

# Πως δουλεύει ο αρχαιολόγος

## Η προετοιμασία

### Πως οδηγείται ο αρχαιολόγος σε μian ανασκαφή

Για να οργανώσει μian ανασκαφή ο αρχαιολόγος σήμερα, οφείλει να συγκεντρώσει προηγουμένως όσα γραπτά στοιχεία υπάρχουν για την περιοχή στην οποία θα εντάξει τον ανασκαφικό χώρο, ανεξάρτητα από το αν σώζονται ως σήμερα επιφανειακά υλικά κατάλοιπα. Έτσι η ανασκαφή είναι το αποτέλεσμα σύνθετης επιστημονικής προεργασίας, η οποία ξεκινά από τα παρακάτω ερεθίσματα:

1) Από γραπτές μαρτυρίες των αρχαίων που περιγράφουν τον τόπο και τα αντικείμενα, 2) από επιγραφές που βρίσκονται επιτόπου ή έχουν μεταφερθεί σε άλλο μέρος, 3) από επιφανειακές ενδείξεις, δηλαδή, θραύσματα κεραμικών, δουλεμένες πέτρες, νομίσματα κ.ά.

4) Από τυχαία ευρήματα που μπορεί να είναι επιφανειακά, θαμμένα στο χώμα και από κάποιο λόγο έρχονται στην επιφάνεια (π.χ. καλλιέργεια) ή υποβρύχια, (μέτα τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο, νέες μέθοδοι επέτρεψαν στον άνθρωπο να παραμείνει για ώρες κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και γενικά των νερών και να κινείται με σχετική άνεση (βλ.

ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ 8, 1983 αφιέρωμα στην υποβρύχια αρχ.). 5) Από την παρακολούθηση ανοικοδόμησης κτιρίων, αν δηλαδή στην εκσκαφή που γίνεται για τη θεμελίωση πολυκατοικίας θρεθεί μέρος αρχαίου οικισμού, πρέπει να γίνει έρευνα σε όλη του την έκταση έως ότου ενταχθεί το τμήμα που θρέθηκε σε μια ενότητα. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η Αρχαιολογική Υπηρεσία στην Ελλάδα προστατεύει και ελέγχει με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο τη σύγχρονη ανοικοδόμηση, μέσα ή κοντά σε γνωστές αρχαιολογικές και ιστορικές περιοχές (π.χ. Αθήνα, Πάτρα, Ναύπλιο κ.λπ.) ώστε να ανασυνθέσει την υλική εικόνα του τόπου. Οι μεμονωμένες σωστικές —όπως ονομάζονται— ανασκαφές στα οικοπέδα, εντάσσονται σταδιακά και απαρτίζουν τη μορφή και τη λειτουργία της περιοχής στην αρχαιότητα.

## Ανίχνευση

**Αεροφωτογραφία:** Σύγχρονος τρόπος εργασίας, συνίσταται στην αποτύπωση (φωτογραφική) στοιχείων που υπάρχουν στο έδαφος αλλά είναι δυσδιάκριτα. Η γενική εικόνα του τοπίου είναι παρμένη από σχετικά μικρό ύψος (ελικόπτερο, μικρά

αεροσκάφη και χαρταετοί ή αερόστατα χρησιμοποιούνται για τη δουλειά αυτή) επιτρέπει τη σωστή κατανοήση του πλαισίου των αρχαιολογικών ευρημάτων (χωρογραφία).

**Σκιαγραφία:** Μέθοδος ερμηνείας της σκιάς που ρίχνουν οι πλάγιες ακτίνες του ήλιου (ξημέρωμα ή απόγευμα). Τότε φανερώνονται οι ανωμαλίες του εδάφους που συχνά οφείλονται σε θαμμένα κτίσματα.

**Τοπογραφία, χωρογραφία:** Συχνά πολεοδομικά σχέδια εξηγούνται με την εντόπιση χειμάρρων, μονοπατιών ή άλλων ανωμαλιών του εδάφους.

**Φυτολογία:** Η διαφορετική ανάπτυξη των σπαρτών σε ένα χωράφι είναι ένδειξη για την ύπαρξη ή μη θαμμένων κτισμάτων (αν υπάρχει θαμμένο κτίσμα, οι ρίζες των σπαρτών δεν προχωρούν σε βάθος και τα φυτά είναι καχεκτικά, αν το έδαφος είναι καθαρό τα φυτά αναπτύσσονται καλά και πρασινίζουν).

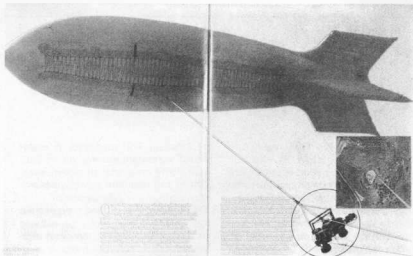
**Υγρασία:** Η ύπαρξη θαμμένου κτίσματος φαίνεται από το χρώμα του χώματος: Αν υπάρχει κτίσμα, το χώμα που το καλύπτει είναι λιγότερο παρά στα μέρη όπου δεν υπάρχει τίποτα. Έτσι το λεπτό στρώμα χώματος κρατά λιγότερη υγρασία από το υπόλοιπο και έχει πιο ανοιχτό χρώμα από αυτό του υπόλοιπου χώρου.

**Θερμική διαφορά:** Αυτή γίνεται αισθητή με τη χρήση ειδικών ουσιών επικάλυψης των φωτογραφικών φιλμς, που είναι ευαίσθητες στην υπέρυθρη ακτινοβολία (I.R.) και αποτυπώνει τις θερμικές διαφορές του τοπίου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε περίπτωση απότομης αλλαγής της θερμοκρασίας (ένα θαμμένο πέτρινο κτίσμα κρατά τη θερμότητα διαφορετικά από ότι μια λακούβα γεμάτη απορρίματα. Επίσης σε περίπτωση που χιονίζει, η θερμοκρασία του εδάφους βοηθά στην τήξη ή στη διατήρηση του χιονιού).

**Εδαφολογικά στοιχεία:** Μετά από το όργωμα, το χρώμα που παρουσιάζει το έδαφος μπορεί να είναι ενδεικτικό στοιχείων για την ύπαρξη κάτω από την επιφάνεια του αρχαίων λειψάνων (κτίσμα από ασβεστόλιθο «σπρίζει» το χώμα) γιατί πολλά από αυτά έρχονται στην επιφάνεια. Εκτός από τη φωτογράφιση (με ειδικά φίλμς, φίλτρα και φωτισμούς) και γενικά την οπτική εικόνα, υπάρχουν και άλλα μέσα που βοηθούν τον αρχαιολόγο στην ανίχνευση και στήριξη σε μεθόδους της φυσικής:



Προϊστορική ανασκαφή στη Γαλλία (Etioles)



Πρωτότυπος τρόπος αεροφωτογράφισης όπου η φωτ. μηχανή δένεται σε αερόστατο. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ πιο οικονομική από το να χρησιμοποιηθεί ελικόπτερο ή αεροπλάνο (περ. Archaeology, 35.5. 1985).

**Μαγνητική επισκόπηση:** χρησιμοποιεί το μαγνητόμετρο πρωτονίων και μετρά την ένταση του μαγνητικού πεδίου της γης. Η αλλαγή της έντασης του μαγνητικού αυτού πεδίου που προκαλούν θαμμένα αντικείμενα, δίνει ενδείξεις στους αρχαιολόγους: Κεραμικά, φούρνοι, καμίνια, εστίες, με άλλα λόγια «ψημένα» αντικείμενα, δημιουργούν ανωμαλίες στην ένταση του μαγνητικού πεδίου γιατί έχουν θερμομαγνητισμό (μόνιμο μαγνητισμό που αποκτήσαν από το ψήσιμο). Επίσης πηγάδια και τάφοι που με τα χρόνια γέμισαν από χώματα (που έχουν άλλη πυκνότητα, συχνά και σύσταση από αυτά του γύρω χώρου) δείχνουν διαφορά —αύξηση— του μαγνητικού πεδίου. Επίσης οι τοίχοι και οι δρόμοι δημιουργούν πτώση της έντασης του μαγνητικού πεδίου, γιατί έχουν μικρότερη επιδεκτικότητα (μαγνητική) —πέτρα, χαλίκι— από αυτή του περιβάλλοντος.

