Το ναυάγιο των Αντικυθήρων

Η τεχνολογία του πλοίου του φορτίου του Μηχανισμού

Το παρόν εγχειρίδιο τεχνολογίας εκδόθηκε στο πλαίσιο της περιοδικής έκθεσης *Το ναυάγιο των Αντικυθήρων: το πλοίο - οι θησαυροί - ο Μηχανισμός* στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο

ΕΘΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ

Φωτογραφίες
Φωτογραφικό αρχείο Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου,
Φωτογραφικό Αρχείο Alpha Bank

Φωτογραφίες Αντικειμένων / Φωτογραφίες Έκθεσης
Κώστας Ξενικάκης / Ειρήνη Μίαρη

Σχέδια
Νεκταρία Ρουμελιώτη, Θωμάς Κοτσιγιάννης, Γιάννης Νάκας

Καλλιτεχνικός σχεδιασμός
Θύμιος Πρεσβύτης, Θοδωρής Αναγνωστόπουλος

Παραγωγή
Peak Advertising

Εκτύπωση
Μπάξας Α.Ε.

Αποκλειστικός χορηγός της έκδοσης

OTE COSMOTE

Η συντήρηση των αντικειμένων της έκθεσης, βάσει της οποίας ήταν δυνατή η παρατήρηση διαφόρων τεχνικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε από τους κάτωθι αναφερόμενους με αλφαβητική σειρά:

ΣΥΝΤΗΡΗΤΕΣ
ΕΘΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ
Συλλογή Χαλκών: Γεωργία Καραμαργιού, Ουρανία Καψοκόλη, Γεράσιμος Μακρής, Σοφία Σπυριδάκη, Παντελής Φέλερης
Συλλογή Γλυπτών: Μιχάλης Δημητριάδης, Μαρία Λεφάκη, Δάφνη Μπίκα, Γιάννης Παναγάκος
Συλλογή Αγγείων: Παναγιώτης Αθανασόπουλος, Δαυίδ Δέλιος, Κατερίνα Ιωαννίδου, Ειρήνη Καπίρη, Σταματία Κουτούβαλη, Κατερίνα Ξυλινά
Συλλογή Αιγυπτιακών: Παναγιώτης Λάζαρης

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ: Κωνσταντίνα Γαβρίλου

ΝΟΜΙΣΜΑΤΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ: Νίκη Κατσικώστα, Έλενα Κοντού

ΕΦΟΡΕΙΑ ΕΝΑΛΙΩΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ: Ρίτσα Παπαδήμα

ΓΛΥΠΤΕΣ
Συλλογή Γλυπτών: Θανάσης Καλαντζής, Νικόλαος Κυρίτσης

ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ
Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο

ΥΠΑΙ.Θ.Π.Α, Γενική Διεύθυνση Αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Διεύθυνση Εθνικού Αρχείου Μνημείων

Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων

Νομισματικό Μουσείο

Πρόγραμμα Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Επιστημών και της Τεχνολογίας (Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών)

Ομάδα Μελέτης του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

Εταιρεία Μελέτης Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας

Το ναυάγιο των Αντικυθήρων

Η τεχνολογία του πλοίου του φορτίου του Μηχανισμού

ISBN 978-960-386-061-7

Το ναυάγιο των Αντικυθήρων

Η τεχνολογία του πλοίου του φορτίου του Μηχανισμού

Επιμέλεια:
Αλεξάνδρα Χριστοπούλου - Αναστασία Γκαδόλου - Πολυξένη Μπούγια

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΕΘΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ

Περιεχόμενα

Χαιρετισμός ***Μιχάλης Τσαμάζ*** 9

Χαιρετισμός ***Γεώργιος Κακαβάς*** 11

Εισαγωγή ***Αλεξάνδρα Χριστοπούλου*** 13

Η ελληνιστική κορύφωση της τεχνολογίας ***Θεοδόσιος Τάσιος*** 14

Η ανατολική Μεσόγειος την εποχή του ναυαγίου ***Πολυξένη Μπούγια*** 26

Το ναυάγιο των Αντικυθήρων ***Πολυξένη Μπούγια*** 28

Η ναυπήγηση και ο εξοπλισμός του πλοίου ***Πολυξένη Μπούγια*** 32

Γλυπτική - Λιθοτεχνία 38

Τα μαρμάρινα αγάλματα ***Έλενα Βλαχογιάννη***

Τα σκεύη και εργαλεία ***Έλενα Βλαχογιάννη***

Χαλκοτεχνία 46

Τα χάλκινα αγάλματα και αγαλμάτια ***Πολυξένη Μπούγια***

Μεταλλικά αγγεία ***Πολυξένη Μπούγια***

Οι κλίνες ***Νομική Παλαιοκρασσά*** 56

Χρυσοτεχνία - Αργυροτεχνία ***Ελισάβετ Στασινοπούλου*** 64

Υαλουργία ***Χριστίνα Αβρονιδάκη*** 72

Αγγειοπλαστική ***Αναστασία Γκαδόλου*** 80

Νομισματοκοπία ***Παναγιώτης Τσέλεκας*** 88

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ***Γιάννης Μπιτσάκης*** 94

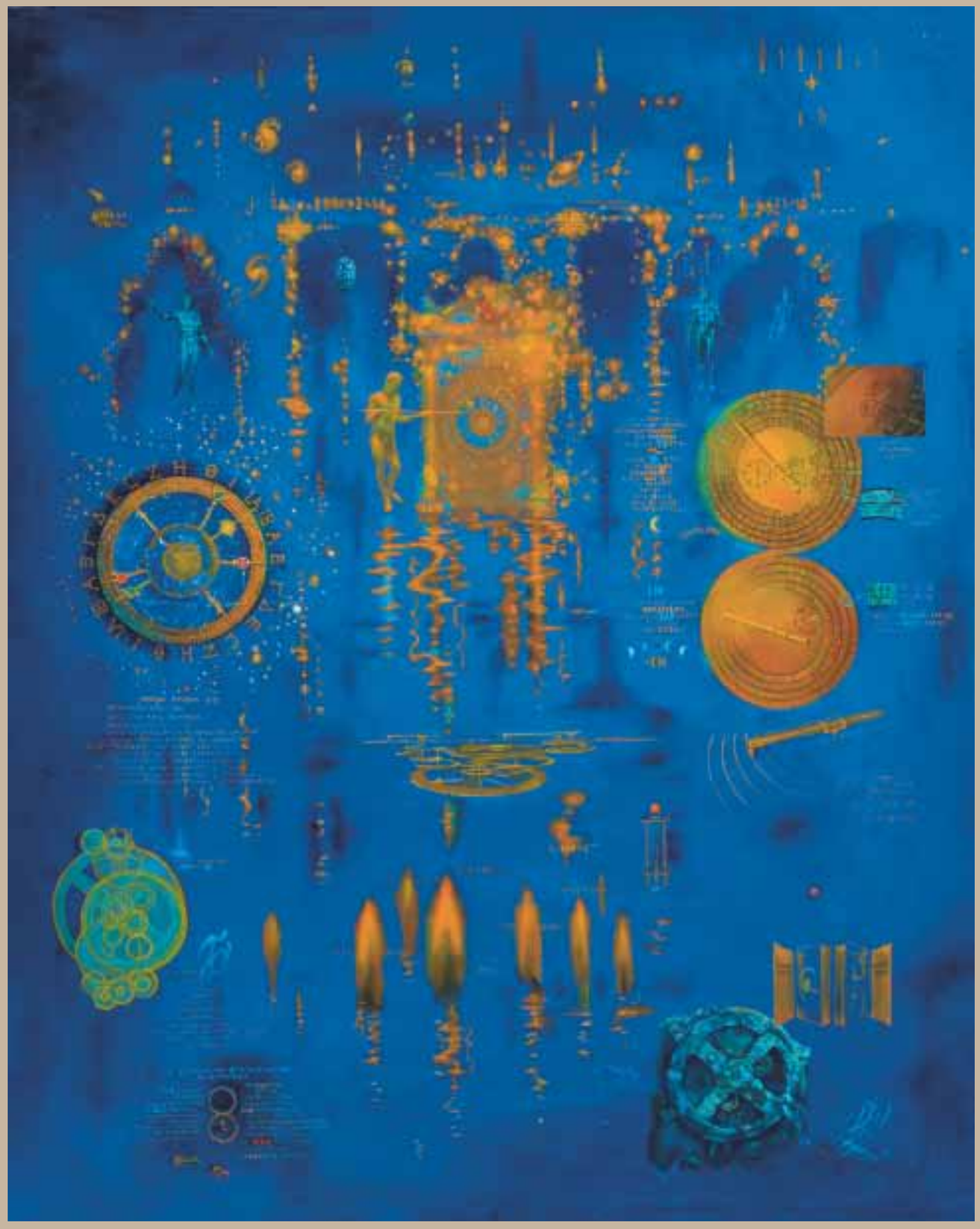
Εμείς οι Έλληνες θέσαμε να θεμέλια του σύγχρονου πολιτισμού, προσφέραμε γνώση και καινοτομία σ' όλο τον κόσμο.

Χρόνια όμως τώρα, έχουμε ξεχάσει τις αρετές μας, καλλιεργούμε τη δίψα μας για προσωπικό όφελος, έχουμε σταματήσει να σκεφτόμαστε και να λειτουργούμε συλλογικά.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων –προπομπός των σύγχρονων υπολογιστών- που κατασκεύασαν οι πρόγονοί μας, όπως και κάθε άλλο προϊόν του πολιτισμού μας, έρχεται να μας αφυπνίσει.

Οφείλουμε να θυμηθούμε τον καλό μας εαυτό, που σήμερα, περισσότερο από ποτέ, το έχουμε ανάγκη.

ΜΙΧΑΛΗΣ ΤΣΑΜΑΖ
Πρόεδρος & Διευθύνων Σύμβουλος Ομίλου ΟΤΕ



Κατά την αρχαιότητα *τεχνολογία* ονομαζόταν η συστηματική επεξεργασία. Ο *τεχνολόγος* έγραφε για τη ρητορική τέχνη και το ρήμα *τεχνολογέω* σήμαινε θεσπίζω κανόνα τέχνης. Οι μυθικοί μεταλλουργοί, Τελχίνες ή Κουρήτες, κατασκεύασαν τα πρώτα αγάλματα θεών αλλά η εφευρετικότητά τους δεν διαχώριζε το καλό από το κακό. Την ευεργετική, αλλά συνάμα καταστροφική πλευρά των επινοήσεων αποκαλύπτει η δράση του Δαίδαλου, ευρετή πολλών εργαλείων και τεχνικών έργων.

Η τεχνολογία των αρχαίων Ελλήνων ως εμπειρία, πρακτική δεξιότητα, γνώση και ανάδραση αλλά και ως διαδικασία για την κατασκευή εργαλείων ή συνθετότερων αντικειμένων βασιζόταν στην παρατήρηση του σύμπαντος μέσω του φιλοσοφικού στοχασμού. Η επίδραση της επιστήμης στην τεχνολογία από τον 6ο αι. π.Χ. και εφεξής διεύρυνε τις εφαρμογές της και η επιτάχυνση της προόδου της, παρήγαγε, με τη σειρά της την εξέλιξη των επιστημών.

Το συγκλονιστικό και αναπάντεχο εύρημα των Αντικυθήρων αποτελεί μία κιβωτό τεχνολογικών εφαρμογών, από την εποχή που η σχετική τεχνογνωσία βρισκόταν στο απόγειό της. Γι' αυτό η μελέτη του έχει τύχει τόσο ευρείας διεπιστημονικής προσοχής και συνεχώς μαγνητίζει το παγκόσμιο ενδιαφέρον. Η εκεί συγκεντρωμένη τεχνολογία, με το Μηχανισμό να συνιστά ένα από τα εξοχότερα δείγματα της αρχαίας τεχνικής ευφυΐας, συναρπάζει όσο και ο θαυμασμός για την καλλιτεχνία των αντικειμένων. Αυτήν την ευτυχή σύζευξη τέχνης και τεχνικής προβάλλει, σε μία υποβλητική ατμόσφαιρα, η έκθεση του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου για το *Ναυάγιο των Αντικυθήρων*, που έχει γίνει δεκτή με ενθουσιασμό από το διεθνές κοινό.

Το παρόν εγχειρίδιο σχεδιάστηκε για την πληρέστερη κατανόηση των εκθεμάτων από την άποψη της τεχνολογίας, η οποία δικαιούται πλέον ισότιμη θέση με την τέχνη στην αποτίμηση κάθε υλικής δημιουργίας. Στις Εταιρείες ΟΤΕ και COSMOTE, οι οποίες βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογίας στον τομέα των τηλεπικοινωνιών και χρηματοδότησαν με μεγάλη προθυμία την έκδοσή του παρόντος εντύπου, οφείλονται θερμές ευχαριστίες. Πιστεύουμε ότι η εναλλακτική ανάγνωση της έκθεσης, με οδηγό το έντυπο αυτό, αυξάνει την τέρψη και την ωφέλεια των επισκεπτών μέσα από το διάλογο με τη μοναδική αρχαιολογική μαρτυρία του *Ναυαγίου των Αντικυθήρων*.

Οι ποικίλες πολιτιστικές δράσεις με αφορμή τη συγκεκριμένη αρχαιολογική έκθεση εντάσσονται στο πλαίσιο του οράματος για μια πιο ολοκληρωμένη εκπαιδευτική και ψυχαγωγική εμπειρία των δυνητικών επισκεπτών, απευθύνονται σε όλους και φιλοδοξούν να αναδείξουν τον ευεργετικό και επιτελικό ρόλο για τα πολιτιστικά πράγματα του πρώτου Αρχαιολογικού Μουσείου της χώρας μας και από τα σπουδαιότερα της υφηλίου.

ΔΡ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΚΑΒΑΣ

Αναπληρωτής Προϊστάμενος του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου

Ζωγραφικός πίνακας με θέμα *Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων* της Εύης Σαραντέα-Μίχα. Χαλκίδα 2010 (λάδι σε μουσαμά, 1,20 x 1,0μ.)

Η τεχνολογία συνυπάρχει με τον άνθρωπο από τότε που ο παλαιολιθικός μας πρόγονος χτύπησε την πέτρα με μιαν άλλη για να κατασκευάσει το πρώτο του εργαλείο. Έκτοτε, όλα τα ανθρώπινα επιτεύγματα αποτελούν έργα τέχνης, με την αρχική σημασία του όρου *τέχνη*, που είναι όνομα ουσιαστικό προερχόμενο από το αρχαίο ρήμα *τεύχω*, δηλ. δημιουργώ/κατασκευάζω με επιδεξιότητα ή το ρήμα *τίκτω*. Η γλυπτική και η κεραμεική, τα μαθηματικά, η αρχιτεκτονική και η φυσική περιλαμβάνονται στους τομείς της τέχνης και της τεχνολογίας. Με δέος ο άνθρωπος συνειδητοποίησε από πολύ νωρίς το μεγαλείο των επιτευγμάτων του και με ταπεινότητα το περιέβαλε με τη θεότητα και το μύθο. Για την ελληνική αρχαιότητα ήσαν η Μήτις, προσωποποίηση της σοφίας, της φρόνησης και της ευρηματικότητας για την επιβίωση, ο Ερμής, εφευρέτης του πυρός, ο Ήφαιστος, προστάτης της μεταλλουργίας, η Αθηνά, προστάτις σε πλειάδα τεχνιτών, οι Μούσες, οι Τελχίνες, οι Κύκλωπες, αλλά και ο Προμηθέας και ο Δαίδαλος.

Τέχνη ή τεχνολογία, ουσιαστικά, είναι η διεργασία της διαρκούς ανέλιξης του νοήμονος ανθρώπου. Τα επιτεύγματά του, κάθε φορά που πρωτοεμφανίζονται, έλκουν και ελκύουν τους συγχρόνους τους. Στη συνέχεια, αφού γίνουν κτήμα όλων, παίρνουν τη θέση τους στην εξελικτική κλίμακα του τομέα στον οποίο έχουν καταχωριστεί. Κάπως έτσι, για παράδειγμα, η τέχνη της κεραμεικής έφτασε από τα χειροποίητα νεολιθικά αγγεία στα περίτεχνα ερυθρόμορφα της κλασικής εποχής.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων δεν αποτελεί εξαίρεση, αφού ενσωματώνει όλη την προηγούμενη γνώση της αρχαίας τεχνολογίας. Αποτελεί ένα εκπληκτικό τεχνολογικό επίτευγμα και έχει χαρακτηριστεί ως «ο πρώτος υπολογιστής της ανθρωπότητας». Με αυτή την αφορμή δημιουργήθηκε το παρόν εγχειρίδιο. Εκτός από τον Μηχανισμό, κάθε εύρημα από το ναυάγιο των Αντικυθήρων, από το ίδιο το πλοίο και τον εξοπλισμό του έως το πολύτιμο φορτίο του, -τα μαρμάρινα και χάλκινα αγάλματα, τα γυάλινα σκεύη, τα χρυσά κοσμήματα, το πλήθος των πήλινων αγγείων και τις χάλκινες κλίνες-, προϋποθέτει ωρίμανση, εμπλουτισμό και εξέλιξη παλαιότερων τεχνικών ή/και εξειδικευμένη τεχνογνωσία.

Η παρούσα έκδοση αποτελεί μια επιπλέον προσφορά στο κεφάλαιο «Ναυάγιο των Αντικυθήρων» και εντάσσεται, αναφορικά με την ομώνυμη περιοδική έκθεση, στις δράσεις τόσο του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου όσο και των ειδικών επιστημόνων, που συνεργάστηκαν για την όσο το δυνατό άρτια και επικαιρωμένη ενημέρωση του κοινού.

Ελπίζουμε, ότι μέσα από τις σελίδες του θα φωτιστεί η αθέατη πλευρά αυτών των τεχνουργημάτων αλλά και το εύρος και η καινοτομία της αρχαίας ελληνικής τεχνολογίας, ότι θα εκτιμηθεί η προσφορά της αρχαίας ελληνικής διανόησης στον ευρωπαϊκό και τον παγκόσμιο πολιτισμό.

Ευχαριστούμε θερμά τον ΟΤΕ και την COSMOTE για τη χρηματοδότηση αυτής της έκδοσης, η οποία, σε συνδυασμό με τον επιστημονικό κατάλογο και τον μικρό οδηγό που εκδόθηκαν στο πλαίσιο της έκθεσης, *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων. Το Πλοίο-οι Θησαυροί-ο Μηχανισμός*, πιστεύουμε ότι θα συμβάλλει σημαντικά στην πολλαπλή ανάγνωση των ευρημάτων του Ναυαγίου και του Μηχανισμού των Αντικυθήρων.

ΔΡ. ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΥ
Προϊσταμένη του Τμήματος Δημοσίων Σχέσεων και
Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων του Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου

Εικ. 1. Θραύσματα ερυθρόμορφης κύλικας του Ζωγράφου του Ευεργίδη. Από την Ακρόπολη των Αθηνών. 510-500 π.Χ.
Απεικονίζονται παραστάσεις άσκησης τριών διαφορετικών τεχνών, γλυπτικής, αγγειογραφίας και μεταλλοτεχνίας,
με την παρουσία της θεάς Αθηνάς: Αριστερά δύο γλύπτες ασχολούνται με την κατεργασία γλυπτού αλόγου.
Στο κέντρο της σκηνής ένας αγγειογράφος καθισμένος μπροστά σε κεραμικό τροχό διακοσμεί μια κύλικα.
Δεξιά ο μεταλλοτεχνίτης δίπλα σε καμίνι ασχολείται με τη σφυρηλάτηση μετάλλου,
ενώ δεξιά του διακρίνεται ένα αγόρι να χειρίζεται φυσητήρα. (Αρχείο Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου)

Η κορύφωση της τεχνολογίας κατά τους ελληνιστικούς χρόνους αποτελεί συνέχεια και «ένταση» – και όχι «έκρηξη» της σχετικής εξέλιξης. Τότε ωρίμασε η προγενέστερη τεχνολογία, γονιμοποιήθηκε από την αναπτυσσόμενη Επιστήμη και υπηρέτησε τις προσωπικές φιλοδοξίες των Επιγόνων για επίδειξη πράξεων και έργων επιστημονικού χαρακτήρα, ενώ ανταποκρίθηκε και στο «κοσμοπολίτικο» κλίμα της εποχής.

Μέσα σ' αυτήν την πολύπλευρη άνθηση της τεχνολογίας, ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων δεν ήταν παρά ένα εύλογο επακόλουθο, πολύ δε περισσότερο αφού δεν ήταν το μοναδικό τέχνημα που βασιζόταν στη λειτουργία συνόλων οδοντωτών τροχών.

1. ΟΙ ΚΑΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Είναι γεγονός ότι πέρασε πια η εποχή, κατά την οποία ακουγόταν η βουκολική ρήση «οι αρχαίοι Έλληνες ήσαν 'θεωρητικοί' – δεν είχαν τεχνολογία· οι Ρωμαίοι ανέπτυξαν την τεχνολογία». Οι ίδιοι οι Ρωμαίοι όμως άλλα έλεγαν: Ο μεγαλύτερος τεχνικός λατίνος συγγραφέας, ο Βιτρούβιος, στο κλασικό βιβλίο του *De Architectura* αναφέρεται συνεχώς στην αρχαιοελληνική τεχνολογία. Περισσότεροι από εκατό Έλληνες μηχανικοί, αρχιτέκτονες, επιστήμονες, φιλόσοφοι και καλλιτέχνες παρελαύνουν στις σελίδες των δέκα βιβλίων του. Επιπλέον, αυτός ο διακεκριμένος μηχανικός χρησιμοποιεί πολλές δεκάδες κατ' εξοχήν ελληνικούς τεχνικούς όρους – γεγονός που απαντάει από μόνο του στο ερώτημα «ποιός ανέπτυξε και ποιός δανείσθηκε τεχνολογία».

Σήμερα πάντως, η θέση της διεθνούς βιβλιογραφίας είναι σαφέστατη: Οι Έλληνες ήσαν μανιώδεις τεχνικοί. Θα αρκούσε ίσως εδώ εμείς να θυμίσουμε και το θεμελιώδες δεδομένο ότι οι Έλληνες θεωρούσαν την τεχνολογία εφεύρεση των θεών: (εικ. 1) α) με την παρουσία των τεχνουργών Κυκλώπων στην θεία τριάδα «Τιτάνες, Κύκλωπες, Εκατόγχειρες» (Πνεύμα, Τέχνη, Φύσις), β) με

Εικ. 2. Χάλκινο νόμισμα με απεικόνιση του Ηφαίστου. Τέλη 3ου αι. π.Χ. Μάλαγα Ισπανίας. Νομισματική Συλλογή Alpha Bank 10783. (Ευγενική παραχώρηση Alpha Bank).

την τεχνική ιδιότητα ενός των δώδεκα ολυμπίων θεών, του Ηφαίστου, (εικ. 2) και γ) με τον εξελιγμένο προμηθεϊκό μύθο (Πλάτων *Πρωταγόρας*, 321c), στον οποίον η θεότητα αποφασίζει να σώσει το ανθρώπινο γένος δωρίζοντάς του την «έντεχνον σοφίαν», που προερχόταν από την Αθηνά (εικ. 1).

Ένας λαός, ο οποίος συνδέει τόσο πολύ την τεχνολογία με τη θρησκεία του, είναι λαός μηχανικών.

Η αρχαιοελληνική τεχνολογία αναπτύχθηκε συνεχώς από τα μέσα της 2ης π.Χ. χιλιετίας έως τα μέσα του 4ου αι. π.Χ.· Γνώρισε, όμως, μια χαρακτηριστική έξαρση κατά την ελληνιστική περίοδο. Αυτή είναι το ειδικότερο αντικείμενο αυτού εδώ του εγχειριδίου.

Εικ. 3. Σχέδιο αποκατάστασης του φράγματος και της τεχνητής λίμνης των Μυκηνών. Από Knauss J., *Υστεροελλαδικά Υδραυλικά Έργα. Έρευνες για την Υποδομή Υδραυλικών Έργων Διαχείρισης Υδάτων κατά τη Μυκηναϊκή Περίοδο*, Αθήνα 2002, 66 εικ.11 (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

Η έξαρση αυτή καθ' εαυτή παρουσιάζει μέγιστο ενδιαφέρον για την παγκόσμια ιστορία, αφού οι Άραβες και οι Βυζαντινοί θα την αντιγράψουν, θα την συνεχίσουν και θα την φέρουν στην ευρωπαϊκή Δύση. Το ειδικότερο όμως ενδιαφέρον αυτής της τεχνολογικής άνθησης κατά την ελληνιστική εποχή σχετίζεται με την προέλευση του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, ο οποίος έτσι δεν μπορεί πια να θεωρείται ως ένα «απίστευτο» επίτευγμα, αλλά ως ένα εύλογο επακόλουθο της ελληνιστικής τεχνολογίας.

2. Η ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗ ΑΡΧΑΙΟΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Η αρχαία ελληνική τεχνολογία είχε αναπτυχθεί ήδη από την εμφάνιση των πρώτων ελληνικών φύλων στην (προ)ιστορία, και συνεχίσθηκε μέχρι τους κλασικούς χρόνους σε τέτοιο βαθμό, ώστε ό,τι ακολούθησε μετά από τον Μέγα Αλέξανδρο ήταν μια επιτάχυνση και μια επέκταση, και όχι μια έκρηξη.

Οι «Μυκηναίοι» – ένας λαός εμπόρων (που αρμένιζαν στη Μεσόγειο από την Παλαιστίνη μέχρι τη Σαρδηνία)- προέβησαν σε τεράστια ανάπτυξη εγγειοβελτιωτικών έργων προκειμένου να αξιοποιήσουν και τις λίγες αγροτικές δυνατότητες των καλλιεργήσιμων εδαφών της πατρίδας τους. Κατασκεύασαν φράγματα (εικ. 3) και εξέτρεψαν την κοίτη ποταμών, όπως για παράδειγμα ο μακρύς τοίχος εκτροπής του Κλαδέου (παραποτάμου του Αλφειού) στην Ολυμπία, το γεώφραγμα για την εκτροπή του Τίρυνθος ποταμού (ο οποίος διάβρωνε επικινδύνως τα τείχη της Τίρυνθος), έργα τα οποία σώζονται μέχρι σήμερα. Αποξήραναν πλημμυρισμένες γαίες, με σημαντικότερη την πρώτη πλήρη αποξήρανση της Κωπαΐδας (π. 1300 π.Χ.).

Στον τομέα της οικοδομικής η ανθρωπότητα θα χρειαζόταν ακόμη 1.500 χρόνια για να κατασκευάσει εκ νέου θόλο ανοίγματος 15 μέτρων, όπως οι μεγάλοι θολωτοί τάφοι των Μυκηνών.

Η μεταλλοτεχνία των Μυκηναίων ήταν εξαιρετικά ανεπτυγμένη, όπως φαίνεται από τις σωζόμενες πανοπλίες και τα ξίφη τους και από την κοσμηματοποιία τους (προϊόντα συστηματικώς εξαγόμενα).

Η τεχνολογία τους, όμως, φαίνεται ότι κορυφωνόταν στη ναυπηγική: η περίφημη πεντηκόντορός τους (πλοίο εμπορικό και πολεμικό μαζί) είναι συνισταμένη πλείστων τεχνολογιών.

Οι λεγόμενοι «σκοτεινοί» αιώνες που ακολούθησαν, φαίνεται, ωστόσο, ότι διατήρησαν την προγενέστερη ελληνική τεχνολογία. Δύο καίρια παραδείγματα αρκούν: τα εκτεταμένα προφορικά ομηρικά έπη αποτυπώνουν το πάθος των Ελλήνων για τους τεχνικούς Αυτοματισμούς (α) στο επίπεδο των θεών (αυτομάτως κινούμενοι τρίποδες, ρομπότ νεάνιδες από μέταλλα κ.ά.), και (β) στο επίπεδο των μυθικών Φαιάκων, των οποίων τα πλοία, χωρίς πλήρωμα, οδηγούσαν τον επιβάτη στο προορισμό «που είχε στο μυαλό του». Κατα τον 8ο αι. π.Χ., βγαίνοντας από τους «σκοτεινούς» αιώνες, οι Έλληνες βρέθηκαν παραδόξως πάνοπλοι τεχνολογικώς: οι Χαλκιδείς και οι Κυμαίοι που φεύγουν από την Εύβοια για να ιδρύσουν την ιταλιώτιδα Κύμη, εμφανίζονται να κατέχουν τις ακόλουθες τεχνικές γνώσεις υψηλού επιπέδου: ναυπηγούν μεγάλα πλοία ικανά να διανύσουν αποστάσεις μερικών χιλιάδων χιλιομέτρων, αποξηραίνουν τα έλη της νέας Κύμης, χτίζουν ναούς περίλαμπρους, ενώ είχαν προηγηθεί στις Πιθηκούσσες (σημερινή Ίσκια), όπου οργάνωσαν μια άκρως εξειδικευμένη μεταλλοτεχνική-κοσμηματοποιητική βιοτεχνία.

Με τέτοια δεδομένα είναι δυνατό να υποστηριχθεί, ότι η μυκηναϊκή τεχνολογία συνεχιζόταν, σε αντίθεση με άλλες δραστηριότητες στενότερα συνδεδεμένες με το διαλυθέν ανακτορικό σύστημα.

Η πολιτιστική άνθηση του 6ου αι. π.Χ. συνδέεται από μερικούς ερευνητές με τη γέννηση της επιστήμης στην Ιωνία και, μάλιστα, με την μητέρα των επιστημών, τη Γεωμετρία: έτσι εξηγείται η χάραξη της μεγάλης εκτροπής του Άλιος ποταμού από τον Θαλή, και η εκπλήσσουσα γεωμετρική ακρίβεια της διμέτωπης διάνοιξης της σήραγγας της Σάμου από τον Ευπαλίνο. Τέτοιος ήταν ο θαυμασμός των Ελλήνων γι' αυτά τα τεχνικά επιτεύγματα, ώστε εκτός απ' τους επαίνους του Ηροδότου (I, 70 και III, 60), ο ίδιος ο Πλάτων (*Πολιτεία* 600, α) θα χαρακτηρίσει τον Θαλή *«ἄνδρα σοφόν»* –όχι για τη συμβολή του στα

Μαθηματικά αλλά για *«τὰ ἔργα [ἔνθα] πολλαὶ ἐπίνοιαι καὶ εὐμήχανοι εἰς τέχνας [πράξεις]»*.

Χάριν συντομίας, είναι εδώ σκόπιμο να αναφερθούμε στη συνισταμένη των τεχνολογιών, τη ναυπηγική: Η ελληνική τριήρης (έργο, κυρίως, Κορινθίων μηχανικών, Θουκυδίδης, Α΄ 13) κυριάρχησε στη Μεσόγειο και απετέλεσε αντικείμενο «παραγγελιών» μαζικής ναυπήγησης, όπως λ.χ. στη Σάμο για λογαριασμό του Φαραώ Άμασι. Εξ άλλου, δεν υπήρχε ελληνική πόλις χωρίς εκτεταμένο υδραγωγείο (7,5 χλμ. το Πεισιστράτειο στην Αθήνα), ενώ η μοναδική για την κλίμακά της στην αρχαιότητα μεταλλευτική/μεταλλουργική εκμετάλλευση στην Λαυρεωτική στηριζόταν σε μεγάλο πλήθος τεχνολογικών καινοτομιών.

Η οινοπνευματική παραγωγή μεταλλικών προϊόντων στην Αθήνα (ιδιοκτησίας π.χ. του πατέρα του Δημοσθένους, και του πατέρα του Λυσίου) δείχνει και την οικονομοτεχνική σημασία της τεχνολογικής ανάπτυξης κατά τους κλασικούς χρόνους.

Δεν είναι λοιπόν τυχαίο που ένας «ιδεαλιστής» φιλόσοφος, όπως ο Πλάτων, εκφράζεται με σεβασμό για τους τεχνίτες («δημιουργοὺς» τους ονομάζει), αναφερόμενος στη σύλληψη, στη σύνθεση και στην αρμονία των έργων τους (*Γοργίας*, 503Ε, 504Α). Ο Αριστοτέλης στήριξε μια πολιτική ουτοπία στην μελλοντική τεχνολογία, όταν οραματίσθηκε αυτόματες και ρομποτικές μηχανές που θα καταργούσαν τη δουλεία (*Πολιτικά*, 1253.6, 35). Αυτά τα δεδομένα δεν υποστηρίζουν την επικρατούσα αντίληψη ότι κατά την κλασική περίοδο παρατηρήθηκε μια στασιμότητα της τεχνολογίας λόγω «μετατόπισης των ενδιαφερόντων των πολιτών».

3. Η ΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Κάπως έτσι η ιστορία εισέρχεται στη φάση κορύφωσης της αρχαιοελληνικής τεχνολογίας, ως συνέχειας των προηγουμένων καινοτομιών. Υπηρετείται εμβληματικώς από τους Έλληνες μηχανικούς που στελεχώνουν την πανστρατιά του Αλεξάνδρου (σηραγγολόγος, πολεοδόμος, υδραυλικός κ.λπ.)

Αυτό είναι ένα πρώτο δείγμα του θετικότατου ρόλου που επρόκειτο να παίξει στο χώρο της τεχνολογίας η μεγέθυνση της κλίμακας των δημοσίων πραγμάτων (των στρατιωτικών στο προηγούμενο παράδειγμα).

Τα κύρια τεχνολογικά επιτεύγματα αυτής της περιόδου, προτού αποπειραθούμε να αιτιολογήσουμε την μεγάλη έξαρση της τεχνολογίας από τα τέλη του 4ου αι. π.Χ., μέχρι και τον 1ο αι. μ.Χ., έχουν ως εξής:

3.1. Συνοπτική περιγραφή τεχνολογικών επιτευγμάτων

α) Τεχνικά έργα

Εξειδίκευση μεγάλων αποξηραντικών έργων, όπως για παράδειγμα εκείνου της λίμνης των Πτεχών (Εύβοια), η πρώτη στην Ιστορία εργολαβία με το κεφαλαιοκρατικό σύστημα B.O.T (Build-Operate-Transfer). Οι Πτολεμαίοι, επίσης, αποξήραναν μέγα μέρος της λίμνης Μαρεώτιδος για να αναπτυχθεί η Αλεξάνδρεια.

Θολωτή τρίκεντρος γέφυρα στη Ρόδο (π. 316 π.Χ.) και η εκφορική γέφυρα στην Ελεύθερνα (μέσα 4ου αι. π.Χ.), πριν από τη ρωμαϊκή ανάπτυξη της θολοδομίας.

Ο «Φάρος», πύργος ύψους έως 120 μέτρα, στην Αλεξάνδρεια, με εσωτερική πιθανότατα εγκατάσταση για την μηχανική ανύψωση των τεράστιων ποσοτήτων καύσιμης ύλης.

Τα τέσσερα υδραγωγεία της Περγάμου που έφερναν στην πόλη 2.000 κυβικά μέτρα νερό ημερησίως –μέσω τριπλών αγωγών και σιφώνων πιέσεως 15 ατμοσφαιρών.

β) Ναυπηγική

Το χαρακτηριστικότατο παράδειγμα του γιγαντιαίου πλοίου «Συρακουσία» με τεράστια χωρητικότητα, το οποίο ο Ιέρων έστειλε ως δώρο στον Πτολεμαίο Γ΄.

γ) Στρατιωτική τεχνολογία

«Ἑλέπολις», ο πολυώροφος, πάνοπλος, θωρακισμένος κινητός πολιορκητικός πύργος (ύψους 40,0 και 60,0 μέτρων, Διόδωρος Σικελιώτης 20, 91), με την γνωστή του χρήση από τον Διονύσιο τον Πρεσβύτερο στις Συρακούσες και από τον Δημήτριο τον Πολιορκητή.

Εφεύρεση των καταπελτών με ελατήριο και πεπιεσμένο αέρα (Κτησίβιος, 285-222 π.Χ.) και η θεωρητική και πειραματική έρευνα του Φίλωνος του Βυζαντίου (π. 250 π.Χ.) επί των καταπελτών με στρεπτό ελατήριο.

δ) Μηχανολογία

Αντλίες: η δίχρονη εμβολοφόρος του Κτησιβίου (εικ. 4), το «τύμπανον» και η «ἀλυσσωτή» του Φίλωνος του Βυζαντίου (στον οποίον οφείλεται και η πρώτη υδροκίνητη αλυσσωτή αντλία), καθώς και η ελικοειδής αρχιμήδεια αντλία.

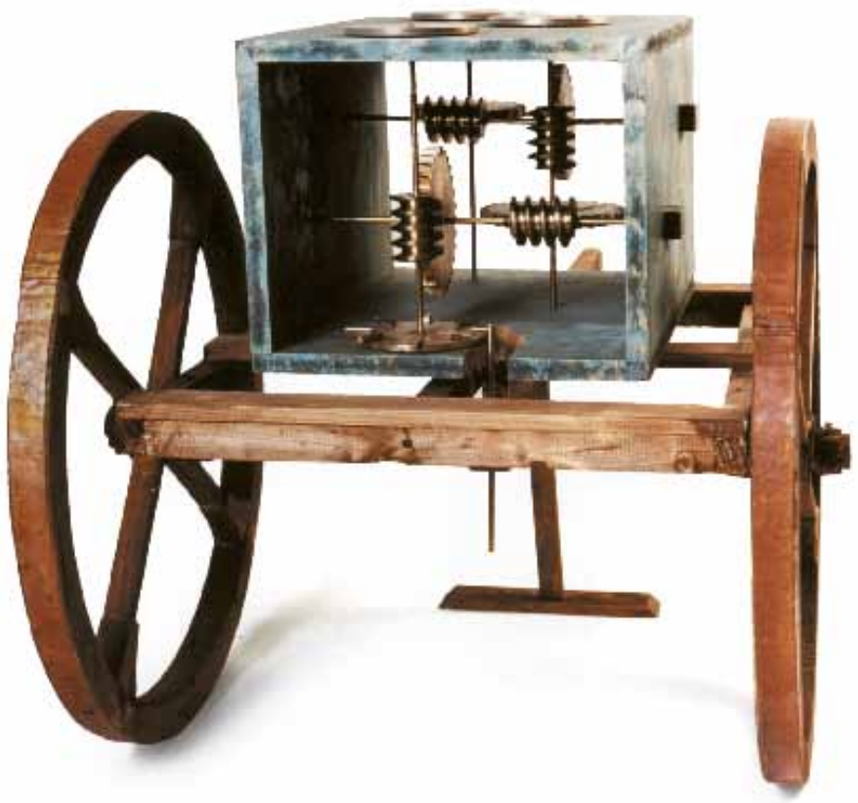
Οι τεράστιοι γερανοί, με τους οποίους ο Αρχιμήδης (287-212 π.Χ.) πίσω από τα τείχη των Συρακουσών, άρπαζε τους γιγαντιαίους πλωτούς πολιορκητικούς πύργους των Ρωμαίων και τους κατέστρεφε (Πλούταρχος, *Μάρκελλος* 25).

Αυτοματοποιητική: το όνειρο των Ελλήνων έγινε πραγματικότητα – δέν είχαν μόνον οι θεοί αυτόματα. Ο Φίλων ο Βυζάντιος και ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς (π. 1ος αι. μ.Χ.) έγραψαν συγγράμματα «Αὐτοματοποιητικῆς», ενώ ο Αθήναιος (5.198f) περιγράφει πώς το τεσσάρων μέτρων άγαλμα της Νύσας (270 π.Χ.) σηκωνόταν, έσπενδε και ξανακαθόταν, πιθανότατα μέσω ενός εκκέντρου και δύο οδοντωτών τροχών.

