώνα διασώζεται η μαρτυρία ότι ο Κτησίβιος (3ος αι. π.Χ.) επινόησε το "Θερμοσκόπιο", ένα όργανο πανομοιότυπο με το Θερμόμετρο, που αδικώς θεωρείται ως εφεύρεση του Γαλιλαίου. Επρόκειτο για απλή κατασκευή, αποτελούμενη από ένα γυάλινο σωλήνα σχήματος "Π", στο κάθε άκρο του οποίου υπήρχε από ένα δοχείο γεμάτο με κάποιο υγρό. Καθώς το ένα δοχείο θερμαινόταν, το υγρό λόγω

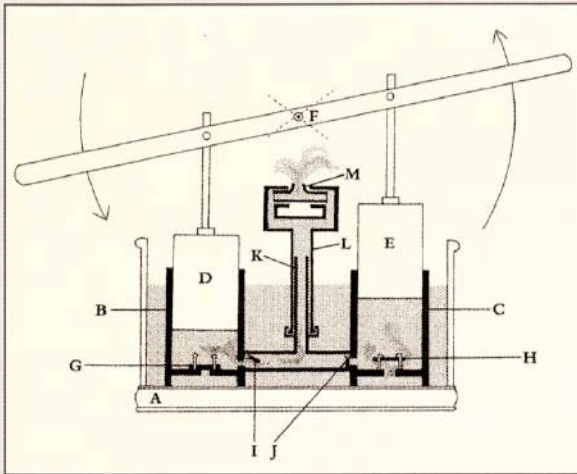
της διαστολής ανερχόταν. Η χρήση του δεν είναι αρκετά σαφής, αφού είναι άγνωστο αν είχε βαθμονομημένη κλίμακα. Πάντως πρέπει να θεωρείται βέβαιη η χρήση του για υπολογισμό της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας ή κάποιου ασθενούς. Παράσταση του Θερμοσκοπίου εικονίζεται σ' ένα λατινικό χειρόγραφο του 13ου αι. μ.Χ., όπου όμως η επινόηση αποδίδεται στον Φίλωνα τον Βυζάντιο.



Το Θερμοσκόπιο αέρα του Φίλωνα του Βυζάντιου (από λατινικό χειρόγραφο, 13ος αιώνας).

νας σωλήνας που διοχέτευε υπό συνεχή πίεση νερό σε ένα χάλκινο κυλινδρικό δοχείο (που έπαιζε το ρόλο "ελατηρίου ρολογιού"), ανυψώνοντας έτσι αργά ένα σφαιρικό φελλό στο εσωτερικό του. Ο φελλός, καθώς ανυψωνόταν μετακινούσε ένα σάκκο με άμμο, με τη βοήθεια τροχαλιών, που ισορροπούσε πίσω από την πρόσοψη του ρολογιού. Ο σάκκος κατερχόμενος με αργό ρυθμό έστρεφε το δίσκο του ρολογιού.

Για να διατηρείται σταθερή η υδροστατική πίεση στη μεγάλη δεξαμενή, έτσι ώστε το νερό να ρέει στο χάλκινο δοχείο με κανονικό ρυθμό (ούτε πιο αργά, ούτε πιο γρήγορα), υπήρχε ένας σωλήνας στο μέσον, ο οποίος, σε περίπτωση υπέρβασης της καθορισμένης στάθμης, άδειαιε το πλεονάζον νερό διοχετεύοντάς το προς την κύρια οκταγωνική αίθουσα, όπου ανέβλυζε μέσα από τρεις κρήνες (μπροστά από τον ωρολογιακό δίσκο).