**Ειδική αντίσταση.** Για την επισκόπηση που στηρίζεται στην ειδική αντίσταση διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα στο έδαφος μέσω μεταλλικών ηλεκτροδίων και μετρείται η αντίσταση του στη ροή του ρεύματος. Θαμμένα αρχαιολογικά λείψανα: τάφοι, κτίσματα κ.ά. εντοπίζονται εύκολα, με πολύ μικρό έργοδο και προπάντως τα σίδηρα, οι ηλεκτρικοί αγωγοί κ.ά. που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους δεν επιτρέφουν τη μέθοδο αυτή, που μπορεί έτσι να χρησιμοποιηθεί μέσα σε σύγχρονη πόλη.

**Ηλεκτρομαγνητική επισκόπηση:** Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται στο στρατό για την εντόπιση ναρκών. Στην αρχαιολογία χρησιμεύει στην εντόπιση νομισμάτων και άλλων μεταλλικών αντικειμένων.

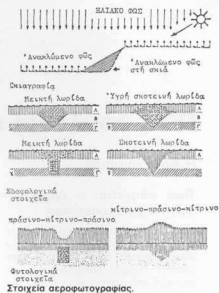
**Μέθοδοι επαγωγικής πόλωσης:** Μετρείται η αλλαγή της τάσης διακοπόμενου ρεύματος που διοχετεύεται στο έδαφος. Κάθε θαμμένο αντικείμενο επιτρέπει τη μέτρηση.

## Πως γίνεται μια ανασκαφή

Εδώ θα εξετάσουμε τον επιστημονικό τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανασκαφή, που θεωρείται και «ιδανικός τρόπος» από τους αρχαιολόγους, αφού για την εφαρμογή του απαιτούνται ορισμένες καθοριστικές προϋποθέσεις, που στηρίζονται στα οικονομικά μέσα που διαθέτει το κράτος για την αποκάλυψη της πολιτιστικής μας κληρονομιάς. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, μετά την επιλογή του χώρου που θα ανασκαφεί σχηματίζεται ένα επιφανειακό πλαίσιο (κάνσας) που λειτουργεί σαν τοπογραφικός χάρτης. Το νόημα του του τετραγωνισμένου πλαισίου είναι να διευκολύνει τον αρχαιολόγο να εντάξει τα μελλοντικά κινητά και ακίνητα ευρήματα, αναφορικά, μέσα σε έναν συγκεκριμένο χώρο.

Μέσα στο πλαίσιο αυτό που μπορεί να έχει οποιοσδήποτε διαστάσεις, ορίζονται ορθογώνιοι χώροι, συνήθως τετράγωνοι, διαστάσεων με πλευρά από 1 ως 4 ή 5 μέτρα και χωρίζονται μεταξύ τους με διαβρόμους. Τα τετράγωνα αυτά, ο αρχαιολόγος, μπορεί να τα σκάψει ολόκληρα ή να κάνει τομές μέσα σ' αυτά. Συγχρόνως αρχίζει η καταγραφή των επιφανειακών στοιχείων (δοτράκα, είδος χώματος κλπ.) σ' ένα τετράδιο που λέγεται ημερολόγιο.

Στο ημερολόγιο αυτό ο αρχαιολόγος οφείλει να καταγράφει οτιδήποτε παρατηρεί και θα τον βοηθήσει για την μελλοντική αποκατάσταση της αρχικής μορφής του ευρήματος. Μετά φωτογραφίζονται τα ευρήματα. Αφού καθαριστεί η επιφάνεια του εδάφους, εργάτες ειδικευμένοι σε αρχαιολογική ανασκαφή, θγάζουν τα επιφανειακά χώματα που καλύπτουν τις αρχαιότητες και τα στοιβάζουν σε ένα συγκεκριμένο μέρος (μπάζα). Όταν φτάσουν σε έδαφος που περιέχει καθαρά αρχαιολογικά λείψανα, τότε αρχίζει η καθαυτή ανασκαφή.



Στοιχεία αεροφωτογραφίας.

Το κάθε τετράγωνο, που έχει αριθμηθεί σκάβεται προσεκτικά σύμφωνα με οριζόντιες στρώσεις. Το κάθε τέτοιο στρώμα έχει πάχος ανάλογο με το χώμα που κάλυψε την περιοχή: Π.χ. μεσαιωνικό στρώμα με πάχος 50 εκ. περιέχει θραύσματα από θυζαντινά κεραμικά και μερικά νομίσματα της εποχής. Το επόμενο στρώμα περιέχει μερικά ρωμαϊκά λείψανα σε πάχος χώματος 30 εκ. ενώ το επόμενο στρώμα πάχους 70 εκ. περιέχει ελληνιστικά λείψανα. Το κάθε στρώμα εξετάζεται προσεκτικά και αποτελεί το αντικείμενο της στρωματογραφικής μελέτης. Όλα τα αντικείμενα, όπως είπαμε κιάλια, καταγράφονται, περιγράφονται, φωτογραφίζονται, σχεδιάζονται, αριθμούνται και συλλέγονται σε κουτιά ή σακκούλες κατά ενότητες με τις ενδείξεις τους. Όταν η ανασκαφή φέρει τον αρχαιολόγο μπροστά σε κτίσμα τότε, αφού ανασκαφεί, καθαρίζεται, κατόπιν ακολουθούν οι προηγούμενες ενέργειες με το κτίσμα «ερμηνεύεται» ή χαρακτηρίζεται (π.χ. σπίτι, ναός, δημόσιο κτίριο).

Στην περίπτωση που η ανασκαφή αφορά π.χ. εργαστήριο γλυπτικής, προϊστορικό οικισμό ή άλλο αντικείμενο, όπου η λεπτομέρεια παίζει πρωτεύοντα ρόλο, τα αντικείμενα -υπολείμματα που βρίσκονται καταγράφονται να την ακριβή τους όχι μόνο θέση αλλά και κλίση, όπως να παράδειγμα στο εργαστήριο γλυπτικής όπου βρίσκονται μικρότατα θραύσματα από μάρμαρο που προέρχονται από την κατασκευή μαρμρινών αγαλμάτων, η θέση και η κλίση των μικροσκοπικών, συχνά, αυτών λειψάνων δείχνει τη θέση στην οποία βάδισαν οι γλύπτες την ώρα που δούλευε. Επίσης, αν πρόκειται για προϊστορική καλύβα, τα κοκκαλάκια των ζώων που είναι απομεινάρια τροφής και βρίσκονται σε μία μεριά, όλα μαζεμένα, δείχνουν που ήταν το τοίχωμα της καλύβας, γιατί οι άνθρωποι, αφού έτρωγαν,



Εδώ φαίνονται καθαρά τα τετράγωνα της ανασκαφής (Saliagos, Evans και Renfrew).



Στην τομή του τετραγώνου φαίνεται καθαρά η στρωματογραφία του εδάφους. (Saliagos, Evans και Renfrew).