Οδοντωτοί τροχοί: την ίδια περίπου εποχή, ο Αριστοτέλης (*Μηχανικά*, 848a) αναφέρεται στη μετάδοση κινήσεως μέσω εφαπτομένων κυκλικών τροχών και στις εφαρμογές της. Λίγο αργότερα, ο Κτησίβιος στο υδραυλικό του ρολόι, θα χρησιμοποιήσει οδοντωτούς τροχούς, ενώ και οι αντλίες του Φίλωνος φαίνεται ότι έχουν ανάλογη χρήση, όπως και τα οδόμετρα αργότερα.

Ατμοκίνηση: η αιολοπίλη του Ήρωνος περιστρεφόταν μέσω ατμού. Και δεν υπάρχει μεν ένδειξη πρακτικής εφαρμογής, αλλά ήδη από την υδροκίνητη

Εικ. 4. Η αντλία του Κτησιβίου. Συλλογή ΕΜΑΕΤ. Κατασκευή Δ. Κριάρης. (Ευγενική παραχώρηση ΕΜΑΕΤ).



Εικ. 5. Οδόμετρο Ήρωνος. Συλλογή ΕΜΑΕΤ. Κατασκευή Δ. Κριάρης. (Ευγενική παραχώρηση ΕΜΑΕΤ).

αντλία του Φίλωνος ήταν γνωστή η μετάδοση κίνησης από έναν άξονα σε άλλον μέσω κλειστής αλυσίδας. Επομένως, ήταν θέμα ευλόγου χρόνου και η περιστροφή, με τη βοήθεια ατμού, να μεταδοθεί μέσω αλυσίδας σε μια αντλία. Ο ίδιος ο Ήρων (*Πνευματικά* 43) είχε ήδη σχεδιάσει την μετάδοση της περιστροφής μιας ανεμοφτερωτής προς μια δίχρονη αντλία Κτησιβίου.

ε) Γεωργία: ενδεικτικώς αναφέρεται το κοχλιωτό πιεστήριο ελαιοτριβείου, εφεύρεση του Ήρωνος.

στ) Μεταλλοτεχνία

Όλες οι μεταλλουργικές τεχνολογίες είχαν ήδη φθάσει σε μια κορύφωση πρίν από τον 4ο αι. π.Χ. Η μεταλλοτεχνία είχε λοιπόν στη διάθεσή της ποικίλα κράματα για διάφορες εφαρμογές, από την αγαλματοποιία ως την οπλουργία, και από την κατασκευή περίτεχνων οικιακών σκευών έως τους οδοντωτούς τροχούς. Χύτευση ή σφυρηλάτηση ελασμάτων ήσαν οι βασικές τεχνικές αλλά χρησιμοποιήθηκε και ο τόρνος μετάλλων.

ζ) Χημεία

Μετά τις βασικές αρχές μεταστοιχειώσεως, που είχαν ήδη εισαχθεί από τους προσωκρατικούς και τους Στωικούς, η εμπειρική χημεία επεξεργασίας μετάλλων, πολυτίμων λίθων και βαφών παντός είδους (μέσω μιας τεράστιας ποικιλίας αντιδραστηρίων) εγκαινιάζεται με τον Βώλο από τη Μέντιδα (π. 200 π.Χ.) και κορυφώνεται στην Αλεξάνδρεια, από τον 1ο αι. π.Χ. έως τον 4ο αι. μ.Χ.

η) Επιστημονικά όργανα

Φαίνεται ότι δεν είναι ακριβής η άποψη ότι «ήταν σχεδόν εξ ολοκλήρου άγνωστη η αντίληψη μιας τεχνολογίας στην υπηρεσία της Επιστήμης στον αρχαίο κόσμο». Δεν περιμέναμε βέβαια ένα αρχαιοελληνικό δοκίμιο που να περιγράφει την «πρόθεση» της τεχνολογίας να εξυπηρετήσει την Επιστήμη. Διαθέτουμε όμως τα γεγονότα της παραγωγής τεχνημάτων χρήσιμων και για επιστημονικές μετρήσεις.

- Μέτρηση χρόνου: «Υδρεία, ωροσκοπεία», (Κτησίβιος, Αρχιμήδης).
- Οδόμετρον (όπως τα μέχρι χθες ταξίμετρα): Βιτρούβιος, Ήρων (εικ. 5).
- Αστρολάβοι παντοειδείς.
- Ζυγοί ακριβείας (Αριστοτέλης, *Μηχανικά*).
- Τοπογραφικά όργανα, όπως χωροβάτης, διόπτρα κ.ά.
- Ιατρικά όργανα: εγχειρητικά και ορθοπεδικά (Ανδρέας, Νυμφόδωρος, κ.ά.), καθώς και το ειδικό σφυγμόμετρο του Ηροφίλου στην Αλεξάνδρεια (π. 300 π.Χ.).

- «Σφαιροποιία»: απλά παραστατικά ομοιώματα του ουρανού με ακίνητα ουράνια σώματα (Κικέρων, *De Re Publica*, 14.22) ή λειτουργικά ομοιώματα, όπως το κατά Κικέρωνα δεύτερο Πλανητάριο του Αρχιμήδους και ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί η θέση και η άποψη του Η. Von Staden: «Είναι καταπληκτικές οι ομοιότητες μεταξύ του μοντέλου της καρδιάς που πρότεινε ο Ερασίστρατος και της νέας Αλεξανδρινής μηχανικής τεχνολογίας» (αναφορά στους δύο θαλάμους και στις βαλβίδες της αντλίας του Κτησιβίου).

θ) Τεχνήματα για τον Πολιτισμό

Καθώς η τεχνολογία υπηρετεί κάθε είδους ανάγκη που δεν μπορεί να ικανοποιηθεί με φυσικά μέσα, εύλογο ήταν (ιδίως κατά την ελληνιστική εποχή) να υπηρετήσει και τις ανάγκες των ανθρώπων στην Επικοινωνία και τον Πολιτισμό γενικότερα. Προξενεί δε εντύπωση πώς σε ένα σημαντικό μέρος της σύγχρονης διεθνούς βιβλιογραφίας, αυτές οι θαυμαστές τεχνικές εφευρέσεις υποτιμώνται με ιδεολογικούς χαρακτηρισμούς όπως «διασκεδαστικές επινοήσεις», ενώ πρόκειται για εξαιρετικά τεχνολογικά επιτεύγματα, ακόμη και με τις σημερινές γνώσεις.

Ενδεικτικώς αναφέρονται:

- Αθλητισμός: η Ὕσπληξ, το όργανο το οποίο μέσω στρεπτού ελατηρίου επιτρέπει τη σύγχρονη εκκίνηση των δρομέων στα στάδια (εικ. 6).
- Μουσική: η Ὕδραυλις του Κτησιβίου, το μουσικό όργανο που λειτουργούσε με πεπιεσμένο αέρα οδηγούμενο μέσω πλήκτρων σε κατάλληλους αυλούς.
- Θέατρο: το επτά λεπτών διαρκείας αυτόματο θέατρο του Φίλωνος και του Ήρωνος («Ὁ μῦθος τοῦ Ναυπλίου»), που λειτουργεί χωρίς καμμία εξωτερική παρέμβαση, χάρις σε μια εξόχως περίπλοκη εσωτερική περιέλιξη λεπτού σχοινιού, μήκους περίπου εκατό μέτρων (Ήρων, *Αυτοματοποιητική* 20, 1).

Εικ. 6. Ύσπληξ. Μελέτη Κατασκευή. Π. Βαλαβάνης. Ανασκαφές Πανεπιστημίου Berkeley στην Νεμέα (Διευθυντής S. Miller). Από κατάλογο έκθεσης *Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία*, Αθήνα 2002, 78.

Εικ. 7. Μηχανισμός αυτόματου ανοίγματος θυρών ναού. Συλλογή ΕΜΑΕΤ. Κατασκευή Δ. Καλογερόπουλος. (Ευγενική παραχώρηση ΕΜΑΕΤ).

- Επικοινωνίες: ο υδραυλικός Τηλέγραφος του Αινείου του Τακτικού (Φίλων, *Σύνταξις Μηχανικής* V), και η ψηφιακής συλλήψεως Πυρσεία των Κλεομένους και Δημοκλείτου (Πολύβιος, *Ιστορία* X, 43-47).
- Θρησκεία: αυτόματο άνοιγμα των πυλών ναού, μόλις ο πιστός ανάψει φλόγα στον εξωτερικό βωμό, (Ήρων, *Πνευματικά*, Α, 38). Αποτελεί μια εφαρμογή της διαστολής θερμαινόμενου αέρα (εικ. 7).

Παρά την άκρα συντομία της παράθεσης αρκετών τεχνολογικών επιτευγμάτων της Ελληνιστικής περιόδου, είναι προφανές ότι πρόκειται για ένα εξόχως χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιόδου και για το πλήθος των τεχνημάτων αλλά, κυρίως, για το εύρος των τομέων που εξυπηρετούνται.

3.2. Οικονομία και Τεχνολογία στον Ελληνιστικό Κόσμο

«Οικονομία, επιστήμη με την οποία οι άνθρωποι μπορούν να αυξάνουν ό,τι στον καθένα είναι ωφέλιμο»

Ξενοφών, *Οικονομικός*, 6, 4-5

Όταν ο Φιλώτας, εφευρέτης μιας αντλίας νερού στην Αλεξάνδρεια (2ος αι. π.Χ.) προτείνει στις αρχές την «υιοθέτηση» του μηχανήματος, ενεργεί με πνεύμα οικονομοτεχνικό. Η μισθωτή εργασία πολιτών (ή και δούλων ενίοτε) στην αρχαία Ελλάδα, ένα από τα χαρακτηριστικά της σύγχρονης οικονομικής αντίληψης, παρατηρείται περισσότερο στα τεχνικά επαγγέλματα που απαιτούν ειδίκευση. Στις οικίες της ηγέτιδας τάξης στην Αλεξάνδρεια, φαίνεται ότι το προσωπικό πληρωνόταν σε μετρητά. Ο Πλίνιος αναφέρει δύο ελληνικά δοκίμια περί μελισσοκομίας, του Αριστομάχου και του Φιλίστου, ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εκτεταμένες δανειοδοτικές πράξεις στην ακμάζουσα Ρόδο. Αντιθέτως προς την πρακτική της κλασικής περιόδου, τώρα δημοσιοποιούνται τα ονόματα των μεγάλων στρατιωτικών μηχανικών: Πολύειδος, Διάδης, Χαρίας, Επίμαχος, Ηγήτωρ, Διάγνητος, Καλλίας κ.λπ., πολλοί των οποίων ήσαν και συγγραφείς (χαμένων σήμερα) συγγραμμάτων.

Είναι δε χαρακτηριστικό το οικονομικό σκέλος του επαγγέλματός τους: Ο Διόδωρος (14.41.3) γράφει για τον Διονύσιο τον Πρεσβύτερο ότι προσείλκυε μηχανικούς «μεγάλοις μισθοῖς προτρεπόμενος». Υποστηρίζεται από ορισμένους ερευνητές ότι ο Πτολεμαίος Γ΄, προκειμένου να ανακόψει την ανάπτυξη της Βιβλιοθήκης της Περγάμου, απαγόρευσε την εξαγωγή παπύρου από την Αίγυπτο και συνετέλεσε έτσι -άθελά του- στην ανάπτυξη της τεχνολογίας της περγαμηνής στην Πέργαμο. Παρατηρείται εξ άλλου και μια μαζικότερη οργάνωση εργαστηρίων κεραμουργίας (για παράδειγμα οι πέντε συγκεντρωμένοι κλίβανοι στην Εύια της Μακεδονίας, Πολύμυλος).

Τα λίγα αυτά παραδείγματα τεχνικών δραστηριοτήτων με εξειδικευμένο οικονομικό στόχο, πρέπει να συνδεθούν και με την ευρύτερη οικονομική σημασία του εκτεταμένου (στον οιονεί ενοποιημένο ελληνιστικό κόσμο) εμπορίου προϊόντων, που προϋπέθεταν τις δικές τους τεχνολογίες. Εδώ μάλιστα, το εμπόριο στο βασίλειο των Σελευκιδών πρέπει να μνημονευθεί ιδιαιτέρως. Παρά ταύτα, δεν υποστηρίζεται ότι η οικονομία κατά την ελληνιστική περίοδο είχε αποκτήσει τα χαρακτηριστικά της σημερινής οικονομίας.

4. ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΟΡΥΦΩΣΗΣ

Πού άραγε μπορεί να αποδοθεί αυτή η άνθηση της ελληνικής τεχνολογίας κατά την ελληνιστική περίοδο; Απάντηση σ' αυτό το ερώτημα, μόνον μέσω εύλογων πιθανολογήσεων μπορεί να προταθεί.

4.1. Η εύλογη ωρίμανση

Υποστηρίχθηκε, ότι η ελληνιστική τεχνολογία συνιστά «μια επιτάχυνση και μια επέκταση» του αρχαιοελληνικού τεχνικού φαινομένου, «και όχι μια έκρηξη». Παρουσιάστηκε δε η συνέχεια των σχετικών φαινομένων.

Ήταν εύλογη η εξέλιξη και η ωρίμανση της αρχαιοελληνικής τεχνολογίας, όσο περνούσαν οι αιώνες, με την προϋπόθεση, βεβαίως, ότι οι περιρρέουσες συνθήκες θα επέτρεπαν αυτήν τη συνεχή ωρίμανση.

Ας σημειωθεί ένα ακόμη στοιχείο αυτής της συνέχειας: πλήθος επιστημόνων και μηχανικών κινήθηκαν από την Ελλάδα προς την Αλεξάνδρεια και την Πέργαμο, μεταφέροντας ενίοτε και βιβλιοθήκες ολόκληρες. Αυτή είναι, λοιπόν, ζωντανή διπλή σύνδεση του παλαιού με το νέο.

4.2. Η γονιμοποίηση από την Επιστήμη

Μια πρώτη θετική επιρροή της νεογέννητης ελληνικής επιστήμης στην τεχνολογία παρατηρήθηκε ήδη από τον 6ο αι. π.Χ. Το μεγάλο δυναμικό αυτής της γονιμοποίησης της τεχνολογίας από την επιστήμη διατύπωσε κρυστάλλινα και ο ίδιος ο Πλάτων: *«Οἷαν πασῶν τεχνῶν ἄν τις ἀριθμητικὴν χωρίζῃ καὶ μετρητικὴν καὶ στατικήν, φαῦλον τὸ καταλειπόμενον ἑκάστης ἂν γίγνοιτο»* (*Φίληβος*, 55Ε).

Ο δε οξυδερκέστερος Βιτρούβιος, μετά από τρεις αιώνες, θα διαπιστώσει τον ευτυχή υμέναιο της ελληνικής επιστήμης με την τεχνολογία, όταν θα γράψει (1, 1.17-26) ότι: «*Ο Αρίσταρχος, ο Φιλόλαος, ο Αρχύτας, ο Απολλώνιος, ο Ερατοσθένης, ο Αρχιμήδης και ο Σκοπίνας κληροδότησαν στις επόμενες γενεές πολλές μηχανές, οι οποίες επινοήθηκαν και κατασκευάσθηκαν με βάση τους αριθμούς και τους φυσικούς νόμους*», δηλαδή με βάση την επιστήμη.

Εδώ ακριβώς έχει τη θέση του και ο παραγωγικός ρόλος των μεγάλων βιβλιοθηκών της Αλεξάνδρειας, της Περγάμου και της Αντιοχείας: Η γνώση τώρα αξιοποιείται «σωρευτικότερα», έστω και αν θα ήταν ακριβής η (αναχρονιστικώς απαιτητική) παρατήρηση της T.E. Rhill «μα δέν ήσαν βιβλιοθήκες ανοιχτές για το κοινό».

Ας σημειωθεί μάλιστα ότι η ίδια συγγραφεύς θαυμάζει την Αλεξάνδρεια, η οποία «απέδειξε τη φήμη της ως κέντρο των σπουδών (επιστήμης και τεχνολογίας), όπου συνέρρεαν διαδοχικές γενεές σπουδαστών».

Ένα τέτοιο ευρύτερα μορφωτικό κλίμα, καθιστά τις ελληνιστικές μεγαλουπόλεις θερμοκήπια επιστημοτεχνικής ανάπτυξης, για τα δεδομένα της εποχής, φυσικά. Στο παραπάνω πλαίσιο είναι δυνατό να συσχετιστούν όσα έγραψε ο Στράτων ο Λαμψακηνός περί της ελαστικότητας των αερίων, με τις εφευρέσεις του αερότονου καταπέλτη του Κτησιβίου και της αιολοπίλης του Ήρωνος. Ενώ η αριθμητικοποίηση της Μουσικής (απ' τον Αρχύτα κυρίως), καθιστούσε απλή γεωμετρική εφαρμογή την κατασκευή εγχόρδων μουσικών οργάνων, όπως άλλωστε και η γνώση της αρχιμήδειας σπείρας καθιστούσε απλούστατη την κατασκευή της φερώνυμης ελικοειδούς αντλίας. Ανάλογη εξάλλου είναι και η σύλληψη του ελικοειδούς πλυντηρίου μεταλλεύματος στο Λαύριο.

Ο Φίλων ο Βυζάντιος θα προτείνει αλγεβρικό τύπο (πειραματικής προέλευσης) για τον προσδιορισμό της διαμέτρου του στρεπτού «σχοινίου» του καταπέλτη, όταν είναι γνωστό το βάρος του προς εκτόξευση βλήματος.

Παρά την αναπόφευκτη αποσπασματικότητά τους, τα δεδομένα αυτά υποδεικνύουν ότι η ελληνιστική τεχνολογία αρδεύτηκε σε αρκετό βαθμό από την επιστήμη, η οποία καλλιεργείτο συστηματικά στο Μουσεῖον της Αλεξάνδρειας.

4.3. Ο ευεργετισμός των Ελλήνων βασιλέων

Με τους Επιγόνους παρατηρείται μια εντυπωσιακή στροφή στους τρόπους απόκτησης κύρους των βασιλέων: Όλοι υποστηρίζουν με εμμονή την ανάπτυξη των Γραμμάτων, της Επιστήμης και της Τεχνολογίας. Όλοι καθιδρύουν μεγάλες Βιβλιοθήκες. Όλοι περιστοιχίζονται από επιστήμονες.

Οι Πτολεμαίοι, ιδίως, θεωρούν ότι αποκτούν φήμη μέσω νέων επιστημονικών και τεχνικών δράσεων: Με βασιλική εντολή ζητείται από τον Ερατοσθένη να καταμετρήσει τόξο μεσημβρινού της Γής (το περίφημο πείραμα της Συήνης). Ο Φίλων (*Βελοποιικά* 50.24-6) σημειώνει ότι οι τεχνικοί στην Αλεξάνδρεια διέθεταν πλούσια μέσα, επειδή οι βασιλείς τους αγαπούσαν τη δόξα και την τεχνολογία. Και μόνη η κατασκευή του Φάρου της Αλεξάνδρειας προϋπέθετε την επίλυση πλήθους επιστημονικών προβλημάτων, πολυετή έρευνα και συνεχή χρηματοδότηση. Ο δε κατασκευαστής του, Σώστρατος ο Κνίδιος, θα αναγράψει και το όνομα του βασιλέως στη βάση του γιγαντιαίου έργου. Πρωτοβουλία και συνεχή χρηματοδότηση βασιλική προϋπέθεταν η *Βιβλιοθήκη* και το Μουσεῖον. Όταν κατα τη ρωμαϊκή εποχή, η μεν Βιβλιοθήκη θα έχει σχεδόν καταστραφεί (Ι. Καίσαρ, 47 π.Χ., Αυρηλιανός 270 μ.Χ., πυρκαγιά Σεραπείου 391 μ.Χ. – πριν από τον Ομάρ 641 μ.Χ.), ενώ το Μουσείον θα έχει καταργηθεί, ο παραγωγικός υμέναιος Επιστήμης- Τεχνολογίας θα γίνει δυσδιάκριτος.

4.4. Η Κοσμόπολις

Γίνεται δεκτό ότι η μικρή κλίμακα των ελληνικών πόλεων-κρατών πριν από τον Μέγα Αλέξανδρο δεν ήταν τόσο ευνοϊκή για τη συγκέντρωση επιστημόνων και κεφαλαίων καθώς και για την ανεμπόδιστη κυκλοφορία των αγαθών δια μέσου των συνόρων. Τώρα, στον ελληνιστικό κόσμο, και κατά μεγάλα χρονικά διαστήματα, παρατηρείται αναίρεση, ενός μέρους έστω, των προαναφερθέντων εμποδίων, σ' έναν τεράστιο γεωγραφικό χώρο, με μια αναγνωρισμένη κοινή γλώσσα και με μια (λίγο ως πολύ) κοινή νοοτροπία και βιοτροπία των κυρίαρχων τάξεων. Πολύ περισσότερο αυτήν την εποχή, πολλοί άνθρωποι μέσα στην νέα ατμόσφαιρα της pax hellenica, φαίνεται να ενδιαφέρονται για τα «εδώ-και-τώρα» ζητήματα του βίου. Ακόμη κι οι επιστήμονες/μηχανικοί συγγραφείς της εποχής δεν ήσαν αριστοκράτες ή στρατηγοί αλλά παιδιά επαγγελματιών (κουρέας ο πατέρας του Κτησιβίου, υποδηματοποιός ο πατέρας του Ήρωνος, κ.ά.).

Τέλος, ας σημειωθεί ότι η μεγάλη ανάπτυξη της χημείας κατά την ελληνιστική εποχή επικεντρώνεται στα «βαφικά», στις τεχνικές απομίμησης και νοθείας χρυσού, αργύρου, πολύτιμων λίθων (από επεξεργασμένη ορεία κρύσταλλο) και πορφύρας. Υπήρχε δηλαδή μια πολυάριθμη πελατεία με την νοοτροπία του εύκολου κέρδους ή τουλάχιστον με την προτίμηση προς τα

«*faux bijoux*». Η «Κοσμόπολις» των Στωικών δεν ήταν ίσως πολύ μακριά απ' την πραγματικότητα της εποχής. Εύλογη λοιπόν θεωρείται, και εκ των λόγων αυτών, μια σαφής ενθάρρυνση στην ανάπτυξη δράσεων πρακτικών και, επομένως, της τεχνολογίας.

Με τον συνδυασμό αυτών των τεσσάρων παραγόντων που προαναφέρθηκαν, αιτιολογείται η μεγάλη άνθηση της τεχνολογίας κατά την ελληνιστική περίοδο – ιδίως δε κατά τον 3ο και το 2ο αι. π.Χ.

5. ΕΝΑ ΕΥΛΟΓΟ ΥΣΤΕΡΟΕΛΛΗΝΙΣΤΙΚΟ ΤΕΧΝΗΜΑ: Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Μέσα λοιπόν σε αυτήν την άνθηση όλων των τομέων της τεχνολογίας, η παραγωγή ενός πλανηταρίου, όπως ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, είναι ένα ευλόγως αναμενόμενο τεχνούργημα.

Οι γνώσεις, τα υλικά και οι δεξιότητες, που απαιτούνταν, για να είναι εφικτή η παραγωγή του Μηχανισμού αυτού κατά τον 2ο αι. π.Χ. παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

- Οι αστρονομικές γνώσεις, τις οποίες ενσωματώνει ο Μηχανισμός, ήσαν όλες γνωστές στους Έλληνες πριν από τα μέσα του 2ου αι. π.Χ. (Μέτων, Αυτόλυκος, Ίππαρχος κ.ά.). Αυτό ήταν και το κύριο προαπαιτούμενο.
- Για τον μηχανολογικό σχεδιασμό του οργάνου αρκούν η Ευκλείδεια Γεωμετρία και τα περιεχόμενα των «Μηχανικών Προβλημάτων» του Αριστοτέλους.
- Απο μεταλλοτεχνική άποψη τα μεν «κρατερώματα» (μπρούντζοι) ήσαν πασίγνωστα από αιώνων, όπως κι η παραγωγή ελασμάτων και δίσκων (με σφυρηλάτηση ή και με χύτευση), η δε χειρωνακτική κοπή οδόντων μπορούσε να γίνεται με τη βοήθεια ενός προτύπου επιθέματος (από πάπυρο για παράδειγμα).
- Η γνώση της λειτουργίας συνόλου οδοντωτών τροχών ήταν επαρκής από τη σχετική περιγραφή των *Μηχανικών Προβλημάτων* (848α) αλλά και από βασίμως πιθανολογούμενες προγενέστερες εφαρμογές οδοντωτών τροχών:

  α) από τον Κτησίβιο στο υδραυλικό του ρολόι,

  β) από τους Αλεξανδρινούς ιατρούς Ανδρέα και Νυμφόδωρο (τέλη 3ου αι. π.Χ.) στα μηχανήματα ανάταξης σπασμένων οστών και

  γ) από τον Αρχιμήδη, πρώτον στην καθέλκυση πλοίου μέσω ατέρμονος κοχλία (Αθήναιος, *Δειπνοσοφισταί*, 5.206e), και δεύτερον στο δεύτερο Πλανητάριό του, όπως λεπτομερώς το περιγράφει ο Κικέρων (*De re publica*, 14.22) αναφέροντας ότι «*με μια περιστροφή γινόταν εφικτό να τηρηθούν διάφορες τροχιές [ουρανίων σωμάτων] με άνισες ταχύτητες και ανόμοιες κινήσεις*».

Όταν τον 1ο αι. π.Χ. ο Βιτρούβιος (10, 9) θα περιγράψει το οδόμετρό του (με ένα περίπλοκο σύστημα οδοντωτών τροχών), θα θεωρήσει τα γρανάζια ως μια πασίγνωστη τεχνική.

Για όλους αυτούς, λοιπόν, τους λόγους ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων ενσωματώνει γνώσεις και τεχνικές που ήσαν πράγματι διαθέσιμες στους Έλληνες ενωρίτερα από τα μέσα του 2ου αι. π.Χ., εποχή κατά την οποία, η ελληνιστική τεχνολογία βρισκόταν στην κορύφωσή της.

ΘΕΟΔΟΣΙΟΣ Π. ΤΑΣΙΟΣ

Στα χρόνια 75-50 π.Χ., όταν ναυάγησε το κατάφορτο εμπορικό πλοίο στα Αντικύθηρα, η πολιτική, οικονομική και κοινωνική κατάσταση στην ανατολική Μεσόγειο ήταν ιδιαιτέρως ρευστή. Λόγω της ρωμαϊκής επέκτασης κραταιά ελληνιστικά κέντρα, όπως τα βασίλεια των Σελευκιδών και των Πτολεμαίων, κλυδωνίζονταν ή/και συρρικνώνονταν, ενώ σπουδαίοι σταθμοί παραγωγής και διακίνησης χρηστικών και πολυτελών αγαθών, όπως η συροπαλαιστινιακή ακτή και η Ρόδος, δέχονταν καίρια πλήγματα. Το 69 π.Χ. τέθηκε τέλος και στο φορολογικό παράδεισο της Δήλου, όπου δραστηριοποιούνταν κατ' εξοχήν Ρωμαίοι έμποροι και τραπεζίτες. Και η ίδια, όμως, η Ρωμαϊκή Δημοκρατία, μέχρι την κατίσχυση του Οκταβιανού Αυγούστου το 27 π.Χ., δοκιμαζόταν από εμφύλιο πόλεμο, με πρωταγωνιστές φιλόδοξους στρατηγούς και αριστοκράτες.

Εκμεταλλευόμενοι τις στρατιωτικές νίκες και την αποτελεσματική διπλωματία, οι ρωμαίοι έμποροι και επιχειρηματίες ανταγωνίζονταν τους ομολόγους τους στην Ελλάδα και την Εγγύς Ανατολή. Η διασπορά των αμφορέων για τη μεταφορά οίνου, τροφών και άλλων υλικών αντανακλά τα συγκρουόμενα συμφέροντά τους. Η επιθυμία της ρωμαϊκής άρχουσας τάξης για είδη πολυτελείας –υφάσματα, κοσμήματα, σκεύη από γυαλί και πολύτιμα μέταλλα, μετάξι, αρώματα– από την Εγγύς και Άπω Ανατολή συνέτεινε στην αύξηση των διακινούμενων δια θαλάσσης προϊόντων και του απαιτούμενου εμπορικού στόλου. Συνέπεια αυτού υπήρξε ο μεγαλύτερος αριθμός ναυαγίων σε σχέση με προγενέστερες περιόδους.

Η απόκτηση έργων ελληνικής τέχνης δεν ήταν άμοιρη της μανίας για κατοχή πολυτελών ειδών. Κατά τον 1ο αι. π.Χ. η χρήση τους για τη διακόσμηση ιδιωτικών κατοικιών γενικεύεται. Αποκτημένα από λεηλασία ή αγορά μεταφέρονταν στο λιμένα των Ποτιόλων στον κόλπο της Νεαπόλεως για να προωθηθούν σε επαύλεις στην Καμπανία, το Λάτιο, την Ετρουρία ή στη Σικελία. Η αδυναμία να καλυφθεί η ζήτηση εκ μέρους των ιδιωτών για καλλιτεχνικές δημιουργίες από τα λάφυρα της ρωμαϊκής πολεμικής μηχανής, προκάλεσε την πρωτοφανή για τον αρχαίο κόσμο πρακτική της εμπορίας τους, αφού ήδη ανθούσε και η παραγωγή αντιγράφων, ελεύθερων μεταπλάσεων καθώς και έργων εμπνευσμένων από παλαιότερες εποχές. Παραγγελίες για ελληνικά καλλιτεχνήματα, όπως αυτές καταγράφονται στις επιστολές του ρωμαίου πολιτικού, ρήτορα και φιλοσόφου Κικέρωνα (106-43 π.Χ.), θα ήταν δυνατόν να έχουν προκαλέσει τη ναύλωση του πλοίου, το οποίο βυθίσθηκε στα Αντικύθηρα.

Η εντατικοποίηση του εμπορίου, ο άφθονος προσπορισμός οικείων και νέων υλών, η αύξηση των κατασκευών, συχνά μεγάλης κλίμακας, κατέστησαν την τεχνολογία, υποστηριζόμενη προ πολλού από τα πορίσματα της επιστήμης, αναγκαία για τις ποικίλες εφαρμογές.

Η τεχνολογία προϋποθέτει τα μαθηματικά, την παρατήρηση και τη φιλοσοφική αναζήτηση. Οι εκπρόσωποί της ήταν πολυμαθείς και πολυσχιδείς προσωπικότητες και επιδίδονταν στη φιλοσοφία, τη φυσική, τα μαθηματικά και τη μηχανική, αφού απαιτούνταν εξειδικευμένες γνώσεις για τις τεχνικές βελτιώσεις. Η αρχαιοελληνική τεχνολογία κορυφώθηκε κατά τον 1ο αι. π.Χ. στη Ρόδο και την Αλεξάνδρεια. Προκρίθηκαν εκείνες οι λύσεις, οι οποίες συνέβαλαν στην προβολή των ελληνιστικών μοναρχών ή της πόλης-κράτους. Η Ρόδος, ιδεώδης τόπος για αστρονομικές παρατηρήσεις προσέλκυσε τους σπουδαίους αστρονόμους Ίππαρχο και Ποσειδώνιο. Κατ' εξοχήν κέντρο των σχετικών καινοτομιών ήταν η Αλεξάνδρεια με το περίφημο *Μουσείον* και τη *Βιβλιοθήκη* της, όπου εκτός από τη συγκέντρωση αντιγράφων ή πρωτοτύπων συγγραμμάτων από όλο τον κόσμο υπήρχε και αστρονομικό παρατηρητήριο. Οι εκπρόσωποι της αλεξανδρινής σχολής διακρίθηκαν για την ευρυμάθεια και τα ποικίλα ενδιαφέροντά τους καθώς και για τις μεγάλες τεχνικές δεξιότητές τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι κορυφαίοι φυσικοί επιστήμονες και μηχανικοί από την Αλεξάνδρεια προέρχονταν από λαϊκά στρώματα.

Η αρχή των τοπογραφικών και αστρονομικών οργάνων της ελληνιστικής περιόδου στηρίχθηκαν στην επέκταση της Μετρητικής τέχνης και επιστήμης, η οποία συνδέθηκε με τη Γεωμετρία και τη μέτρηση φυσικών μεγεθών (βάρος των σωμάτων και χρόνος). Είναι εύλογη η θεωρία ότι ο Αρχιμήδης στις καθελκύσεις πλοίων και τα Πλανητάριά του χρησιμοποιούσε οδοντωτούς τροχούς. Η άποψη ότι συνδυασμένοι οδοντωτοί τροχοί μπορούσαν μηχανικά να εκφράσουν μαθηματικές πράξεις και να αναπαράγουν κινήσεις σωμάτων έδωσε τη δυνατότητα

να καταγραφούν αποστάσεις με το οδόμετρο για την ξηρά και το δρομόμετρο για τη θάλασσα, να παραχθούν συσκευές πρόβλεψης αστρονομικών φαινομένων, όπως ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, να δημιουργηθούν αυτοκίνητες μηχανές στηριζόμενες σε μηχανικά συστήματα με προγραμματισμένες κινήσεις, όπως τα αυτόματα του Ήρωνος.

Αφομοίωση τεχνολογικών γνώσεων προϋποθέτει και η παραγωγή αντικειμένων καθημερινής χρήσης, όπως τα αγγεία από πηλό, μέταλλο ή γυαλί, τα έπιπλα, τα γλυπτά, τα κοσμήματα, εξειδικευμένα εργαλεία. Όταν μια τεχνική -όπως αυτή του φυσητού γυαλιού- διευκόλυνε την παραγωγή με τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου και κόπου και καθιστούσε προσιτά σε όλους τα προϊόντά της, ήταν εύλογη η ανατροπή στην αγορά.

Εάν δεν είχε ατροφήσει η διαλεκτική σχέση της τεχνολογίας με την επιστήμη κατά τη ρωμαϊκή εποχή και δεν είχε καταστραφεί η Βιβλιοθήκη της Αλεξανδρείας (47 π.Χ), η τεχνολογική εξέλιξη, και μαζί της όλος ο υλικός πολιτισμός, θα είχαν λάβει άλλη τροπή.

ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΠΟΥΓΙΑ

Εικ. 1. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Μερική άποψη της πρώτης αίθουσας της περιοδικής έκθεσης *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων. Το πλοίο, οι θησαυροί, ο Μηχανισμός* (φωτογραφία Ειρ. Μίαρη).

Το πλοίο: Το πλοίο, το οποίο ναυάγησε στα Αντικύθηρα στο β΄ τέταρτο του 1ου αι. π.Χ., ήταν φορτηγό (αρχ. *όλκάς*), εκτιμώμενης χωρητικότητας 300 τόνων, κρίνοντας από τη στιβαρή κατασκευή, τον εξοπλισμό και το φορτίο του.

Το σκάφος κατευθυνόταν προς την Ιταλία. Βυθίσθηκε στην ανατολική ακτή των Αντικυθήρων, θύμα καταιγίδας με ανατολικούς ή βορειοανατολικούς ανέμους. Αυτό το γεγονός υπαινίσσεται προέλευση από το ανατολικό Αιγαίο. Τρεις είναι οι επικρατέστεροι τόποι φόρτωσής του βάσει του είδους και της σύνθεσης του φορτίου: η Δήλος, λιμένας ελεύθερος δασμών για τα διαμετακομιζόμενα αγαθά και προνομιακή βάση Ιταλών εμπόρων και τραπεζιτών με μία ακμάζουσα αγορά πολυτελών και εξωτικών ειδών, η Πέργαμος λόγω της καλλιέργειας του νεοκλασικισμού και, τέλος, η Έφεσος με γνώμονα κάποια αγγεία (αμφορείς, λύχνοι) και τα νομισματικά ευρήματα, στη συντριπτική πλειονότητα εκδόσεις των δύο αυτών μικρασιατικών πόλεων.

Το φορτίο: Τα αγαθά που μετέφερε το πλοίο το αναδεικνύουν ως σημαντική μαρτυρία για την κυκλοφορία γλυπτών, κοσμημάτων, αγγείων, σκευών και νομισμάτων κατά τη συγκεριμένη εποχή, αλλά η ανεύρεση του Μηχανισμού καθιστά το αρχαίο αυτό ναυάγιο μοναδικό στο είδος του. Οι έρευνες -υπό την εποπτεία της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας- του 1900/1901, με τη συνδρομή σφουγγαράδων από τη Σύμη και του ελληνικού Βασιλικού Ναυτικού, και του 1976, με την υποστήριξη του ωκεανογραφικού σκάφους «Καλυψώ» του Jean-Yves Cousteau, ανέλκυσαν μέρος του φορτίου.

Το εντυπωσιακότερο τμήμα από το ανασυρμένο φορτίο αποτελούν τα γλυπτά: α) τα πρωτότυπα χάλκινα αγάλματα του «Εφήβου των Αντικυθήρων» και του «Φιλοσόφου» μαζί με αποτμήματα άκρων άλλων αγαλμάτων και σύμβολα (λύρα, ξίφη, λοφίο), β) πέντε κλασικιστικά χάλκινα αγαλμάτια, γ) αγάλματα (36 στον αριθμό βάσει των κορμών) υπερφυσικού, φυσικού και μικρότερου του φυσικού μεγέθους από εξαιρετικό παριανό μάρμαρο, τα οποία παριστάνουν θεούς, ήρωες και θνητούς, αντίγραφα ή παραλλαγές διασήμων έργων της κλασικής αρχαιότητας, κλασικιστικές δημιουργίες, έργα με αναμνήσεις της πρώιμης και μέσης ελληνιστικής περιόδου και πρωτότυπα των ύστερων ελληνιστικών χρόνων.

Με το σκάφος μεταφέρονταν τουλάχιστον τρεις χάλκινες κλίνες-ανάκλιντρα και αριθμός αγγείων από χαλκό, μόλυβδο και κασσίτερο, δύο άωτα σκυφίδια και δύο κωνικοί σκύφοι από άργυρο, τρία χρυσά ενώτια με περίαπτα ερωτιδείς, ένα χρυσό ανδρικό δακτυλίδι, δύο χρυσές θήκες με πολύτιμους λίθους, όπως εκείνες στα διάλιθα περιδέραια. Τα διασωθέντα είκοσι γυάλινα αγγεία προσφέρουν ένα πλήρες δειγματολόγιο της συροπαλαιστινιακής και ίσως της αιγυπτιακής παραγωγής στον τομέα αυτό. Οι 29 οξυπύθμενοι εμπορικοί

Εικ. 2. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Η εναρκτήρια ενότητα της δεύτερης αίθουσας της περιοδικής έκθεσης *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων. Το πλοίο, οι θησαυροί, ο Μηχανισμός* (φωτογραφία Ειρ. Μίαρη).

Εικ. 3. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Μερική άποψη της δεύτερης αίθουσας της περιοδικής έκθεσης *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων. Το πλοίο, οι θησαυροί, ο Μηχανισμός* (φωτογραφία Ειρ. Μίαρη).