Η πυροσβεστική αντλία του Ηρώνα (1ος αι. π.Χ.), βασισμένη στην εφεύρεση του Κτησίβιου. Ο μηχανισμός ήταν τοποθετημένος μέσα σε μια δεξαμενή (Α). Στον πυθμένα της δεξαμενής ήταν προσκολλημένοι δύο κύλινδροι (Β) και (C), οι οποίοι περιείχαν τα έμβολα (D) και (E) που κινούνται πάνω-κάτω με τη βοήθεια ενός κοινού αξονικού βραχίονα (F). Όταν το έμβολο (E) ανερχόταν, η αλλαγή της υδροστατικής πίεσης ανάγκαζε μια βαλβίδα (H) στον πυθμένα του κυλίνδρου ν' ανοίξει και να εισρεύσει νερό από τη δεξαμενή προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Την ίδια στιγμή το έμβολο (D) ωθείτο προς τα κάτω κλείνοντας τη βαλβίδα (G), οπότε άνοιγε η βαλβίδα (I) και διοχέτευε το νερό προς τον κεντρικό σωλήνα (K/L). Η αύξηση της πίεσης διατηρούσε τη βαλβίδα (H) στον κύλινδρο (C) κλειστή, έτσι ώστε το νερό να μπορεί να διαφύγει μόνο δια του κεντρικού σωλήνα. Ο πίδακας του νερού κατευθυνόταν από ένα περιστρεφόμενο επιστόμιο (M). Ο κεντρικός σωλήνας ήταν κατασκευασμένος από δύο τμήματα. Το άνω ήμισυ (L) ήταν προσαρμοσμένο στο χαμηλότερο (K) με μια ειδική άρθρωση που του επέτρεπε να περιστρέφεται σε γωνία 360 μοιρών.

Επίσης κάθε 24 ώρες ένας επιστάτης άνοιγε το κτήριο και άδειαζε το μικρό χάλκινο δοχείο, ρυθμίζοντας εκ νέου το μηχανισμό του ρολογιού.

Ο δίσκος του ρολογιού αποτελείτο από δύο μέρη: α) από έναν ορειχάλκινο δίσκο με εγχάρακτες παραστάσεις προσωποποιημένων αστερισμών και ζωδιακών συμβόλων, η περιστροφή του οποίου αντιστοιχούσε σε ένα ημερονύκτιο και β) από ένα δικτυωτό πλέγμα τοποθετημένο μπροστά από το δίσκο και το οποίο συμβόλιζε τον ουράνιο θόλο. Το υδραυλικό ρολοί έδειχνε συγχρόνως την ώρα και την εποχή του έτους με τον ακόλουθο τρόπο: η εσωτερική περιφέρεια του δίσκου παρίστανε την "εκλειπτική", δηλαδή τον κύκλο που διέγραφε ο ήλιος (σύμφωνα με τη γεωκεντρική θεωρία των Ελλήνων) σε ένα έτος κατά τη φαινόμενη κίνησή του γύρω από τη γη δια μέσου των αστερισμών του ζωδιακού κύκλου. Η εσωτερική αυτή περιφέρεια είχε σ' όλο της το μήκος 182 ή 183 οπές, πάνω στις οποίες μετακινείτο ένα σφαιρίδιο που συμβόλιζε τον ήλιο. Κάθε δύο μέρες, ένας φύλακας, μετακινούσε το σφαιρίδιο του ήλιου προς την επόμενη οπή έτσι ώστε να συμπληρώνει κάθε χρόνο μια πλήρη περιστροφή και να συμβαδίζει με τις παραστάσεις των ζωδίων στην περιφέρεια, δείχνοντας τις εποχές του έτους.

Η δομή της αρχαίας κοινωνίας, που ήταν κατά βάση δουλολκτητική, με μια άρχουσα τάξη ικανοποιημένη από τις υπάρχουσες παραγωγικές σχέσεις, απέτρεψε την ευρεία σύνδεση των μεγάλων ελληνιστικών τεχνολογικών επιτευγμάτων με την παραγωγή. Έτσι, ενώ η μηχανική και η τεχνολογία ήταν δυνατό να ικανοποιηθούν σε μεγάλο βαθμό τις καθημερινές ανάγκες των ανθρώπων της εποχής, παρέμειναν πνευματικές ενασχολήσεις των ολίγων, που αναζητούσαν τη διακρίβωση της αλήθειας των φυσικών φαινομένων μέσα από πειράματα και μαθηματικές μεθόδους. Οι μηχανικές καινοτομίες, ιδίως