έσπρωχναν τα άχρηστα απομεινάρια της τροφής στην άκρη, ώστε να μην τους ενοχλούν στην κίνησή τους μέσα στο χώρο. Πολλά τέτοια παραδείγματα μπορούν να μας δείξουν πως η λεπτομερής παρατήρηση του κάθε σημείου είναι φορέας χρήσιμων πληροφοριών.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε μια ανασκαφή συνήθως είναι: Τσάπα, σκαλιστρι (για τα πρώτα στρώματα) μυστέρι, σπάτουλα (για πιο λεπτή δουλειά) πιναλλάκι, σκουπάκια και εργαλεία οδοντογλυκίσ (για πολύ λεπτή εργασία) επίσης φτυάρι (για να απομακρύνεται το άχρηστο χώμα) και καροτσάκι (για τη μεταφορά ως το σημείο όπου συγκεντρώνονται τα μπάζα). Πριν πεταχτούν τα χώματα κοκκινίζονται με να μη χαθεί, κατά λάθος, κανένα αρχαιολογικό λείψανο μικρών διαστάσεων αλλά, μπορεί, μεγάλης σημασίας.

### Τι είναι η στρωματογραφία:

Όπως ο γεωλόγος, έτσι και ο αρχαιολόγος πρέπει να κάνει την ανασκαφή του παρατηρώντας και μελετώντας τα στρώματα (γεωλογικά) γιατί τα χώματα που έρχονται με τις βροχές, τις καταιγίδες, τις πλημμύρες ή και με τους ανέμους σκεπάζουν σιγά σιγά το έδαφος, δημιουργώντας στρώματα που περιέχουν τα λείψανα της κάθε εποχής. Αλλά ενώ στη γεωλογία τα στρώματα δημιουργούνται σε περιόδους χιλιάδων ετών, στην αρχαιολογία, δημιουργούνται σε πολύ πιο σύντομα χρονικά διαστήματα. Πάντως, ο αρχαιολόγος λαβαίνει υπόψη του όλα τα στοιχεία ακόμη και τα καθαρά γεωλογικά του προσφέρουν τα απολιθώματα το κ.ά.

### Σχέδιο

Ο αρχαιολόγος πρέπει να ξέρει να σχεδιάζει γιατί και η καλύτερη περι-

γραφή απαιτεί, ως συμπλήρωμα, το σχέδιο. Δύο είδη σχεδίου εφαρμόζονται στην αρχαιολογία: Το γρήγορο ελεύθερο σχέδιο (σκίτσο) που γίνεται στο τετράδιο ανασκαφής και όπου σημειώνονται διαστάσεις και άλλες πληροφορίες που βοηθάν τον αρχαιολόγο να συντάξει το κείμενό του, όταν πια δεν έχει τα αντικείμενα μπροστά του. Για τη δημοσίευση όμως χρειάζεται άλλο σχέδιο που γίνεται από σχεδιαστή. Είναι σχέδιο μελανωμένο καλοσχεδιασμένο σε κλίμακα. Δίπλα στο σχέδιο σημειώνεται πάντοτε και η κλίμακα με εκατοστά.

Τα αρχαιολογικά αντικείμενα σχεδιάζονται σύμφωνα με ορισμένους κανόνες: Τα αγγεία σχεδιάζονται σύμφωνα με τον κάθετο τους άξονα. Η δεξιά πλευρά δίνει την εξωτερική όψη του αγγείου ενώ η αριστερή δίνει την τομή του. Πολλές μέθοδοι υπάρχουν για το σχεδιασμό των καμπυλών του αγγείου. Κάθε σχεδιαστής διαλέγει αυτή που του πηγαίνει. Για άλλα αντικείμενα (εκτός από τα αγγεία), τα σχέδια γίνονται με φωτοσκίσεις και περιγράμματα, συχνά τα αντικείμενα σχεδιάζονται σύμφωνα με δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες, δίνονται δε πάντοτε και η τομή του αντικειμένου.

Ο σχεδιαστής όμως (συνήθως αρχιτέκτονας) κάνει και τοπογραφικά σχέδια, σχέδια οικημάτων και άλλα. Στα σχέδια αυτά δίνεται πάντοτε η κλίμακα και ο προσανατολισμός.

### Φωτογράφιση

Θαυμάσιο μέσο αποτύπωσης είναι η φωτογραφία. Η αρχαιολογική όμως φωτογραφία χρειάζεται πείρα και σωστά επιλεγμένες φωτογραφικές μηχανές. Δεν πρόκειται να κάνουμε εδώ μάθημα αρχαιολογικής φωτογραφίας, σκοπεύουμε να αφιερώσουμε στο θέμα αυτό πλήρη έρευνα. Το μέγεθος του αρνητικού πρέπει

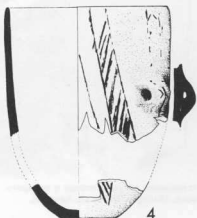
να υπολογιστεί σύμφωνα με τη χρήση για την οποία το θέλουμε: δημοσίευση, αρχείο κλπ. και το αν θα κάνουμε έγχρωμη ή ασπρόμαυρη φωτογραφία ή και τα δύο. Σε κάθε φωτογραφία πρέπει απαραίτητως να περιλαμβάνεται και η κλίμακα: Ένας χάρακας (για μικρά αντικείμενα) ή ένα φύλλο με σημειωμένες τις διαστάσεις (μεγάλες «χάρακας» διχρώμος, τα γνωστά «κοντάκια» των τοπογράφων) που θα τοποθετηθεί κοντά στο αντικείμενο χωρίς να ενοχλεί.

## ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΥΛΙΚΩΝ

Η ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΑ, σχετικά σύγχρονη επιστήμη, βασίζεται σε διάφορους κλάδους των θετικών επιστημών και βοηθά στη λύση αρχαιολογικών προβλημάτων. Είναι έρευνα διεπιστημονική και οι κατευθύνσεις της είναι ποικίλες: Εντόπιση αρχαιοτήτων (βλ. πιο πάνω). Σχετική ή απόλυτη χρονολόγηση αντικειμένων, ανάλυση της σύστασής τους που συχνά οδηγεί στη γνώση της τεχνολογίας.

Οι αποτελέσματα των ερευνών αυτών κατατάσσονται να μελετώνται χάρη στη ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ, με τη βοήθεια ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ που καθιστούν απαραίτητη τη χρήση ενι-αίας γλώσσας ή κώδικα.

Η δειγματοληψία είναι το πρώτο βήμα για την εξέταση και ανάλυση των αρχαιολογικών ευρημάτων. Η επιλογή των δειγμάτων και ο τρόπος συλλογής τους πρέπει να γίνονται με μεγάλη προσοχή: Το δείγμα πρέπει να μείνει όσο το δυνατό μακριά από την επιδίωξη του σύγχρονου περιβάλλοντος. Τα δείγματα πρέπει να φυλάγονται αεροστεγώς μέσα σε γυάλινα δοχεία ή σε σκουφές από πολυαιθυλένιο. Παράδειγμα, το έργο που θα χρησιμεύσει για χρονολόγηση με  $C^{14}$  δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με το δέρμα του χεριού ούτε



Παράδειγμα για το πώς σχεδιάζεται ένα αγγείο (Saliagos, Evans και Renfrew).

με χαρτί (περιτυλιγμένο ή ταμπλέτα) γιατί θα δώσει λανθασμένα αποτελέσματα. Η επαφή αυτού του ξύλου με ζωικό τοξικό, το εμπλουτίζει σε άνθρακα 14.

Το χώμα που συλλέγεται για την εξέταση γύρης (η γύρη είναι το μόνο λείψανο φυτών που διατηρείται από την προϊστορική εποχή μέχρι σήμερα, ανέπαφο) πρέπει να φυλάχτει σε καθαρό κλειστό δοχείο. Αν το δοχείο έχει μείνει ανοιχτό στο ύπαιθρο, μπορεί να έχει μπει, με τον αέρα σύγχρονη γύρη (απ' αυτήν που αιωρείται στον αέρα). Για να έχουμε δείγμα αξιόπιστο, πρέπει να το πάρουμε με καρότο (αφαιρέσει στήλης χώματος) από τέτοιο βάθος που το χώμα να μην έχει επηρεαστεί από λιπάσματα, όργανα κ.ά. Το βάθος είναι συνήθως από 80 εκ. και πάνω.