αμφορείς, για μεταφορά υγρών και στερεών προϊόντων, προέρχονται από τη Ρόδο, Κω, Έφεσο (Ομάδα του Νικάνδρου) και τις ακτές της Αδριατικής (Lamboglia 2). Φαίνεται, όμως, ότι πολύ περισσότεροι βρίσκονται στο χώρο του ναυαγίου. Επειδή οι τύποι αυτοί χρονολογούνται στο β΄ τέταρτο του 1ου αι. π.Χ. εικάζεται ότι περιείχαν οίνο από τις περιοχές κατασκευής τους, χωρίς να αποκλείεται και άλλου είδους περιεχόμενο, καθώς και η δεύτερη χρήση για τα παραδείγματα του είδους. Η λεπτή ερυθροβαφής επιτραπέζια κεραμεική από το ναυάγιο (πινάκια και ημισφαιρικά κύπελλα), προφανώς απομιμήσεις σκευών από πολύτιμα μέταλλα, προοριζόταν για τα συμπόσια της ρωμαϊκής άρχουσας τάξης, η οποία είχε γοητευθεί από την πολυτέλεια της ελληνιστικής Ανατολής. Από τις 47 λαγύνους οι περισσότερες μεγάλων διαστάσεων ήταν οινοφόρα αγγεία, όπως και οι αμφορείς. Εκείνες με λευκό βάθος χρησιμοποιούνταν ως επιτραπέζια σκεύη. Φθηνότερα υποκατάστατά τους αποτελούν εκείνες με ταινιωτή διακόσμηση. Είναι πολύ πιθανόν ότι ανήκαν στο φορτίο.

Αντιθέτως, τα μελαμβαφή πινάκια και κύπελλα (τα περισσότερα μεγαρικοί σκύφοι) και οι αβαφείς πρόχοι-οινοχόες και λήκυθοι μάλλον εξυπηρετούσαν τους επιβαίνοντες. Εγχάρακτες ελληνικές επιγραφές υπαινίσσονται, κάποιους τουλάχιστον, ελληνόφωνους επιβαίνοντες.

Από τους 10 λύχνους μόνον ένας φέρει ίχνη καύσης και με βάση άλλα ναυάγια δεν αποκλείεται να προορίζονταν για φωτισμό κατά τη διάρκεια του πλου. Δύο προχοΐσκες-ηθμοί θα διευκόλυναν την έγχυση λαδιού σε αυτούς.

Το πλήρωμα πρέπει να εξυπηρετούσε χειροκίνητος περιστροφικός μύλος, τριπτήρας και τριβείο.

Ο αριθμός των μυροδοχείων για αρωματικά έλαια, ρητίνη ή λίβανο και των δίωτων χυτροειδών για προϊόντα συσκευασμένα σε μικρές ποσότητες δεν επιτρέπει την απόδοσή τους στο φορτίο ή τον εξοπλισμό του πλοίου.

Από τα 36 αργυρά κιστοφορικά νομίσματα, τα περισσότερα αποτελούν κοπές Περγάμου και μόνον τέσσερα Εφέσου. Από τα 48 χάλκινα νομίσματα έχουν αναγνωρισθεί τρία σικελικά νομίσματα, κοπής 187-170 π.Χ. και τρία μικρασιατικά κοπής 250-210 π.Χ. και 70-60 π.Χ. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός ότι οι μειωμένου βάρους κιστοφόροι είχαν μεγαλύτερη αξία στην επικράτεια του βασιλείου των Ατταλιδών και ότι τα χάλκινα νομίσματα Κνίδου και Εφέσου χρησιμοποιούνταν για καθημερινές συναλλαγές στον χώρο έκδοσής τους ή σε διεθνή εμπορικά λιμάνια, όπως η Δήλος, φαίνεται ότι ένας από τους τελευταίους σταθμούς του πλοίου πρέπει να ήταν η Έφεσος.

Ο Μηχανισμός: Ο Μηχανισμός, δημιούργημα του β΄ μισού του 2ου αι. π.Χ., περιλαμβάνει οδοντωτούς τροχούς, άξονες, δίσκους και δείκτες, κατασκευασμένους από φύλλα χαλκού, χαμηλής περιεκτικότητας σε κασσίτερο (κρατέρωμα). Προστατευόταν από ξύλινη θήκη και έφερε πρόσθια και οπίσθια μεταλλική πλάκα.

Η τεχνολογία του, η οποία παραπέμπει στους διαδόχους του Αρχιμήδη και τη Σχολή του Ποσειδωνίου στη Ρόδο, στηρίχθηκε σε γνώσεις της ελληνιστικής εποχής (αστρονομικές σταθερές, μηχανικός σχεδιασμός, και χρήση των επικυκλικών οδοντωτών τροχών) και μαρτυρεί για την αστρονομική, μαθηματική και μηχανική ιδιοφυΐα των αρχαίων Ελλήνων στα μέσα του 2ου αι. π.Χ. Με μια πλειάδα εφαρμογών, ως όργανο επιστημονικής έρευνας και διδασκαλίας, μέσον πρόβλεψης εκλείψεων και ημερολόγιο, και, πιθανώς, βοήθημα αστρολογίας και ναυσιπλοΐας ήταν επιθυμητός σε πολλούς. Σε περιπτώσεις λεπλασίας πόλεων, ήταν η κατ' εξοχήν προτιμώμενη λεία.

Εικ. 4. Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Η τελευταία ενότητα της δεύτερης αίθουσας και μερική άποψη της τρίτης αίθουσας της περιοδικής έκθεσης *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων. Το πλοίο, οι θησαυροί, ο Μηχανισμός* (φωτογραφία Ειρ. Μίαρη).

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων είναι το πολυτιμότερο κατάλοιπο της αρχαίας τεχνολογίας και απηχεί τη φιλοσοφική, κατά κανόνα γεωκεντρική, θεώρηση του κόσμου και της δημιουργίας του εκ μέρους των αρχαίων Ελλήνων διανοητών, οι οποίοι προέτασσαν τα μαθηματικά και τη φυσική ως εργαλεία για την κατανόηση του σύμπαντος.

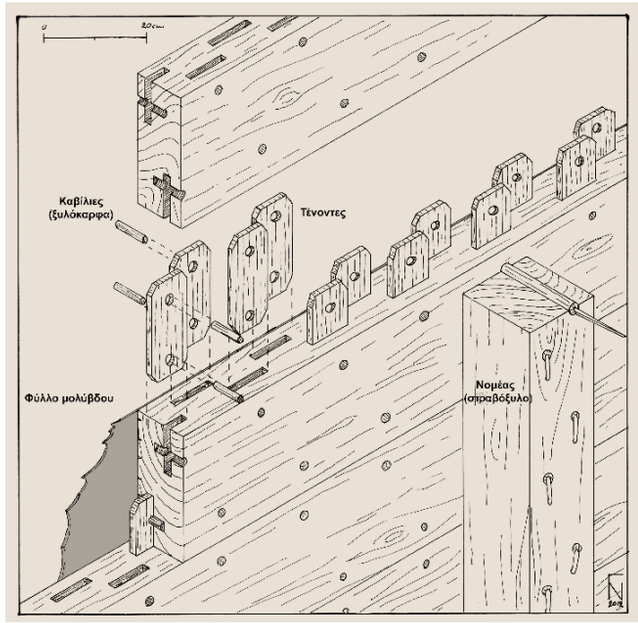
ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΠΟΥΓΙΑ

Η ναυπήγηση και ο εξοπλισμός του πλοίου

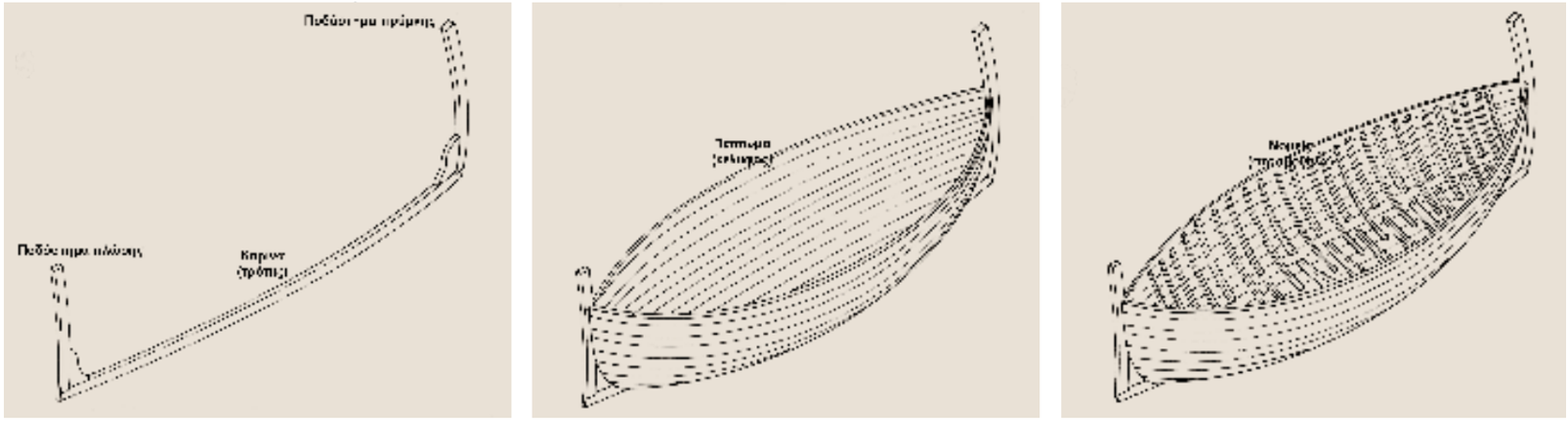
Σχεδιαστική πρόταση εμπορικού πλοίου.
(Σχ. Ν. Ρουμελιώτη).

Τα ανελκυσθέντα φυσικά κατάλοιπα του πλοίου, το οποίο ναυάγησε στα Αντικύθηρα, είναι ελάχιστα, ενώ δεν έχει επιτευχθεί η αποτύπωσή του στα 52μ. βάθος. Τμήματα της πρύμνης και της πλώρης δεν έχουν αναγνωρισθεί. Έχει ναυπηγηθεί σύμφωνα με τη μέθοδο «πρώτα το περίβλημα», κυρίαρχη στο μεσογειακό χώρο από τον 4ο έως και τον 1ο αι. π.Χ.

Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, αντίθετα από τη μεταγενέστερη πρακτική, η κατασκευή στηριζόταν στη διαμήκη συγκρότηση, με τοποθέτηση των σανίδων παράλληλα προς την τρόπιδα, στα δύο άκρα της οποίας στερεώνονταν τα ποδοστήματα της πλώρης και της πρύμνης (εικ. 1). Η συνοχή και σταθερότητα εξασφαλίζονταν από τη διαχείριση των εγκοπών (αρχ. τρήματα, κοιν. σκάτσες) και γόμφων (αρχ. ἁρμονίαι κοιν. μόρσα) στη σύνδεση των επάλληλων σειρών, όσον αφορά στο πλάτος, το μήκος, το ύψος τους αλλά και στην κατανομή τους. Μετά από την αρμογή δύο όμορων σανίδων διανοίγονταν εγκάρσιες οπές στο ύψος των γόμφων για ένθεση ασφαλιστικών ξυλόκαρφων (κοιν. καβίλιες) (εικ. 2). Όταν το κέλυφος (κοιν. πέτσωμα) είχε ανεγερθεί σε ορισμένο ύψος, προσηλώνονταν στο



Εικ. 2. Σχέδιο προσαρμογής σανίδων με πάκτωση γόμφων/ τενόντων σε εγκοπές. (Σχ. Γ. Νάκα).

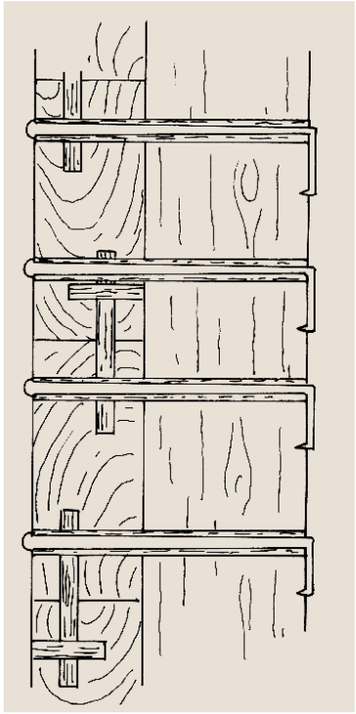


Εικ. 1. Διαμήκης συναρμογή αρχαίου πλοίου σύμφωνα με τη μέθοδο «πρώτα το περίβλημα». (Σχ. Γ. Νάκα).

Εικ. 4. Αντίβαρα (;).
ΕΑΜ Χ26783-26785.
Α΄μισό του 1ου αι. π.Χ.

Εικ. 5. Τμήμα μολύβδινου φύλλου. ΕΑΜ Χ19015.
Α΄μισό του 1ου αι. π.Χ.

Εικ. 6. Μολύβδινος σωλήνας υδατος.
ΕΑΜ Χ19014. Α΄μισό του 1ου αι. π.Χ.



Εικ. 3. Προσαρμογή των νομέων (στραβόξυλων) στις σανίδες του κελύφους (πετσώματος). (Σχ. Γ. Νάκα).

εσωτερικό του οι νομείς (αρχ. ἐγκοίλια, σταμίναι), πρώτα οι έδρες και μετά τα στραβόξυλα (εικ. 3). Για τη στερέωσή τους ξυλόκαρφα σφηνώνονταν σε κυκλικές οπές, οι οποίες διαπερνούσαν τους νομείς και το πέτσωμα. Στη συνέχεια χάλκινα καρφιά καθηλώνονταν στον άξονα των ξυλόκαρφων.

Το κέλυφος του ναυαγισμένου πλοίου είχε μονή σειρά σανίδων. Οι γόμφοι και οι ξύλινοι ήλοι του είναι δρύινοι, ενώ οι σανίδες του έχουν κοπεί από φτελιά (κοιν. καραγάτσι). Στην αρχαία ξυλοναυπηγική η χρήση της φτελιάς ήταν περιορισμένη. Κατά το Θεόφραστο η ελάτη, η πεύκη και ο κέδρος, ήταν κατάλληλα για πολεμικά και εμπορικά πλοία, ενώ η δρυς και η οξιά μπορούσαν να αξιοποιηθούν για μέρη τους.

Το κύτος του πλοίου είχε εξωτερικά στεγανοποιηθεί με λεπτά φύλλα μολύβδου κάτω από την ίσαλο γραμμή (εικ. 5). Η επένδυση αυτή, η οποία απέτρεπε την υπονομευτική για το ξύλο ενέργεια θαλάσσιων μικροοργανισμών, όπως του μαλάκιου teredo navalis (αρχ. τερηδών), γενικεύθηκε κατά τους ελληνιστικούς χρόνους και σταμάτησε στα τέλη του 1ου αι. μ.Χ. Τα φύλλα από μόλυβδο παρακολουθούσαν τις καμπύλες του σκάφους και στερεώνονταν, με τη βοήθεια μικρών χάλκινων καρφιών σε κανονική διάταξη, επάνω από ύφασμα, δέρμα ζώου ή φύλλα δένδρων εμβαπτισμένα σε ρητίνη ή πίσσα. Τα τελευταία αυτά υλικά στεγανοποιούσαν τα ξύλα.

Τμήματα μολύβδινων σωλήνων (εικ. 6), τα οποία ανασύρθηκαν, ερμηνεύονται

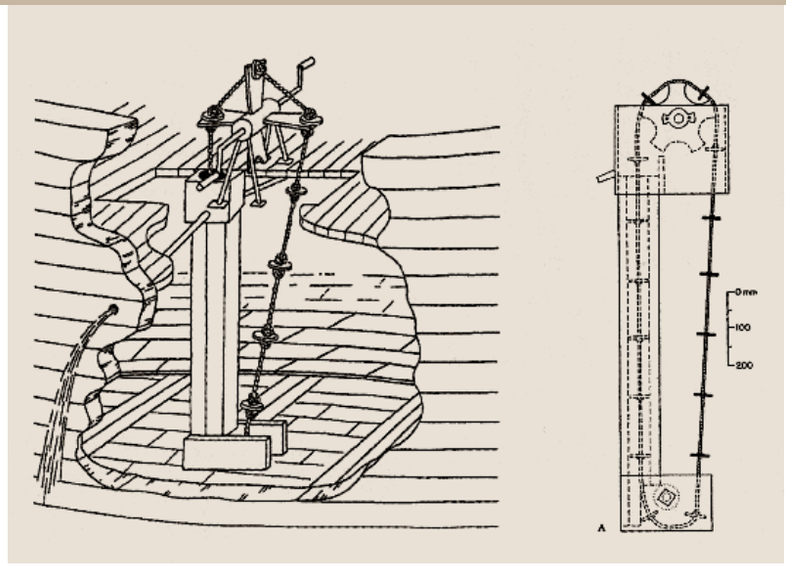
ως κατάλοιπα αντλίας για την αποχέτευση των υδάτων του πλοίου. Η απαγωγή των υδάτων από το κύτος επιτυγχανόταν με την κίνηση δύο κατακόρυφων τροχών, ενός στο κατάστρωμα και ενός στον πυθμένα, με τη βοήθεια σχοινιού εφοδιασμένου με ξύλινα δισκία κατά διαστήματα Όταν ο χειριστής περιέστρεφε με λαβή τον ανώτερο τροχό, η κίνηση μεταδιδόταν μέσω του σχοινιού στον κατώτερο, βυθισμένο στα προς άντληση ύδατα, και τα προωθούσε μέσω σωλήνα σε μολύβδινη συλλεκτήρια δεξαμενή στο κατάστρωμα (εικ. 7). Μολύβδινοι σωλήνες στη βάση της απομάκρυναν το περιεχόμενό της. Περιστασιακά οι σωλήνες εξέρχονταν και κάτω από το κατάστρωμα. Η υποδομή αυτή αξιοποιεί γνώσεις από τις αντλίες του Κτησίβιου (285-222 π.Χ.) και τον ατέρμονα κοχλία του Αρχιμήδη (241-220 π.Χ.).

Οι κεραμίδες (στρωτήρες και καλυπτήρες) κορινθιακού τύπου από το ναυάγιο ενισχύουν τη θεωρία για την ύπαρξη στεγασμένου χώρου στο κατάστρωμα του πλοίου, ο οποίος πιθανότατα χρησίμευε και για την παρασκευή φαγητού, ή/και για την κάλυψη των ανοιγμάτων φόρτωσης.

Το πλοίο θα ήταν δυνατόν να διαθέτει τουλάχιστον πέντε μεγάλες άγκυρες. Τα σταθμία (αντίβαρα) πρέπει να εξυπηρετούσαν λειτουργίες στο σκάφος (εικ. 4). Είναι ιδιαιτέρως σημαντικό και εμμέσως αποκαλυπτικό για το μέγεθός του και τον ποντοπόρο προορισμό του, το γεγονός ότι έχουν σωθεί βολίδες για τη διερεύνηση της φύσης και του βάθους του βυθού, *καταπειρατηρίες* (εικ. 8). Τη δειγματοληψία από το βυθό διευκόλυνε η κοίλανση στη βάση τους και τα καρφιά, τα οποία προέβαλλαν στο εσωτερικό της. Ήταν ζωτικής σημασίας εργαλείο για την ασφαλή ναυσιπλοΐα. Αν και η εύρεσή του συνδέεται με τις θαλάσσιες επιχειρήσεις και τον αποικισμό των Ελλήνων κατά 8ο και 7ο αι. π.Χ., ποσοστό 82% των *καταπειρατηριών* χρονολογείται από τα μέσα του 2ου αι. π.Χ. έως και τον 2 ο αι. μ.Χ., δηλ. στην περίοδο κορύφωσης του υπερπόντιου εμπορίου.

Τα φορτηγά πλοία της εποχής του ναυαγίου των Αντικυθήρων έφεραν ορθογώνιο ιστίο, στερεωμένο σε κεντρικό ιστό και οριζόντιο κατάρτι, τριγωνικό ιστίο στην κορυφή του ιστού και επικουρικό πλευρικό.

ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΠΟΥΓΙΑ



Εικ. 7. Αναπαραστάσεις συστήματος άντλησης υδάτων από το κύτος. (Σχ. από F. Foerster Laures, *Τρόπις* 1/1985, 44).

Εικ. 8. Βολίδα μέτρησης βάθους και ανίχνευσης βυθού. ΕΑΜ Χ 19013. Α΄μισό του 1ου αι. π.Χ.

Γλυπτική - Λιθοτεχνία

Τα μαρμάρινα αγάλματα που ανελκύσθηκαν από το ναυάγιο των Αντικυθήρων παρουσιάζουν πολλές ενδιαφέρουσες τεχνικές λεπτομέρειες κατασκευής.

Αρκετά από τα αγάλματα αυτά δεν είναι κατασκευασμένα, ως συνήθως, από έναν όγκο μαρμάρου, αλλά από δύο κομμάτια, που συνδέονταν μεταξύ τους με επίπεδες, λείες επιφάνειες επαφής και με γόμφους στο μέσο. Πρόσθετα, από ξεχωριστά κομμάτια μαρμάρου είναι επίσης και τα προεξέχοντα μέλη των μορφών, όπως οι κεφαλές (εικ. 1), τα χέρια, αλλά και άλλα μικρότερα τμήματα, όπως πτυχές ενδυμάτων, κορυφές κρανίων κ.ά. Η τεχνική αυτή είναι απόλυτα δικαιολογημένη, εάν σκεφτεί κανείς ότι όλα τα γλυπτά του ναυαγίου είναι από παριανό μάρμαρο, υλικό το οποίο δεν ήταν πάντοτε εύκολο να εξορυχθεί σε μεγάλους όγκους.

Αντιπροσωπευτικά για τον τρόπο κατασκευής που περιγράψαμε είναι το μεγαλόπρεπο καθιστό άγαλμα του Δία (εικ. 2), κατασκευασμένο από δύο κομμάτια που συνδέονται στο υπογάστριο, καθώς και τα μεγαλύτερα του φυσικού μεγέθους αγάλματα του Οδυσσέα (ΕΑΜ 5745) και του Αχιλλέα(;) (ΕΑΜ 5746). Τα τελευταία, που ανήκαν σε συντάγματα αγαλμάτων με «ομηρικά θέματα», κατασκευάστηκαν επίσης από δύο περίπου ισομεγέθη κομμάτια μαρμάρου, τα οποία στο πρώτο άγαλμα συνδέονται στη μέση και στο δεύτερο στους γλουτούς.

Η τεχνική κατασκευής μελών από ξεχωριστά κομμάτια μαρμάρου είναι μια πρακτική ευρύτερα διαδεδομένη στη γλυπτική ήδη από την αρχαϊκή περίοδο. Κεφαλές που τοποθετούνταν ένθετες σε βαθύνσεις στη βάση του λαιμού (εικ. 1) και πρόσθετοι πήχεις, που προσαρμόζονταν στους βραχίονες, είναι οι συνηθέστερες περιπτώσεις. Η προσαρμογή των κομματιών επιτυγχανόταν με τετράπλευρους τόρμους, που υποδέχονταν ξύλινους τένοντες ή μεταλλικούς γόμφους, που δε σώθηκαν σε καμιά περίπτωση. Στα γλυπτά των Αντικυθήρων δεν διαπιστώθηκαν αυλάκια μολυβδοχόησης, γεγονός που μας υποχρεώνει να σκεφτούμε, ότι για τη συγκόλληση χρησιμοποιήθηκαν μόνον ισχυρά κονιάματα και κόλλες. Οι εξωτερικοί μεταλλικοί σύνδεσμοι είναι σπάνιοι και

Εικ. 1. Λεπτομέρεια της πρόσθετης κεφαλής του αλόγου ΕΑΜ 5747 στον τράχηλο του αγάλματος. 1ος αι. π.Χ.

φαίνεται ότι σχετίζονται με ραγίσματα του μαρμάρου που προέκυψαν κατά τη λάξευση. Σε μια τέτοια αιτία θα πρέπει να οφείλεται ο σιδερένιος σύνδεσμος σχήματος Π που ήταν τοποθετημένος κάθετα, στο πίσω μέρος του κορμού του αγάλματος του Ερμή, πάνω από τον αριστερό γλουτό (εικ. 3). Η κοίτη του, χρωματισμένη κόκκινη από τη σκουριά, σώζει υπολείμματα από το μολύβι που κάλυπτε τον σύνδεσμο.

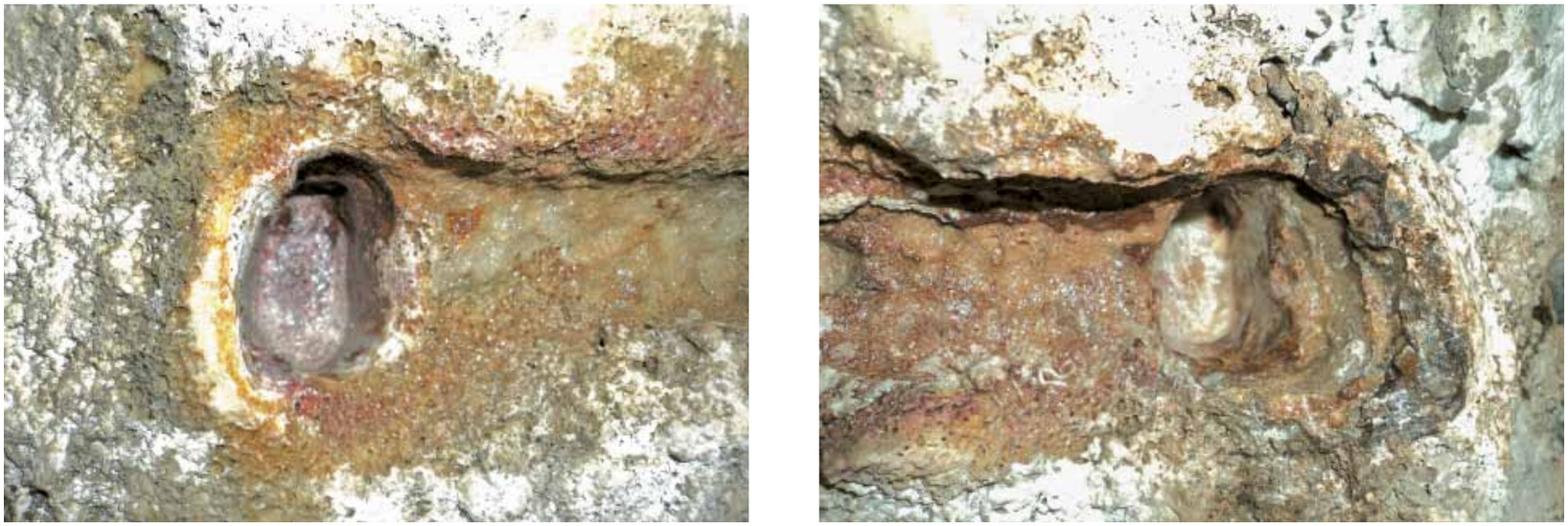
Τα αγάλματα των τριών αλόγων από το ναυάγιο είχαν ξεχωριστά δουλεμένες και πρόσθετες τις κεφαλές τους (εικ. 1). Για την προσαρμογή τους στο σώμα ανοιγόταν στον τράχηλο, όπως βλέπουμε στο ακέφαλο σήμερα άλογο (ΕΑΜ 15536), μια ελλειψοειδής βάθυνση υποδοχής, δουλεμένη αδρά με βελόνι. Στο ανώτερο μέρος της βάθυνσης διαμορφώνεται αναθύρωση για την καλύτερη αρμογή των δύο κομματιών μεταξύ τους. Την πρόθεση του τεχνίτη να κάνει τη σύνδεση ακόμη πιο στέρεα δηλώνει η παρουσία τόρμου στον πυθμένα της βάθυνσης. Το σημείο ένωσης των δύο κομματιών το έκρυβε εξωτερικά το ανάγλυφο περιλαίμιο που περιτρέχει τον τράχηλο. Στην περίπτωση του χεριού (ΕΑΜ 15562) ο πρόσθετος πήχης προσαρμοζόταν στον τετράγωνο τόρμο, ενώ εγχαράξεις γύρω από αυτόν δημιουργούσαν την αναγκαία αδρή επιφάνεια επαφής. Κονιάματα και κόλλες θα εξασφάλιζαν στέρεη ένωση. Η έλλειψη υλικού υπαγόρευσε και την προσθήκη με τον ίδιο τρόπο του μικρού τμήματος της κορυφής του κρανίου στο άγαλμα του νεαρού παλαιστή (ΕΑΜ 2773), όπως και της κορυφής του κράνους στο άγαλμα του πολεμιστή (ΕΑΜ 15534).

Σε ορισμένες περιπτώσεις η προσαρμογή των πρόσθετων μελών επιτυγχανόταν με κυκλικές οπές που θα υποδέχονταν ξύλινους, κυκλικής τομής, γόμφους. Στο συγκολλημένο σήμερα δεξί χέρι (ΕΑΜ 15555) ο πρόσθετος πήχης προσαρμοζόταν στον βραχίονα με αυτόν τον τρόπο. Με όμοιο τρόπο προσαρμοζόταν και στο καθιστό άγαλμα του Δία (εικ. 2) το συγκολλημένο σήμερα μπροστινό μέρος του πέλματος του αριστερού ποδιού που φορεί σανδάλι. Η μικρή κυκλική οπή όμως στο καμπυλούμενο τμήμα ενδύματος (ΕΑΜ 15561)

Εικ. 2. Το καθιστό άγαλμα του Δία ΕΑΜ 5743 κατασκευασμένο από δύο κομμάτια. 1ος αι. π.Χ.

παραπέμπει σε μεταλλικό γόμφο, για την προσαρμογή του κομματιού στον ώμο ή τον μηρό αγάλματος.

Μία άλλη χαρακτηριστική λεπτομέρεια κατασκευής αποτελούν τα μεγάλα στηρίγματα που εξασφάλιζαν την ασφαλή στήριξη των αγαλμάτων πάνω στις βάσεις τους, καθώς και τα μικρότερα στηρίγματα που συνέδεαν τα χέρια με τον κορμό και τα σκέλη. Τα χάλκινα αγάλματα, ως γνωστόν, δεν χρειάζονται στηρίγματα για να σταθούν πάνω στις βάσεις τους παρά μόνον εσωτε-



Εικ. 3. Η κοίτη του κάθετου μεταλλικού συνδέσμου σχήματος πει που σώζεται στο πίσω μέρος του κορμού του αγάλματος του Ερμή ΕΑΜ 2774.

ρικά, κάτω από τα πέλματα. Για την αντιγραφή όμως, τη μεταφορά δηλαδή χάλκινων έργων στο μάρμαρο, η χρήση στηριγμάτων ήταν απαραίτητη. Τα στηρίγματα, τα οποία τοποθετούνταν σε κατάλληλα σημεία, κατά κανόνα δίπλα στις κνήμες των στάσιμων σκελών των αγαλμάτων, είχαν διάφορες μορφές, απλές, όπως κίονες ή κορμοί δένδρων σαν το στήριγμα στο άγαλμα του Ηρακλή, του τύπου του Ηρακλή Farnese (εικ. 4), ή συνθετότερες, όπως ο τρίποδας που υποστηρίζει το άγαλμα του Απόλλωνα (εικ. 5). Ως στήριγμα του αγάλματος του Ερμή ΕΑΜ 2774, του τύπου του Ερμή Richelieu, χρησιμοποιήθηκε κατά τρόπο ευρηματικό η χλαμύδα του, η οποία επιμηκύνεται πίσω μέχρι την πλίνθο.

Απαραίτητα στα μαρμάρινα αγάλματα ήταν και τα στηρίγματα που υποστήριζαν προεξέχοντα μέλη, όπως π.χ. τα χέρια, τα οποία στα χάλκινα αγάλματα δεν αντιμετώπιζαν κίνδυνο αποκοπής. Τα στοιχεία που τα συγκρατούν, σχετικά μικρά σε μήκος, με τετράγωνη ή κυκλική διατομή, ονομάζουμε με τον ξένο όρο «πουντέλλα». Από πολύ νωρίς, ωστόσο, η έρευνα διαπίστωσε ότι τα πουντέλλα στα γλυπτά του ναυαγίου των Αντικυθήρων δεν αποτελούν ένδειξη, ότι τα αγάλματα αντιγράφτηκαν από χάλκινα πρωτότυπα. Τα στηρίγματα εξασφάλιζαν πρώτα από όλα την ασφαλή φόρτωση και μεταφορά των αγαλμάτων με το πλοίο. Σήμερα γνωρίζουμε ότι τα μαρμάρινα γλυπτά που περιλαμβάνονταν στο φορτίο του μοιραίου πλοίου αποτελούσαν μαζική παραγγελία σε κάποιο εργαστήριο γλυπτικής του ελληνικού χώρου στις αρχές του 1ου αι. π.Χ. και προορίζονταν για την Ιταλία. Πιθανόν κάποια από τα πουντέλλα να απολαξεύονταν, όταν τα έργα έφταναν στον τελικό τους προορισμό.

Τα πουντέλλα πάντως δεν αποτελούσαν «ενοχλητικές» προσθήκες στα μαρμάρινα αγάλματα και αντίγραφα των Ρωμαϊκών χρόνων. Οι Ρωμαίοι μάλιστα είχαν εξοικειωθεί τόσο πολύ με αυτά, ώστε, ίσως και από φόβο μήπως με την

απομάκρυνσή τους προκαλέσουν ανεπανόρθωτη βλάβη στα γλυπτά, τα άφηναν αλάξευτα. Έτσι, έγιναν μέρος της αισθητικής τους.

Ιδιαίτερα εντυπωσιακά μεταξύ των γλυπτών του ναυαγίου είναι τα παχιά, κυλινδρικά πουντέλλα που συνέδεαν τις κοιλιές των αγαλμάτων των αλόγων (ΕΑΜ 15536) με την πλίνθο του τεθρίππου, όπως είναι το στήριγμα που σώζεται ακόμη σήμερα πάνω στο μεγάλο τμήμα πλίνθου αγάλματος αλόγου (ΕΑΜ 5749). Μακρόστενο, τετράπλευρο σε τομή, είναι το πουντέλλο που συνέδεε την ανασηκωμένη οπλή (ΕΑΜ 15554) ενός μπροστινού σκέλους αλόγου με την πλίνθο. Επίσης τετράπλευρα είναι τα πουντέλλα που συνδέουν το δεξί γόνατο και το αριστερό ισχίο του αγάλματος του παλαιστή (ΕΑΜ 2773) με την πλίνθο, τα χέρια των ομηρικών ηρώων (ΕΑΜ 5745) και (ΕΑΜ 5746) με τους κορμούς των αγαλμάτων, αλλά και τις κνήμες του αγάλματος του Ερμή (ΕΑΜ 2774) μεταξύ τους. Μικρά «κομψοτεχνήματα», τέλος, θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν τα λεπτά πουντέλλα που γεφυρώνουν την απόσταση ανάμεσα στα δάχτυλα των χεριών κάποιων αγαλμάτων, όπως στο θραύσμα ΕΑΜ 15550 και στο άγαλμα ΕΑΜ 2773.

Στα τεχνικά χαρακτηριστικά των μαρμάρινων αγαλμάτων του ναυαγίου των Αντικυθήρων συγκαταλέγονται και οι χαμηλές, ορθογώνιες, βάσεις με βάθυνση στην επάνω πλευρά για την ένθεση των πλίνθων των αγαλμάτων. Οι βάσεις αυτές μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι τα αγάλματα φορτώθηκαν όρθια στο αμπάρι του πλοίου. Αυτό έκανε τη μεταφορά ασφαλέστερη. Μία από τις έξι βάσεις που ανασύρθηκαν από το βυθό έχει αποδοθεί στο άγαλμα του Ερμή (ΕΑΜ 2774).

Ένα άλλο τεχνικό χαρακτηριστικό παρατηρούμε στο άγαλμα του νεαρού παλαιστή (ΕΑΜ 2773) και συγκεκριμένα στη δεξιά, άριστα διατηρημένη πλευρά του: είναι η έντονη στίλβωση του κορμού, που αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα

Εικ. 4. Άγαλμα Ηρακλή του τύπου του Ηρακλή Farnese, με στήριγμα που έχει τη μορφή κορμού δένδρου. ΕΑΜ 5742. 1ος αι. π.Χ.

Εικ. 5. Άγαλμα Απόλλωνα στηριζόμενο σε τρίποδα. ΕΑΜ 15487. 1ος αι. π.Χ.

της Ύστερης Ελληνιστικής και κυρίως της Ρωμαϊκής εποχής. Η στιλβωμένη, για την ακρίβεια γυαλισμένη με κερί, επιφάνεια του μαρμάρου αποτελεί ένα τεχνητό μέσο που εξυπηρετεί την απόδοση της υφής της ανθρώπινης σάρκας, ενώ συγχρόνως αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο της προτίμησης των Ρωμαίων αγοραστών, αλλά και κοινό γνώρισμα της αναγεννησιακής και της μεταγενέστερης γλυπτικής του 18ου και 19ου αιώνα, που γνώρισαν τα ελληνικά έργα της κλασικής αρχαιότητας σχεδόν αποκλειστικά μέσα από τα στιλβωμένα ρωμαϊκά αντίγραφα.

ΤΑ ΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Η ιδέα των δύο εφαπτόμενων μυλόλιθων, που κινούνταν παλίνδρομα με τη βοήθεια μεταλλικής δοκού (*κώπης*) για τη σύνθλιψη των σιτηρών προς παραγωγή αλεύρων ανάγεται στον 5ο αι. π.Χ. με αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τον «ολυνθιακό» χειρόμυλο, ο οποίος επιβιώνει έως τους Ώριμους Ελληνιστικούς χρόνους.

Περί τις αρχές του 1ου αι. π.Χ. ή λίγο νωρίτερα φαίνεται να εισάγεται στην αγροτική τεχνολογία ο περιστροφικός χειροκίνητος μύλος, ο οποίος αποτελείται από δύο εφαπτόμενους, κυλινδρικούς αυτή τη φορά, μυλόλιθους: τον *όνο* (*catillus*), όπως ονομάζεται ο υπερκείμενος λίθος, και β) τη *μύλη* (*meta*). Η κίνηση του χειρόμυλου, ουσιαστικά του *όνου*, εφόσον ήταν μόνο αυτός που περιστρεφόταν, γινόταν γύρω από έναν σιδερένιο κατακόρυφο άξονα, ο οποίος διαπερνούσε τον *όνο* στο κέντρο του και στερεωνόταν στο κέντρο της κυρτής *μύλης* (*meta*), που έμενε σταθερή. Η διοχέτευση των προς άλεση δημητριακών γινόταν από τη διαμπερή οπή, «το μάτι», στο κέντρο του *όνου*. Για να εμποδίζεται η διασπορά των καρπών εκτός του μύλου διαμορφωνόταν στην άνω επιφάνεια του *όνου* μια αβαθής χοάνη με ελαφρώς κεκλιμένα προς την οπή τοιχώματα. Για την κατασκευή των μυλόλιθων χρησιμοποιούνταν πάντα τραχιά πέτρα, προκειμένου η αδρή επιφάνεια του υλικού να

Εικ. 6 α-β. Χειροκίνητος περιστροφικός μύλος αποτελούμενος από ζεύγος μυλολίθων. ΕΑΜ 15556, 15563. Αρχές 1ου αι. π.Χ. (Σχ. Ν. Ρουμελιώτη).

αυξάνει τις τριβές και να διευκολύνει το άλεσμα. Η δυνατότητα ρύθμισης της απόστασης ανάμεσα στον κοίλο *όνο* και την κυρτή *μύλη* επιτρέπει εξάλλου τον απόλυτο έλεγχο του προς άλεση προϊόντος, που μπορούσε έτσι να ποικίλλει από πιο χονδροκομμένο σε πιο ψιλοαλεσμένο.