της Αλεξανδρινής Σχολής, αποτελούν τεκμήριο της μεγάλης εφευρετικότητας των αρχαίων Ελλήνων μηχανικών και ανατρέπουν τα περί υπερβατικότητας και θεωρητικού χαρακτήρα της ελληνικής διανόησης, η οποία, σύμφωνα με την επικρατούσα σήμερα άποψη, περιορίστηκε στην εξαγωγή επιστημονικών συμπερασμάτων στο χώρο μόνο των ιδεών και χωρίς ουσιαστικές πρακτικές εφαρμογές. Αντίθετα, και επιστημονικό έργο συνετέλεση και σπουδαία τεχνολογικά επιτεύγματα παρουσίασαν διάνοιες μηχανικής και της επιστήμης. Ήταν η προϋσούσα κατάρρευση του αρχαίου κόσμου και οι κοινωνικές συνθήκες που λειτουργήσαν ανασταλτικά ως τροχοπέδη για μια Τεχνολογική Επανάσταση όμοια με εκείνη των νεώτερων χρόνων. Αλλά, όπως γράφει ο Benjamin Farrington "με την επιστήμη της Αλεξάνδρειας είμαστε σ' αλήθεια στο κατώφλι του σύγχρονου κόσμου".

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) L. Sprague de Camp: THE ANCIENT ENGINEERS, New York, 1993.
- (2) Peter James & Nick Thorpe: ANCIENT INVENTIONS, New York, 1994.
- (3) T.K. Derry & Trevor I. Williams: A SHORT HISTORY OF TECHNOLOGY, New York, 1960.
- (4) Henry Hodges: TECHNOLOGY IN THE ANCIENT WORLD, Barnes & Noble, New York, 1970/1992.
- (5) Gerald Messadieu: GREAT INVENTIONS THROUGH HISTORY, Chambers, 1991.
- (6) Philip. P. Betancourt: THE HISTORY OF MINOAN POTTERY, Princeton University Press, New Jersey, 1985.
- (7) R.V.d'A. Desborough: THE GREEK DARK AGES, 1972.
- (8) Coldstream, G.G.: GEOMETRIC GREECE, London, 1977.
- (9) Ingeborg Scheibler: GRIECHISCHE

TOPFERKUNST, Munchen, 1983.

(10) Derek J. de Solla Price - J. Noble: THE WATER-CLOCK IN THE TOWER OF WINDS, American Journal of Archeology, 72, 4, 1968.

(11) Derek J. de Solla Price: THE TOWER OF THE WINDS (PAINTINGS BY ROBERT C. MAGIS), National Geographic, April 1967.

(12) Morrison, J. - Coates, J.: ATHENIAN TRIREME, Cambridge University Press, 1986.

(13) Diels. H.: DIE FRAGMENTE DER VORSOKRATIKER, 1959.

(14) Benjamin Farrington: Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ, Εκδ. ΚΑΛΒΟΣ.

(15) Ορλάνδος, Α.: ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ, Εκδ. Αρχαιολογικής Εταιρείας.

(16) Σπυρ. Μαρινάτου: ΑΝΑΣΚΑΦΑΙ ΘΗΡΑΣ VI, Εκδ. Αρχαιολογικής Εταιρείας, 1974.

(17) Μανόλης Κορρές: ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΕΝΤΕΛΗ ΣΤΟΝ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ.

(18) Ντόρα Κόνσολα: Η ΠΡΩΙΜΗ ΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΥΣ ΠΡΩΤΟ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ, Αθήνα, 1984.

(19) Χάρη Τζάλα: Ο ΔΡΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΨΙΔΙΑΝΟΥ: ΜΕ ΕΝΑ ΠΑΠΥΡΕΝΙΟ ΣΚΑΦΟΣ ΣΤΙΣ ΚΥΚΛΑΔΕΣ, Αρχαιολογία 32, Σεπτ. 1989.

(20) Χρήστος Λάζος: ΜΗΧΑΝΙΚΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ, Εκδ. Αίολος, 1993.

(21) Χρήστος Λάζος: Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ (Μια ελληνική ανακάλυψη του 80 π.Χ.), Εκδ. Αίολος, 1994.

(21) Κ. Γεωργακόπουλος: ΑΡΧΑΙΟΙ ΕΛΛΗΝΕΣ ΘΕΤΙΚΟΙ ΕΠΙΤΗΜΟΝΕΣ, Εκδ. Γεωργιάδη, 1995.