Ένα θέμα που πρέπει να εξετάζεται πάντοτε είναι η σειρά που θα γίνουν οι διάφορες εξετάσεις του δείγματος. Αν μας ενδιαφέρει η εσωτερική δομή ενός γλυπτού και θέλουμε να το χρονολογήσουμε με ραδιενεργή μέθοδο, τότε πρέπει να προεξοφάμε να μην ενεργοποιήσουμε το υλικό με ακτίνες X ή γ. Πρώτα λοιπόν θα πρέπει να χρονολογήσουμε το υλικό και μετά να εξετάσουμε την εσωτερική του δομή. Αντίστροφη σειρά των εργασιών δίνει λανθασμένα αποτελέσματα.

Σε περίπτωση εξέτασης του υλικού με τη μέθοδο της θερμωφωταύγειας το δείγμα δεν πρέπει να εκτεθεί στο φως. Μόλις γίνει η δειγματοληψία, το δοχείο ή η σακούλα με το δείγμα θα φυλάχτει σε σκοτεινό μέρος.

Για την εξέταση πετρωμάτων χρειάζονται δείγματα 3-5 κιλών που θα πάρουμε ως εξής: 1) μερικά κομμάτια από την επιφάνεια του πετρώματος 2) άλλα κομμάτια παρμένα από βάθος 20 εκ. και κομμένα με σιδερένια εργαλεία. Ποτέ δεν παίρνουμε

πετρώμα που έχει αποκολληθεί με πυριτίδα (πετρώμα από λατομείο όπου έχει χρησιμοποιηθεί φουρνέλο) γιατί το δείγμα θα περιέχει θείο. Η συλλογή δειγμάτων ψημένων πηλών για τη χρονολόγηση τους με τη μέθοδο που στηρίζεται στην αλλαγή της διεύθυνσης του μαγνητικού θορύβου είναι απλή, αλλά απαιτεί πολλές διαδικασίες. Για μια τέτοια εξέταση χρειάζονται 6-10 δείγματα παρμένα από διάφορες μεριές του αντικείμενου.

Το δείγμα που αποτελείται από ένα κομμάτι ψημένο πηλό, πρέπει να παρθεί in situ. Στα κομμάτια και στις εστίες, το δάπεδο είναι το πιο καλοψημένο μέρος. Η οριζόντια επιφάνεια του δείγματος λειάνεται και περιβάλλεται από αλουμινένια κυκλική μήτρα που γεμίζεται με γύψο. Η επάνω επιφάνεια του γύψινου κύβου πρέπει να είναι λεία και απόλυτα οριζόντια. Όταν ο γύψος σκληρύνει, χαράζουμε επάνω τη διεύθυνση του μαγνητικού θορύβου της στιγμής εκείνης (αυτή που μας δείχνει η πυξίδα), καθώς και τη διεύθυνση ενός τυχόντος σημείου, ή του ήλιου κατά τη στιγμή εκείνη ώστε να μπορεί να υπολογιστεί και ο γεωγραφικός θορύβος. Τα σημεία αυτά αναγράφονται και σ' έναν χάρτη και χρησιμεύουν για ενδεικτικά στοιχεία. Το τελευταίο στάδιο της δειγματοληψίας συνίσταται στην αποκόλληση του δείγματος (κομμάτι πηλού και γύψινος κύβος στερεωμένος επάνω του). Με τον τρόπο αυτόν, το δείγμα μας, φέρει σημειωμένο τον μαγνητικό θορύβου της στιγμής της δειγματοληψίας και μπορεί να εξεταστεί στο εργαστήριο σύμφωνα με την αρχική του θέση.

Αφού πάρουμε τα δείγματα τα εξετάζουμε ανάλογα με το υλικό από το οποίο αποτελούνται και με τις πληροφορίες που ζητάμε να μάθουμε.

## Φυσική εξέταση αρχαιολογικών υλικών, οργανικών και ανοργάνων.

Οι τεχνικές της φυσικής εξέτασης αρχαιολογικών υλικών διαορίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες.

Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τις τεχνικές μεθόδους που χρησιμοποιούν μικροσκόπια και ακτινογράφιση με ακτίνες X. Αυτές οι μέθοδοι δίνουν περιγραφικές και ποιοτικές πληροφορίες.

Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει τεχνικές που δίνουν ποιοτική και ποσοτική σύσταση των στοιχείων και ιχνοστοιχείων καθώς και πληροφορίες για την κρυσταλλική δομή.

## Μικροσκοπική εξέταση και η ακτινογράφιση

Η μικροσκοπική εξέταση και η ακτινογράφιση αποτελούν επέκταση της εξέτασης με γυμνό μάτι και δίνουν πληροφορίες για την εξωτερική και εσωτερική δομή και όψη και

την κατάσταση των υλικών. Για τις εξετάσεις αυτές γίνεται χρήση των παρακάτω οργάνων.

**Πετρογραφικό μικροσκόπιο.** Χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των πετρωμάτων (από τα οποία έχουν κατασκευαστεί πέτρινα αντικείμενα) και για τον χαρακτηρισμό των ορυκτών και κόκκων (που περιέχονται σε πηλούς). Το πετρογραφικό (πολωτικό) μικροσκόπιο οδηγεί σε πληροφορίες σχετικές με τη γεωγραφική προέλευση (χαρακτηριστικά πετρώματα), καθώς και τον τρόπο επεξεργασίας του υλικού.

**Μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.** Χρησιμοποιείται για τη μελέτη της μεταβολής που έχουν υποστεί τα μεταλλικά αρχαία αντικείμενα. Ένα κομμάτι από το αρχαίο μέταλλο αφού λειανθεί και προσβληθεί, το κατάλληλο αντιδραστήριο εξετάζεται στο ανακλώμενο φως του μεταλλογραφικού μικροσκοπίου. Η εξέταση αυτή παρέχει πληροφορίες για τη δομή του μετάλλου, όσον αφορά τις θερμικές και μηχανικές επεμβάσεις που έχει υποστεί. Η μεταλλογραφική εξέταση δεν μας βοηθά να βρούμε τη σύσταση του μετάλλου ή του κράσματος και να αναγνωρίσουμε τη γεωγραφική του προέλευση. Αυτές τις πληροφορίες τις αντλούμε από χημικές αναλύσεις του ίδιου του αντικείμενου.

**Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.** Μελετά την επιφάνεια και την εσωτερική δομή ενός μεγάλου αριθμού υλικών.

## Ακτινογράφιση

Η ακτινογράφιση εξετάζει δείγματα χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υψηλής ενέργειας. Δίνει πληροφορίες για τη σύσταση και την εσωτερική δομή αντικειμένων που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι. Στην ακτινογράφιση χρησιμοποιούνται ακτίνες X και γ.

## Μικροακτινογράφιση

Η μέθοδος αυτή δίνει στοιχεία της δομής του δείγματος σε λιγότερο από 1 μm (1 εκατομμυριοστό του μέτρου).

## Φυσικές μέθοδοι χημικής ανάλυσης

Με τις φυσικές μεθόδους χημικής ανάλυσης μελετάμε τη χημική σύσταση που αντικειμένου.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι:

**Φασματοσκοπία εκπομπής** (καταστροφή το δείγμα). Μελετά την ακτινοβολία που εκπέμπεται όταν τα διεγερμένα εξωτερικά ηλεκτρο-

για των ατόμων μεταπίπτουν στη βασική ενεργειακή τους στάθμη. Το φως που εκπέμπεται δίνει χαρακτηριστικό φάσμα για κάθε στοιχείο και η ένταση της ακτινοβολίας είναι μέτρο για την ποσοτική σύσταση των στοιχείων.

Η διεγερση των ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται με ηλεκτρική εκκένωση μεταξύ δύο ηλεκτροδίων. Το εκπεμπόμενο φως χωρίζεται, με τη βοήθεια πρίσματος, στα συστατικά μήκη κύματος που συγκλίνουν σε διαφορετικά σημεία μιας φωτογραφικής πλάκας.

**Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης** (καταστρέφει το δείγμα). Στήριζεται στην ικανότητα των ατόμων κάθε στοιχείου να απορροφούν εκλεκτικά ακτινοβολία σε ορισμένα μήκη κύματος.

Η απορροφώμενη από το κάθε στοιχείο ακτινοβολία εκπέμπεται από καθοδική λυχνία (μια για κάθε στοιχείο). Η μεταβολή της έντασης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας οφείλεται στη μερική απορρόφηση της από το στοιχείο. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό του περιεχομένου στοιχείου στο διάλυμα τόσο και μεγαλύτερη η απορρόφηση.

Το όργανο που χρησιμοποιείται είναι το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης.

**Φασματοσκοπία ακτίνων X φθορισμού.** Στη φασματοσκοπία ακτίνων X φθορισμού το δείγμα ακτινοβολείται με ακτίνες X. Α: τότε αποσπούν ηλεκτρόνια από τις εσωτερικές στιβάδες των περιεχομένων ατόμων. Το δημιουργούμενο κενό δαναμεγίζει αυτόματα με ηλεκτρόνια των εξωτερικών στιβάδων, ενώ συγχρόνως εκπέμπεται διαφορετική ακτινοβολία που λέγεται ακτινοβολία ακτίνων X φθορισμού. Κάθε στοιχείο εκπέμπει ακτινοβολία φθορισμού σε χαρακτηριστικό μήκος κύματος.

Τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας δίνουν το στοιχείο ενώ η ένταση του δίνει την ποσοτική τους σύσταση.

Η μέθοδος άλλοτε είναι καταστρεπτική και άλλοτε μη, ανάλογα με το είδος οργάνου που χρησιμοποιείται.

**Νετρονική ενεργοποίηση** (μη καταστρεπτική). Μελετά τις διεργασίες των ατομικών πυρήνων. Σ' αυτή τη μέθοδο το δείγμα θομβαρδίζεται με νετρόνια που μετατρέπουν τους πυρήνες των περιεχομένων στοιχείων σε ασταθή ραδιενεργά ισότοπα. Αυτά τα ασταθή ισότοπα μεταπίπτουν σε σταθερά, των οποίων ο χρόνος υποδιπλασιασμού ποικίλλει. Συγχρόνως παράγονται ακτίνες γ που η

ενέργειά τους είναι χαρακτηριστική για κάθε στοιχείο και η έντασή τους δίνει την ποσοτική σύσταση των στοιχείων.

**Περιθλασμή ακτίνων X.** Σε αντίθεση με τις άλλες τεχνικές που μας δίνουν την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των δειγμάτων, η περιθλασμή των ακτίνων X δίνει πληροφορίες για την κρυσταλλική δομή των χημικών ενώσεων που βρίσκονται στο δείγμα και για τις θερμικές και μηχανικές επεμβάσεις που έχει υποστεί το υλικό κατά την επεξεργασία του. Η μέθοδος άλλοτε είναι καταστρεπτική και άλλοτε μη, ανάλογα με το είδος του οργάνου που χρησιμοποιείται.

**Υπερύβρη φασματοσκοπία** (καταστρέφει το δείγμα). Στην υπερύβρη φασματοσκοπία (I.R.) ακτινοβολείται το δείγμα, που μπορεί να είναι στερεό ή υγρό, με ακτινοβολία μήκους κύματος από 2.5-1.6  $\mu\text{m}$ .

Οι δεσμοί των στοιχείων της κάθε ομάδας μιας ένωσης μπορούν να τεθούν σε ταλάντωση. Οι συχνότητες της ταλάντωσης τους είναι χαρακτηριστικές για τις περιεχόμενες ομάδες. Η συχνότητα της υπερύβρης ακτινοβολίας όταν είναι ίδια με αυτήν της ομάδας, τότε η ακτινοβολία απορροφάται.

Αυτές οι απορροφήσεις δίνουν στοιχεία για τις χαρακτηριστικές ομάδες που υπάρχουν στο δείγμα.

**Φασματοσκοπία Mössbauer** (καταστρεπτική). Η τεχνική της φασματοσκοπίας Mössbauer είναι ανάλογη με αυτή της ατομικής απορρόφησης (στη φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης απορροφώνται χαρακτηριστικά μήκη κύματος του ορατού φωτός μέσω των διεγερμένων εξωτερικών ηλεκτρονίων των ατόμων του δείγματος).

Στη φασματοσκοπία Mössbauer περιλαμβάνονται οι απορροφήσεις των ακτίνων γ χαρακτηριστικές ενεργειας, μέσω των διεγερμένων ατομικών πυρήνων. Η τεχνική αυτή βοηθά στη μελέτη των σιδηρούχων ενώσεων που περιέχονται σε κεραμικά.

Για τη μέτρηση χρησιμοποιείται πηγή Κοβαλτίου ( $^{57}\text{Co}$ ) το οποίο μεταπίπτει σε σιδηρό ( $^{57}\text{Fe}$ ) εκπέμποντας ακτίνες γ. Με τη σειρά του, ο  $^{57}\text{Fe}$  επιστρέφει στη βασική ενεργειακή του στάθμη εκπέμποντας καινούργια ακτινοβολία γ. Αυτή η δεύτερη ακτινοβολία περνά μέσα από το δείγμα και η έντασή της εξερχόμενης ακτινοβολίας, μετά την απορρόφηση από  $^{57}\text{Fe}$  του δείγματος, καταγράφεται. Το φάσμα Mössbauer δίνει πληροφορίες, κυρίως για τις μορφές του σιδήρου.

**Θερμική ανάλυση** (καταστρεπτική). Περιλαμβάνει τις φυσικές και χημικές αλλαγές του δείγματος όταν αυτό θερμανθεί από τη θερμοκρασία δωματίου μέχρι τους 1000°C.

## Χρωματογραφία

Με τη χρωματογραφία διαχωρίζεται ένα μείγμα ουσιών χάρη στη διαφορετική ταχύτητα μετατόπισης τους σε μια στήλη με κατάλληλο υλικό. Το όνομα της τεχνικής οφείλεται στο ότι πρωτοχρησιμοποιήθηκε για το διαχωρισμό εγχρωμών ουσιών. Στη **χρωματογραφία χάρτου**, μια σταγόνα του μείγματος στάζει στη μια άκρη του χαρτίου. Αυτή η άκρη μπαίνει σε ένα διαλύτη που προχωρεί προς τα επάνω μετακινώντας τις ουσίες του μείγματος. Αυτές λόγω διαφορετικής ταχύτητας κίνησης, χωρίζονται στο διηθητικό χαρτί.

**Η αέρια χρωματογραφία.** Χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό αερίων ή υγρών. Το δείγμα εισάγεται στο ένα άκρο στήλης, η οποία είναι γεμάτη με κατάλληλο υλικό.

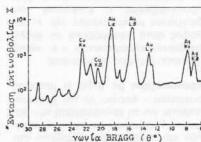
Οι ουσίες του μείγματος μετατοπίζονται στη στήλη με διαφορετική ταχύτητα, με τη βοήθεια ρεύματος καθαρού αερίου (άζωτο, ήλιο).

Οι ουσίες εξέρχονται από τη στήλη σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα και η επιφάνεια των μεγίστων (peak) δίνει την επί του εκάστο συστατικού του μείγματος.

Ο αέριος χρωματογράφος σε συνδυασμό με τον φασματογράφο μάζας, μας δίνει συγχρόνως και τα μοριακά βάρη των περιεχομένων ενώσεων στο μείγμα.

## ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

Εκτός από τα εξωτερικά χαρακτηριστικά των αρχαιολογικών αντικειμένων, που μπορούν να μας οδηγήσουν σε σύγκριση χρονολόγησης (π.χ. το στυλ, το υλικό κ.ά.) υπάρχουν διάφορες μεθόδους της φυσικής και της χημείας, που χρησιμοποιημένες



Φασματοσκοπία ακτίνων X φθορισμού.