Στον χειροκίνητο μύλο (εικ. 6 α-β) από το ναυάγιο των Αντικυθήρων ο *όνος* είναι ελαφρώς κοίλος στην κάτω επιφάνειά του, δηλαδή στην επιφάνεια τριβής, προκειμένου να εφαρμόζει απόλυτα στην κυρτή *μύλη*. Η περιστροφική κίνηση διευκολυνόταν από ξύλινη ή μεταλλική λαβή, που ήταν τοποθετημένη κάθετα στην ειδική υποδοχή-τόρμο, στην εξωτερική στενή πλευρά του *όνου*. Η μολυβδοχόηση για τη στερέωση της λαβής στον χειρόμυλο του ναυαγίου των Αντικυθήρων γινόταν μέσω μικρής οπής στην άνω επιφάνεια του *όνου*.

Οι *δοίδυκες* ή *αλετρίβανοι*, όπως καλούνται οι μικρού μεγέθους *ύπεροι*, προορίζονται για την εκχύμωση λαχανικών και την κονιορτοποίηση χρωστικών ουσιών ακόμη και μεταλλευμάτων μέσα σε *ιγδία* (κοιν. γουδιά). Οι *δοίδυκες* με τη μορφή δαχτύλου ανθρώπινου χεριού, που απαντούν από τον 5ο αι. π.Χ. ως τους ρωμαϊκούς χρόνους δεν σχετίζονται με αγροτικές εργασίες.

Τα ίχνη του κόκκινου χρώματος που εντοπίστηκαν στην επιφάνεια τριβής του τριπτήρα (εικ. 7) από το ναυάγιο των Αντικυθήρων, σε συνδυασμό με τη χημική ανάλυση που έγινε στην ερυθρά χρωστική ουσία που βρέθηκε σε κοντινό άμορφο λίθο του ναυαγίου και έδειξε ότι πρόκειται για κινναβάρι (θειούχο υδράργυρο), αποτελούν ισχυρές ενδείξεις για τη χρήση του τριπτήρα των Αντικυθήρων στην κονιορτοποίηση αυτής της χρωστικής ουσίας. Χρησιμοποιείτο συνήθως σε συνδυασμό με λεκανοειδή αβαθή σκεύη, όπως αυτό από το ναυάγιο (εικ. 8). Το κοινό αυτό οικιακό σκεύος, απαράλλακτο ως προς το σχήμα από την αρχαϊκή έως τη ρωμαϊκή αυτοκρατορική περίοδο, είναι γνωστό ως *θυεία* ή *θυία* (*mortarium*).

ΕΛΕΝΑ ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ

Εικ. 7. Τριπτήρας σε σχήμα δαχτύλου. ΕΑΜ 31055. 2ος - 1ος αι. π.Χ.
Εικ. 8. Λεκανοειδές σκεύος. ΕΑΜ 15557. 2ος - 1ος αι. π.Χ.

Χαλκοτεχνία

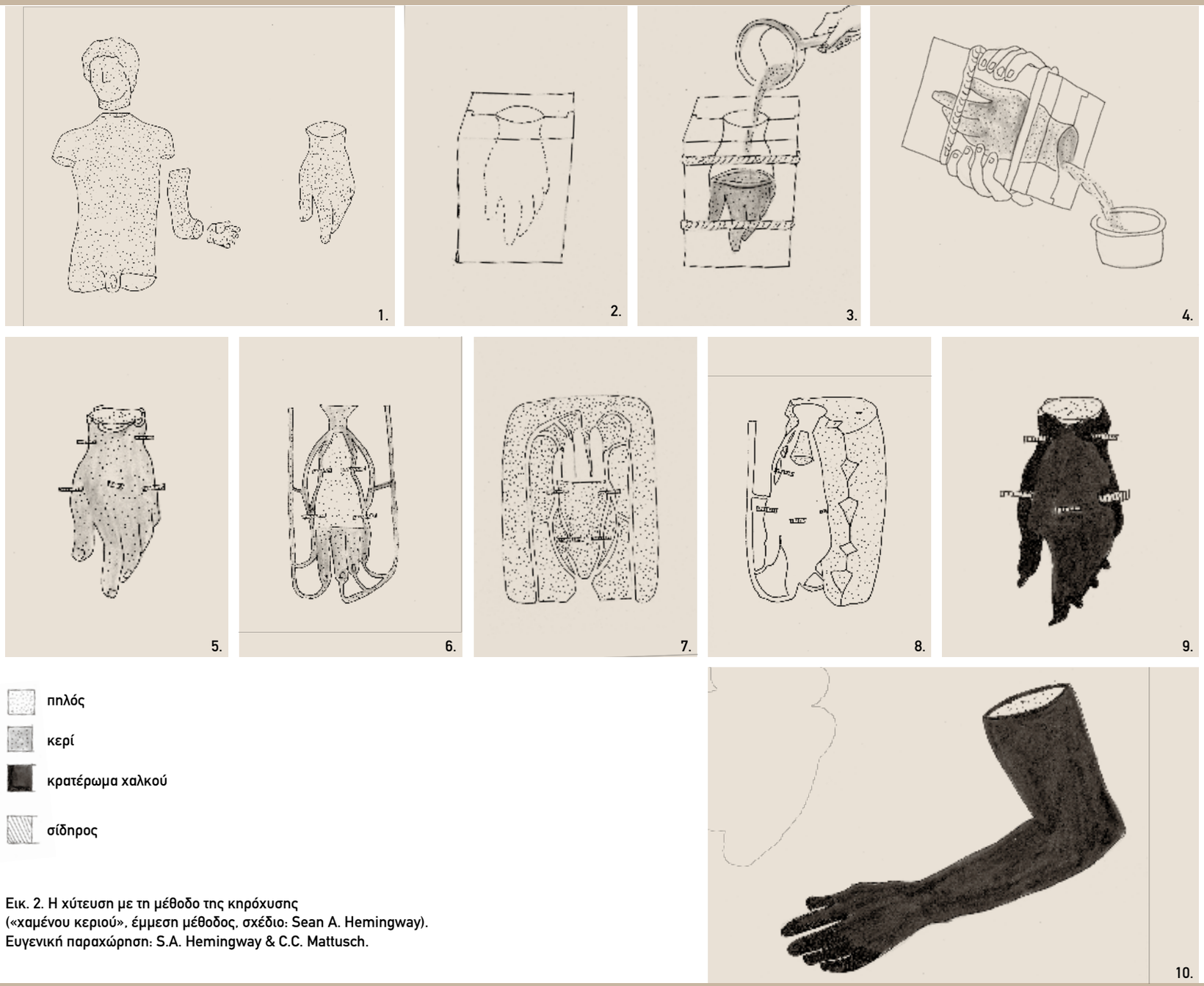
Το πρωιμότερο από τα χάλκινα γλυπτά του ναυαγίου χρονολογείται στον 4ο αι. π.Χ., ενώ τα υστερότερα περί το 100 π.Χ. Η σφυρηλάτηση και η χύτευση ήταν οι δύο μέθοδοι για την κατασκευή αγαλμάτων και σκευών από κράματα χαλκού. Αρχαιότερη τεχνική ήταν η σφυρήλατη, ενώ η χυτή, με τη μέθοδο της κηρόχυσης («χαμένου κεριού»), γενικεύθηκε από τον 6ο αι. π.Χ. Η αρχαία γραμματεία αποδίδει στους γλύπτες και αρχιτέκτονες από τη Σάμο, Ροίκο και Θεόδωρο, την πρώτη χύτευση κοίλων αγαλμάτων.

Τα χάλκινα αγάλματα και αγαλμάτια

Στους ελληνιστικούς χρόνους τα χάλκινα μεγάλα γλυπτά χυτεύονταν τμηματικά και, κατόπιν, τα συστατικά τους μέρη συναρμολογούνταν, όπως παραδίδει και ο Φίλων ο Βυζάντιος, *Περί των επτά θαυμάτων* 4. Με τον τρόπο αυτό ελαχιστοποιούνταν αλλά και διορθώνονταν λάθη. Στον «Έφηβο των Αντικυθήρων» (εικ. 1) έχουν διαπιστωθεί οι αρμοί σύνδεσης στο ύψος των θηλών του στήθους, στους βραχίονες, επάνω από τους γλουτούς και κατά μήκος του μέσου των μηρών. Το κεφάλι, το στόμα και το πρόσθιο τμήμα του αριστερού ποδιού είχαν επίσης χυτευθεί χωριστά. Και ο «Φιλόσοφος» είχε χυτευθεί τμηματικά, όπως δείχνουν τα σχετικά σημεία σύνδεσης. Η λύρα και τα ξίφη σε θηκάρι (κολεό), από άλλα αγάλματα, είναι ενιαία τμήματα και παράχθηκαν αυτοτελώς. Τα μέλη των ανδρικών αγαλματίων και της πεπλοφόρου από το ναυάγιο ήταν χυτευμένα σε τμήματα. Τα μικρά έργα συνήθως παράγονταν με μήτρες (καλούπια) και ήταν, ως εκ τούτου, συμπαγή.

Τα εργαστήρια ήταν περιστασιακές εγκαταστάσεις (εικ. 5) και διαλύονταν μετά από την προγραμματισμένη παραγωγή. Εκτός από εκείνα στις παρυφές των πόλεων, απαντούσαν και στη γειτονία ιερών. Τα κράματα μαρτυρούν ενδεχομένως για την προέλευση έργων ή διευκολύνουν την απόδοσή τους σε εργαστήρια. Κυριαρχούσε ο χαλκός σε συνδυασμό με μικρό πο-

Εικ. 1. «Ο Έφηβος των Αντικυθήρων». ΕΑΜ Χ 13396. 340-330 π.Χ.



Εικ. 2. Η χύτευση με τη μέθοδο της κηρόχυσης
(«χαμένου κεριού», έμμεση μέθοδος, σχέδιο: Sean A. Hemingway).
Ευγενική παραχώρηση: S.A. Hemingway & C.C. Mattusch.

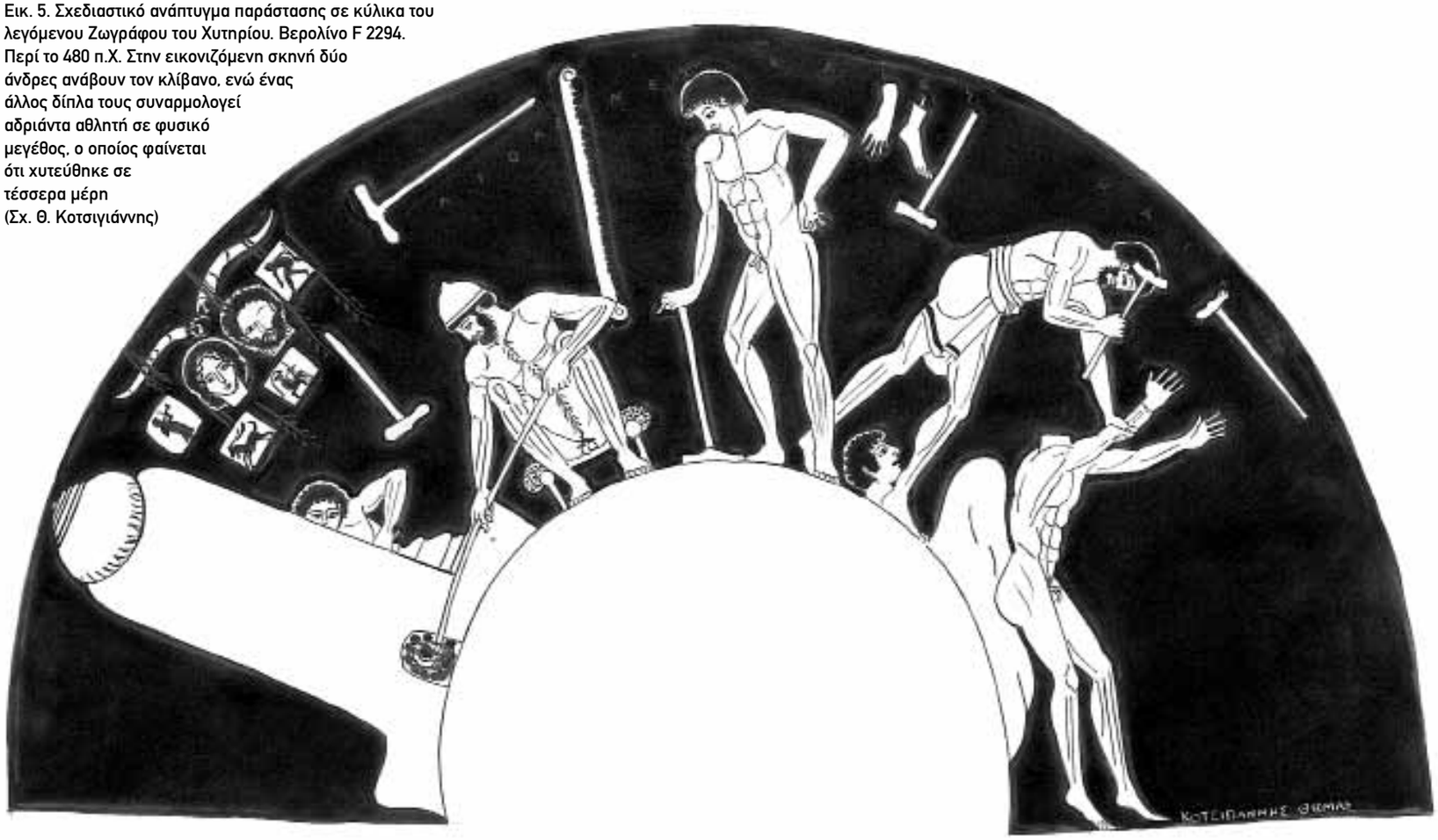
Εικ. 3. Αριστερό άκρο πόδι αγάλματος. ΕΑΜ Χ 15093. 2ος αι. π.Χ (;)

Εικ. 4. Δεξί άκρο πόδι ανδρικού αγάλματος με σανδάλι. ΕΑΜ Χ 15115. 225-200 π.Χ.

σοστό κασσίτερου (μπρούντζος, αρχ. κρατέρωμα) ή ψευδάργυρου (ορείχαλκος). Κοβάλτιο, αντιμόνιο, νικέλιο. άργυρος και χρυσός έχουν επίσης ανιχνευθεί σε μικρές ποσότητες σε διάφορα αρχαία αγάλματα.

Ο πυρήνας του έργου με τα γενικά χαρακτηριστικά διαμορφωνόταν κυρίως από πηλό. Ενώ παλαιότερα οι λεπτομέρειες χαράσσονταν στη στρώση κεριού ποικίλου πάχους, η οποία κάλυπτε τον πυρήνα (άμεση μέθοδος), από τα μέσα του 4ου αι. π.Χ. εφαρμόστηκε ο νεωτερισμός για χρήση πήλινων μητρών-οδηγών, οι οποίες λαμβάνονταν από τον πυρήνα και επιμέριζαν τη μορφή σε διαχειρίσιμα τμήματα (έμμεση μέθοδος) (εικ. 2). Οι πήλινες αυτές μήτρες, συναρμολογούμενες σε ομάδες καλύπτονταν στο εσωτερικό τους με στρώση κεριού και, στη συνέχεια, λάμβαναν την αρμόζουσα θέση για να προκύψει κέρινο πρόπλασμα του δεδομένου τμήματος. Η χάραξη λεπτομερειών, η διαμόρφωση ατομικών χαρακτηριστικών, παραλλαγές στη στάση και τα σύμβολα -ενδεχομένως με περαιτέρω προσθήκη κεριού- λάμβαναν χώρα στο κέρινο πρόπλασμα, μετά από την απομάκρυνση των πήλινων μητρών. Στο άδειο εσωτερικό του κέρινου προπλάσματος κάθε τμήματος χυνόταν πηλός σε υγρή μορφή για τη δημιουργία πυρήνα. Σιδερένιες ράβδοι λειτουργούσαν ως οπλισμός του πυρήνα και λεπτότερα ραβδία στερέωναν το κέρινο πρόπλασμα στον πήλινο πυρήνα. Ένα δίκτυο με μία χοάνη και σωληνίσκους-αγωγούς από κερί χρησίμευαν για τη διοχέτευση και κυκλοφορία του μετάλλου, καθώς και την απομάκρυνση των αερίων. Δύο στρώματα πηλού, καθαρότερου σε επαφή με το κέρινο στρώμα και τραχύτερου εξωτερικά κάλυπτε το πρόπλασμα. Ελεύθερη παρέμενε η χοάνη και οι άκρες των σωλήνων για την απαγωγή των αερίων. Με την όπτησή του έλιωνε το κερί και αντικαθίστατο από το λιωμένο μέταλλο, το οποίο είχε υγροποιηθεί σε 1.100° Κελσίου και εισαγόταν μέσω της χοάνης για να επιμερισθεί μέσω των σωληνίσκων. Μετά από την απομάκρυνση του έργου από τον κλίβανο, και αφού είχε κρυώσει, αφαιρείτο ο πήλινος μανδύας από το εξωτερικό και το πυρόχωμα από τον πυρήνα.

Λιωμένο κράμα χαλκού επέτρεπε τη συναρμολόγηση των μερών (εικ. 5), την πλήρωση οπών από τη διαδικασία χύτευσης (εικ. 3) ή την αποκατάσταση ατελειών και την επιδιόρθωση ρωγμών στα αγάλματα. Για τη συγκόλληση του κεφαλιού του «Φιλοσόφου» (εικ. 6) το κεφάλι του είχε αναστραφεί, όπως προκύπτει από τη ροή του λιωμένου μετάλλου στο εσωτερικό της γενειάδας. Η βελτίωση των ελαττωμάτων στο μέλος αυτό, μετά από την όπτηση, επιτεύχθηκε με επίθεση μικρών ποσοτήτων μετάλλου («μπαλώματα») σε ορθογώνιο σχήμα. Ο μόλυβδος, ο οποίος είχε χαμηλότερο βαθμό τήξης, χρησίμευε στην αρμολόγηση των μερών αλλά και στην ενίσχυση στο εσωτερικό (εικ. 2) καθώς και στη στήριξη των γλυπτών σε βάση. Στο τέλος της διαδικασίας ακολουθούσε η στίλβωση.



Εικ. 5. Σχεδιαστικό ανάπτυγμα παράστασης σε κύλικα του λεγόμενου Ζωγράφου του Χυτηρίου. Βερολίνο F 2294. Περί το 480 π.Χ. Στην εικονιζόμενη σκηνή δύο άνδρες ανάβουν τον κλίβανο, ενώ ένας άλλος δίπλα τους συναρμολογεί αδριάντα αθλητή σε φυσικό μεγέθος, ο οποίος φαίνεται ότι χυτεύθηκε σε τέσσερα μέρη (Σχ. Θ. Κοτσιγιάννης)

Τα βλέφαρα των ματιών διαμορφώνονταν σε λεπτή ταινία, η οποία εισαγόταν στην περιφέρεια της οφθαλμικής κόγχης. Οστό ή λευκοί λίθοι χρησιμοποιούνταν για το σκληρό χιτώνα του βολβού, λίθοι ή γυαλί για την ίριδα και την κόρη. Στερεώνονταν με ρητινώδη υλικά. Ο «Έφηβος» (εικ. 1) και ο «Φιλόσοφος» (εικ. 6) και τα αγαλμάτια των αθλητών αποτελούν πολύ χαρακτηριστικά δείγματα αυτής της πρακτικής. Σύμφωνα με τον Διόδωρο τον Σικελιώτη, *Ιστορική Βιβλιοθήκη* 4.76 ο Δαίδαλος πρώτος χρησιμοποίησε ένθετα μάτια και εισήγαγε κίνηση στις αγαλματικές μορφές. Σε άλλες περιπτώσεις τα συστατικά μέρη των ματιών απλώς χαράσσονταν στην κέρινη επένδυση του πυρήνα. Περιστασιακά το στόμα χυτευόταν χωριστά. Ιδιαίτερη ταινία ερυθρού χαλκού απλωνόταν στα χείλη και στις θηλές του γυμνού στήθους ανδρικών αγαλμάτων, ενώ κάποιες φορές επαργυρώνονταν τα δόντια και τα νύχια των δακτύλων. Ο «Έφηβος» είχε ένθετα δόντια και θηλές (εικ. 1). Στα ανδρικά αγαλμάτια του ναυαγίου ένθετα ήταν τα μάτια, τα χείλη, οι θηλές του στήθους, ενώ σε ένα πιθανώς και τα γεννητικά όργανα.

Αξιοσημείωτη είναι η δυνατότητα περιστροφικής κίνησης ενός αγαλματίου εφήβου σε λίθινη βάση (εικ. 7). Η πεταλούδα για το κούρδισμα στη μικρή οπή της κυλινδρικής βάσης έθετε σε κίνηση έμβολο, το οποίο συνδεόταν με μηχανισμό.

Τα χάλκινα γλυπτά στερεώνονταν με άφθονη χρήση μολύβδου στην κοιλότητα των πελμάτων, ώστε να διευκολυνθεί η ασφαλής προσαρμογή τους στις διανοιγμένες εντορμίες της λίθινης βάσης (εικ. 4). Είναι εύλογη η θεωρία ότι το λιωμένο μέταλλο διοχετευόταν από το άνω μέρος του άκρου ποδιού ή από το κενό του δεύτερου δακτύλου του ποδιού, αφού αυτά συχνά χυτεύονταν χωριστά. Οι μολύβδινες μάζες, υπό μορφή εμβόλου, κάτω από τα πέλματα αρκετών από τα χάλκινα αγάλματα θεωρούνται ένδειξη, ότι αυτά ήταν στημένα πριν να καταλήξουν στο φορτίο του πλοίου, αν και

Εικ 6. Η κεφαλή του «Φιλοσόφου». ΕΑΜ Χ 13400. Περίπου 230 π.Χ.

έχει διατυπωθεί η θεωρία ότι οι μάζες αυτές προστίθεντο κατά τη συναρμολόγηση του γλυπτού και θερμαινόμενες εισάγονταν στις υποδοχές της βάσης, όταν αυτό στηνόταν.

Τα λεπτά τοιχώματα, όπως διαπιστώνονται στο άγαλμα του «Φιλοσόφου» και το χέρι άλλου από το ίδιο σύνταγμα, τα οποία συνέβαλλαν στη μείωση του βάρους και του κόστους παραγωγής, είναι ενδεικτικά τεχνικής προόδου.

Επισκευές διαπιστώνονται τόσο στα μέλη του αγάλματος του «Φιλοσόφου» όσο και στο χέρι με τους πυγμαχικούς ιμάντες.

Έχει υποστηριχθεί ότι η κατά τόπους μαύρη πατίνα στον «΄Εφηβο», οφείλεται στην έκθεσή του στο ενάλιο περιβάλλον ή στα χημικά για τον καθαρισμό ή τη βελτίωση της διαβρωμένης επιδερμίδας του αγάλματος. Κατ' άλλους η μελανή πατίνα σε αγάλματα κλασικών χρόνων ή σε κλασικίζοντα έργα υστεροελληνιστικών και ρωμαϊκών χρόνων ήταν σκόπιμη, προκειμένου να δίνεται η εντύπωση παλαιότητας.

Η παραγωγή με χρήση μητρών-οδηγών επέτρεπε την αναπαραγωγή ενός έργου με δυνατότητα παραλλαγών. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο αυτή οι χαλκοτέχνες ανταποκρίνονταν στη σχετική ζήτηση των πλουσίων οικογενειών της ελληνιστικής Ανατολής και της Δημοκρατικής Ρώμης κατά τον 2ο -1ο αι. π.Χ.

ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΠΟΥΓΙΑ

Εικ. 7. Αγαλμάτιο εφήβου. ΕΑΜ Χ 18957. Ύστερος 2ος αι. π.Χ.

Εικ. 8. Πρόχους. ΕΑΜ Χ 18937. Τέλη 2ου - αρχές 1ου αι. π.Χ.

Μεταλλικά αγγεία

Από τα χάλκινα αγγεία σώζονται τα χυτά τους μέρη, τα οποία παράγονταν σε σειρές. Πρόκειται για προχοειδή, καδόσχημα και λεκανοειδή σκεύη. Μια αχιβάδα δεν αποκλείεται να αποτελούσε το πώμα λύχνου. Το σώμα τους, διαμορφωμένο με σφυρηλάτηση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή σε διάπυρη κατάσταση, έχει σχεδόν διαλυθεί από το ενάλιο περιβάλλον.

Η αμφικωνική πρόχους (εικ. 8) γνώρισε ευρεία διάδοση στην Ιταλία κατά τον 2ο - 1ο αι. π.Χ. Στα λείψανα άλλων δύο έχει αναγνωρισθεί ο τύπος αυτός βάσει της ομοιότητας των λαβών. Έχουν, όμως, παράλληλο και στη Δήλο. Το χείλος ενός κάδου με στικτή φυτική διακόσμηση (εικ. 9) παραπέμπει στα εργαστήρια της Καμπανίας. Το ορθογώνιο πλαίσιο πιθανότατα αποτελεί σφράγισμα του κατασκευαστή.

Αγγεία από κασσίτερο είναι σπανιότερα όπως οι δύο οινοχοΐσκες, ένας λύχνος (εικ. 10.) και ένας κυαθίσκος (Χ 18977). Ο ανοικτός λύχνος εμφανίζεται στη Σαρδηνία κατά την αρχαϊκή εποχή αλλά, στη συνέχεια, διαχέεται η

Εικ. 9. Τμήματα κάδου. ΕΑΜ Χ 18939α-γ.
Τέλη 2ου - αρχές 1ου αι. π.Χ.

χρήση του. Το μοναδικό μολύβδινο αγγείο στις ανελκυσθείσες αρχαιότητες είναι η κυλινδρική πυξίδα (εικ. 11).

Οι εικασίες για την προέλευση των μεταλλικών αγγείων, με σκοπό την αναγωγή στην τεχνολογία τους, και για το λειτουργικό προορισμό τους, οφείλουν να λάβουν υπ' όψιν τα υπόλοιπα ευρήματα, καθώς και το γεγονός ότι αυτά εκπροσωπούν μικρό δείγμα του φορτίου. Ο αριθμός και τα ίχνη χρήσης καθορίζουν εάν πρόκειται για εξοπλισμό πλοίου ή αντικείμενα εμπορίας. Η προμήθεια σκευής γίνεται στο πλαίσιο κατάπλευσης σε λιμένα. Τα σικελικά χάλκινα νομίσματα υπαινίσσονται κάποιου είδους συναλλαγή στον ιταλικό χώρο. Από την άλλη πλευρά, το συγκεκριμένο εμπορικό φορτίο προέρχεται από την ανατολική Μεσόγειο. Εάν δηλ. τα μεταλλικά αγγεία αποτελούσαν μέρος του φορτίου είτε είχαν εισαχθεί σε κάποια μεγάλη αγορά, όπου το ιταλικό στοιχείο ήταν παρόν -όπως η Δήλος ή η Έφεσος- είτε είχαν παραχθεί τοπικά ως απομιμήσεις ιταλικών προτύπων.

Την εποχή αυτή, εκτός από τους πεπειραμένους Έλληνες σε όλα τα παραδοσιακά κέντρα χαλκοτεχνίας, δραστηριοποιούνταν στη Δήλο τεχνίτες μετάλλων από τη συροπαλαιστινιακή ακτή.

ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΠΟΥΓΙΑ

Εικ. 11. Μολύβδινη πυξίδα. ΕΑΜ Χ 26786. Τέλη 2ου - αρχές 1ου αι. π.Χ.

Εικ. 10. Οινοχοίσκη και λύχνος από κασσίτερο. ΕΑΜ Χ 15109α-β, Χ 18978. 2ος-1ος αι. π.Χ.

Οι κλίνες

Οι υποθαλάσσιες έρευνες του 1900-1901 και 1976 στην περιοχή του ναυαγίου των Αντικυθήρων έφεραν στο φως ποικίλα τμήματα, ξύλινα και μετάλλινα, από κλίνες-ανάκλιντρα. Οι διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται ως προς τον τύπο, τις διαστάσεις, την τεχνική κατασκευής αλλά και τη διάβρωση του μετάλλου των επιμέρους τμημάτων, αποδεικνύουν την ύπαρξη τουλάχιστον τριών ξύλινων κλινών με μπρούντζινα επιθήματα στο φορτίο του πλοίου, οι οποίες χρονολογούνται στο 2ο – α΄ μισό 1ου αι. π. Χ. (εικ. 1).

Τα σωζόμενα τμήματα του ξύλινου σκελετού των κλινών, αν και λιγότερα σε σχέση με τα μεταλλικά μέρη, εντούτοις εκπροσωπούν και τα τρία μέρη της κλίνης. Έχουν σωθεί, δηλαδή, τμήματα από τα διακοσμητικά άκρα των προσκεφαλαίων, τις πλευρικές δοκούς και τις βάσεις των ποδιών.

Η μικροσκοπική και μακροσκοπική εξέταση του ξύλου, έδειξε ότι τα επιμέρους τμήματα των κλινών κατασκευάστηκαν από διαφορετικό είδος ξύλου. Στα ανώτερα μέρη, δηλαδή στα άκρα των προσκεφαλαίων, χρησιμοποιήθηκε φράξος (μελίας), ενώ στα χαμηλότερα, στις βάσεις δηλαδή των ποδιών, καστανιά (διοσβάλανος, καρύα η Ευβοϊκή). Οι πλευρικές δοκοί είναι κατασκευασμένες από καρυδιά (καρύα η Περσική). Η διαφοροποίηση αυτή μαρτυρεί μάλλον την εμπειρία των ξυλουργών, που φαίνεται ότι γνώριζαν τις μηχανικές ιδιότητες του κάθε είδους ξύλου, για παράδειγμα την αντοχή του, αλλά και το βαθμό ευκολίας κατά την κατεργασία του.

Τα τμήματα του ξύλινου σκελετού που σώζονται από τα πλευρικά άκρα των προσκεφαλαίων, ακολουθούν ως προς το γενικό σχήμα αυτό του μεταλλικού επιθήματος και διαμορφώνουν περιμετρικά περιχείλωμα για την έδραση της μπρούντζινης επένδυσης. Η συναρμογή των μεταλλικών και ξύλινων μερών γινόταν με τη χρήση μπρούντζινων βλήτρων (πριτσινιών), όπως τεκμαίρεται από τις υπάρχουσες οπές και τα μερικώς σωζόμενα βλήτρα. Ίχνη κατεργασίας από τα εργαλεία του ξυλουργού, σκέπαρνο ή μεγάλο σκαρπέλο σώζονται κατά τόπους στην ξύλινη επιφάνεια των σωζόμενων τμημάτων (εικ. 2-3).

Τα ξύλινα μέρη που σώθηκαν από τα πόδια των κλινών, αντιστοιχούν μόνο στο κατώτερο ορθογώνιο τμήμα της βάσης με τα πλευρικά κοιλόκυρτα κυμάτια και το υπερκείμενο τετράγωνο στοιχείο και ακολουθούν και αυτά το γενικό σχήμα του μεταλλικού επιθήματος. Τα ξύλινα πόδια θα ήταν κατασκευασμένα σε τόρνο, όπως απαιτούσε ο τύπος της πλούσια διακοσμημένης βάσης με τα υπερκείμενα κωδωνόσχημα στοιχεία που βρέθηκε στο Ναυάγιο. Τα τορνευτά πόδια, παρόλο που κατασκευάζονται στην επιπλοποιΐα από τον ύστερο 6ο αι. π Χ., μόλις από τον 3ο αι. π.Χ. κοσμούνται με μεταλλικά στοιχεία. Ίχνη κατεργασίας από σκαρπέλο, καθώς και από κάποιο μεγαλύτερο ξυλουργικό εργαλείο, ίσως σκέπαρνο, είναι ορατά τοπικά στην επιφάνεια του ξύλου.

Στις ξύλινες βάσεις των ποδιών παρατηρείται ωστόσο, μια σημαντική τεχνική διαφοροποίηση. Σε όλα σχεδόν τα σωζόμενα παραδείγματα η πρόσθια πλευρά είναι επίπεδη και ενιαία. Σε ένα μόνο παράδειγμα υπάρχει στο μέσον περίπου της αυτής πλευράς εντορμία σχήματος χελιδονοουράς σε τομή, για τη σύνδεση αυτής της βάσης με κάποιο άλλο ξύλινο μέλος (εικ. 3). Το στοιχείο αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι τα πόδια των στενών πλευρών τουλάχιστον μιας κλίνης ενώνονταν μεταξύ τους με οριζόντιο κανόνα.

Από τις ξύλινες πλευρικές δοκούς των κλινών σώζονται τρία τμήματα. Τα δύο από αυτά σώζουν και τη μεταλλική επένδυσή τους, όπως προαναφέρθηκε, ενώ το τρίτο διατηρεί μόνο τα ίχνη της (ΕΑΜ Χ 18929). Οι πλευρικές ξύλινες δοκοί έχουν ορθογώνιο σχήμα και σώζουν τις τρεις πλευρές τους, άνω, κάτω και εξωτερική.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαμόρφωση των άκρων των δοκών, στα δύο παραδείγματα όπου σώζεται, παρόλο που πρόκειται για πολύ μικρό ποσο-

Εικ. 1. Η προθήκη με τα τμήματα των κλινών στην περιοδική έκθεση του Ναυαγίου των Αντικυθήρων στο ΕΑΜ (φωτογραφία Ειρ. Μίαρη)

Εικ. 2. Ξύλο από το εσωτερικό του πλευρικού άκρου προσκεφαλαίου κλίνης. ΕΑΜ Χ 15099. 150 – 100 π.Χ.

Εικ. 3. Τμήμα ξύλινου σκελετού από βάση ποδιού κλίνης. ΕΑΜ Χ 18923. 2ος αι. π.Χ. – πρώιμος 1ος αι. π.Χ.

στό για να επιτρέψει την τελική αξιολόγηση. Πρόκειται μάλλον για γωνιακά τμήματα, των οποίων οι διαφορετικές διαστάσεις ίσως μαρτυρούν, ότι τα τμήματα αυτά προέρχονται από διαφορετικές κλίνες. Επίσης, είναι βέβαιο ότι τα άκρα δεν έφεραν μεταλλική επένδυση. Στη μία δοκό (ΕΑΜ Χ 18925) και τα δύο άκρα διευρύνονται εν είδη εξέχουσας ταινίας, εξυπηρετώντας ίσως την καλύτερη εφαρμογή του μεταλλικού επιθήματος στο υπόλοιπο τμήμα της δοκού, ίσως την υποδοχή του έτερου ξύλινου μέλους. Ίσως όμως πάλι το ένα άκρο εξυπηρετούσε τη μία χρήση και το άλλο την έτερη (εικ. 6). Το άλλο τμήμα της πλευρικής δοκού (ΕΑΜ Χ 18929) εμφανίζει διαφορετική διαμόρφωση στα δύο άκρα της, στοιχείο ενδεικτικό μάλλον της διαφορετικής χρήσης τους. Το ένα άκρο διευρύνεται περιμετρικά εν είδη εξέχουσας ταινίας, όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα, κατά 0, 004μ., μάλλον για την καλύτερη εφαρμογή της μεταλλικής επένδυσης. Ωστόσο, στο άλλο άκρο η επιφάνεια εισέρχεται, κατεβαίνει επίπεδο, περίπου κατά 0, 016μ., στοιχείο που ίσως αποτελεί ένδειξη ότι το συγκεκριμένο τμήμα εισερχόταν σε κάποια εντορμία.

Διακοσμητικά πλευρικά άκρα προσκεφαλαίων (*fulcra*) και τμήματα άλλων, βάσεις ποδιών και τμήματα από τις πλευρικές δοκούς συνιστούν τα μεταλλικά επιθήματα των κλινών. Είναι όλα κατασκευασμένα από κρατέρωμα (μπρούντζο), κράμα δηλαδή χαλκού και κασσιτέρου. Στα συγκεκριμένα παραδείγματα η περιεκτικότητα σε χαλκό κυμαίνεται από 78.70 έως 85.2 % και σε κασσίτερο από 12 έως 13.8%. Τα μεταλλικά μέρη είχαν χυτευθεί σε μήτρες.

Τα διακοσμητικά πλευρικά άκρα των προσκεφαλαίων (ΕΑΜ Χ 15098-Χ 15101) (εικ. 4) αποτελούνται από ένα σκελετό σχήματος επικλινούς S, που έφερε μια ζωόμορφη προτομή στην επίστεψη και μια ανθρωπόμορφη ή ζωόμορφη προτομή στο μετάλλιο του κάτω άκρου. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκαν σίγουρα τρεις διαφορετικές μήτρες, μία για το κάθε κύριο τμήμα του προσκεφαλαίου, δηλαδή το σκελετό, την προτομή

του μεταλλίου και τη μορφή της επίστεψης. Οι μορφές στα δύο άκρα προσαρμοζόταν στην εγκοπή που υπήρχε περιμετρικά στα αντίστοιχα τμήματα του μεταλλικού σκελετού του προσκεφαλαίου.

Οι μπρούντζινες βάσεις των ποδιών των κλινών (ΕΑΜ Χ 18922-Χ 18924) (εικ. 5) είναι περίτεχνα διακοσμημένες και αποτελούνται σε άλλες περιπτώσεις από δύο και σε άλλες από τρία χυτά μέρη, για τα οποία χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχες μήτρες (εικ. 7). Η βάση του ποδιού αποτελείται από ένα ορθογώνιο τμήμα που κοσμείται με κοιλόκυρτα κυμάτια στα πλάγια και απολήγει σε σχεδόν τετράγωνο έξαρμα. Η πρόσθια πλευρά αυτού του κατώτερου τμήματος είναι επίπεδη. Στη συνέχεια καθ' ύψος φέρει ένα τετράγωνο στοιχείο, στο οποίο εφάπτεται ένα κωδωνόσχημο εξάρτημα.

Στα τμήματα που ανήκουν στα πόδια των κλινών, τόσο στα μεταλλικά όσο

Εικ. 4. Πλευρικό άκρο προσκεφαλαίου κλίνης (*fulcrum*). ΕΑΜ Χ 15099. 150 - 100 π.Χ.

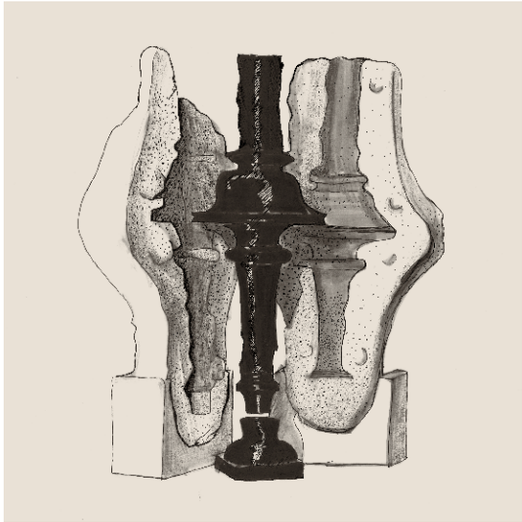
Εικ. 5. Βάση ποδιού κλίνης. ΕΑΜ Χ 18922. 2ος αι. π.Χ. - πρώιμος 1ος αι. π.Χ.

Εικ. 6. Τμήμα δοκού κλίνης. ΕΑΜ Χ 18925. 2ος αι. π.Χ. - πρώιμος 1ος αι. π.Χ.