για το σκοπό αυτό έχουν άριστα αποτελέσματα.

Ο προσδιορισμός της ηλικίας των αρχαίων ευρημάτων είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα των αρχαιολόγων. Οι μέθοδοι χρονολόγησης χωρίζονται σε δύο ομάδες: τις ραδιενεργές και τις μη ραδιενεργές.

## Ραδιενεργές μέθοδοι

Ραδιενεργά λέγονται τα στοιχεία που είναι ασταθή και που ο ατομικός τους πυρήνας μεταπίπτει σε άλλους πυρήνες, με τη σύγχρονη εκπομπή μεγάλης ραδιενέργειας σε μορφή α, β, σωματιδίων και γ-ακτινοβολίας. Κάθε ραδιενεργό στοιχείο έχει ένα συγκεκριμένο χρόνο ημιζωής, δηλαδή, μετά από ορισμένα χρόνια η ποσότητα των ατόμων του ελαττώνεται στο μισό. Μετρώντας λοιπόν το ποσό ραδιενέργειας ενός στοιχείου του δείγματος και γνωρίζοντας το χρόνο ημιζωής του, μπορούμε να δρούμε την ηλικία του.

**Χρονολόγηση με  $C^{14}$ .** Στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας από την κοσμική ακτινοβολία παράγονται νετρόνια που αντιδρούν με το άζωτο ( $N_2$ ) και δίνουν άνθρακα  $14 (C^{14})$ . Ο άνθρακας  $14$  αντιδρά με το οξυγόνο ( $O_2$ ) του αέρα και δίνει και αυτός, όπως και ο άνθρακας  $12 (C^{12})$  διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) που με τη φωτοσύνθεση, προσλαμβάνεται από τα φυτά. Τα φυτά είναι τροφή για τα ζώα, οπότε όλη η χιόσφαιρα έχει μια ασθενή ραδιενέργεια. Επίσης ένα μέρος του  $C^{14}$  βρίσκεται στους ωκεανούς.

Όταν ένας οργανισμός πάψει να ζει (ξύλα, γύρις, οστά, μούμιες, κοπρόλιθοι) ο άνθρακας  $14$  δεν ανανεώνεται και έτσι η περιεκτικότητά του σώματος σε  $C^{14}$  τείνει, με το χρόνο στο μηδέν. Όταν περάσουν  $5.730$  χρόνια από τη μέρα θανάτου του οργανισμού, τότε ο μισός  $C^{14}$  έχει μεταπέσει σε  $N$ , και σε σωματίδια β. Μετρώντας την περιεκτικότητά του νεκρού δείγματος σε  $C^{14}$  και συγκρίνοντάς την με την περιεκτικότητά του ζωντανού οργανισμού σε  $C^{14}$ , βρίσκουμε την ηλικία του. Βασική προϋπόθεση για τη μέτρηση είναι ότι η περιεκτικότητά των ζωντανών οργανισμών σε  $C^{14}$  ήταν πάντα η ίδια με τη σημερινή. Η απόλυτη χρονολόγηση βρίσκεται από τη σύγκριση με δείγματα γνωστής ηλικίας (π.χ. σύγκριση με δένδροχρονολογία). Όπως όμως ο χρόνος ημιζωής του  $C^{14}$  είναι σχετικά μικρός, η μέθοδος μπορεί να φτάσει μόνο τα  $50.000$  χρόνια από το χρόνο θανάτου.

Μια νέα μέθοδος που χρησιμοποιεί επιταχυντές ιόντων (Tandem) σε συνδυασμό με τη χρονολόγηση με  $C^{14}$ , δίνει πολύ καλύτερα αποτελέσματα. Ο επιταχυντής πρώτα αποσπά και μετά επιταχύνει ιόντα  $C^{14}$  και  $C^{12}$  (τα οποία συγκεντρώνονται στο άλλο άκρο του επιταχυντή). Μετρίεται ο λόγος  $C^{14}/C^{12}$  και υπολογίζεται η ηλικία του δείγματος. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι χρειάζεται ελάχιστη ποσότητα δείγματος και η χρονολόγηση φτάνει τα  $100.000$  χρόνια από το χρόνο θανάτου.

**Χρονολόγηση με  $K^{40}-A^{40}$ .** Για τη χρονολόγηση αρχαιολογικών ευρημάτων ηλικίας πάνω από  $50.000$  χρόνια χρησιμοποιείται μια μέθοδος που βασίζεται σε ραδιοϊσότοπα με χρόνο ημιζωής μεγαλύτερο από τον αντίστοιχο του άνθρακα  $14$ . Το ραδιοϊσότοπο κάλιο  $40 (K^{40})$  έχει χρόνο ημιζωής  $1,3 \cdot 10^9$  χρόνια και μεταπίπτει σε αργό  $40 (A^{40})$ .

Το κάλιο βρίσκεται στα περισσότερα πετρώματα και ορυκτά. Κατά το σχηματισμό ενός ηφαιστειακού πετρώματος το αέριο  $A^{40}$  εξαφανίζεται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Έτσι το αργό που βρίσκεται σήμερα στα πετρώματα προέρχεται από το  $K^{40}$  των πετρωμάτων και ο λόγος  $A^{40}/K^{40}$  δίνει την ηλικία σχηματισμού του πετρώματος. Η μέτρηση του καλίου γίνεται με το φασματομέτρο και του αργού με το φασματογράφο μάζας.

**Χρονολόγηση με τη δόθθεια των τροχίων σχάσης.** Η τεχνική που χρησιμοποιεί τις τροχιές σχάσης, εφαρμόζεται για χρονολόγηση από  $20 \cdot 10^3$  χρόνια. Η μέθοδος αυτή είναι λοιπόν καλή για υλικά μεγάλης ηλικίας. Βασίζεται στο γεγονός πως το  $U-238$ , που βρίσκεται σε ελάχιστες ποσότητες μέσα στο υλικό παθαίνει αυθόρμητη σχάση. Τα προϊόντα της σχάσης επειδή έχουν πολλή ενέργεια προκαλούν καταστροφές στο κρυσταλλικό πλέγμα του ορυκτού αποτυπώνοντας έτσι τις τροχιές τους. Οι τροχιές είναι ανάλογες των σχάσεων και μπορούν να μετρηθούν με το μικροσκόπιο, αφού προσδληθεί προηγούμενος η επιφάνεια του δείγματος με κατάλληλο οξύ. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε υαλί, οψιδιανό, ελαφρόπετρα κ.ά. υλικά ηφαιστειακών προέλευσης.

**Χρονολόγηση με  $U-Th$ .** Η μέθοδος ουρανίου - θορίου ( $U-Th$ ) χρησιμοποιείται για τη χρονολόγηση των βαλλασίων ιζημάτων και των σταλακτιών και σταλαγμάτων. Βασίζεται στη μεταπτώση των ραδιοϊσοτόπων  $^{238}U/$

$^{234}U$  που έχουν χρόνο ημιζωής  $10^6$  χρόνια. Το  $^{234}Th$  που προέρχεται από  $^{238}U$ , δεν διαλύεται στο νερό. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται και για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας των ωκεανών κατά την περίοδο εναπόθεσης των ιζημάτων. Μας βοηθά στη γνώση του οικοσυστήματος μιας δεδομένης περιόδου.

## Χρονολόγηση με θερμοφωταύγεια.

Τα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα κεραμικά, έχουν την ιδιότητα να εναποθηκεύουν ενέργεια χάρη σε ξένες προσμίξεις ή σε κρυσταλλικές ατέλειες. Αυτή η εναποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να ελευθερωθεί όταν το υλικό θερμανθεί, οπότε εκπέμπεται ορατό φως. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό σαν θερμοφωταύγεια.

Όλα τα κεραμικά περιέχουν μικρή ποσότητα ραδιενεργών προσμίξεων (όπως ουράνιο και θόριο). Αυτά τα στοιχεία εκπέμπουν σωματίδια των οποίων η δόση είναι συνάρτηση της ποσότητάς τους. Τα σωματίδια - α προκαλούν ιονισμό των ατόμων (ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και μπορούν να μεταπηδήσουν σε μια στάθμη μεγαλύτερης ενέργειας, ενώ συγχρόνως εναποθηκεύεται ενέργεια μέσα στο υλικό). Σε θερμοκρασία δωμάτιου, τα ηλεκτρόνια μένουν παγιδευμένα. Αν όμως το υλικό ζεσταθεί, τότε από τις ταλαντώσεις του κρυσταλλικού πλέγματος ελευθερώνονται τα ηλεκτρόνια με ταυτόχρονη εκπομπή φωτός. Από τη στιγμή που ζεσταθούμε το κεραμικό άδειαζαν οι παγίδες μέχρι σήμερα, ακολουθούσε το γέμισμά τους. Όσο πιο πολύς χρόνος περνά τόσο πιο πολλές παγίδες γεμίζουν. Άρα και τόσο μεγαλύτερη θερμοφωταύγεια παράγεται. Για τη χρονολόγηση ενός κεραμικού είναι απαραίτητες οι εξής μετρήσεις: 1) μέτρηση του φωτός όταν το δείγμα ζεσταθεί 2) μέτρηση της ακτινοβολίας α, 3) μέτρηση της επιδεκτικότητας των δειγμάτων στην παραγωγή θερμοφωταύγειας κατά την ακτινοβολή με πηγή γνωστής ακτινοβολίας. Με τη σύγκριση των μεγθών υπολογίζεται η απόλυτη ηλικία του δείγματος, ή ο χρόνος που πέρασε από τη στιγμή που ψήθηκε το αντικείμενο.

## Μη ραδιενεργές μέθοδοι

Οι μη ραδιενεργές μέθοδοι χρονολόγησης περιλαμβάνουν τεχνικές που ανήκουν σε διάφορους κλάδους των θετικών επιστημών.

**Αρχαιογεννητιολογία.** Πρόκειται για τη μέθοδο που εξετάζει τα αρχαιο-

λογικά υλικά, ενώ ο παλαιομαγνητισμός μελετά τα γεωλογικά υλικά. Οι δύο αυτοί κλάδοι της αρχαιομετρίας στηρίζονται στη μελέτη της μεταβολής της διεύθυνσης και της έντασης του γήινου μαγνητικού πεδίου, με το πέρασμα του χρόνου. Αυτές οι μεταβολές αποτυπώνονται σε διάφορα ιζημάτα, ιζηματογενή πετρώματα και ψημένους πηλούς. Τα στοιχεία τα οποία προσδιορίζουν το μαγνητικό πεδίο της γης είναι η ένταση, η έγκλιση και η απόκλιση.

Όταν ο πηλός, ο οποίος περιέχει οξείδια του σιδήρου, θερμανθεί στους 700° C και πάνω, τα μόρια του οξειδίου του σιδήρου προσανατολίζονται παράλληλα στο μαγνητικό πεδίο της γης, αποκτώντας μια ασθενή θερμοπαράμενωση μαγνήτιση. Έτσι λοιπόν, ψημένοι πηλοί (κεραμικά, φοινοί, εστίες, πλίνθοι ή που κήλικαν σε πυρκαϊά) καθώς και πετρώματα ηφαιστειογενή (λάβα) και ιζηματογενή - παρατηρήθηκε πως ιζημάτα λιμνών καθίζανον έτσι ώστε το μαγνητικό τους πεδίο να είναι παράλληλο με αυτό της γης - που βρέθηκαν *in situ*, δίνουν τη διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου της στιγμής που θερμάνθηκαν στους 700° C. Η θερμοκρασία στην οποία αποτυπώνεται η διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου λέγεται θερμοκρασία Curie και ποικίλει για τα διάφορα μαγνητικά οξείδια. Στην περίπτωση ιζημάτων, αποτυπώνουν τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου της στιγμής που κατακάθισαν.

Επειδή η διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου της γης μεταβάλλεται με το χρόνο, η μέτρηση της θερμοπαράμενωσης μαγνήτισης είναι χαρακτηριστική για τη χρονολόγηση των αντικειμένων μας. Επίσης, μια καμπύλη αναφοράς μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε τα αγγεία -αν και η θέση τους μέσα στο φούρνο ψήματος δεν μας είναι γνωστή- γιατί εκτός από τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου έχουν αποτυπωθεί και την έντασή του. Η καμπύλη αναφοράς γίνεται με βάση αγγεία ήδη χρονολογημένα, με τα οποία συγκρίνουμε με κεραμικά άγνωστης ηλικίας. Η καμπύλη αναφοράς μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.

**Χρονολόγηση με βάση τη χημική αλλοίωση.** Η αλλαγή της χημικής σύστασης που παρατηρείται, με το πέρασμα του χρόνου, σε οστά, γυαλιά, οφιδιανούς, περγαμινές, που έχουν μείνει θαμμένα μέσα στη γη, μας δίνει στοιχεία για τη χρονολόγηση τους. Επειδή ο θαμός της χημικής αλλοίωσης εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος είναι δυνατή μόνο η σχετική χρονολόγηση όμοιων υλικών που βρέθηκαν στο ίδιο περιβάλλον. Για απόλυτη χρονο-

λόγηση πρέπει να χρησιμοποιηθούν για σύγκριση δείγματα υλικών γνωστής ηλικίας που βρέθηκαν στο ίδιο περιβάλλον.

— **χρονολόγηση οστών:** η ηλικία των οστών υπολογίζεται με βάση την ποσότητα διαφόρων χημικών στοιχείων που περιέχονται στα οστά: 1) μεταβολή της φωσφορικής σύνθεσης 2) απορρόφηση ουρανίου από το χρώμα, 3) αντικατάσταση των υδροξυλίων του απατίτη από φθόριο που απορροφούν τα οστά από το χρώμα και τα υπόγεια νερά, 4) Το άζωτο που περιέχουν τα οστά λιγοστεύει με την αποσύνθεση των πρωτεϊνών. Ο ρυθμός απώλειας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος. Παράλληλα λοιπόν με την ανάλυση των οστών, πρέπει να αναλύεται και να μελετάται το περιβάλλον μέσα στο οποίο διατηρήθηκαν. (Όταν μελετάται ένα κόκκαλο πρέπει να εξετάζεται αν έχει ψηθεί (τροφή)).

— **χρονολόγηση οφιδιανού:** αυτή γίνεται με βάση την αλλοίωση της επιφάνειας του πετρώματος. Πρόκειται για μια μέθοδο που μετρά το ποσό εφυδάτωσης της επιφάνειας της πέτρας που έχει δουλευτεί. Η σχετική αυτή χρονολόγηση μας δίνει το διάστημα που πέρασε από τότε που δουλεύτηκε η πέτρα ως τη μέρα της μέτρησης. Η εφυδάτωση της επιφάνειας είναι χαρακτηριστικό φαινόμενο του οφιδιανού και δεν παρατηρείται σε κανένα άλλο υλικό. Η μέθοδος χρονολόγησης είναι καταστροφική γιατί χρειάζεται δείγμα περίπου 2x4x0,5 μμ, κομμένο παράλληλα προς την επιφάνεια του αντικειμένου. Η εξέταση γίνεται με το μικροσκόπιο σε φυσικό φως. Ο εφυδατωμένος οφιδιανός έχει υψηλότερο δείκτη διάθλασης από τον μη εφυδατωμένο.