και στα ξύλινα, απουσιάζουν εντελώς ίχνη προσήλωσης. Φαίνεται ότι απλώς τα μεταλλικά επιθήματα προσαρμόζονταν στο ξύλινο σκελετό του ποδιού. Η διαμόρφωση του ανώτερου μπρούντζινου κωδωνόσχημου εξαρτήματος της βάσης του ποδιού, η άνω διάμετρος του οποίου είναι σαφώς μικρότερη της επιφάνειας έδρασης, ίσως υποδεικνύει την ύπαρξη ράβδου, μάλλον ξύλινης χωρίς να αποκλείεται και η σιδερένια, η οποία λειτουργώντας ως τένοντας ένωνε μεταξύ τους τόσο τα τμήματα του ξύλινου ποδιού όσο και τα επιμέρους μεταλλικά στοιχεία του ποδιού. Αξίζει να αναφερθεί ότι σε κλίνες μεταγενέστερης περιόδου απαντά η χρήση κεντρικής σιδερένιας ράβδου για την ένωση των επιμέρους στοιχείων του ποδιού.

Λίγες πληροφορίες αντλούνται για τις πλευρικές ορθογώνιες δοκούς των κλινών (ΕΑΜ Χ 18925, Χ 18929, Χ 18968) (εικ. 6) καθώς σώζονται αποσπασματικά μόνο τμήματα. Είναι βέβαιο ωστόσο, ότι ήταν ξύλινες και έφεραν μπρούντζινα επιθήματα, που κάλυπταν την εξωτερική, την άνω και κάτω επιφάνεια του ξύλινου σκελετού. Τα επιθήματα στερεωνόταν στο ξύλο με χάλκινα βλήτρα (πριτσίνια), που προσηλώνονταν στη μία από τις δύο παράλληλες ως προς το έδαφος πλευρές (πιθανότερα στην άνω πλευρά), διαπερνούσαν την ξύλινη δοκό και κατέληγαν στην απέναντι πλευρά. Ενίοτε, έφεραν στην εξωτερική πλευρά ανάγλυφη διακόσμηση, μαιάνδρου στο ένα παράδειγμα των Αντικυθήρων. Αδιευκρίνιστο παραμένει το αν τα μεταλλικά επιθήματα κοσμούσαν και τις τέσσερις πλευρές των κλινών σε όλο τους το μήκος ή κάλυπταν απλώς τα άκρα τους.

Το υψηλό κόστος του μετάλλου, ο δύσκολος τρόπος κατεργασίας του, η «απαιτητική» παραγωγή των μπρούντζινων μερών της κλίνης (εικ. 7) -απαιτούνταν έμπειροι και ικανοί χαλκουργοί- και η αδυναμία ουσιαστικής επιδιόρθωσης του μεταλλικού αντικειμένου σε περίπτωση ανθρώπινου λάθους, φαίνεται ότι καθιστούσαν απαραίτητη την κατασκευή των μεταλλικών μερών της κλίνης αρχικά και στη συνέχεια το σκάλισμα των ξύλινων μελών που θα έπρεπε να συναρμοστούν στα μπρούντζινα.

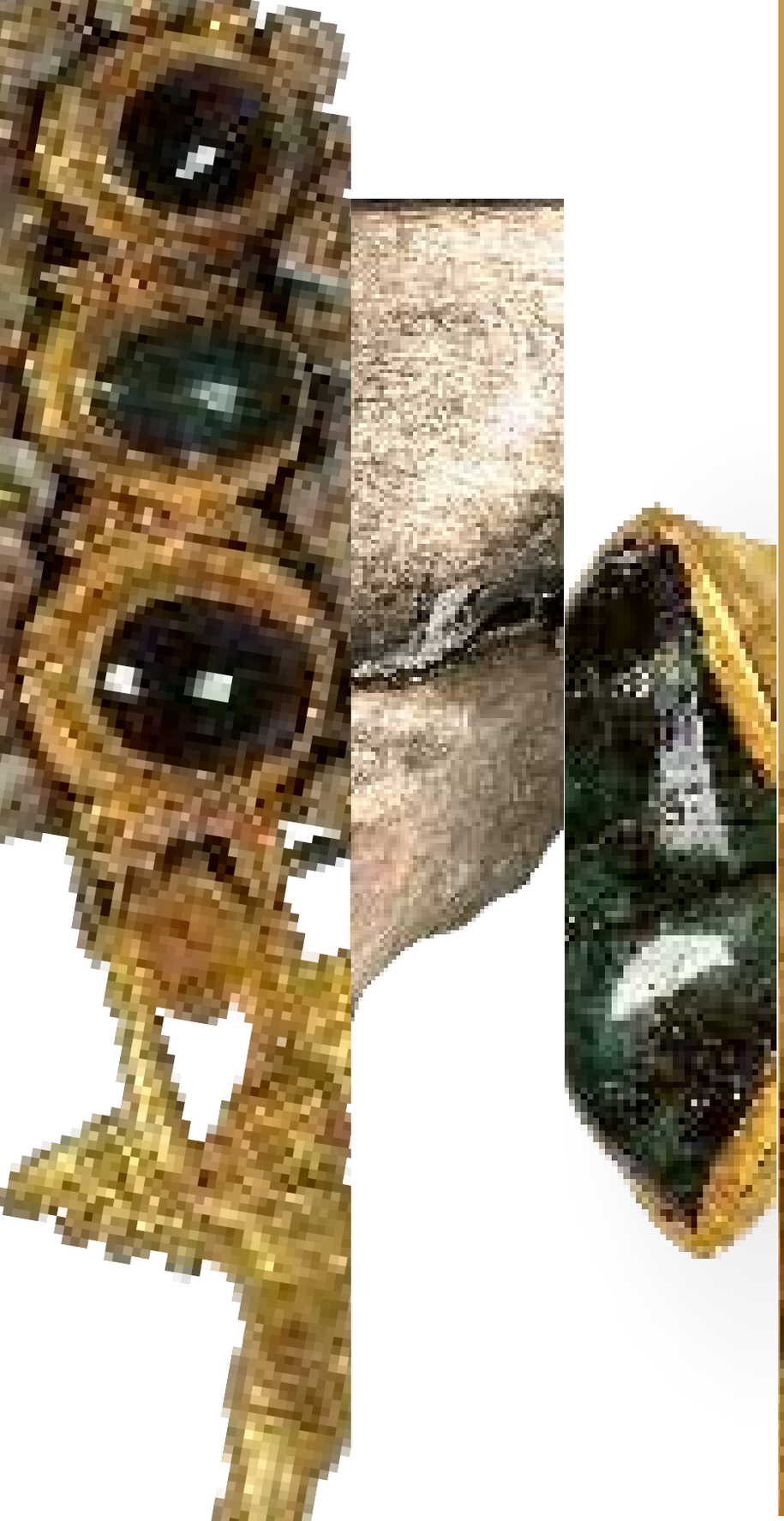


Εικ. 7. Μήτρα κατασκευής χάλκινων ποδιών κλίνης. (Π.Ι. Χατζηδάκης, *Δήλος*, 273, 433, εικ. 457. Μουσείο Δήλου Β18619, Β18620). (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

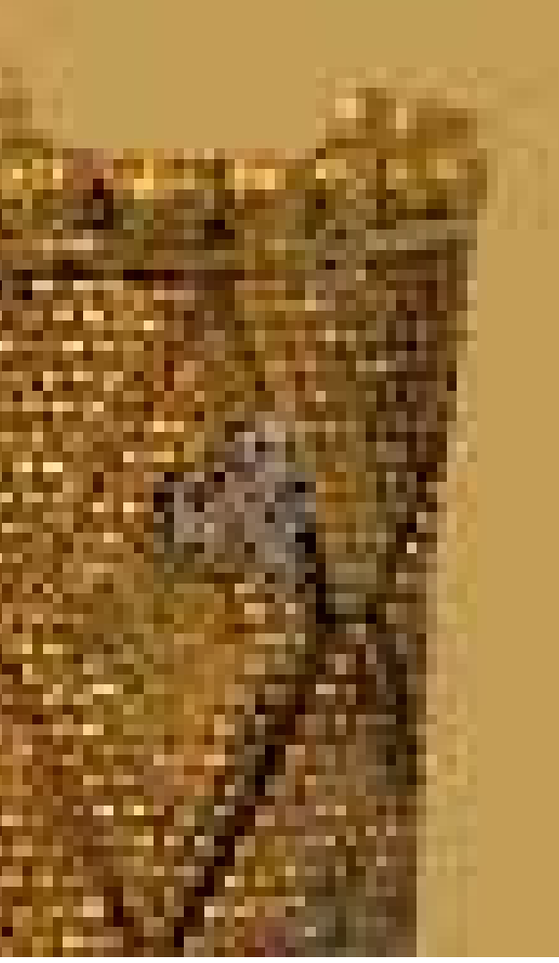
Το γεγονός ότι ανελκύσθηκαν τμήματα της κλίνης που έφεραν τον ξύλινο σκελετό μαζί με τα μεταλλικά επιθήματά του σαν ενιαία μάζα λόγω της διάβρωσης και των θαλασσίων επικαθήσεων, όπως για παράδειγμα τα πλευρικά άκρα των προσκεφαλαίων, καθώς και τα ήδη προσηλωμένα μπρούντζινα επιθήματα στον ξύλινο σκελετό, μαρτυρούν ότι οι κλίνες ήταν συναρμολογημένες κατά την φόρτωσή τους στο πλοίο.

ΝΟΜΙΚΗ ΠΑΛΑΙΟΚΡΑΣΣΑ

[Η μικροσκοπική και μακροσκοπική εξέταση του ξύλου πραγματοποιήθηκε από τον κ. Παναγιώτη Κάββουρα, Προϊστάμενο του Εργαστηρίου Ανατομίας και Τεχνολογίας του ξύλου στο Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας].



Χρυσοτεχνία - Αργυροτεχνία

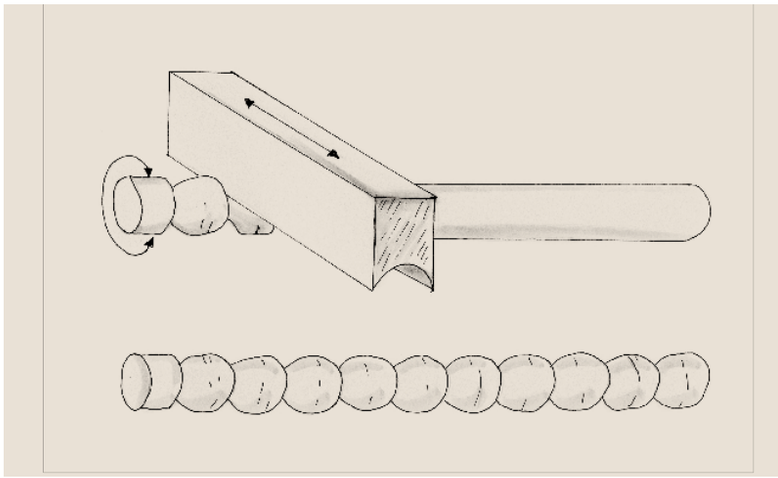


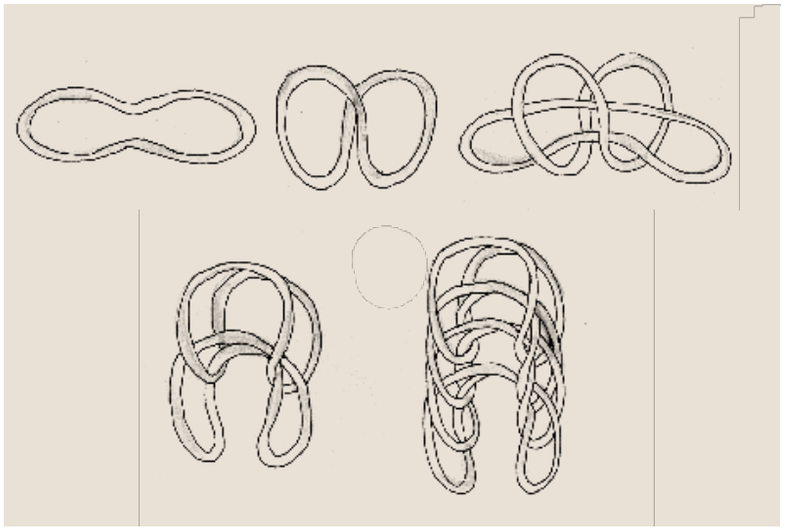
Εικ. 1. Ζεύγος ενωτίων και χρυσό ενώτιο από χρυσό, μαργαριτάρια, γρανάτη και σμαράγδι ή πλάσμα. ΕΑΜ Χρ. 1579, 1579α και ΕΑΜ Χρ. 1646. 2ος- 1ος αι. π.Χ.

Μικρός αριθμός χρυσών κοσμημάτων (τρία ενώτια με εξάρτημα, ένα δακτυλίδι και δύο θήκες με ένθετο λίθο), δύο καλυκωτά σκυφίδια και δύο κωνικοί σκύφοι από άργυρο συμπεριλαμβάνονται στο ανελκυσθέν φορτίο από το ναυάγιο.

Τα χρυσά κοσμήματα

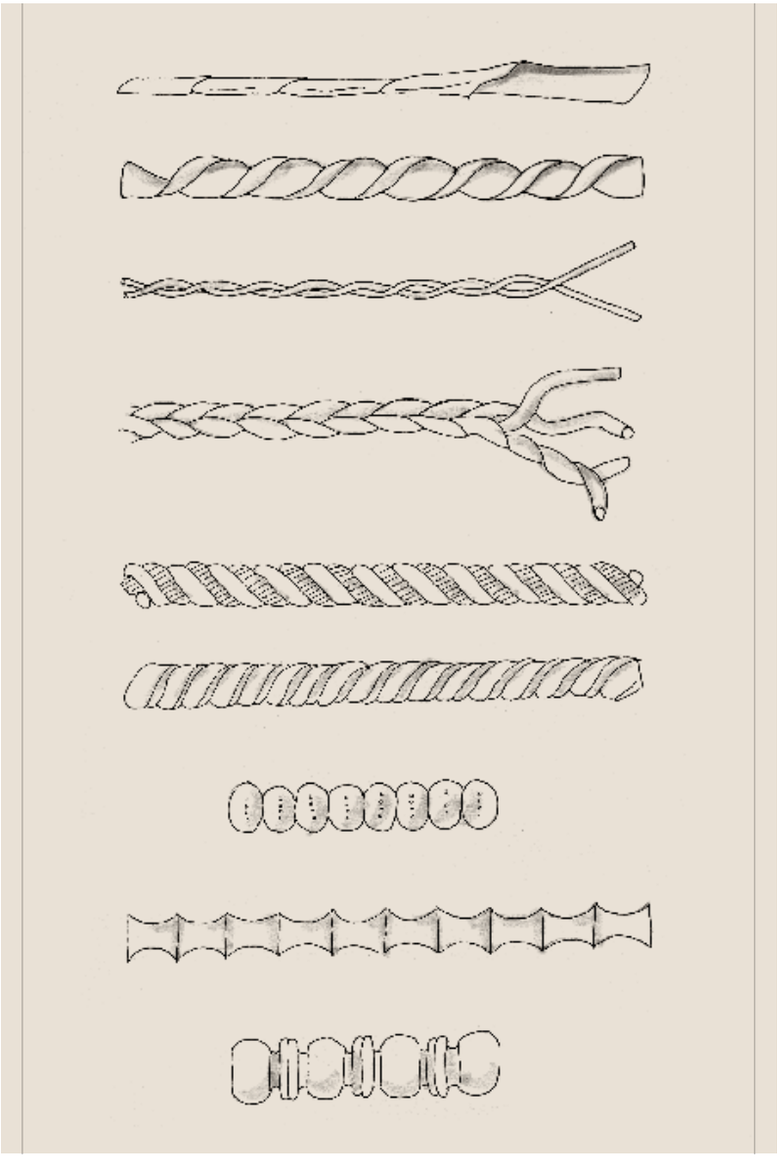
Ο χρυσός βρίσκεται σε φλέβες μεταξύ πυριτικών ορυκτών, όπως ο χαλαζίας. Με την αποσάθρωση των ορυκτών τα ψήγματα χρυσού διαχωρίζονται και με τα νερά της βροχής καταλήγουν στις κοίτες ποταμών, από όπου συλλέγονται με το γνωστό διαχωρισμό τους από την άμμο. Αναλόγως προς τον τρόπο παραγωγής τους τα χρυσά κοσμήματα διακρίνονται σε σφυρήλατα και χυτά. Καθώς η χύτευση του χρυσού, με τη μέθοδο του χαμένου κεριού, ήταν δαπανηρή λόγω της διαδικασίας αλλά και της απώλειας υλικού, χυτά ήταν ελάχιστα κοσμήματα (δακτυλίδια, μικρά εξαρτήματα). Οι τεχνίτες δημιουργούσαν τα χρυσά κοσμήματα κυρίως από σφυρήλατα ελάσματα κατάλληλου πάχους και τα διακοσμούσαν με διάφορες τεχνικές (π.χ. έκτυπη, εγχάραξη, κοκκίδωση, συρματερή). Η κοκκιδωτή τεχνική βασιζόταν στην ιδιότητα του χρυσού να μεταβάλλεται σε μικρά σφαιρίδια κατά την τήξη ελάχιστων ποσοτήτων του. Με τα σφαιρίδια αυτά στόλιζαν την επιφάνεια των κοσμημάτων σε διάφορα σχέδια και σχηματισμούς. Το σύρμα ήταν πολύ σημαντικό στην κατασκευή και διακόσμηση χρυσών κοσμημάτων (εικ. 2). Το πολύ λεπτό σύρμα κατασκευαζόταν από ελάχιστου πάχους και πλάτους ταινία χρυσού, την οποία αρχικώς έστριβαν και, στη συνέχεια, κυλούσαν μεταξύ δύο ξύλινων πλακών, ώστε να γίνει ισοπαχής και λεία. Το σύρμα, σε διάφορα πάχη, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί είτε για την κατασκευή αλυσίδων –απλών ή πλεκτών– (εικ. 3) είτε για διακόσμηση με την τεχνική της συρματερής (*filigree*), η οποία επιτυγχανόταν με τη συγκόλληση στην επιφάνεια συστημάτων συρμάτων διαφόρων μορφών (απλού, στριμμένου, κοκκιδωτού κλπ.) σε ποικίλα σχέδια (εικ. 4). Η χρήση





Εικ. 2. Επεξεργασία του σύρματος με ειδικό εργαλείο για την δημιουργία συγκεκριμένου σχεδίου στην επιφάνειά του. (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

Εικ. 3. Πλέξη αλυσίδας με θηλιά μέσα σε θηλιά και διπλή θηλιά. (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).



Εικ. 4. Διάφορα είδη δικαοσμητικών συρμάτων. (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

ημιπολύτιμων λίθων για τη διακόσμηση των κοσμημάτων ήταν ιδιαιτέρως περιορισμένη έως και τους ελληνιστικούς χρόνους, οπότε άρχισε η εισροή μεγάλων ποσοτήτων πολύτιμων και ημιπολύτιμων λίθων από την Ανατολή και άλλαξε η αισθητική της ολόχρυσης κοσμηματοτεχνίας. Ο Πλίνιος 37.12 μάλιστα συνδέει τον ενθουσιασμό για πολύτιμους λίθους και μαργαριτάρια με τον θρίαμβο του Πομπήιου (63 π.Χ.).

Για τη συγκόλληση των διαφόρων τμημάτων και στοιχείων διακόσμησης στα χρυσά κοσμήματα θα πρέπει να χρησιμοποιούσαν κάποιο εύτηκτο κράμα, ίσως αργύρου ή χαλκού, με χαμηλότερο σημείο τήξης από αυτό του χρυσού, το οποίο κατά τη θέρμανσή του έλιωνε με αποτέλεσμα τη συγκόλληση των χρυσών επιφανειών.

Τα χρυσά κοσμήματα του ναυαγίου έχουν κατασκευασθεί με συνδυασμό διαφόρων τεχνικών. Παρά την αποσπασματικότητά τους τα τρία ενώτια (ΕΑΜ Χρ 1646, ΕΑΜ Χρ 1579-1579α) (εικ. 1) συγκαταλέγονται μεταξύ των ωραιότερων και αντιπροσωπευτικότερων δειγμάτων διάλιθων κοσμημάτων από τους υστεροελληνιστικούς χρόνους (2ος-1ος αι. π.Χ.). Τα ενώτια αποτελούνται από ένα ελλειψοειδές σφυρήλατο πλακίδιο, το άγκιστρο ανάρτησης και το εξάρτημα με μορφή ερωτιδέα. Κάθε πλακίδιο φέρει τρεις επάλληλες θήκες, οι οποίες εγκλείουν λίθους, σμαράγδι ή πλάσμα (αρχ. πράσιο) πλαισιωμένο από δύο γρανάτες με κυρτή την ελεύθερη επιφάνεια (*cabochon*) σε μικρότερες υποδοχές στο καλύτερα σωζόμενο ζεύγος. Στην περίπτωση του μεμονωμένου ενωτίου, οι θήκες αυτές χωρίζονται από έλασμα με κοκκιδωτή παρυφή, ενώ στο ζεύγος έχει χρησιμοποιηθεί στριμμένο σύρμα. Οι θήκες κοσμούνται στην ελλειπτική περιφέρειά τους με μικρά μαργαριτάρια (16 ή 20 κατά περίπτωση) προσηλωμένα με μικρές καρφίδες σε θήκες, στη μία περίπτωση, και θηλιές-θήκες από πολύ λεπτό έλασμα στην άλλη. Το άγκιστρο ανάρτησης, προσκολλημένο στην πίσω επιφάνεια, διχάζεται στο κάτω μέρος του και διαμορφώνεται σε δύο κρίκους, τους οποίους διαπερνά, εν είδει μικρής στρόφιγγας, μικρή περόνη με μαργαρι-

ταρένια άκρα για την εξάρτηση του ερωτιδέα. Μικροσκοπικά αριστουργήματα είναι οι δύο σωζόμενοι ερωτιδείς, εκ των οποίων ο ένας παίζει κιθάρα και ο άλλος υψώνει πτυκτό κάτοπτρο. Οι συμπαγείς μορφές τους έχουν κατασκευασθεί με την τεχνική του χαμένου κεριού. Τα χυτά επίσης φτερά τους και το κάτοπτρο έχουν συγκολληθεί στα ειδώλια. Με εγχάραξη έχουν αποδοθεί λεπτομέρειες. Φαίνεται ότι στο ζεύγος των ενωτίων οι ερωτιδείς είχαν αντίρροπη κίνηση. Τα ενώτια αυτά, έργα του β΄ μισού του 2ου ή των αρχών του 1ου αι. π.Χ., ανήκουν στην ίδια κατηγορία με τα ευρήματα από τη Δήλο και το Παλαιόκαστρο Θεσσαλίας. Κάποιοι τα αποδίδουν σε συριακά εργαστήρια, ενώ άλλοι τα θεωρούν έργα χρυσοχόων με επιρροές από τη Μαύρη Θάλασσα και τα πτολεμαϊκά εργαστήρια της Αιγύπτου.

Η ελασμάτινη ρομβοειδής θήκη (εικ. 5) με ένθετο σμαράγδι ή πλάσμα (αρχ. πράσιο), κυφωτό στην ελεύθερη επιφάνεια (*cabochon*), πρέπει να αποτελούσε στοιχείο της κεντρικής σύνθεσης κάποιου βαρύτιμου, διάλιθου περιδεραίου του 1ου αι. π.Χ., η οποία συγκρατείτο από χρυσές αλυσίδες-κορδόνια.

Η ελλειψοειδής θήκη-σφενδόνη του β΄ μισού του 2ου -1ου αι. π.Χ. από σφυρήλατο έλασμα (εικ. 6) διακοσμείται με κοκκίδωση στο χείλος και στο εξωτερικό τοίχωμά της. Από τυπολογική άποψη η θήκη θυμίζει τα εξεζητημένα δακτυλίδια του 2ου αι. π.Χ., τα οποία έχουν τριπλό συνήθως κρίκο και κολλημένη τη θήκη-σφενδόνη με τη βοήθεια καρδιόσχημων και άλλων στοιχείων. Η θήκη τους φέρει ένθετο ημιπολύτιμο λίθο ή φυτική σύνθεση από χρυσά επισμαλτωμένα πολύχρωμα φύλλα, καλυμμένη από κυρτό κρύσταλλο. Η παραγωγή αυτών των δακτυλιδιών αναζητείται στην Αλεξάνδρεια ή τον Τάραντα χωρίς να αποκλείονται η Αντιόχεια ή ακόμη και η Ρώμη. Η απουσία οποιασδήποτε ένδειξης για σύνδεση με κρίκο καθώς επίσης και το σύστημα ελασμάτων και συρμάτων στο κάτω μέρος της θήκης εμβάλλει την ιδέα για δεύτερη χρήση του σε κάποιο πολυτελές περιδέραιο με προσηλωμένους, ένθετους σε θήκες πολύτιμους λίθους.

Εικ. 5. Θήκη με ένθετο λίθο. Χρυσός, σμαράγδι ή πλάσμα ΕΑΜ 1642. 1ος αι. π.Χ.

Εικ. 6. Χρυσή θήκη κατασκευασμένη από σφυρήλατο έλασμα. Τεχνική κοκκίδωσης. ΕΑΜ Χρ. 1643. 2ος- 1ος αι. π.Χ.

Εικ. 7. Χρυσό δακτυλίδι. ΕΑΜ Χρ. 1645. 2ος- 1ος αι. π.Χ.

Εικ. 8. Αργυρά, χυτά, καλυκωτά σκυφίδια.
ΕΑΜ Χρ. 1647, ΕΑΜ Χρ. 1648. 2ος- 1ος αι. π.Χ.

Το δακτυλίδι (εικ. 7), ίσως ανδρικό κόσμημα, είναι κατασκευασμένο από παχύ έλασμα, εσωτερικά κοίλο. Το ενιαίο σχήμα του αποτελείται από τον κρίκο, επίπεδο στην εσωτερική του επιφάνεια και κυρτό στην εξωτερική, και το συνεχή υπερυψωμένο ώμο, ο οποίος συγκλίνει για τη διαμόρφωση ελλειψοειδούς σφενδόνης. Ο ελλείπων τώρα δακτυλιόλιθος, από ημιπολύτιμο λίθο ή υαλόμαζα, θα ήταν στερεωμένος με κάποιο είδος κόλλας, ίχνη της οποίας έχουν μάλλον διατηρηθεί στην κοιλότητα του κρίκου. Δαχτυλίδια αυτού του τύπου, χρονολογούμενα στο 2ο και 1ο αι. π.Χ., έχουν βρεθεί στην Ερέτρια, τη Δήλο, την Πάτρα και τον Τάραντα.

Τα αργυρά σκεύη

Τα αργυρά άωτα σκυφίδια (εικ. 8) μιμούνται κοινό αλλά αγαπητό επιτραπέζιο δοχείο της ελληνιστικής κεραμικής για παράθεση τροφών σε μικρή ποσότητα. Το καλυκωτό σώμα και η δακτυλιόσχημη βάση τους έχουν χυτευθεί χωριστά και έχουν συγκολληθεί εκ των υστέρων. Οι άποδοι, κωνικοί σκύφοι είναι γνωστοί στην ελληνιστική κεραμική από τον 3ο αι. π.Χ. Αυτού του τύπου τα αργυρά κύπελλα, γνωστά ως *μαστοί*, αποτελούν χαρακτηριστική παραγωγή της ελληνιστικής αργυροχοΐας και είναι διαδεδομένα κατά το 2ο και 1ο αι. π.Χ. από την Παρθία έως την Ιβηρική Χερσόνησο. Οι δύο κωνικοί σκύφοι του ναυαγίου (εικ. 9) έχουν κατασκευασθεί στον τόρνο από δύο επάλληλα επικολλημένα ελάσματα από το ίδιο αλλά διαφόρου πάχους κράμα, τα οποία στη συνέχεια σφυρηλατήθηκαν. Είναι αξιοσημείωτο ότι και οι δύο τύποι αργυρών σκευών έχουν ομολόγους τους από γυαλί στο φορτίο του πλοίου, αφού τα σχήματα και το υλικό τους ήταν ιδεώδη για σκευή συμποσίου.

ΕΛΙΣΑΒΕΤ ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΥ

Εικ. 9. Αργυροί, σφυρήλατοι, κωνικοί σκύφοι με διπλά τοιχώματα. ΕΑΜ Χρ. 1649, ΕΑΜ Χρ. 1650. 2ος- 1ος αι. π.Χ.

Υαλουργία

Εικ. 1. Λοβωτή φιάλη. ΕΑΜ 23714. Α΄ μισό του 1ου αι. π.Χ.

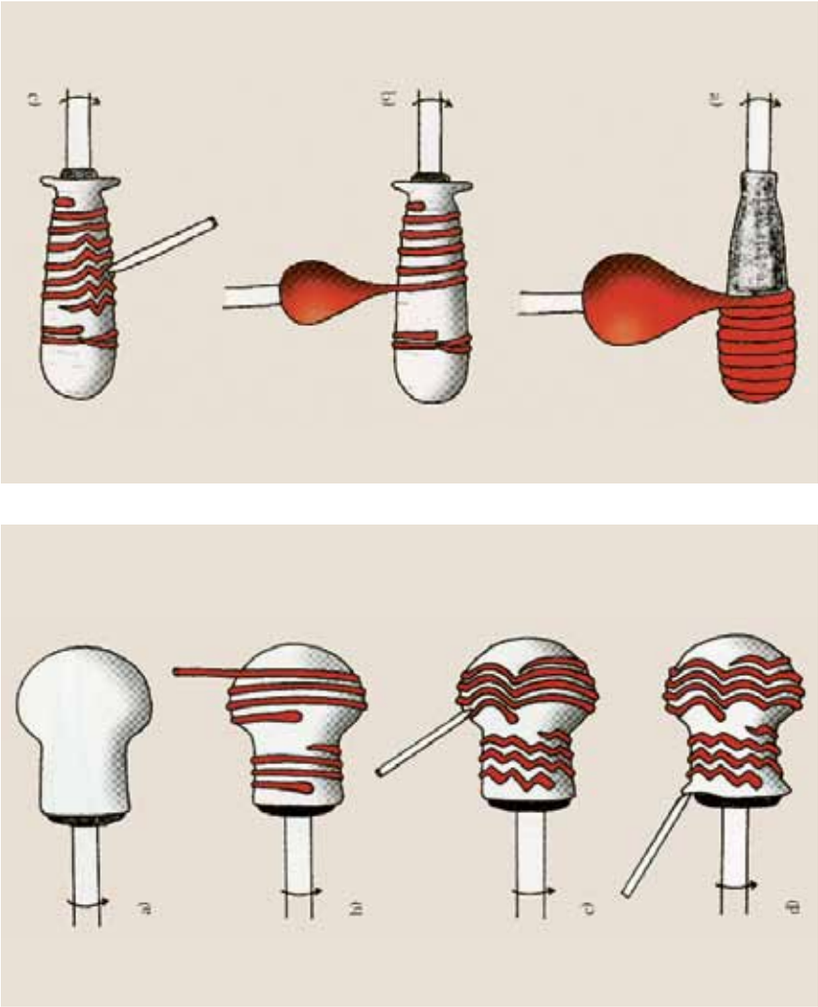
Τα ανελκυσθέντα είκοσι μονόχρωμα και πολύχρωμα αγγεία, ολόκληρα ή αποσπασματικά σωζόμενα και χρονολογούμενα στον 1ο αι. π.Χ., συνιστούν ένα μοναδικό αρχαιολογικό σύνολο, που αντιπροσωπεύει τις πλέον γνωστές και εντυπωσιακές υαλουργικές τεχνικές της ελληνιστικής εποχής.

Το μπλε αλάβαστρο (εικ. 2) αποτελεί ύστερο δείγμα της τεχνικής του πυρήνα, μίας από τις παλαιότερες υαλουργικές μεθόδους, με την οποία κατασκευάζονταν αρωματοδοχεία στο μεσογειακό χώρο ήδη από τον 7ο-6ο αι. π.Χ. Στην τεχνική αυτή (εικ. 3), το αγγείο διαμορφωνόταν γύρω από έναν πυρήνα (φτιαγμένο από άμμο και οξείδια σιδήρου) που βρισκόταν στην άκρη μιας μεταλλικής ράβδου. Πάνω στον πυρήνα περιελισσόταν μία ίνα λιωμένου γυαλιού ή εφαρμοζόταν τρίμμα γυαλιού, που έλιωνε καθώς η ράβδος εισαγόταν στο άνοιγμα του υαλουργικού κλιβάνου. Στη συνέχεια το αγγείο διακοσμείτο με περιελισσόμενες ίνες γυαλιού, που σχημάτιζαν τεθλασμένες γραμμές, γιρλάντες ή πτίλωμα και ενσωματώνονταν στην επιφάνειά του με κυλινδισμό (κύλιση σε λίθινη επιφάνεια). Τέλος, χωριστά κατασκευάζονταν και επικολλώνταν η βάση, η λαβή και το χείλος.

Τρεις αποσπασματικά σωζόμενοι σκύφοι (ΕΑΜ 23709, 23710, 23711) έχουν κατασκευαστεί με χύτευση, τεχνική που χρησιμοποιείτο ήδη από την πρώιμη αρχαιότητα. Ένας από αυτούς διασώζει τη μία από τις δύο τριμερείς λαβές του, οι οποίες είτε κατασκευάστηκαν μαζί με το υπόλοιπο αγγείο μέσα στη μήτρα είτε διαμορφώθηκαν χωριστά και, στη συνέχεια, επικολλήθηκαν στο σώμα του.

Εξαιρετικής σπανιότητας και ομορφιάς είναι ο γαλαζοπράσινος σκύφος (εικ. 4) με διακόσμηση από πολύφυλλα κλαδιά ελιάς, τα οποία ξεπηδούν μέσα από το στόμιο ενός σχηματοποιημένου αγγείου. Ίσως κατασκευάστηκε σε μήτρα και κατόπιν διακοσμήθηκε με λάξευση (δηλαδή με

Εικ. 2. Αλάβαστρο.
ΕΑΜ 23726.
Α΄ μισό του 1ου αι. π.Χ.



Εικ. 3. Τεχνική του πυρήνα [από το βιβλίο: R.S. Bianchi (επιμ.), *Reflections on Ancient Glass from the Borowski Collection* (Mainz 2002) 28 εικ. 11 και 27 εικ. 8].

αφαίρεση μάζας γυαλιού από την επιφάνειά του). Έχει όμως επίσης προταθεί η κατασκευή του με περιστροφική εμπίεση σε μήτρα (στην οποία είχε χαραχτεί το ρηχό σχέδιο, όταν ήταν ακόμη νωπή), υπόθεση η οποία υποστηρίζεται από τις περιστροφικές γραμμώσεις που διακρίνονται στο εσωτερικό του. Σύμφωνα με την τελευταία αυτή άποψη, μετά την εμπίεση η διακόσμηση πιθανότατα τονίστηκε με μικρές εγχάρακτες αυλακώσεις. Η περιστροφική εμπίεση, τεχνική που εφαρμόστηκε προς το τέλος των Κλασικών χρόνων στην κατασκευή πολυτελών άχρωμων και πολύχρωμων γυάλινων αγγείων, συνίσταται στην εμπίεση παχύρρευστου γυαλιού με ένα έμβολο μέσα σε κοίλη μήτρα ή πάνω σε κυρτή μήτρα-μορφωτή, η οποία περιστρεφόταν επάνω σε κεραμικό τροχό.

Το μεγαλύτερο από τα αγγεία που βρέθηκαν στο ναυάγιο είναι η καστανόχρυση λοβωτή φιάλη (εικ. 1) με διακόσμηση 16 λογχόσχημων φύλλων εναλλασσόμενων με 16 προεξέχοντες λοβούς και με οκτάφυλλο ρόδακα στη βάση. Οι λοβωτές φιάλες, που γύρω στα τέλη του 3ου αι. π.Χ. διαδέχθηκαν τα αγγεία που έφεραν ανάγλυφα «αμυγδαλωτά» εξάρματα, κατασκευάζονταν με χύτευση (δηλαδή με χρήση μήτρας) ή με περιστροφική εμπίεση (μορφοποίηση με εμπίεση σε μήτρα τοποθετημένη πάνω σε περιστρεφόμενο κεραμικό τροχό) από διαφανές άχρωμο ή χρωματιστό γυαλί. Οι προεξέχοντες λοβοί αποδίδονταν με κοιλότητες που είχαν σκαφτεί στη μήτρα όσο ήταν ακόμη νωπή, ενώ μετά την όπτηση χαράσσονταν πάνω στο αγγείο οι αυλακώσεις, η φυτική διακόσμηση και το κόσμημα του πυθμένα. Καθώς όμως στη φιάλη των Αντικυθήρων ο φυτικός διάκοσμος φαίνεται ανάγλυφος σε σχέση με την επιφάνεια του αγγείου, είναι πιθανόν είτε η φυτική διακόσμηση να είχε επίσης χαραχτεί στη μήτρα όσο ήταν ακόμη νωπή, είτε κατά την στίλβωση και την εγχάραξη του αγγείου πρώτα να είχε απομονωθεί με περίτμηση το σώμα του κάθε φύλλου και εν συνεχεία αυτό να είχε διακοσμηθεί.

Ανάμεσα στα αγγεία πόσης ξεχωρίζει ο άωτος αυλακωτός κωνικός σκύφος (εικ. 5) και η αποσπασματικά σωζόμενη ραβδωτή φιάλη ΕΑΜ 23715, τύποι αγγείων που σχετίζονται με την συροπαλαιστινιακή υαλουργική παραγωγή και απαντούν για πρώτη φορά στον 2ο αι. π.Χ. Οι αυλακωτοί σκύφοι, με εσωτερική ή εξωτερική διακόσμηση αυλακώσεων, συνήθως κάτω από το χείλος, κατασκευάζονταν με περιστροφική εμπίεση πάνω σε μήτρα-μορφωτή που περιστρεφόταν σε κεραμικό τροχό ή με απλή κάμψη ενός ημίεργου (προκατασκευασμένου γυάλινου δίσκου) που θερμαινόταν πάνω από κυρτό μορφωτή. Η κάμψη είναι τεχνική που εμφανίστηκε στους ελληνιστικούς χρόνους και χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή πολυτελών αγγείων ανοικτού σχήματος, όχι μόνο πάνω από κυρτούς μορφωτές, αλλά και μέσα σε κοίλες μήτρες. Οι ραβδωτές φιάλες, που χαρακτηρίζονται από τις ρηχές κατακόρυφες ραβδώσεις στο σώμα, κατασκευάζονταν με περιστροφική εμπίεση και εν συνεχεία χαρασσόταν η διακόσμησή τους.

Η πιο εντυπωσιακή ομάδα γυάλινων αγγείων που βρέθηκε στο ναυάγιο των Αντικυθήρων είναι αυτή των πολύχρωμων αγγείων, που μορφοποιήθηκαν με ψηφοθέτηση, τεχνική που αναπτύχθηκε ιδιαίτερα κατά το τέλος της Μέσης Ελληνιστικής περιόδου. Πρόκειται για ολόκληρα ή αποσπασματικά σωζόμενα αγγεία, έξι ψηφιδωτές φιάλες (εικ. 6), τέσσερις δικτυωτές, καθώς και μία ταινιωτή (εικ. 7). Κοινό τους χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη βάσης πλασμένης από ένα χωριστό δακτύλιο γυαλιού. Το βασικό συστατικό στοιχείο για την κατασκευή του ψηφιδωτού γυαλιού εί-

Εικ. 4. Άωτος σκύφος. ΕΑΜ 23712. Α΄ μισό του 1ου αι. π.Χ.
Εικ. 5. Άωτος αυλακωτός κωνικός σκύφος. ΕΑΜ 23713. Πρώιμος 1ος αι. π.Χ.

ναι τα δισκάρια, δηλαδή εγκάρσια κομμάτια μίας ή περισσότερων σύνθετων ράβδων γυαλιού (οι οποίες έχουν προκύψει από τη σύντηξη δέσμης απλών ράβδων γυαλιού), που σχηματίζουν ένα πολύχρωμο σχέδιο ορατό στη διατομή τους. Τα δισκάρια αυτά συγκεντρώνονταν και συντήσσονταν στον κλίβανο σε υψηλή θερμοκρασία, ώστε να κατασκευαστεί ένα δισκόσχημο ημίεργο. Συχνά μαζί τους συντήσσονταν και μονόχρωμα κομμάτια γυαλιού ή και τμήματα γυάλινων ινών. Στη συνέχεια ο «δίσκος» αυτός τοποθετείτο πάνω από μια κυρτή μήτρα-μορφωτή, που είχε το επιθυμητό σχήμα του υπό κατασκευή αγγείου, και επανεισαγόταν στον κλίβανο. Με τη θέρμανση του δισκόσχημου ημίεργου, το γυαλί καμπτόταν από το ίδιο του το βάρος καλύπτοντας τη μήτρα και παίρνοντας το σχήμα της (εικ. 8).

Οι δικτυωτές φιάλες, που γεννήθηκαν, μαζί με τις ψηφιδωτές, κατά τα τέλη του 3ου αι. π.Χ. σε αλεξανδρινά, πιθανότατα, εργαστήρια, κατασκευάζονταν με περιστροφική εφέλκυση στρεπτών ινών γυαλιού, οι οποίες τυλίγονταν σπειροειδώς πάνω σε μία κυρτή μήτρα-μορφωτή που περιστρεφόταν στον κεραμικό τροχό (εικ. 9).

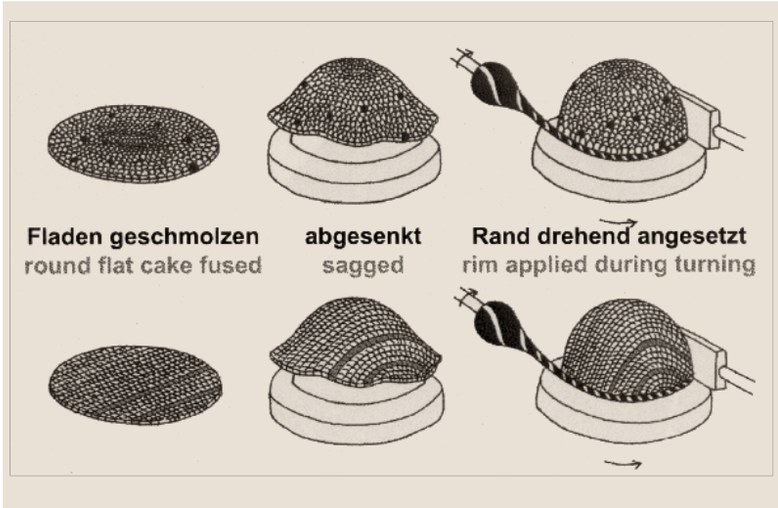
Τέλος, οι ταινιωτές φιάλες, που εμφανίστηκαν λίγο αργότερα, κατά τα τέλη του 2ου αι. π.Χ., επίσης στην Αίγυπτο, μπορούσαν να κατασκευαστούν με τον ίδιο τρόπο με τις ψηφιδωτές: ίνες γυαλιού διαμορφώνονταν σε μακρόστενες ταινίες επενδεδυμένες με άχρωμο γυαλί, και, στη συνέχεια, συγκεντρώνονταν και συντήσσονταν στον κλίβανο σε υψηλή θερμοκρασία, ώστε να κατασκευαστεί ένα δισκόσχημο ημίεργο. Ο «δίσκος» αυτός στη συνέχεια τοποθετείτο πάνω από μία κυρτή μήτρα-μορφωτή και θερ-

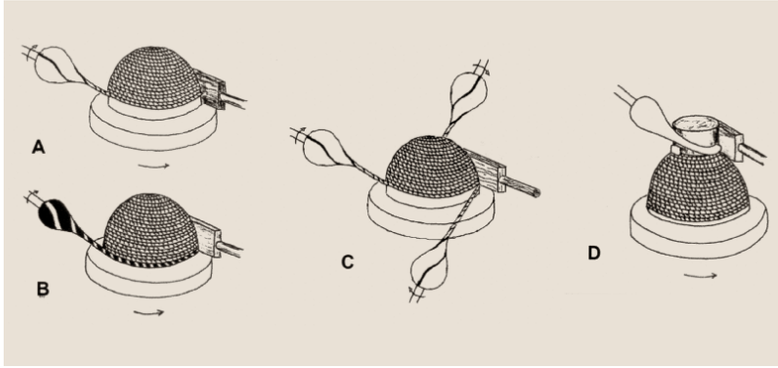
Εικ. 6. Ψηφιδωτή φιάλη. ΕΑΜ 23718. Β΄ τέταρτο 1ου αι. π.Χ.
Εικ. 7. Ταινιωτή φιάλη. ΕΑΜ 23723. Β΄ τέταρτο 1ου αι. π.Χ.

μαινόταν μέσα στον κλίβανο, ώστε να καμφθεί από το ίδιο του το βάρος καλύπτοντας τη μήτρα και παίρνοντας το σχήμα της. Ήταν όμως επίσης δυνατόν οι ίνες του γυαλιού να τοποθετούνταν σε ένα δισκόσχημο ημίεργο άχρωμου γυαλιού, και, στη συνέχεια, να γινόταν η κάμψη. Η παρουσία ενός τέτοιου άχρωμου στρώματος είναι εμφανής στην ταινιωτή φιάλη από το ναυάγιο.

Αναμφίβολα, τα γυάλινα σκεύη από το ναυάγιο των Αντικυθήρων αποτελούσαν τμήμα του φορτίου του πλοίου και, ως σημαντικά εμπορικά αγαθά, προορίζονταν για τις αγορές της Ρώμης. Η υψηλή αισθητική τους αξία τα καθιστά ιδανικό είδος πολυτελείας, που ικανοποιούσε την ανάγκη των Ρωμαίων να κοσμήσουν τους ιδιωτικούς τους χώρους με είδη χαρακτηριστικά της ελληνιστικής τρυφής.

ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΑΒΡΟΝΙΔΑΚΗ





Εικ. 8. Τεχνική κατασκευής ψηφιδωτών φιαλών [από το βιβλίο: R. Lierke, *Die nicht-geblasenen antiken Glasgefässe - ihre Herstellung von den Anfängen bis zu den Luxusgläsern der Römer. The Non-blown Ancient Glass Vessels - their Manufacturing from the Beginning to the Luxury Glasses of the Romans* (Offenbach - Main 2009) 41]. (Ευγενική παραχώρηση R. Lierke).

Εικ. 9. Τεχνική κατασκευής δικτυωτών φιαλών με σπειροειδή διακόσμηση [από το βιβλίο: R. Lierke, *Die nicht-geblasenen antiken Glasgefässe - ihre Herstellung von den Anfängen bis zu den Luxusgläsern der Römer. The Non-blown Ancient Glass Vessels - their Manufacturing from the Beginning to the Luxury Glasses of the Romans* (Offenbach - Main 2009) 40]. (Ευγενική παραχώρηση R. Lierke).

Αγγειοπλαστική

Εικ. 1. Ερυθροβαφές ημισφαιρικό κύπελλο και ερυθροβαφές πινάκιο. ΕΑΜ 30654 και ΕΑΜ 30634. 1ος αι. π.Χ.

Ενταγμένη στην καθημερινή ζωή κάθε αρχαίου πολιτισμού η κεραμική με τη μεγάλη ποικιλομορφία τύπων και κατηγοριών, είναι δυνατό να μελετηθεί μέσω ποικίλων θεματικών, όπως αυτών της παραγωγής, εξάπλωσης και χρήσης της. Μια άλλη ανάγνωση είναι αυτή της αγγειοπλαστικής, αγγειογραφίας και γενικά των τεχνικών χαρακτηριστικών κατασκευής.

Η κεραμική που μετέφερε το πλοίο του ναυαγίου στα Αντικύθηρα, το δεύτερο τέταρτο του 1ου αι. π.Χ., περιλαμβάνει διάφορες κατηγορίες. Εκπροσωπούνται διαφορετικά εργαστήρια που καταδεικνύουν και τον τόπο προέλευσης, ενώ οι χρήσεις των κεραμικών προϊόντων ποικίλλουν.

Η μεγαλύτερη ποσότητα κεραμικής είχε εμπορικό χαρακτήρα και αποτελούσε μέρος του πολύτιμου φορτίου του πλοίου. Τα ερυθροβαφή πινάκια και τα ημισφαιρικά κύπελλα της Ανατολικής Sigillata A, προϊόντα ύψιστης τυποποίησης (ΕΑΜ 30624-30632, 30634-30654, 30660) συνιστούν μέρος του πολυτελούς φορτίου του πλοίου, αφού αυτά τα αγγεία πιθανότατα προορίζονταν για τα συμπόσια των ευπόρων Ρωμαίων (εικ. 1). Αν δεν τα αγόρασαν στην Έφεσο ή στην αγορά πολυτελών αγαθών της Δήλου πριν από την καταστροφή της το 69 π.Χ., θα μπορούσαν να τα έχουν προμηθευθεί σε παραθαλάσσια κέντρα παραγωγής τους στην Κύπρο, την Κιλικία και την κοιλάδα του ποταμού Ορόντη. Εάν, μάλιστα, πρόκειται, όπως έχει προσφάτως προταθεί, για τα *rhosica vasa* του Κικέρωνος και τον *ῥωσικὸν κέραμον* του Αθηναίου, τότε η πόλη Ῥωσ(σ)ός, στην νότια πλευρά του κόλπου της Ισσού και επίνειο της Αντιοχείας είναι ένας αναμενόμενος τόπος για τη συγκεκριμένη συναλλαγή.

Δεν λείπουν και τα αγγεία μεταφοράς προϊόντων, όπως είναι οι λάγυνοι (ΕΑΜ 30680-30684, 30701-30705, 30713-30715, 30718-30730, 30759-30762 και 30771-30775) και οι οξυπύθμενου αμφορείς. Στην περίπτωση αυτή το εμπορεύσιμο είδος είναι το περιεχόμενο και όχι το ίδιο το σκεύος.

Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει στους οξυπύθμενους εμπορικούς αμφορείς (εικ. 2), αγγεία, κατεξοχήν συνδεδεμένα με τα αρχαία ναυάγια. Πρό-

κειται για αποθηκευτικά αγγεία με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και σχήμα που διευκόλυνε την ασφαλή φόρτωσή τους στα αμπάρια των πλοίων. Προορίζονταν κυρίως για τη μεταφορά υγρών (κρασί και λάδι), αλλά δεν αποκλείεται η χρήση τους και για την μεταφορά στερεών προϊόντων, όπως τα αλίπαστα.

Στο ναυάγιο των Αντικυθήρων, έχουν εντοπισθεί τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικοί τύποι οξυπύθμενων αμφορέων, που χρονολογούνται στο σύνολό τους στο πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ. Οι αμφορείς αυτοί προέρχονται από την Ρόδο (ΕΑΜ 27996, 27997, 31046) και την Κω (ΕΑΜ 28003, 30994, 30999) μεγάλα οινοπαραγωγικά κέντρα της αρχαιότητας, από την περιοχή της Εφέσου (ΕΑΜ 30993, 30998, 31000, 30997), «Ομάδα του Νικάνδρου», και από τις ακτές της Αδριατικής, ο τύπος Lamboglia 2 (ΕΑΜ 28004). Οι αμφορείς των τριών πρώτων τύπων αποτελούσαν μάλλον μέρος του φορτίου του πλοίου, ενώ αυτοί του τέταρτου θα χρησιμοποιούνταν από το πλήρωμα για την αποθήκευση νερού ή κρασιού αλλά και παστού κρέατος ή ψαριών στη διάρκεια του ταξιδιού.

Αγγεία χρηστικού χαρακτήρα συνδέονται είτε με συγκεκριμένα πρόσωπα που επέβαιναν στο πλοίο, όπως οι δύο σκύφοι (ΕΑΜ 30708, 30709) με εγχάρακτες επιγραφές που υπαινίσσονται την παρουσία κάποιων, τουλάχιστον, μελών ελληνοφώνου πληρώματος, είτε με δραστηριότητες που πραγματοποιούνταν στη διάρκεια του ταξιδιού, όπως ο ένας τουλάχιστον (εικ. 3) από τους εννέα φωτιστικούς λύχνους, που έχουν μέχρι στιγμής ανασυρθεί από το ναυάγιο, με εμφανή ίχνη χρήσης, ενώ οι δύο προχοΐσκες-ηθμοί (ΕΑΜ 30769, 30770) είναι πιθανό να διευκόλυναν την πλήρωση των λύχνων με έλαιο.

Κατασκευή

Ο κεραμικός πηλός, το συστατικό κατασκευής των πήλινων αγγείων, είναι προϊόν της διάβρωσης του εδάφους. Η σύσταση του πηλού αποτελεί ένα από τα στοιχεία αναγνώρισης των διαφόρων κατηγοριών κεραμικής και των εργαστηρίων. Η εξόρυξη του πηλού γινόταν κυρίως σε ανοικτούς, εκτεταμένους λάκκους και περιστασιακά σε υπόγειες γαλαρίες. Επακολουθούσε το στάδιο του καθαρισμού του από διάφορα ξένα σώματα, με στόχο να γίνει μια εύπλαστη μάζα, ώστε να πλάθονται τα αγγεία στον κεραμικό τροχό.

Η τεχνική της κατασκευής με τον κεραμικό τροχό αρχίζει να εξαπλώνεται στο χώρο της Ανατολικής Μεσογείου γύρω στο 3000 π.Χ. Οι αρχαίοι κεραμικοί

Εικ. 2. Οξυπύθμενοι εμπορικοί αμφορείς. 1ος αι. π.Χ.

Εικ. 3. Λύχνος με ίχνη καύσης. ΕΑΜ 30620. 1ος αι. π.Χ.

τροχοί, φτιαγμένοι από ξύλο, πέτρα ή ψημένο πηλό, περιστρέφονταν με το χέρι. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία τους ήταν να είναι "κεντραρισμένοι" μέσω ενός κοίλου εσωτερικά κυλίνδρου στήριξης, συνήθως ξύλινου (εικ. 4). Από τον 2ο αι. π.Χ. μαρτυρείται η ευρεία χρήση του ποδοκίνητου, ψηλού, κεραμικού τροχού. Τα αγγεία έχουν στην αρχή κυλινδρικό σχήμα και είναι σχεδόν πανομοιότυπα μεταξύ τους (εικ. 5). Στη φάση αυτή με ένα απλό νήμα αποσπώνται από τον τροχό, καθώς αυτός περιστρέφεται αργά, και έτσι σχηματίζεται στην κάτω επιφάνειά τους το πρώτο τεχνικό χαρακτηριστικό, που είναι ένα μοτίβο σχήματος στροβίλου. Αφού στέγνωναν, άρχιζε η τελική επεξεργασία ξανά πάνω στον κεραμικό τροχό με τη βοήθεια πήλινων σφηνών. Επόμενο στάδιο ήταν η συγκόλληση των ξεχωριστά φτιαγμένων τμημάτων τους, κυρίως των λαβών αλλά και κάποιων διακοσμητικών, ανάγλυφων κυρίως, στοιχείων.

Με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω έχουν κατασκευαστεί όλα σχεδόν τα αγγεία που ανελκύσθησαν από το ναυάγιο των Αντικυθήρων, εκτός από τους μεγαρικούς σκύφους και ίσως τα μεγάλης διαμέτρου πινάκια της ερυθροβαφούς επιτραπέζιας κεραμικής.

Οι μεγαρικοί σκύφοι αντιπροσωπεύουν την τεχνική κατασκευής ολόκληρων αγγείων από ανάγλυφες μήτρες. Για την κατασκευή των καλουπιών χρησιμοποιούνταν θετικές μήτρες, όπως και για την παραγωγή των μεταλλικών αγγείων. Όσον αφορά στα μεγάλης διαμέτρου πινάκια της ερυθροβαφούς επιτραπέζιας κεραμικής, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι παράγονταν σε εργαστήρια που χαρακτηρίζονταν από υψηλό βαθμό τυποποίησης και κατασκευάζονταν εν μέρει, επίσης, με τη χρήση μήτρας (εικ. 6).

Διακόσμηση

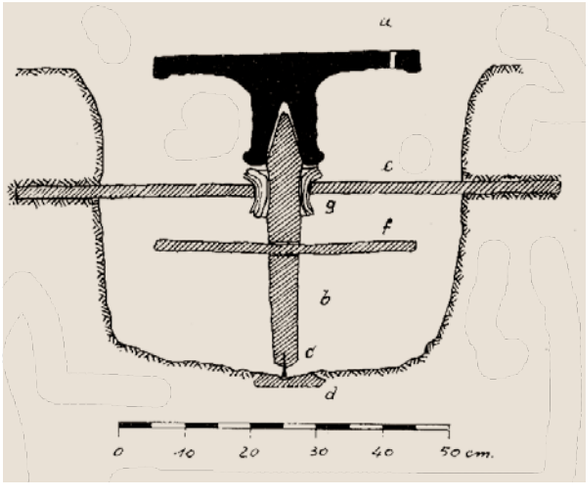
Όταν είχαν ολοκληρωθεί όλα τα στάδια επεξεργασίας πάνω στον κεραμικό τροχό, τα αγγεία λειαίνονταν προσεκτικά με ένα υγρό κομμάτι δέρματος και ακολουθούσε η διακόσμηση (εικ. 7).

Τα αγγεία του ναυαγίου των Αντικυθήρων είναι: α) ακόσμητα, β) λευκού βάθους (ορισμένες λάγυνοι), που φέρουν επίχρισμα από κατάλληλα επεξεργασμένο πηλό, ο οποίος με τις κατάλληλες συνθήκες όπτησης στον κεραμικό κλίβανο αποκτούσε διάφορες χρωματικές διαβαθμίσεις, γ) εμβαπτισμένα σε αραιωμένο διάλυμα πηλού, με αποτέλεσμα κάποια χρωματική διαφοροποίηση μέρους της επιφάνειά τους. Οι λύχνοι (ΕΑΜ 30616, 30617, 30618, 30623) φέρουν ανάγλυφη διακόσμηση, που επιτυγχανόταν με τη χρήση μητρών, ενώ η ερυθροβαφής και η μελαμβαφής επιτραπέζια κεραμική έφεραν εμπίεστη διακόσμηση. Πρόκειται για συγκεκριμένο τρόπο διακόσμησης ο οποίος γινόταν με την πίεση μικρών σφραγίδων με λεπτοδουλεμένα διακοσμητικά θέματα, κυρίως φυτικά, πάνω στον άψητο ακόμα πηλό. Τα πινάκια της ερυθροβαφούς κεραμικής και λιγότερο τα κύπελλα, φέρουν στο κέντρο του πυθμένα μικρούς αυλακωτούς κύκλους ή εμπίεστο ρόδακα και διακόσμηση από πέντε εμπίεστα ανθέμια ή φύλλα, κυκλικά διατεταγμένα που περιβάλλονται από πολλαπλούς "οδοντωτούς" ομόκεντρους κύκλους.

Όπτηση (ψήσιμο)

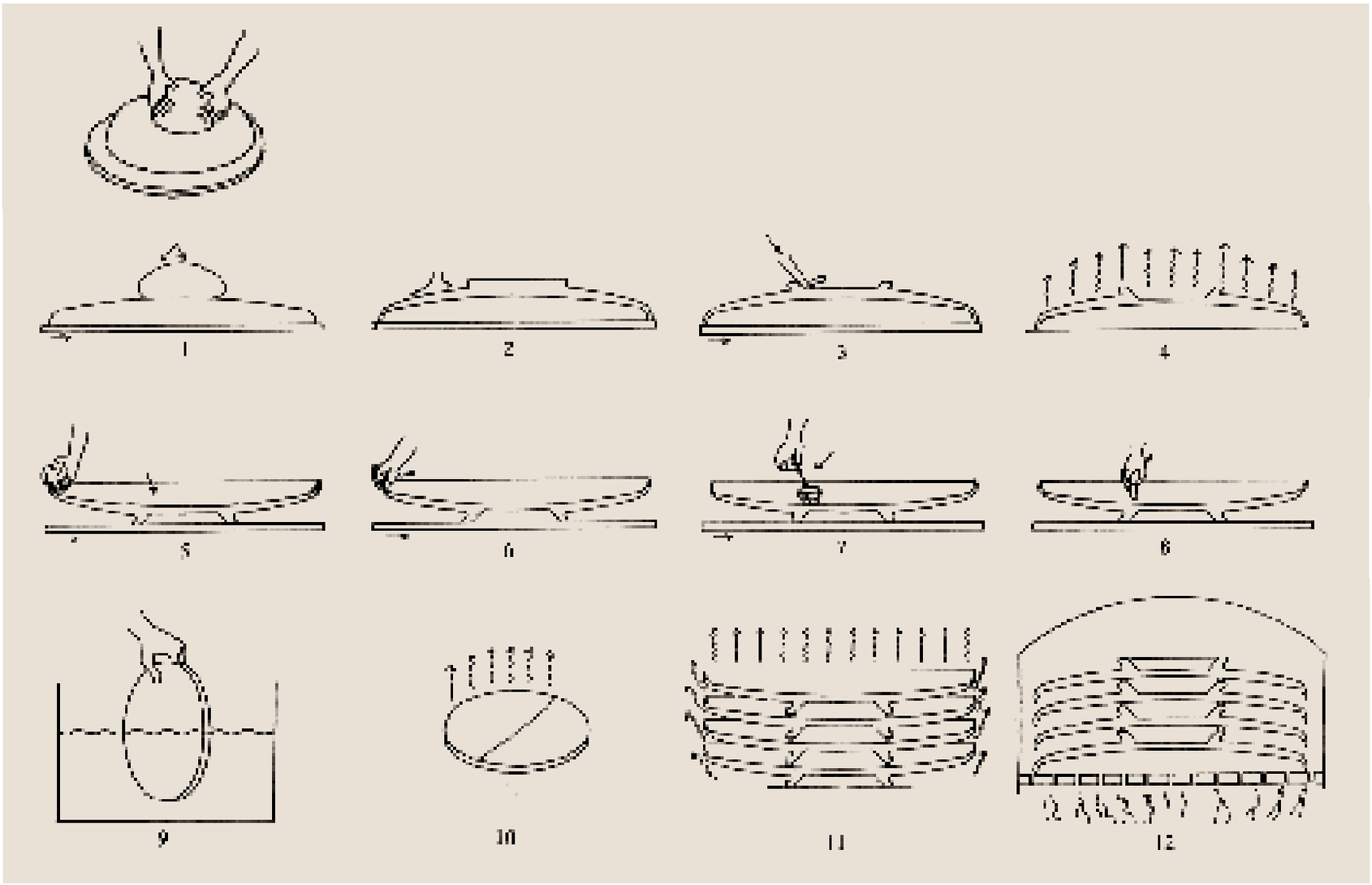
Το τελευταίο στάδιο κατασκευής των πήλινων αγγείων ήταν το ψήσιμο. Οι αρχαίοι κεραμικοί κλίβανοι ήταν υπέργειοι κτιστοί φούρνοι, με τη φωτιά να ανεβαίνει από χαμηλά (εικ. 8). Αποτελούνταν από το σκαμμένο στη γη θάλαμο, με τον αγωγό τροφοδοσίας για τη φωτιά, και τον υπέργειο θολωτό θάλαμο, κυκλικής συνήθως διατομής, όπου στοιβάζονταν τα άψητα αγγεία το ένα πάνω στο άλλο για την όπτηση. Το πήλινο δάπεδο που χώριζε τους δύο χώρους ήταν διάτρητο για να αφήνει τη θερμότητα να κυκλοφορεί ανάμεσα στα αγγεία. Στην οροφή ένα άνοιγμα, που έφραζε κατά βούληση με μια πλάκα, διευκόλυνε τη διαφυγή του καπνού και την είσοδο του οξυγόνου. Μία ή δύο μικρές πλευρικές οπές, που έφραζαν εύκολα, επέτρεπαν στον κεραμέα να ελέγχει τη θερμοκρασία από το χρώμα της φλόγας και την πορεία της όπτησης με τα δοκιμαστικά κεραμικά που ανέσυρε από τον θάλαμο. Το ψήσιμο ολοκληρωνόταν σε τρία διαδοχικά στάδια.

Με συνεχή τροφοδοσία της φωτιάς ύστερα από οκτώ ή εννιά ώρες, η θερμοκρασία έφθανε γύρω στους 940^0-950^{0}C. Τα αγγεία πυρακτώνονταν και με την επίδραση του οξυγόνου στον σιδηρούχο πηλό, που έμπαινε από τα δύο ανοίγματα, την οπή της οροφής και τον αγωγό τροφοδοσίας, γίνονταν κατακόκκινα. Όταν το ψήσιμο έφθανε σε αυτό το σημείο, ο κεραμέας τροφοδοτούσε τη φωτιά με χλωρά κλαδιά για να δημιουργηθούν καπνοί και έφραζε και τα δύο ανοίγματα. Έτσι σε μια θερμοκρασία γύρω στους 900^{0}C η ατμόσφαιρα μέσα στο καμίνι με το μονοξείδιο του άνθρακα από τον καπνό μετατρεπόταν από οξειδωτική σε αναγωγική και τα αγγεία μαύριζαν τελείως. Τότε ο κεραμέας άνοιγε ξανά την οπή της οροφής και τον αγωγό

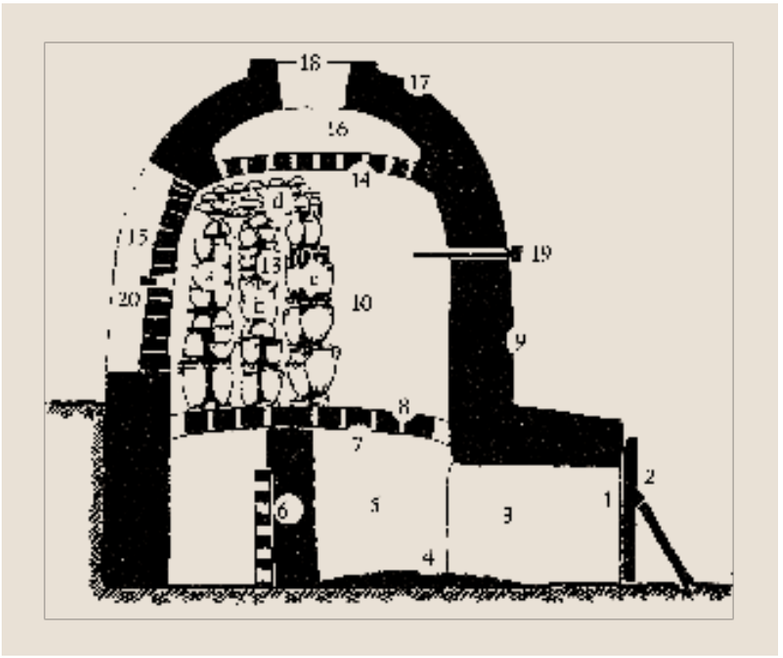


Εικ. 4. Κεραμικός τροχός. 7ος αι. π.Χ. Αναπαράσταση R. Hampe (*Ein kretische Töpferscheibe*, εικ. 1.)

Εικ. 5. Κεραμέας ασχολείται με το πλάσιμο μάζας πηλού πάνω σε δίσκο κεραμικού τροχού, το οποίο στρέφει γυμνό αγόρι στα δεξιά. Από μελανόμορφη μικρογραφική κύλικα με τον τρόπο του Ζωγράφου των Κενταύρων. Καλσρούη, Badisches Landesmuseum, αρ. 67/90. Από την Ετρουρία. 540-530 π.Χ. (Σχ. Θ. Κοτσιγιάννης).



Εικ. 6. Στάδια κατασκευής των πινακίων ESA. (Σχ. από H. Meyza, "Early Eastern Sigillata A from Paphos, Cyprus". *Πρακτικά Ε΄ Επιστημονικής Συνάντησης για την Ελληνιστική Κεραμεική*, Αθήνα 2000, 238, εικ. 1).



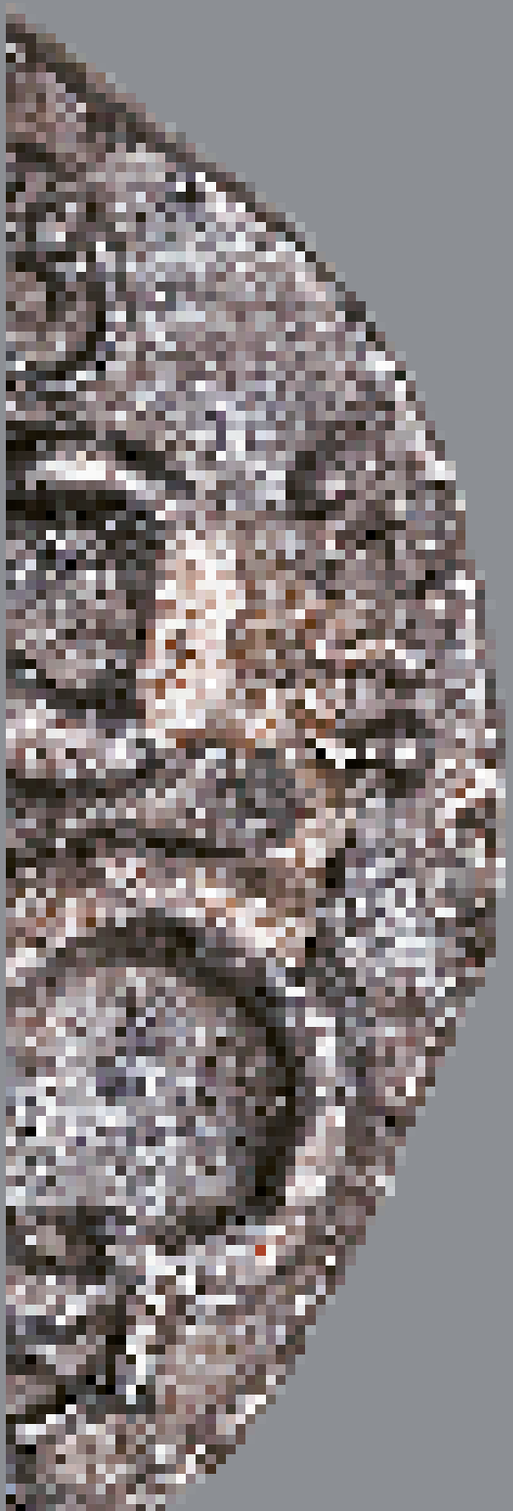
Εικ. 7. Νεαρός αγγειογράφος ασχολείται με τη διακόσμηση αγγείου. Από ερυθρόμορφη κάλπιδα του Ζωγράφου του Λένιγκραντ. Μιλάνο Ιδιωτική Συλλογή. Από το Ruvo. 470-460 π.Χ. (Σχ. Θ. Κοτσιγιάννης).

Εικ. 8. Αρχαίος κεραμικός κλίβανος. (Σχεδιαστική αναπαράσταση από Winter, *Antike Glantzonkeramik*, εικ. 9).

τροφοδοσίας, ώστε να κυκλοφορήσει ο αέρας, και άφηνε τον κλίβανο να κρυώσει. Το οξυγόνο που έμπαινε τώρα στον θάλαμο επανοξείδωνε τον πηλό, όπου δεν ήταν καλυμμένος με το «γάνωμα», και επανέφερε το ερυθρό χρώμα. Το «γάνωμα» όμως διατηρούσε το μαύρο γυαλιστερό χρώμα του, καθώς περιείχε αλκάλια, που τα μόριά τους στις υψηλές θερμοκρασίες των 900^0-950^0C, μετά τη σύντηξη, έκλειναν τους πόρους του αγγείου και δεν επέτρεπαν τη διείσδυση και επίδραση του οξυγόνου.

Παρόλο που η κεραμεική συγκαταλέγεται στα λιγότερο εντυπωσιακά ευρήματα από το ναυάγιο, η κατασκευή της προϋπέθετε εξειδικευμένους τεχνίτες και γνώση, ενώ αντικατοπτρίζει και αυτή τις ιδιαίτερες τεχνικές δεξιότητες του αρχαίου κόσμου. Εξάλλου ο πηλός, ένα υλικό κατασκευής, ιδιαίτερα προσιτό και φθηνό έδωσε τη δυνατότητα σε όλους τους πολιτισμούς να δημιουργήσουν έργα τέχνης εφάμιλλα των τεχνουργημάτων από πολύτιμα υλικά, αλλά και να αναπτύξουν την καλλιτεχνική τους δεξιότητα, κάνοντας την κεραμική τέχνη μία από τις πιο ζωτικής σημασίας βιοτεχνίες.

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΓΚΑΔΟΛΟΥ



Νομισματοκοπία

Εικ. 1. Αργυρό κιστοφορικό τετράδραχμο Περγάμου, από το ναυάγιο των Αντικυθήρων. Χρονολογία κοπής: 95-92 π.Χ. Αθήνα, Νομισματικό Μουσείο, ΒΠ 707: 19.024/2.

Τα αργυρά και χάλκινα νομίσματα που βρέθηκαν στο ναυάγιο των Αντικυθήρων χρονολογούνται από το δεύτερο μισό του 3ου έως και τον 1ο αι. π.Χ. (εικ. 1). Από άποψη κατασκευαστική είναι προϊόντα μιας σχετικά απλής μεθόδου που εφαρμόστηκε από τα τέλη του 7ου ή τις αρχές του 6ου αι. π.Χ. για τη μαζική παραγωγή κερματόμορφου χρήματος με την εγγύηση επίσημων αρχών, μία σημαντική τεχνολογική πρόοδος στην αποτίμηση αγαθών και υπηρεσιών και στη διεξαγωγή των συναλλαγών. Κατασκευάστηκαν με το χτύπημα μεταλλικών δίσκων, των πετάλων, ανάμεσα σε δύο σφραγίδες με εγχάρακτες παραστάσεις. Ο τρόπος αυτός κατασκευής αφορά στη συντριπτική πλειονότητα των νομισμάτων στην αρχαιότητα, καθώς σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις, νομίσματα ιδιαιτέρου σχήματος ή σημαντικά μεγάλου μεγέθους κατασκευάζονταν με χύτευση.

Στοιχεία για την τεχνολογία κατασκευής των νομισμάτων στην αρχαιότητα με τη μέθοδο του χτυπήματος αντλούνται από παρατηρήσεις στα ίδια τα νομίσματα, από τον περιορισμένο αριθμό σχετικών εργαλείων που έχουν διασωθεί από διάφορες χρονικές περιόδους, από λίγες σχετικές απεικονίσεις, καθώς και από περιπτώσεις καταγραφής παρόμοιων πρακτικών στη νεώτερη εποχή. Πρόκειται για μια ιδιαίτερα απλή μέθοδο όπου χρησιμοποιούνταν μικρός αριθμός εργαλείων από ένα περιορισμένο προσωπικό. Τα βασικά εργαλεία ήταν ένας κλίβανος για τη θέρμανση των πετάλων, λαβίδες για τη μεταφορά τους, ένας ζυγός για τον έλεγχο του βάρους τους, ένα ζεύγος σφραγίδων -ο «ακμονίσκος» με την παράσταση της εμπρόσθιας όψης και ο «χαρακτήρ» με την παράσταση της οπίσθιας όψης των νομισμάτων- ένας άκμονας για τη στερέωση του «ακμονίσκου» και μια σφύρα για το κτύπημα του «χαρακτήρα». Ορισμένα από αυτά απεικονίζονται στην οπίσθια όψη δηναρίου της Ρωμαϊκής Δημοκρατίας που χρονολογείται το 46 π.Χ. (εικ. 2).

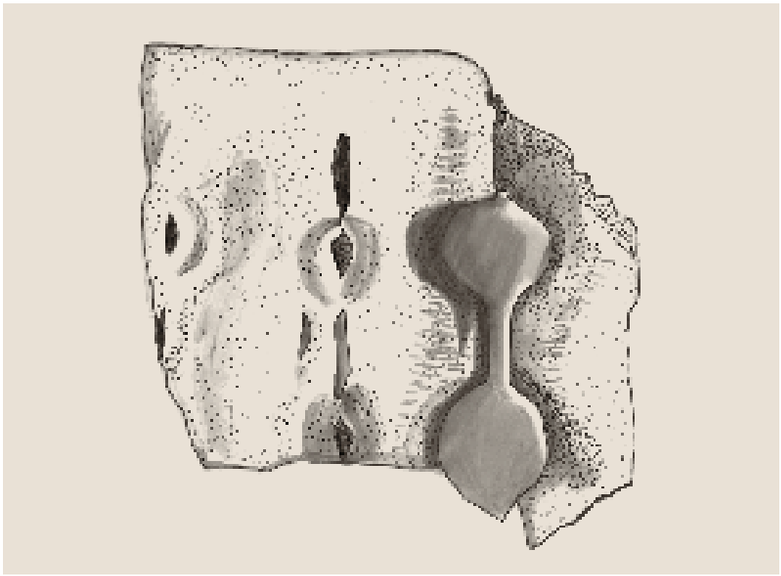
Η διαδικασία κατασκευής νομισμάτων δεν απαιτούσε την ύπαρξη μόνιμων εγκαταστάσεων. Μόνο σε περιπτώσεις όπου η νομισματική παραγωγή ήταν μεγάλη και σταθερή πρέπει η διαδικασία να γινόταν σε κάποιο ειδικό μόνιμο κτήριο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νομισματοκοπείο της Αθήνας,

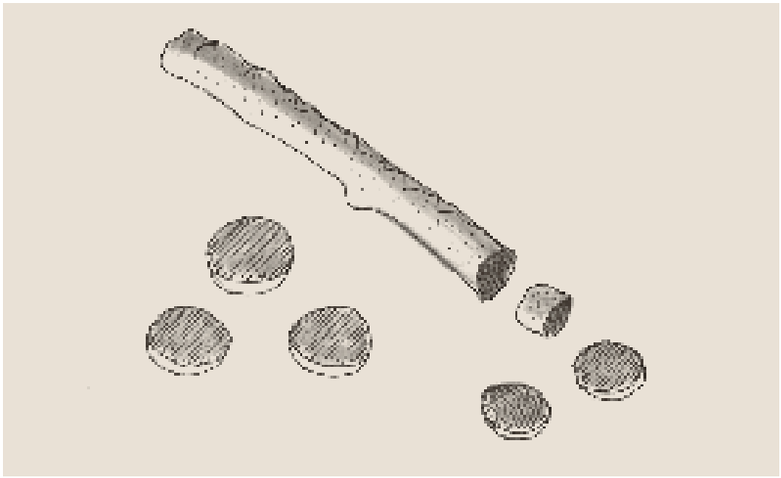
που λειτουργούσε στο ανατολικό άκρο της νότιας πλευράς της Αγοράς από τα τέλη του 5ου έως τα τέλη του 1ου αι. π.Χ. Πρόκειται για ένα κτήριο διαστάσεων 27x38 μέτρα με διαφορετικού μεγέθους δωμάτια γύρω από μια υπαίθρια αυλή.

Κατασκευή σφραγίδων κοπής: οι σφραγίδες κατασκευάζονταν είτε από σίδηρο είτε από μπρούντζο. Στην επιφάνειά τους ειδικοί χαράκτες χάραζαν εσώγλυφα τις παραστάσεις και τις επιγραφές που θα αποτυπώνονταν στις δύο όψεις του κάθε πετάλου χρησιμοποιώντας μικρές σφήνες, γλυφίδες διαφόρων μεγεθών, και πιθανώς τρυπάνι. Πρόκειται για μια τεχνική στενά συνδεδεμένη με την τέχνη εγχάραξης σφραγιδολίθων, η οποία αναπτύχθηκε αρκετούς αιώνες πριν από την επινόηση του νομίσματος. Είναι πολύ πιθανόν οι ίδιοι χαράκτες να φιλοτεχνούσαν τόσο σφραγίδες κοπής νομισμάτων όσο και σφραγιδόλιθους. Κάποιοι μάλιστα από αυτούς υπέγραφαν τις δημιουργίες τους ενσωματώνοντας το όνομα ή τα αρχικά τους στο σχέδιο. Καθώς η χάραξη γινόταν με το χέρι, σφραγίδες που φέρουν όμοιες παραστάσεις διαφέρουν μεταξύ τους στις λεπτομέρειες. Είναι πιθανόν, όταν υπήρχε ανάγκη έκδοσης μεγάλων ποσοτήτων νομισμάτων, να κατασκευάζονταν πολλές παρόμοιες σφραγίδες με ταχύτερους ρυθμούς χρησιμοποιώντας την πρακτική της θετικής σφραγίδας. Σε αυτές τις περιπτώσεις κατασκευαζόταν μια σφραγίδα από μέταλλο η οποία έφερε την παράσταση ανάγλυφη. Στη συνέχεια, η παράσταση αποτυπωνόταν εσώγλυφη στη θερμασμένη επιφάνεια των σφραγίδων κοπής και οι τεχνίτες επεξεργάζονταν με το χέρι τις λεπτομέρειες της παράστασης στην κάθε σφραγίδα.

Κατασκευή πετάλων: καθοριστικά για την αξία του κάθε νομίσματος ήταν η μεταλλική σύνθεση, το μέγεθος και το βάρος τους. Γι' αυτό και ήταν ιδιαίτερα σημαντικό για την παραγωγή μιας νομισματικής σειράς τα πέταλα να έχουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Τα πέταλα κατασκευάζονταν από χρυσό, άργυρο, χαλκό ή κράματά τους σε εργαστήρια όπου λειτουργούσαν μεταλλευτικοί κλίβανοι. Η κατασκευή τους γινόταν είτε με τη χύτευση του μετάλλου σε λίθινες ή πήλινες μήτρες (εικ. 3) είτε με τον τεμαχισμό μεταλλικών κυλινδρικών ράβδων

Εικ. 2. Ρωμαϊκή Δημοκρατία, δηνάριο, χρονολογία κοπής: 46 π.Χ. (νομισματοκόπος: T. Carisius). Classical Numismatic Group, Auction 90 (23/05/2012), αρ. 1367.





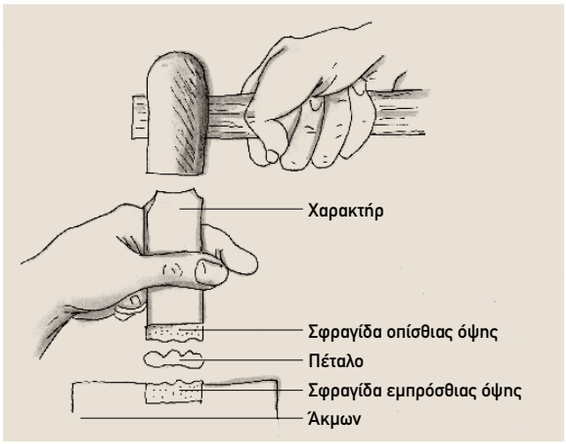
Εικ. 3. Μήτρα για χύτευση πετάλων και ζεύγος πετάλων συνδεδεμένο με στέλεχος από την Πάφο, 2ος-1ος αι. π.Χ. (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

Εικ. 4. Ράβδος μετάλλου και πέταλα από την Πέλλα, 2ος αι. π.Χ. (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

(εικ. 4). Σε ορισμένες περιπτώσεις προκειμένου να εξοικονομηθεί χρόνος αλλά και να περιοριστεί το κόστος που απαιτούνταν για την παραγωγή τους, χρησιμοποιούνταν ως πέταλα παλαιότερα νομίσματα. Το σχήμα και το πάχος των πετάλων παρουσίαζαν διαφοροποιήσεις κατά εποχές και εξαρτιόνταν από τις μεθόδους παρασκευής τους, αλλά και από τις τεχνοτροπικές τάσεις κάθε εποχής. Κατά τη διάρκεια της Ελληνιστικής περιόδου τα πέταλα είναι μικρότερου πάχους και μεγαλύτερης διαμέτρου από παλαιότερες εποχές, χαρακτηριστικά που παρατηρούνται σε όλα τα κιστοφορικά τετράδραχμα του θησαυρού από το ναυάγιο (εικ. 1).

Για την κατασκευή των χυτών πετάλων χρησιμοποιούνταν διάφορες μορφές μητρών. Τα πέταλα μπορούσαν να κατασκευαστούν μεμονωμένα με τη χύτευση του μετάλλου σε ανοιχτές μήτρες, που έφεραν κυκλικές βαθύνσεις ανεξάρτητες μεταξύ τους. Η μέθοδος αυτή ίσως προτιμούνταν περισσότερο για την παρασκευή πετάλων από πολύτιμα μέταλλα ώστε να εξασφαλιστεί η απαραίτητη ακρίβεια βάρους. Τα πέταλα μπορούσαν επίσης να κατασκευαστούν κατά ζεύγη ή ομάδες σε μήτρες που έφεραν κοιλότητες συνδεόμενες μεταξύ τους με αυλακώσεις. Με αυτή την τεχνική τα πέταλα συνδέονταν μεταξύ τους με λεπτά στελέχη, τα οποία στη συνέχεια αποκόβονταν. Στοιχεία της παρατηρούνται στο εύρημα από την Πάφο της Κύπρου (εικ. 3) και σε νομίσματα από τα οποία δεν αφαιρέθηκαν εντελώς τα στελέχη σύνδεσης.

Διαδικασία κοπής: Οι τεχνίτες συνήθως θέρμαιναν τα πέταλα, ώστε να είναι σχετικά μαλακά, και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας μια λαβίδα τα τοποθετούσαν ένα-ένα πάνω στον «ακμονίσκο», που ήταν στερεωμένος στον άκμονα. Πάνω από το πέταλο τοποθετούσαν κρατώντας τον με το χέρι το «χαρακτήρα» και τον χτυπούσαν με μία σφύρα, έτσι ώστε στις δύο όψεις του πετάλου να αποτυπωθούν οι παραστάσεις των δύο σφραγίδων διαμορφώνοντάς το σε νόμισμα (εικ. 5). Στην περίπτωση όπου τα πέταλα χτυπιόνταν χωρίς προηγουμένως να έχουν θερμανθεί, η διαδικασία ήταν ευκολότερη όσον αφορά στην τοποθέτησή τους ανάμεσα στις δύο σφραγίδες, ωστόσο απαιτούνταν μεγαλύτερη δύναμη



Εικ. 5. Σχεδιαστική αναπαράσταση του τρόπου κοπής αρχαίων νομισμάτων. (Αναπαραγωγή σχεδίου Ν. Ρουμελιώτη).

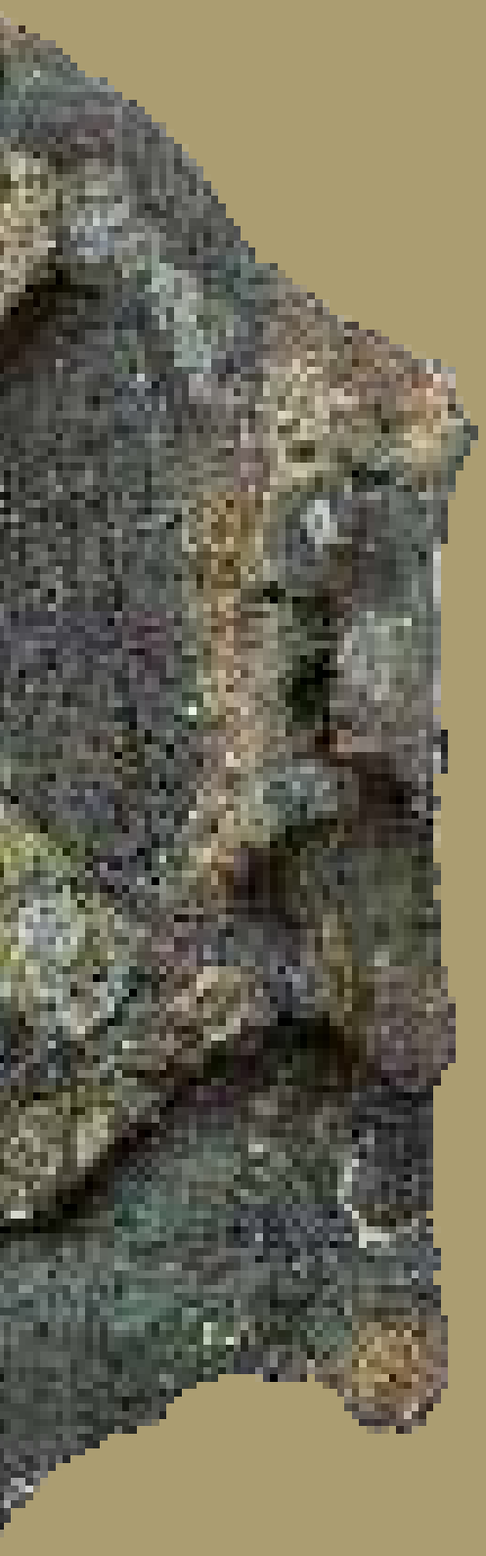
Εικ. 6. Paestum (Ποσειδωνία), semis (ήμισυ), χρονολογία κοπής: αρχές 1ου αι. π.Χ. Από *Numismatica Ars Classica*, Auction 27 (12-05-2004), αρ. 41.

και ίσως περισσότερα χτυπήματα προκειμένου να σφραγιστούν ικανοποιητικά. Η λειτουργία ενός νομισματοκοπείου απεικονίζεται στην οπίσθια όψη χάλκινου νομίσματος του Paestum (Ποσειδωνία) στην Κάτω Ιταλία, όπου παρίστανται δύο τεχνίτες να κόβουν νομίσματα (εικ. 6). Πρόκειται για μια από τις πρωιμότερες σχετικές παραστάσεις και χρονολογείται στις αρχές του 1ου αιώνα π.Χ., τότε δηλαδή που εκδόθηκαν και τα περισσότερα νομίσματα που βρέθηκαν στο ναυάγιο.

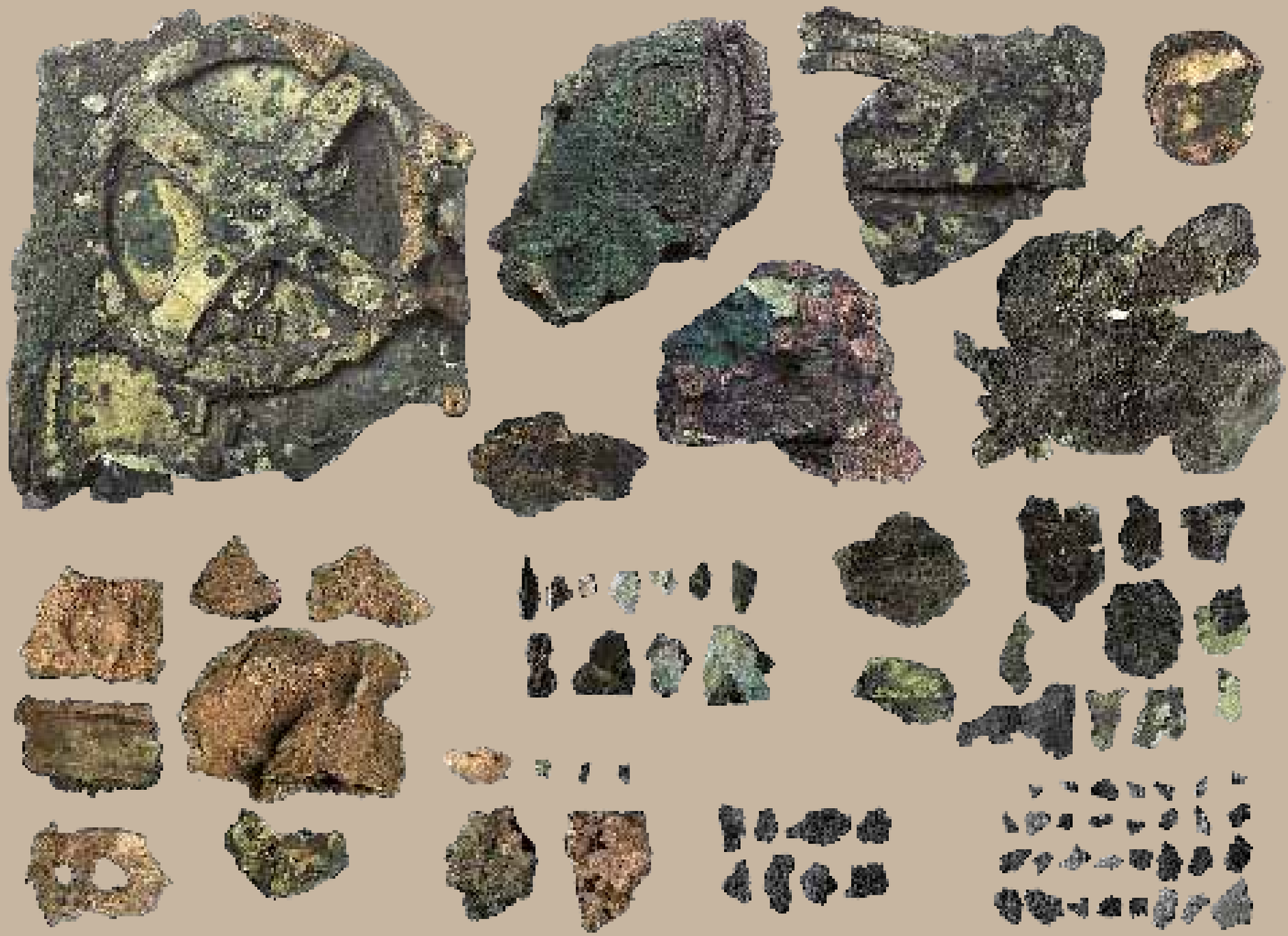
Καθώς το χτύπημα γινόταν με το χέρι, η κινητή σφραγίδα της οπίσθιας όψης μπορούσε να τοποθετηθεί σε διάφορες θέσεις σε σχέση με τη στερεωμένη σφραγίδα της εμπρόσθιας όψης. Συνεπώς, σε αρκετές περιπτώσεις η σχέση του άξονα του εμπροσθοτύπου με τον άξονα του οπισθοτύπου του κάθε νομίσματος μπορούσε να ποικίλει. Ωστόσο, κατά την Ελληνιστική περίοδο γίνεται εμφανής η προσπάθεια, η σχέση των αξόνων των παραστάσεων στις δύο όψεις των νομισμάτων να είναι σταθερή. Πιο συχνά και οι δύο παραστάσεις αποτυπώνονται κατακόρυφες στις 360^0 και ενίοτε η μία από αυτές ανεστραμμένη στις 180^0. Το χαρακτηριστικό αυτό παρατηρείται και στα νομίσματα από το ναυάγιο, όπου ασχέτως του μετάλλου ή του τόπου έκδοσής τους τα περισσότερα φέρουν και τις δύο παραστάσεις στη θέση των 360^0, ενώ τα υπόλοιπα στις ελαφρά διαφοροποιημένες θέσεις των 330^0 ή 30^0. Η γενικευμένη αυτή πρακτική υποδεικνύει ότι οι σφραγίδες πρέπει να έφεραν κάποιους οδηγούς, όπως εγκοπές ή ανάλογα σημάδια, οι οποίοι βοηθούσαν τους τεχνίτες να προσαρμόζουν με ακρίβεια στην επιθυμητή θέση τις δύο σφραγίδες.

Δεν είναι γνωστός ο αριθμός των νομισμάτων που παράγονταν από μία σφραγίδα. Από τα ελάχιστα βάσιμα στοιχεία που υπάρχουν αλλά και από σύγχρονες πειραματικές μεθόδους η μέση παραγωγή κάθε σφραγίδας ήταν μερικές χιλιάδες. Η παραγωγή κάθε σφραγίδας παρουσίαζε τεράστιες διακυμάνσεις ανάλογα με το μέταλλο και το μέγεθος των πετάλων, την ποιότητα της σφραγίδας καθώς και τις δεξιότητες των τεχνιτών του νομισματοκοπείου. Η χρήση των σφραγίδων προκαλούσε τη βαθμιαία φθορά τους και τελικά το σπάσιμο και την αχρήστευσή τους. Οι σφραγίδες του εμπροσθοτύπου, επειδή ήταν στερεωμένες στον άκμονα και για αυτό καλύτερα προστατευμένες, συνήθως άντεχαν περισσότερο από ό,τι οι σφραγίδες του οπισθοτύπου που βρίσκονταν στην άκρη του κινητού οργάνου κρούσης και δέχονταν άμεσα τα χτυπήματα της σφύρας. Αυτός είναι ίσως και ο σημαντικότερος λόγος που έως τώρα έχουν βρεθεί ελάχιστες σφραγίδες από την αρχαιότητα.

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΣΕΛΕΚΑΣ



Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων



Εικ. 1. Τα θραύσματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων A-G και 1-75. Δεύτερο μισό 2ου αι. π.Χ.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, όπως επικράτησε να λέγεται το εκπληκτικό αυτό αντικείμενο που φυλάσσεται στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο (εικ. 1), καταχωρήθηκε ήδη από την ανακάλυψή του στην οικογένεια των αστρονομικών οργάνων: αστρολάβος, πλανητάριο, όργανο ναυσιπλοΐας είναι μερικές από τις λειτουργίες που του έχουν αποδοθεί. Η κατασκευή του χρονολογείται στο δεύτερο μισό του 2ου αι. π.Χ. Ύστερα από έναν αιώνα ερευνών, είναι πλέον εδραιωμένη η πεποίθηση ότι πρόκειται για τον αρχαιότερο γνωστό αστρονομικό και ημερολογιακό υπολογιστή, ο οποίος θεωρείται ως ο «πρώτος υπολογιστής της ανθρωπότητας».

Η φύση του Μηχανισμού των Αντικυθήρων

Ο Μηχανισμός απαρτίζεται από μηχανικά μέρη: οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια), δίσκους, άξονες και δείκτες. Η ακριβής θέση του καθενός από τα 82 σπαράγματα (A-G και 1-75, εικ. 1) και η αρχική δομή του οργάνου ερευνώνται ακόμη. Προστατευόταν από ξύλινο πλαίσιο και έφερε μεταλλικά καλύμματα στις δύο όψεις. Οι ομοιότητες των μηχανικών διατάξεών του με πιο σύγχρονα αντικείμενα ανάλογης λειτουργίας είναι εμφανείς.

Από τη χημική ανάλυση μικρότερων θραυσμάτων προκύπτει ότι έχουν χρησιμοποιηθεί τρία τουλάχιστον κράματα, με συστατικά το χαλκό, τον κασσίτερο και το μόλυβδο σε διαφορετικές αναλογίες. Πάντως σημαντικές διακυμάνσεις στην περιεκτικότητα των συστατικών στοιχείων σε διάφορα σημεία ενός κράματος είναι αναμενόμενες. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε κασσίτερο στο κράμα του με χαλκό (κρατέρωμα) αυξάνει τη μηχανική αντοχή και διευκολύνει τη χύτευσή του. Η σκληρότητα του κράματος επιτυγχανόταν και με ψυχρή κατεργασία συνοδευόμενη από απλή ή πολλαπλή ανόπτηση. Τα φύλλα του κρατερώματος χρησιμοποιούνταν για σφυρήλατα τέχνεργα. Χυτοί δίσκοι για πτυκτά κάτοπτρα παράγονταν από τον 4ο αι. π.Χ. Οι δίσκοι των οδοντωτών τροχών του Μηχανισμού πρέπει να διαμορφώθηκαν από τέτοια φύλλα με πριόνισμα, λιμάρισμα και λείανση. Στην περίπτωση παραγωγής τους με χύτευση σε πήλινες μήτρες, το λιμάρισμα της περιφέρειάς τους θα μπορούσε να επιτευχθεί με τόρνο, γνωστό από τον 4ο αι. π.Χ. Η γεωμετρική διαίρεση των τροχών ίσως στηριζόταν σε κατάλληλο πρότυπο (ένα είδος μηχανικού διαιρέτη) ή στη μέθοδο δοκιμής-σφάλματος. Για τη διαμόρφωση των οδοντώσεων απαιτούνταν διαβήτης, αιχμηρή σμίλη και σφυρί. Στο Μηχανισμό των Αντικυθήρων τόσο η διαίρεση, όσο και η κοπή των οδοντώσεων δεν είναι πολύ ακριβείς, αλλά αυτό το γεγονός δε φαίνεται να επηρέαζε τη λειτουργία του.

Ένας αιώνας ερευνών

Από την πρώτη δημοσίευση ο Μηχανισμός χαρακτηρίσθηκε ως αστρονομικό όργανο. Οι πρώτοι μελετητές του (1902-1934) ήταν αρχαιολόγοι (Ι. Σβορώνος, Β. Στάης) και αξιωματικοί του Ναυτικού (Κ. Ράδος, Π. Ρεδιάδης, Ι. Θεοφανίδης). Ο Σβορώνος και ο Στάης πιθανολόγησαν ότι πρόκειται για αστρολάβο. Ο φιλολόγος A.Rehm, ο οποίος μελέτησε τα μηχανικά μέρη και τις εγχάρακτες σε αυτά επιγραφές, το ονόμασε «πλανητάριο». Ο Θεοφανίδης πρώτος κατασκεύασε μηχανικό ομοίωμα και αρθρογράφησε για το εύρημα, «πλοογνώμονα» κατά την άποψή του. Στη συνέχεια (1953-1974) ο ιστορικός των επιστημών Derek de Solla Price εξέτασε το εσωτερικό των θραυσμάτων, με τη βοήθεια ακτινογραφιών από τον φυσικό Χ. Καράκαλο, και παρουσίασε μία δεύτερη ανακατασκευή. Το θεώρησε μηχανικό ημερολογιακό υπολογιστή. Τα πορίσματά του σε δύο βαρυσήμαντες δημοσιεύσεις (1959, 1974) ήταν καθοριστικά για την μετέπειτα έρευνα. Από το 1990 και εξής τα θραύσματα υποβλήθηκαν σε γραμμική τομογραφία (καθηγητής επιστήμης υπολογιστών A.G. Bromley και ο φυσικός και ιστορικός των μηχανισμών M.T. Wright) και αργότερα εξετάσθηκαν με τις τεχνικές της τρισδιάστατης επιφανειακής απεικόνισης και υπολογιστικής τομογραφίας (Ομάδα Μελέτης Μηχανισμού Αντικυθήρων). Αυτές οι έρευνες είχαν ως αποτέλεσμα την ανάγνωση και άλλων επιγραφών και την παραγωγή νέων ομοιωμάτων.

Εικ. 2. Το θραύσμα 19. Διακρίνονται τρεις από τις βασικές περιόδους της αστρονομίας στην επισημασμένη περιοχή.

Το «κλειδί» των επιγραφών

Τα αποσπάσματα των ελληνικών επιγραφών σε χάλκινα σπαράγματα από το ναυάγιο των Αντικυθήρων, έδωσαν το έναυσμα για την αναγνώριση του ιδιαίτερου οργάνου το Μάιο του 1902 στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο. Σε αυτές διακρίνονταν αστρονομικοί όροι, όπως «ΗΛΙΟΥ», «ΑΚΤΙΝΑ», «ΑΦΡΟΔΙΤΗ». Είναι χαραγμένες σε πολλές από τις επιφάνειές του, καθώς και σε δύο πλάκες οι οποίες πιθανώς έκλειναν το μηχάνημα. Οι επιγραφές αυτές φαίνεται ότι αποτελούσαν ένα είδος «συνοδευτικού εγχειριδίου» – εκτίμηση την οποία είχαν κάνει ήδη οι πρώτοι μελετητές των θραυσμάτων στις αρχές του 20ού αιώνα. Η ένταξη των επιγραφών στο πλαίσιο των αστρονομικών γνώσεων του αρχαίου κόσμου, σε συνδυασμό με την εξέταση των σωζόμενων μηχανικών μερών (γρανάζια, άξονες, κλίμακες, μέρη στα οποία κινούνταν οι δείκτες κ.λπ.), επέτρεψε στους σύγχρονους ερευνητές να τεκμηριώσουν με αρκετή βεβαιότητα τις ημερολογιακές και αστρονομικές λειτουργίες του οργάνου. Καθώς ένα μεγάλο τμήμα του Μηχανισμού δεν σώζεται, η διερεύνηση ορισμένων επιπρόσθετων λειτουργιών του βασίζεται κατά μεγάλο μέρος στην ερμηνεία των επιγραφών.

Ήδη από τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα, όσο προχωρούσε ο καθαρισμός των θραυσμάτων και αποκαλύπτονταν νέες επιγραφές, όπως αριθμοί που σχετίζονται με γνωστές αστρονομικές περιόδους και λέξεις με συγκεκριμένη αστρονομική σημασία, γινόταν φανερό, ότι επρόκειτο για ιδιαίτερα περίπλοκο αστρονομικό όργανο. Συνολικά τέσσερις αριθμοί, οι οποίοι αποτελούν το «κλειδί» του μυστηρίου, ήταν χαραγμένοι σε δύο μικρά θραύσματα του Μηχανισμού. Οι αριθμοί αυτοί αντιστοιχούν σε αστρονομικές περιόδους γνωστές από την αρχαιότητα: Στο θραύσμα 19 (εικ. 2). ο αριθμός ΙΘ (19 έτη, ο κύκλος του Μέτωνος σε έτη Ηλίου), ο αριθμός ΟC (76 έτη, ο κύκλος του Καλλίππου) και ο αριθμός ΣΚΓ (223 σεληνιακοί μήνες, ο κύκλος του Σάρου). Στο θραύσμα Ε, ο αριθμός ΣΛΕ (235 μήνες, ο κύκλος του Μέτωνος σε μήνες Σελήνης). Η τελευταία αυτή επιγραφή μάς υποδεικνύει ότι κάποια σπείρα είναι διηρημένη σε 235 τμήματα. Για να φανεί ο ρόλος αυτών των αριθμών είναι απαραίτητη η κατανόηση της σημασίας των σχετικών αρχαίων αστρονομικών περιόδων.

Η περίοδος του Μέτωνος, ή «εννεαδεκατηρίς», διαρκεί, όπως φαίνεται από την αρχαία της ονομασία, 19 έτη. Η περίοδος από μία νέα Σελήνη στην επόμενη ονομάζεται «σεληνιακός μήνας» (ή «συνοδικός»). Το πρόβλημα με τα ημερολόγια είναι ότι ένα πλήρες έτος (για παράδειγμα, από μία εαρινή ισημερία στην επόμενη, περίπου 365 μέρες μετά) δεν περιέχει ακέραιο αριθμό σεληνιακών μηνών και έτσι οι ημερομηνίες αποκλίνουν, όσο προχωρά ο χρόνος. Παίρνοντας ως αφετηρία την ημέρα της εαρινής ισημερίας του 432 π.Χ, ο Αθηναίος αστρονόμος Μέτων πρότεινε τη λύση αυτού του προβλήματος με την εισαγωγή ενός ημερολογίου βασισμένου στην περίοδο των 19 ετών το οποίο συμπίπτει με 235 σεληνιακούς μήνες. Μέχρι και σήμερα ο υπολογισμός της ημερομηνίας του Πάσχα, που είναι κινητή εορτή στο ηλιακό μας ημερολόγιο, καθώς βασίζεται στις φάσεις της Σελήνης, πραγματοποιείται με τη χρήση της Μετωνικής περιόδου.

Η περίοδος του Καλλίππου οφείλεται στον Ίωνα αστρονόμο Κάλλιππο, ο οποίος, περίπου έναν αιώνα μετά τον Μέτωνα, βελτίωσε ακόμα περισσότερο τη σύμπτωση μεταξύ των περιόδων του Ήλιου και της Σελήνης παρατηρώντας ότι 4 Μετωνικές περίοδοι, 4 x 19 = 76 έτη (μείον μία ημέρα) συνέπιπταν ακόμα καλύτερα με την ανάλογη περίοδο των σεληνιακών μηνών.

Όμως, όποιος ασχολείται με τις περιόδους του Ηλίου και της Σελήνης σίγουρα κάποια στιγμή θα παρατηρήσει το σπουδαίο φαινόμενο των εκλείψεων, το οποίο παρουσιάζει ορισμένες περιοδικότητες. Οι αρχαίοι αστρονόμοι είχαν καταγράψει τις περιόδους του Σάρου και του Εξελιγμού, παρατηρώντας ότι κάθε 223 σεληνιακούς μήνες (6.586 μέρες και ένα τρίτο ημέρας, δηλαδή κάθε 18 έτη) επαναλαμβάνονται οι εκλείψεις του Ήλιου και της Σελήνης, αλλά όχι ακριβώς με τις ίδιες συντεταγμένες. Αυτό το χρονικό διάστημα δεν περιέχει ακέραιο αριθμό ημερών, γεγονός που έχει ως συνέπεια τη μετατόπιση της επαναλαμβανόμενης έκλειψης κατά 8 ώρες, ή 120 μοίρες στο γεωγραφικό μήκος της Γης. Οι αρχαίοι αστρονόμοι είχαν παρατηρήσει ότι το τριπλάσιο χρονικό διάστημα, δηλαδή 669 σεληνιακοί μήνες, περιείχε ακέραιο αριθμό ημερών, και ονόμασαν αυτήν την περίοδο «Εξελιγμό». Η περίοδος του Σάρου είχε ονομαστεί «περιοδικός χρόνος» από τον Πτολεμαίο, αλλά το 1691 ο E. Halley καθιέρωσε τον όρο «Σάρος», μια εξελληνισμένη βαβυλωνιακή λέξη, η οποία είχε πιθανώς χρησιμοποιηθεί λανθασμένα για να υποδεικνύει χρονική περίοδο, αλλά είναι πλέον πασίγνωστη στους σύγχρονους αστρονόμους, επαγγελματίες και ερασιτέχνες.

Ωστόσο, οι αριθμοί 235 και 223 δεν ήταν μόνο χαραγμένοι στις επιγραφές αλλά αποτυπώνονται και στις δύο σπείρες: όπως αποδείχθηκε από τις τελευταίες έρευνες, με την εξέταση των τομογραφιών, στην πίσω όψη του Μηχανισμού, η άνω σπείρα είναι διηρημένη σε 235 τμήματα, και η κάτω σε 223 τμήματα, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε έναν σεληνιακό μήνα. Ένας δευτερεύων δείκτης στο εσωτερικό της άνω σπείρας διατρέχει τον μόνο κύκλο του Μηχανισμού που δεν έχει αστρονομική σημασία αλλά αφορά στα τέσσερα έτη της Ολυμπιάδας. Ο αριθμός 76 στις επιγραφές οδηγεί στην πιθανότητα ύπαρξης δείκτη για τον κύκλο του Καλλίππου. Ο δείκτης αυτός τοποθετείται υποθετικά στο εσωτερικό της άνω σπείρας. Οι 223 μήνες της κάτω σπείρας αποτελούν μία πλήρη περίοδο του Σάρου. Ένας μικρότερος δείκτης μέσα στη σπείρα διατρέχει έναν κύκλο διηρημένο στα τρία. Πρόκειται για τον κύκλο του Εξελιγμού, ο οποίος περιέχει τρεις κύκλους Σάρου.

Εκτός από τους αριθμούς, ορισμένες λέξεις είχαν πολύ συγκεκριμένο νόημα, όπως για παράδειγμα το όνομα του πλανήτη Αφροδίτη, χαραγμένο στην εμπρόσθια και στην οπίσθια πλάκα του Μηχανισμού. Η ύπαρξη πλανητικών λειτουργιών φαίνεται να είναι σχεδόν προφανής λόγω της επανάληψης της λέξης «στηριγμός» στη εκτενέστερη σωζόμενη επιγραφή, αυτή του θραύσματος G, που αποτελούσε πιθανώς μέρος της εμπρόσθιας πλάκας που έκλεινε τον Μηχανισμό. Η ανάγνωση αυτής της λέξης το 1905 από τον A. Rehm έγινε από ένα κομμάτι που αργότερα συγκολλήθηκε στο θραύσμα G. Στις σύγχρονες τομογραφίες όμως η λέξη διαβάστηκε σε πολλά σημεία από τον φιλόλογο-παλαιογράφο της Ομάδας Μελέτης, τον Α. Τσελίκα. Αυτή η λέξη παραπέμπει ευθέως στην τροχιά των πλανητών, όπως φαίνεται από τη Γη.

Η αρχή λειτουργίας και η χρήση του Μηχανισμού

Ο υπολογισμός της θέσης των ουράνιων σωμάτων είχε ανέκαθεν ιδιαίτερη σημασία για την οργάνωση της ζωής των ανθρώπων. Σήμερα χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί υπολογιστές και ειδικά λογισμικά για να προσδιορισθούν -με βάση μια δεδομένη ημερομηνία και θέση παρατήρησης- η θέση και οι φάσεις της Σελήνης, οι ορατοί αστερισμοί, καθώς και για να προβλεφθούν οι εκλείψεις και για ευρεθούν οι αντιστοιχίες μεταξύ των διαφόρων ημερολογίων, με τα οποία η ανθρωπότητα για αιώνες καταγράφει τα αστρονομικά φαινόμενα. Ορισμένες από αυτές τις λειτουργίες, ωστόσο, μπορούν να πραγματοποιηθούν και με τη χρήση διατάξεων με κινητά μηχανικά μέρη, οδοντωτούς τροχούς και δείκτες, χωρίς όμως την ίδια ακρίβεια και ταχύτητα με εκείνες του σύγχρονου υπολογιστή.

Εικ. 3. Τομή γραναζιών του Μηχανισμού των Αντικυθήρων (Ομάδα Μελέτης του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Κ. Ευσταθίου, Ι. Σειραδάκη, Μ. Αναστασίου, Α. Μπασιακούλης, Μ. Ευσταθίου, Π. Μπουτμπάρας)

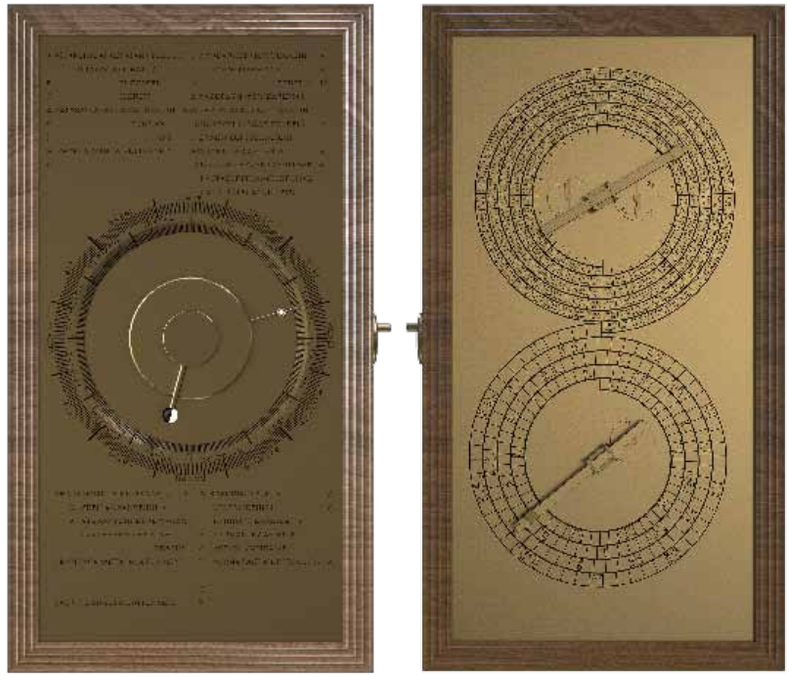
Πώς γίνεται οι οδοντωτοί τροχοί να εκφράσουν μαθηματικούς λόγους, οι οποίοι σχετίζονται με αστρονομικές περιόδους; Ένα απλό παράδειγμα: Αν ένας οδοντωτός τροχός με 100 δόντια συμπλέκεται με έναν άλλο που έχει 50 δόντια και του μεταδίδει την κίνησή του, τότε ο δεύτερος θα περιστρέφεται με τη μισή περίοδο, δηλαδή δύο φορές πιο γρήγορα: όταν ο μεγάλος εκτελεί μία περιστροφή, ο μικρός εκτελεί δύο, σε αντίθετη φορά. Με κατάλληλους συνδυασμούς οδοντωτών τροχών πολλαπλασιάζονται και διαιρούνται οι περιστροφές με σκοπό να αντιστοιχούν σε αστρονομικές περιόδους. Η αρχική επιλογή του πλήθους των δοντιών των τροχών του Μηχανισμού έγινε από τον σχεδιάστη με σκοπό την αναπαραγωγή των περιόδων του Μέτωνος και του Σάρου, καθώς και της θεωρίας για τη φαινομενικά μεταβαλλόμενη κίνηση της Σελήνης (εικ. 3).

Μηχανισμοί σχετιζόμενοι με την αστρονομία είναι οι αστρολάβοι (για τον υπο-

λογισμό της ώρας και της ανατολής και δύσης των αστέρων), τα εξαιρετικά περίπλοκα αστρονομικά ρολόγια που μαζί με την ώρα δείχνουν και αστρονομικά φαινόμενα, τα πλανητάρια κ.ά. Ο πιο διάσημος αλλά και αρχαιότερος τέτοιος μηχανισμός είναι ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων, στον οποίον η περιστροφή από τον χρήστη μίας χειροκίνητης λαβής κινεί ταυτόχρονα όλους τους δείκτες, μέσω των γραναζιών και των αξόνων που τους συνδέουν. Έτσι, αν επιλεγεί μία ημερομηνία στην πρόσθια κλίμακα των 365 ημερών (με δυνατότητα ρύθμισης για μία επιπλέον ημέρα κάθε τέσσερα έτη), οι υπόλοιποι δείκτες θα δώσουν όλες τις διαθέσιμες αστρονομικές πληροφορίες για αυτήν την ημερομηνία. Αντιστρόφως, ο χρήστης μπορεί να φέρει έναν δείκτη σε κάποιο αστρονομικό φαινόμενο και κατόπιν να δει την ημερομηνία στην οποία το συγκεκριμένο φαινόμενο θα συμβεί. Για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να δει άμεσα την αντιστοιχία ανάμεσα στο ηλιακό και στο σεληνιακό ημερολόγιο, αλλά και τη θέση και τη φάση της Σελήνης, καθώς και τις εκλείψεις που ενδέχεται να συμβούν σε συγκεκριμένη ημέρα του σεληνιακού μήνα.

Οι λειτουργίες του Μηχανισμού

Ο Μηχανισμός έφερε στην πρόσθια όψη (εικ. 4) δύο ομόκεντρες κλίμακες στις παρυφές ενός μεγάλου δίσκου. Στην εξωτερική κλίμακα είχαν χαραχθεί οι μήνες του Αιγυπτιακού ημερολογίου στην ελληνική, σύμφωνα με την προτίμηση των αστρονόμων της ελληνιστικής εποχής. Κάθε έτος είχε δώδεκα μήνες διάρκειας 30 ημερών, οι οποίοι συμπληρώνονταν από πέντε επιπλέον επαγόμενες ημέρες και έφταναν στο σύνολο των 365, με δυνατότητα ρύθμισης για μία επιπλέον ημέρα κάθε τέσσερα έτη. Η εσωτερική κλίμακα αντιστοιχούσε στο Ζωδιακό κύκλο, με ελληνικά τα ονόματα των Ζωδίων και γράμματα-δείκτες που παραπέμπουν στις παρατηρήσεις του Παραπήγματος. Το «Παράπηγμα» είναι ένα αστρικό ημερολόγιο που παρακολουθεί τις ανατολές και τις δύσεις άστρων και αστερισμών στον ετήσιο κύκλο, Συνδέεται με τη Ζωδιακή κλίμακα μέσω των γραμμάτων-δεικτών.



Εικ. 4-5. Η πρόσθια και όπισθια όψη του Μηχανισμού των Αντικυθήρων σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ομάδας μελέτης του Μηχανισμού των Αντικυθήρων (2008)
Η γραμματοσειρά "Antikythera" που χρησιμοποιήθηκε για τις επιγραφές έχει σχεδιαστεί από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης βάσει της γραφής στα μηχανικά μέρη του Μηχανισμού.

Τις κλίμακες της πρόσθιας όψης διέτρεχαν μια σειρά από δείκτες: ο δείκτης του Ηλίου, ο οποίος έδειχνε την κίνηση του Ηλίου στη Ζωδιακή κλίμακα. Ο δείκτης της Σελήνης, αποτελούμενος πιθανώς από ένα περιστρεφόμενο σφαιρίδιο, μισό λευκό και μισό μαύρο, έδειχνε τις φάσεις της Σελήνης. Ο δείκτης αυτός περιστρεφόταν με μεταβλητή ταχύτητα γύρω από τον Ζωδιακό, ώστε να αναπαράγεται η φαινόμενη μεταβλητή κίνηση της Σελήνης, που αποτελεί την πλέον αξιοπρόσεκτη δυνατότητα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων, μέσω ενός εκπληκτικού επικυκλικού συστήματος οδοντωτών τροχών. Ας δούμε

Εικ. 6. Το ομοίωμα του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (κατασκευή Κ. Ευσταθίου)

τις λεπτομέρειες αυτού του συστήματος: Ο Price, όπως και ο Rehm σχεδόν επτά δεκαετίες πριν από αυτόν, πρότεινε ότι ο Μηχανισμός εμπεριείχε και επικυκλικά γρανάζια, δηλαδή γρανάζια που περιστρέφονται πάνω σε άξονες που και οι ίδιοι είναι τοποθετημένοι σε γρανάζια. Επρόκειτο για ένα σημαντικό βήμα στην ιστορία της τεχνολογίας. Τα επικυκλικά γρανάζια δίνουν τη δυνατότητα πρόσθεσης και αφαίρεσης λόγων περιστροφής, και όχι μόνο πολλαπλασιασμού και διαίρεσης. Το επόμενο γνωστό παράδειγμα επικυκλικών γραναζιών στην τεχνολογία της Δύσης εμφανίζεται δεκαέξι αιώνες αργότερα. Το γρανάζι «εισόδου» ενός από τα δύο επικυκλικά γρανάζια φέρει έναν πίρο ο οποίος εισέρχεται σε μία σχισμή του γραναζιού «εξόδου». Έτσι τα δύο γρανάζια περιστρέφονται πάνω σε ελαφρώς διαφορετικούς άξονες, που χωρίζονται από απόσταση περίπου ενός χιλιοστού. Το αποτέλεσμα είναι ότι, ενώ το γρανάζι εισόδου περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα, η ταχύτητα περιστροφής του γραναζιού εξόδου μεταβάλλεται από τη μικρότερη έως τη μεγαλύτερη τιμή, και αντιστρόφως. Αυτή η διάταξη είναι ακριβώς ό,τι χρειάζεται για την απεικόνιση της φαινομενικά μεταβαλλόμενης ταχύτητας περιστροφής της Σελήνης, σύμφωνα με την πιο προχωρημένη θεωρία της εποχής εκείνης, η οποία αποδίδεται στον Ίππαρχο τον Ρόδιο.

Εκτός από τον Ήλιο και τη Σελήνη, η εμπρόσθια όψη αναπαρήγε πιθανώς τον σύγχρονο τότε Ελληνικό «Κόσμο», περιέχοντας δείκτες και για τους πέντε γνωστούς στην αρχαιότητα Πλανήτες (Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Δίας και Κρόνος), πιθανώς με τη χρήση περισσότερων επικυκλικών συστημάτων.

Στην οπίσθια όψη (Εικ. 5) δεσπόζουν οι δύο μεγάλες σπείρες με τις 235 και τις 223 υποδιαιρέσεις. Η άνω σπείρα αποτελεί ένα πλήρες ημερολόγιο του Μέτωνος, με τους 235 μήνες 29 και 30 ημερών για τα 19 έτη μιας «Μετωνικής» περιόδου. Τα ονόματα των μηνών ανήκουν είτε στην Κόρινθο είτε σε μια από τις αποικίες της. Αυτό συνάγεται από το γεγονός, ότι τα ονόματα και η διαδοχή των δώδεκα μηνών στα ημερολόγια των αρχαίων ελληνικών πόλεων δεν ήταν παντού τα ίδια. Οι διαφοροποιήσεις και οι ομοιότητές τους αντανακλούν μεταξύ άλλων και τις διάφορες σχέσεις ανάμεσα στις πόλεις, όπως,

για παράδειγμα, τη σχέση μητρόπολης και αποικιών. Το «κορινθιακού τύπου» Μετωνικό ημερολόγιο του Μηχανισμού των Αντικυθήρων είναι συγγενές με πολλά ημερολόγια αποικιών της Κορίνθου στον δυτικό Ελληνικό κόσμο.

Στο εσωτερικό της άνω σπείρας τοποθετείται υποθετικά ο δείκτης του Καλλίππου για τα 76 έτη της περιόδου του Καλλίππου, 4 φορές το 19 (4 περίοδοι του Μέτωνος). Στην εκ διαμέτρου αντίθετη πλευρά βρίσκεται ο δείκτης της Ολυμπιάδας, με κάθε τεταρτημόριο του κύκλου να αντιστοιχεί σε ένα από τα τέσσερα έτη της Ολυμπιάδας. Τα ονόματα των σημαντικών Στεφανιτών πανελληνίων αγώνων, όπως τα Νέμεα, τα Ίσθμια στην Κόρινθο, τα Πύθια στους Δελφούς, τα Νάα στη Δωδώνη και τα Ολύμπια (Ολυμπιακοί αγώνες) έχουν χαραχθεί περιμετρικά της κλίμακας. Ορισμένοι επαναλαμβανόταν κάθε δύο χρόνια, άλλοι κάθε τέσσερα.

Στην κάτω σπείρα κινείται ο δείκτης του Σάρου, με τους 223 μήνες της αντίστοιχης περιόδου. Τα εγχάρακτα σύμβολα σε ορισμένες από τις 223 υποδιαιρέσεις της κλίμακας παραπέμπουν σε πιθανές εκλείψεις. Τα συμπιλήματα (ομάδες συμβόλων) αντιστοιχούν στον τύπο της έκλειψης («Η» για τον Ήλιο, «Σ» για τη Σελήνη), την ώρα της και το αν αναμένεται να συμβεί κατά τη διάρκεια της μέρας (ΗΜ) ή της νύχτας (ΝΥ). Στο εσωτερικό της σπείρας βρίσκεται ο δείκτης του Εξελιγμού ο οποίος καλύπτει τρεις περιόδους του Σάρου, και αναφέρει πόσες ώρες (8 ή 16) πρέπει να προστεθούν στις ώρες που δίνονται στα συμπιλήματα για τον προσδιορισμό της ώρας των εκλείψεων για τη συγκεκριμένη αυτή περίοδο του Σάρου: καμία επιπλέον ώρα για την πρώτη περίοδο, 8 (Ήτα) για τη δεύτερη και 16 (Ιώτα Στίγμα) για την τρίτη. Μετά την τρίτη περίοδο επιστρέφουμε στην πρώτη περίοδο και στην ώρα που σημειώνεται στα συμπιλήματα.

Σύγχρονα ομοιώματα του Μηχανισμού

Χάρις στη λεπτομερειακή αυτή περιγραφή των λειτουργιών του Μηχανισμού κατασκευάστηκαν και κατασκευάζονται πολλά σύγχρονα ομοιώματα, ορισμένα από τα οποία είναι και λειτουργικά. Στο ίδιο πνεύμα της χειρωνακτικής κατασκευής του πρωτοτύπου, ο M. Wright κατασκεύασε ένα ομοίωμα, το οποίο βασίστηκε σε προσωπική εξέταση των θραυσμάτων του Μηχανισμού από τον ίδιο και τον A. Bromley και εν μέρει σε δημοσιευμένα δεδομένα. Χρησιμοποίησε, σε ορισμένες περιπτώσεις, βίδες αντί για πριτσίνια, για την ευκολία στη συντήρηση.

Παράλληλα, ο Κ. Ευσταθίου σχεδίασε και κατασκεύασε στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης ομοίωμα (εικ. 6), το οποίο δεν περιλαμβάνει πλανητικούς μηχανισμούς, αφού βασίστηκε αποκλειστικά στα αποδεδειγμένα στοιχεία και δημοσιευμένα αποτελέσματα του Προγράμματος Έρευνας για τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων. Για τις επιγραφές χρησιμοποιήθηκε ειδικά σχεδιασμένη γραμματοσειρά.

Τα αποτελέσματα του Προγράμματος Έρευνας για τον Μηχανισμό των Αντικυθήρων χρησιμοποιήθηκαν και από άλλους μελετητές της αρχαίας τεχνολογίας και εξειδικευμένους τεχνίτες για την κατασκευή και άλλων πραγματικών και ψηφιακών ομοιωμάτων. Ο M. Buttet, διευθυντής έρευνας και ανάπτυξης στην Ελβετική ωρολογοποιία Hublot, σχεδίασε ένα ρολόι το οποίο περιέχει σε σμίκρυνση τις λειτουργίες του Μηχανισμού των Αντικυθήρων. Οι πρόσθετες σύγχρονες λειτουργίες υποστηρίζονται από έναν μηχανισμό *tourbillon*, ο οποίος πραγματοποιεί μία περιστροφή κάθε 60 δεύτερα. Το ρολόι αυτό, δωρεά της Hublot στο Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, κλείνει την έκθεση του ναυαγίου των Αντικυθήρων, ως ένας υπερσύγχρονος φόρος τιμής στον πρόγονο όλων των σύγχρονων μηχανισμών με γρανάζια.

ΓΙΑΝΝΗΣ ΜΠΙΤΣΑΚΗΣ

[Η συνεισφορά του Γιάννη Μπιτσάκη στον παρόν σύγγραμμα πραγματοποιείται στο πλαίσιο διδακτορικής έρευνας του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών - Πρόγραμμα «Ηράκλειτος ΙΙ», με θέμα «Εκπαιδευτικές προεκτάσεις της ιστορίας του Μηχανισμού των Αντικυθήρων»].

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Χρησιμοποιούνται οι καθερωμένες συντομογραφίες στην ιστοσελίδα του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου www.dainst.org
και ΕΑΜ Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο

ΓΕΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Τεχνόπολις Δήμου Αθηναίων – Εταιρεία Μελέτης Αρχαίας Τεχνολογίας – Τεχνικό Μουσείο Θεσσαλονίκης, Αθήνα 2002.

Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία. Κατάλογος της έκθεσης. Κρυπτοστοά Αρχαίας Αγοράς. Θεσσαλονίκη, 21 Αυγούστου – 22 Σεπτεμβρίου 1997.

Στο εξής *Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Κρυπτοστοά.*

Καλτσάς, Ν. – Βλαχογιάννη, Ε. – Μπούγια, Π. 2012 (επιμ.), *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων: Το Πλοίο – οι Θησαυροί – ο Μηχανισμός*, Κατάλογος της έκθεσης, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, Απρίλιος 2012 – Απρίλιος 2013, Αθήνα.

Στο εξής Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.)

Καλτσάς, Ν. – Ζώση, Ε. – Παλαιοκρασσά, Ν. 2012 (επιμ.), *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων: Το Πλοίο – οι Θησαυροί – ο Μηχανισμός*, Οδηγός της έκθεσης, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, Απρίλιος 2012 – Απρίλιος 2013, Αθήνα.

Πρακτικά 1ου Διεθνούς Συνεδρίου Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας. Εταιρεία Μακεδονικών Σπουδών. Θεσσαλονίκη 1997.

Στο εξής *1ο ΔΣΑΕΤ*

Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Αθήνα, 2006.

Στο εξής *2ο ΔΣΑΕΤ*

Oleson, J.P. 2008 (επιμ.), *The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World*, Oxford.

Στο εξής Oleson (επιμ.)

Wikander, Ö. 2000 (επιμ.), *Handbook of Ancient Water Technology*, Boston, Mass.

Σβορῶνος, Ι. Ν. 1903, ***Τὸ ἐν Ἀθήναις Ἐθνικὸν Μουσεῖον. Ὁ θησαυρὸς τοῦ ναυαγίου τῶν Ἀντικυθήρων, Ἐν Αθήναις*** Α', 1-86.

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η ελληνιστική κορύφωση της τεχνολογίας

Βιτρούβιος. *Περί Αρχιτεκτονικής*, μετ. Π. Λέφα, Αθήνα 1998.

Caputo, P. και άλλοι 1996, *Cuma e il suo parco archeologico: un terrotorio e le sue testimonianze*, Roma.

Halleux, R. 1981, *Les Alchimistes Grecs*, Paris.

Καλλιγερόπουλος, Δ. 1996, *Αυτοματοποιητική του Ήρωνος του Αλεξανδρινού*, Αθήνα.

Καραμήτρου, Γ. 2006, «Οι κεραμεικοί κλίβανοι στον Πολύμυλο Κοζάνης», στο *2ο ΔΣΑΕΤ*, 204-212.

Καρασμάνης, Β. 1997, «Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία: Μια ερμηνευτική προσέγγιση», στο *1ο ΔΣΑΕΤ*, 633-644.

Κονοφάγος, Κ. 1980, *Το αρχαίο Λαύριο και η ελληνική τεχνική παραγωγής του αργύρου*, Αθήνα.

Μπαλόγλου, Κ. 2006. *Οικονομία και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα*, Ακαδημία Αθηνών, *Γραφείο Οικονομικών Μελετών*, 3.

Μπούγια, Π. 1997, «Σύζευξη Μηχανικής και Αρχιτεκτονικής: Η περίπτωση των προρωμαϊκών γεφυρών στην Ελλάδα και τα Μικρασιατικά παράλια», στο *1ο ΔΣΑΕΤ*, 597-606.

Papalas, A. 1999. "Polycrates of Samos and the first Greek trireme fleet", *The Mariner's Mirror*, February 85.1, 3-19.

Πάπυρος Edfou 8.

Perrot, J. 1971, *The Organ, from its Invention in the Hellenistic Period to the End of the 13th century*, Oxford.

Rihll, T.E. 2010, "Science and Technology in Alexandria", στο A.B. Lloyd (επιμ). *A companion to Ancient Egypt*, London, 411, 413.

Russo, L. 2006, *Η λησμονημένη επανάσταση*, Αθήνα.

Τάσιος, Θ.Π. 1997, «Η αποξήρανση της λίμνης Πτεχών (ΔΥΣΤΟΥ)», στο *1ο ΔΣΑΕΤ*, 593-596.

Tassios, Th.P. 2006, "Selected Topics of Water-technology in Ancient Greece", στο *1st I.W.A. Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilisations*. Κρήτη, Οκτώβριος 2006 [Πρακτικά υπό έκδοση].

Tassios, Th.P. 2010, "Mycenaean Technology", στο S.A. Païpetis, (επιμ.), *The Unknown Technology in Homer, History of Mechanism and Machine Science,* 9.

Τάσιος, Θ.Π. 2011, «Τεχνολογία και Οικονομία: Η περίπτωση της Αρχαίας Ελλάδας», στο Α. Κόντης (επιμ.), *Η εργασία ως Παράγων Ανάπτυξης*, Αθήνα, 595, 600.

Τάσιος, Θ.Π. 2012, «Προϋποθέσεις για την κατασκευή του Μηχανισμού των Αντικυθήρων κατά τον 2ο π.Χ. αιώνα», στο Καλτσάς –Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 249-255.

Τσούλη, Μ. 2002, «Επιγραφή όρων για την κατασκευή χάλκινων εμπολίων», στο *Αρχαίες ελληνικές επιγραφές τεχνικού περιεχομένου*, Κατάλογος έκθεσης, 4-30.6.2002, ΕΜΑΕΤ/ Επιγραφικό Μουσείο, Αθήνα, 62-69.

Valavanis, P. 1999, *Hysplex: The Starting Mechanism in Ancient Stadia*, Berkeley.

Von Staden, H. 1996, *Alexandria and Alexandrianism*, J. Paul Getty Museum.

Wikander, O. 2008, "Gadgets and Scientific Instruments", στο Oleson (επιμ.), 785-799.

Wilson, A.I. 2008, "Machines in Greek and Roman Technology", στο Oleson (επιμ.), 340, 345.

Η ανατολική Μεσόγειος την εποχή του ναυαγίου

Θεοδωρίδης, Π. 1997, «Αρχαία ελληνική τεχνολογία: διχοστασία ή εξέλιξη;», *στο Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Κρυπτοστοά.*

Τάσιος, Θ.Π. 1997, «Εισαγωγή στην αρχαία ελληνική τεχνολογία», *στο Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Κρυπτοστοά.*

Οικονόμου, Ν.Α. 1997, «Γραφή και Μαθηματικά: Επιδράσεις στην αρχαία ελληνική τεχνολογία», στο *Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Κρυπτοστοά.*

Γραμμένος, Δ. Β. 1997, «Τεχνολογία και παρελθόν», στο *Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, Κρυπτοστοά.*

Λιβιεράτος, Ε. 1997. «Η αρχαία ελληνική χαρτογραφία και η «τεχνολογία» της», στο *1ο ΔΣΑΕΤ*, 147-155.
Μπούγια, Π. 2012, «Η Εποχή. Κοινωνία-Οικονομία-Τεχνολογία», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 274-285.
Παλαντζάς, Β. 2006, «Τεχνολογία και εξουσία στην αρχαιότητα», στο *2ο ΔΣΑΕΤ*, 708-713.
Kendall, J.S. 2012, *Stealing Aphrodite: Plundered Art and Politics in the Roman Republic*, Diss. University of Buffalo.
Mattusch, C.C. 2008, *Pompeii and the Roman Villa: Art and Culture around the Bay of Naples, Catalogue of an Exhibition at the National Gallery of Art, Washington, Oct. 19, 2008-March 22, 2009; and at the Los Angeles County Museum of Art , May 3-October 4, 2009*, Washington-London.

Το ναυάγιο των Αντικυθήρων
Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.).

Η ναυπήγηση και ο εξοπλισμός του πλοίου
Καλτσάς, Ν. – Ζώση, Ε. – Παλαιοκρασσά, Ν. (επιμ.) 2012, *Το Ναυάγιο των Αντικυθήρων: Το Πλοίο – οι Θησαυροί – ο Μηχανισμός*, Οδηγός της έκθεσης, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο, Απρίλιος 2012 – Απρίλιος 2013, Αθήνα, 8-9 (Γ. Κουτσουφλάκης).
Μπούγια, Π. 2012, «Το πλοίο», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 36-39, 43-49, αρ. 5-13.

Γλυπτική – Λιθοτεχνία
Τα μαρμάρινα αγάλματα
Βλαχογιάννη, Ε. 2012, «Τα Γλυπτά. "Θεοί και ήρωες μέσα από τη θάλασσα"», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 62-79, 102-115.
Adam, S. 1966, *The Technique of Greek Sculpture in the Archaic and Classical Periods*, Athens – Oxford.
Blümel, C. 1927, *Griechische Bildhauerarbeit*, Berlin.
Bol, P.C. 1972, *Die Skulpturen des Schiffsfundes von Antikythera*, Berlin.
Claridge, A. 1990, "Ancient Techniques of Making Joins in Marble Statuary", στο M. True – J. Podany (επιμ.), *Marble: Art Historical and Scientific Perspectives on Ancient Sculpture, Papers Delivered at a Symposium Organized by the Departments of Antiquities and Antiquities Conservation Held at the J. Paul Getty Museum, April 28-30.1988*, Malibu, 135-162.
Hollinshead, M. B. 2002, "Extending the Reach of Marble: Struts in Greek and Roman Sculpture", στο E.K. Gazda (επιμ.), *The Ancient Art of Emulation. Studies in Artistic Originality and Tradition from the Present to Classical Antiquity*, Michigan University, 117-152.
Lippold, G. 1923, *Kopien und Umbildungen griechischer Statuen*, München.

Λίθινα σκεύη και εργαλεία
Amouretti, M.-C. 1986, *Le pain et l'huile dans la Grèce antique: de l'araire au moulin*, Paris.
Cech, B. 2010, *Technik in der Antike*, Darmstadt, 150-153 [Getreidemühlen].
Curtis, R.I. 2001, *Ancient Food Technology*, Leiden – Boston – Köln, 279-289 [milling].
Curtis, R.I. 2008, "Food Processing and Preparation", στο Oleson (επιμ.), 369-392.
Moritz, L.A. 1958, *Grain-mills and Flour in Classical Antiquity*, Oxford.
Πουπάκη, Ε. 1998, «Ο μύλος στην κλασική αρχαιότητα. Συμβολή στη μελέτη της τυπολογίας και της χρήσης ενός σημαντικού λίθινου σκεύους για αγροτικές εργασίες», *Διαχρονία* 3-4, 132-174.

Χαλκοτεχνία
Τα χάλκινα αγάλματα και αγαλμάτια
Βλαχογιάννη, Ε. 2012, «Τα Γλυπτά. "Θεοί και ήρωες μέσα από τη θάλασσα"», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 62-101.
Προσκυνητοπούλου, Ρ. 2009, *Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο: Η Συλλογή Χαλκών*, Αθήνα.
Mattusch, C.C. 1994, "The production of Bronze Statuary in the Greek world", στο G. Hellenkamper-Sallies – H.H. von Prittwitz und Gaffron – G. Bauchenhenß, *Das Wrack. Der antike Schiffsfund von Mahdia*, Rheinisches Landesmuseum, Bonn, Κατάλογος της Έκθεσης. Τόμ. 1. Köln, 789-799.
Mattusch, C.C. 1996, *Classical Bronzes. The Art and Craft of Greek and Roman Statuary*, Ithaca and London.
Mattusch, C.C. 1996, *The fire of Hephaistos: Large Classical Bronzes from North American Collections*, Published in Conjuction with the Exhibition Held by the Harvard University Art Museum, the Toledo Museum of Art and the Tampa Museum of Art 1996/7, Cambridge MA.
Vidale, M – Micheli, M. 1997, "The evolution of Greek Statuary. From the Archaic to the Hellenistic-Roman Period: New evidence on the Ancient Manufacturing Techniques", στο *1ο ΔΣΑΕΤ*, 65-71.

Μεταλλικά αγγεία
Παλαιοκρασσά, Ν. 2012, «Μεταλλικά μικροαντικείμενα και σκεύη», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 116-131.

Οι κλίνες
Barr-Sharrar, B. 1987, *The Hellenistic and Early Imperial Decorative Bust*, Mainz am Rhein.
Bol, P.C. 1972, *Die Skulpturen des Schiffsfundes von Antikythera*, Berlin.
Faust, S. 1989, *Fulcra, "Figürlicher und ornamentaler Schmuck an antiken Betten"*, Mainz am Rhein.
Faust, S. 1994, "Die Klinen", στο G. H. Salies, H. H von Prittwitz und Gaffron, G. Bauchhenß (επιμ.), *Das Wrack, Der antike Shiffsfund von Mahdia*, Τόμ. I, Köln, 573-605.
Παλαιοκρασσά, Ν. 2012, «Μεταλλικά μικροαντικείμενα και σκεύη», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 116-131.

Χρυσοτεχνία - Αργυροτεχνία

Higgins, R.A. 1980, *Greek and Roman Jewellery*, London.

Jackson, M. 2006, *Hellenistic Gold Eros Jewellery. Technique, Style and Chronology*, Oxford.

Jackson, M. 2010, "New Jewellery Evidence from the Antikythera Shipwreck: A Stylistic and Chronological Analysis", *BCH* 134, 177-194.

Lévy, E. 1965, "Trésor hellénistique trouvé à Délos en 1964. Seconde partie: les bijoux", *BCH* 89, 535-566.

Pfeiler-Lippitz, B. 1972, "Späthellenistische Goldschmiedearbeiten", *AntK* 15, 107-119.

Segall, B. 1964, "Zum Export Alexandrinischer Toreutik", στο E. Homann-Wedeking – B. Segall (επιμ.), *Festchrift Eugene von Mercklin*, Waldsassen, 163-171.

Στασινοπούλου, Ε. 2012, «Χρυσά κοσμήματα και αργυρά σκεύη», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 46-151.

Υαλουργία

Αβρονιδάκη, Χ. 2012, "Τα γυάλινα σκεύη", στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 132-145.

Bianchi, R.S. (επιμ.), 2002, *Reflections on Ancient Glass from the Borowski Collection*, Mainz.

Lierke, R. 2009, *Die nicht-geblasenen antiken Glasgefässe - ihre Herstellung von den Anfängen bis zu den Luxusgläsern der Römer. The Non-blown Ancient Glass Vessels -Their Manufacturing from the Beginning to the Luxury Glasses of the Romans*, Offenbach - Main.

Stern, E.M. 2008, "Glass Production", στο Oleson (επιμ.), 520-547.

Stern, E.M. – Schlick-Nolte, B. 1994, *Early Glass of the Ancient World, 1600 B.C. - A.D. 50, Ernesto Wolf Collection*, Ostfildern.

Ιγνατιάδου, Δ. 2004, «Νέες απόψεις για την αρχαία υαλουργική τεχνολογία», στο *Αρχαία ελληνική τεχνολογία και τεχνική από την προϊστορική μέχρι την ελληνιστική περίοδο, με έμφαση στην προϊστορική εποχή*, Πρακτικά Συνεδρίου, 21-23.03.2003, Ohlstadt/Obb. Deutschland, Weilheim, 157-170.

Ιγνατιάδου, Δ. 2010, «Υαλουργία», στο Π. Αδάμ-Βελένη (επιμ.), *Γυάλινος Κόσμος*, Θεσσαλονίκη, 41-45.

Αγγειοπλαστική

Βιβλιοδέτης, Ευάγ. 2012, «Λάγυνοι» και «Λύχνοι», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 152-168.

Ζώση, Ε. 2012, Λήμματα χυτροειδών αγγείων και μεγαρικών σκύφων αρ. κατ. 213-235, στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 187-195.

Καββαδίας, Γ. 2012, «Η ερυθροβαφής επιτραπέζια κεραμική», «Η μελαμβαφής επιτραπέζια κεραμική (Grey Ware) και «Λοιπή επιτραπέζια κεραμική», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 169-187.

Κουρκουμέλης, Δ. 2012, «Οι οξυπύθμενοι εμπορικοί αμφορείς», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 208-215.

Χιδήρογλου, Μ. 2012, «Πρόχοι-οινοχόες, κυάθια, προχοΐσκες με ηθμό, όλπες και μυροδοχεία», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 196-207.

Scheibler, I. 1992, *Ελληνική Κεραμεική. Παραγωγή εμπόριο και χρήση των αρχαίων ελληνικών αγγείων*, μετ. Ε. Μανακίδου, Αθήνα, 88-133.

Νομισματοκοπία

Barello, F. 2006, *Archeologia della moneta. Produzione e utilizzo nell'antichità*, Roma.

Camp, II J.McK. – J.H. Kroll, 2001, "The Agora Mint and Athenian Bronze Coinage", *Hesperia* 70, 127-162.

Cooper, D.R. 1988, *The Art and Craft of Coinmaking. A History of Minting Technology*, London.

Grierson, P. 1975, *Numismatics*, Oxford.

Hill, G.F. 1922, "Ancient Methods of Coining", *NC* 5th series 2, 1-42.

Howgego, C.J. 1995, *Ancient History from Coins*, London.

Jenkins, G.K. 1990, *Ancient Greek Coins*, London.

Mørkholm, O. 1991, *Early Hellenistic Coinage: from the Accession of Alexander to the Peace of Apamea (336-188 BC)*, Cambridge.

Nicolaou, I. 1990, *Paphos II. The Coins from the House of Dionysos*, Nicosia.

Τσέλεκας, Π. 2012, «Τα νομίσματα», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 216-226.

Ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων

Cabanes, P. 2011, "Le Mécanisme d' Anticythère, Les NAA de Dodone et Le Calendrier Épirote", *Tekmeria* 10, 249-260.

Wright, M. 2012, «The front dial of the Antikythera Mechanism», στο T. Koetsier, M. Ceccarelli (eds.), *Explorations in the History of Machines & Mechanisms*, HMMS 15, 279-292.

Ζαφειροπούλου, Μ. 2012, «Παλαιά και νέα θραύσματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων και επιγραφές», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 241-248 (με την προηγούμενη βιβλιογραφία).

Μάγκου, Ε. 2012, «Αρχαιομετρικές έρευνες του Μηχανισμού των Αντικυθήρων στη διάρκεια του ενός αιώνα από την ανέλκυσή του», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 232-240 (με την προηγούμενη βιβλιογραφία).

Ομάδα Μελέτης Μηχανισμού των Αντικυθήρων 2012, «Λειτουργίες και ομοιώματα του Μηχανισμού των Αντικυθήρων. Η πρόσφατη έρευνα», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 256-272 (με την προηγούμενη βιβλιογραφία).

Προσκυνητοπούλου, Ρ. 2012, «Η ιστορία της μελέτης του Μηχανισμού των Αντικυθήρων. Η αρχαιολογική προσέγιση», στο Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 228-231 (με την προηγούμενη βιβλιογραφία).

Τάσιος, Θ.Π. 2012, «Προϋποθέσεις για την κατασκευή του Μηχανισμού των Αντικυθήρων κατά τον 2ο αιώνα π.Χ.», Καλτσάς – Βλαχογιάννη – Μπούγια (επιμ.), 249- 255 (με την προηγούμενη βιβλιογραφία).

Οι φωτογραφίες στην εισαγωγή των ενοτήτων

σελ. 6.
Άγαλμα αγοριού. ΕΑΜ 2773. Αρχές 1ου αι. π.Χ.

σελ. 8.
Το θραύσμα Α του Μηχανισμού. ΕΑΜ Χ 15087. Δεύτερο μισό του 2ου αι. π.Χ.

σελ. 12.
Γυάλινοι σκύφοι και φιάλες. ΕΑΜ 23713, 23712, 23718, 23723 (από επάνω προς τα κάτω). Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.

σελ. 32-33.
1) Στρωτήρες και καλυπτήρες κέραμοι κορινθιακού τύπου. ΕΑΜ 30878, 30889. Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.
2) Βολίδα μέτρησης βάθους και ανίχνευσης βυθού (*καταπειρατηρία*). ΕΑΜ Χ 19012. Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.
3) χάλκινος ήλος (καρφί). ΕΑΜ Χ 19007γ. Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.
4) Τμήμα δοκού (κοιν. μαδεριού) από το κέλυφος (κοιν. πέτσωμα) το πλοίου. Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων, ΒΕ 2011/11.

σελ. 38-39.
1) Πρόσθια οπλή αγάλματος ίππου. ΕΑΜ 15554. Αρχές 1ου αι. π.Χ.
2) Δεξί άκρο χέρι ανδρικού αγάλματος. ΕΑΜ 15550. Αρχές του 1ου αι. π.Χ.
3) Άγαλμα αγοριού. ΕΑΜ 2773. Αρχές 1ου αι. π.Χ.
4) Κεφαλή από άγαλμα Ερμή. ΕΑΜ 2774. Αρχές 1ου αι. π.Χ.

σελ. 46-47.
1) Οινοχοΐσκη. ΕΑΜ Χ15109 α-β. Πιθανώς τέλη 2ου -1ος αι. π.Χ.
2) Αγαλμάτιο εφήβου. ΕΑΜ Χ18957. Ύστερος 2ος αι. π.Χ.
3) Πρόχους. ΕΑΜ Χ 18937. Πιθανώς τέλη 2ου -1ος αι. π.Χ.
4) Κεφαλή του «Εφήβου των Αντικυθήρων». ΕΑΜ Χ13396. Περί το 340-330 π.Χ.

σελ. 56-57.
1) Πτηνόσχημο άκρο από την επίστεψη προσκεφαλαίου κλίνης (λατ. *fulcrum*). ΕΑΜ 15101. 150-100 π.Χ.
2-3) Πλευρικό άκρο με γυναικεία προτομή στο μετάλλιο από προσκεφάλαιο κλίνης (*fulcrum*). ΕΑΜ Χ 15099. 150-100 π.Χ.
4) Πλευρικό άκρο προσκεφαλαίου κλίνης (*fulcrum*) με κεφαλή λέοντα στην απόληξη. ΕΑΜ Χ 15098. 150-100 π.Χ.

σελ. 64-65.
1) Χρυσό ενώτιο με εξάρτημα Έρωτα. ΕΑΜ Χρ. 1579α. Δεύτερο μισό του 2ου -αρχές 1ου αι. π.Χ.
2) Αργυρός σκύφος, «μαστός». ΕΑΜ Χρ. 1649. Τέλη 2ου -1ος αι. π.Χ.
3) Θήκη με ένθετο σμαράγδι ή πλάσμα (αρχ. *πράσιος*). ΕΑΜ Χρ 1642. 1ος αι. π.Χ.
4) Θήκη από δακτύλιο. ΕΑΜ Χρ 1643. Δεύτερο μισό του 2ου -1ος αι. π.Χ.

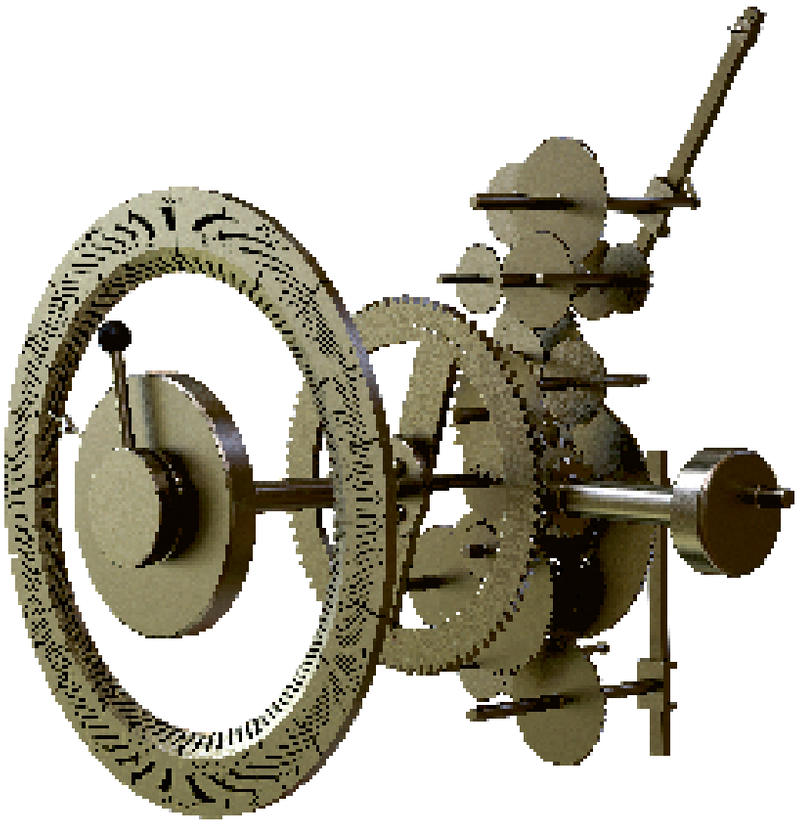
σελ. 72-73.
1) Λοβωτή φιάλη. ΕΑΜ 23714. Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.
2) Αλάβαστρο. ΕΑΜ 23726. Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.
3) Ταινιωτή φιάλη. ΕΑΜ 23723. Δεύτερο τέταρτο του 1ου αι. π.Χ.
4) Άωτος σκύφος. ΕΑΜ 23712. Πρώτο μισό του 1ου αι. π.Χ.

σελ. 80-81.
1) Πρόχους-οινοχόη. ΕΑΜ 30967. 1ος αι. π.Χ.
2) Χείλος με εγχάρακτη επιγραφή από ανάγλυφο σκύφο. ΕΑΜ 30709. 1ος αι. π.Χ.
3) Κρατήρας. ΕΑΜ 31005. 1ος αι. π.Χ.
4) Ανάγλυφος σκύφος με εγχάρακτη επιγραφή στο χείλος. ΕΑΜ 30708. 1ος αι. π.Χ.

σελ. 88-89.
1) Δηνάριο της Ρωμαϊκής Δημοκρατίας. *Classical Numismatic Group*, Δημοπρασία 90 (23/05/2012), αρ. 1367. Χρονολογία κοπής: 46 π.Χ. (νομισματοκόπος: T. Carisius).
2) Εμπροσθότυπος χάλκινου ***ἡμίσεως*** (semis) της Ποσειδωνίας (Paestum). Από *Numismatica Ars Classica*, Auction 27 (12-05-2004), αρ. 41. Χρονολογία κοπής: αρχές 1ου αι. π.Χ.
3) Δηνάριο της Ρωμαϊκής Δημοκρατίας (οπίσθια όψη). Εργαλεία νομισματοκοπίας. *Classical Numismatic Group*, Δημοπρασία 90 (23/05/2012), αρ. 1367. Χρονολογία κοπής: 46 π.Χ. (νομισματοκόπος: T. Carisius).
4) Κιστοφορικό τετράδραχμο Περγάμου (οπίσθια όψη). Αντωπά φίδια ελίσσονται γύρω από γωρυτό˙ στο πεδίο αριστερά ΠΕΡ (Πέργαμος)˙ στο πεδίο δεξιά ράβδος με περιελισσόμενο φίδι˙ μεταξύ των των κεφαλιών των φιδιών τα γράμματα ΜΑ από το όνομα του υπεύθυνου κοπής. Αθήνα/Νομισματικό Μουσείο, ΒΠ 707 19.024/2. Χρονολογία κοπής: 95-92 π.Χ.

σελ. 94-95.
1) Το θραύσμα C του Μηχανισμού.
2) Το θραύσμα Β του Μηχανισμού.
3) Η πίσω όψη του θραύσματος Β του Μηχανισμού.
4) Το θραύσμα Α του Μηχανισμού.

ΕΑΜ Χ 15087. Δεύτερο μισό του 2ου αι. π.Χ.



Αναπαράσταση 3D των εσωτερικών μηχανικών μερών του Μηχανισμού των Αντικυθήρων
(Γραφικά M. Buttet Hublot, ευγενική παραχώρηση).

ΕΘΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ

Αποκλειστικός χορηγός της έκδοσης

Αθήνα 2012