— **χρονολόγηση δερμάτων και ινών.** Πρόκειται για υλικά που δεν μπορούν να χρονολογηθούν ακριβώς. Η

εξέτασή τους αποθλέπει μόνο στην αναγνώριση του υλικού, και σε τεχνολογικές πληροφορίες. Οι περγαμινές παρουσιάζουν μια χαρακτηριστική δυσκολία: το ότι οι ίνες τους δεν αποτελούν παρά ένα ελάχιστο μέρος της αρχικής ίνας. Είναι δύσκολη η σχετική χρονολόγηση τους χάρη στην αντίδραση των κολλαγόνων που περιέχουν.

— **χρονολόγηση γυαλιού.** Μη ραδιενεργός μέθοδος που βασίζεται στον αριθμό των στρωμάτων αλλοίωσης της επιφάνειας του γυαλιού. Τα στρώματα αλλοίωσης είναι συνάρτηση της ηλικίας του γυαλιού και των συνθηκών του οικοσυστήματος που επικράτησαν από την εποχή που κατασκευάστηκε το αντικείμενο ως την ημέρα της μέτρησης.

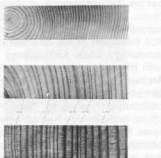
**Δενδροχρονολόγηση.** Πρόκειται για μέθοδο σχετικής χρονολόγησης που μετρά την ηλικία των δένδρων. Έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στα δάση της Καλιφόρνιας.

Η αρχή της δενδροχρονολόγησης είναι πολύ απλή: για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιούνται οι αλληλάλληλοι δακτύλιοι των δένδρων. Το είδος των δακτύλιων καθορίζεται, από το είδος του δένδρου και από το κλίμα που επικρατούσε κατά την ανάπτυξή του (δενδροκλιματολογία). Κάθε δένδρο εμφανίζει, σε κάθε τιμή ως προς τον αέρα του, σειρά δακτύλων, από έναν κάθε χρόνο. Μετράμεν λοιπόν τον αριθμό των δακτύλων υπολογίζουμε την ηλικία του δένδρου και εξετάζοντας τους και συγκρίνοντας τους με δακτύλους άλλων δένδρων γνωστής ηλικίας επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός της ηλικίας τους.

Τα δείγματα που εξετάζονται πρέπει να ανήκουν στην ίδια περιοχή και τα δένδρα να έχουν φτωχώσει σε οριζόντιο έδαφος ώστε οι δακτύλιοί τους να είναι ομαλοί. Για τη δενδροχρονολόγηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν και απανθρακωμένα δέντρα.

Το κεφάλαιο αυτό της Αρχαιομετρίας έγινε με τη βοήθεια της χημικού Δημ. Δανιήλ.

## A.A. K.E



Η δενδροχρονολόγηση στηρίζεται στη σύγκριση των δακτύλων που σχηματίζει ο κορμός των δένδρων.

Οι φωτογραφίες του άρθρου αυτού προέρχονται κυρίως από την ιστορία του Ελληνικού Έθνους της Εκδοτικής Αθηνών την οποία ευχαριστούμε για την προσφορά της αυτή. Επίσης άλλες φωτογραφίες και σχέδια είναι από: Γ. Μυλωνάς, Πολύχρυσος Μυκήνας - J. Evans - C. Renfrew, Salagos, G. Richter, A. Handbook of Greek Art, W.B. Dinsmoor, The Architecture of Ancient Greece, C. Mango, Byzantine Architecture, T. Mathews, The Byzantine Churches of Istanbul.

## Βιβλιογραφία

Εδώ δίνουμε τους τίτλους των βασικών εργασιών και των διδασκόμενων γενικών γνώσεων. Ειδικά θέματα βρίσκει κανείς στις βιβλιογραφίες τους.

Για γενικές ιστορικές και αρχαιολογικές γνώσεις: ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΕΘΝΟΥΣ, Σουλ. εργ., Εκδοτική Αθηνών, 12 τόμοι  
Μαγνησία, Σουλ. εργ., Αθήνα 1982.

### Προϊστορικοί χρόνοι

A. ΖΩΗΣ, Προϊστορική και πρωτοϊστορική αρχαιολογία, Πανεπιστημιακά μαθήματα, Γιάννενα 1982.  
Δ. ΘΕΟΧΑΡΙΣ, Νεολιθικός πολιτισμός, Αθήνα 1981.  
Neolithic Greece, Σουλ. εργ., Αθήνα 1973.  
C. ZERVOS, L'art des Cyclades, 1957.  
ΧΡ. ΝΤΟΥΜΑΣ, Αρχαία Ελληνική Τέχνη, Κατάλογος Σουλ. Γουλανδρή, Αθήνα 1979.  
ΣΤ. ΑΛΕΞΙΟΥ, Μινωικός πολιτισμός, Ηράκλειο.  
S. HOOD, The Minoans, London 1971.  
Γ. ΜΥΛΩΝΑΣ, Πολύχρωμοι Μυκηναί, Αθήνα 1983.  
R. HIGGINS, Minoan and Mycenaean Art, London 1967.  
J. CHADWICK, Decipherment of Linear B, Cambridge 1970.  
E. VERMEULE, Greece in the Bronze Age, Chicago - London 1964.

### Ιστορικοί χρόνοι

A. ΟΡΑΝΔΟΣ, Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων, τ.Α-Β, Αθήνα 1955-58.  
R. MARTIN, L'urbanisme dans la Grèce antique, Paris 1974.  
L'art grec, Σουλ. εργ., Paris 1972.  
G.M.A. RICHTER, Αρχαία ελληνική τέχνη, Αθήνα 1974 (A Handbook of Greek Art, 1959).  
G.M.A. RICHTER, Kouroi, London 1960.  
G.M.A. RICHTER, Korai, London 1968.  
Τζων Μπρόντμαν, Αρχαία ελληνική τέχνη, Αθήνα 1980, (Greek Art, 1964).  
Τζων Μπρόντμαν, Ελληνική τέχνη - Αρχαϊκή, Αθήνα 1982 (Greek sculpture, the Archaic Period, 1978).

### Βυζαντινοί χρόνοι

Γ. ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, Το βυζαντινό κράτος, τ.Α-Β, Αθήνα 1984-85.  
A. ΖΑΚΥΘΙΝΟΣ, Βυζαντινή ιστορία, Αθήνα 1977.  
Γ. ΑΝΤΟΥΡΑΚΗΣ, Χριστιανική αρχαιολογία, τ.Α-Β, Αθήνα 1984.  
D.T. RICE, The Art of Byzantium, London 1959.  
A. ΛΟΥΒΗ-ΚΙΖΗ, Σημειώσεις Βυζαντινής αρχαιολογίας για τη Σχολή Ξεναγών, Αθήνα 1984.

### Μεταβυζαντινοί χρόνοι

A. ΞΥΓΓΟΠΟΥΛΟΣ, Σχεδιασμοί ιστορίας της θρησκευτικής ζωγραφικής μετά την Άλωση, Αθήνα 1957.

## Αρχαιομετρία

M.J. AITKEN, Physics and Archaeology, Oxford 1974.  
M.S. TITE, Methods of Physical Examination in Archaeology, London 1972.  
Science in Archaeology, Σουλ. εργ., London 1971.  
R.E. JONES - H.W. CATLING, «Θετικές επιστήμες στην Αρχαιολογία», Ανθραπολογικά 6, Βόλος - Θεσσαλονίκη 1984, σελ. 53-71.

## ARCHAEOLOGY: WHAT AND HOW

Many books on archaeology have been published recently, mainly abroad, targeting to the non-specialist, general reader. The choice of subject matter and content of these books is owned to the increasing interest of the public in ancient civilizations, the substructure and source, that is, of our present cultural status. The most impressive finds discovered until today are presented in these books, therefore the false impression is easily created that as soon as one starts digging in a nearby field he will surely be rewarded with treasures, works of antique art and other worthy finds. Although we do not mean to discourage anyone we will try here to show the knowledge, hard work, patience and persistence required for such an attempt, as well as the limited chances that an archaeologist has to discover the find, which will justify and grant him with an international reputation.

### Which Archaeology

The division of the past in periods is a contemporary scientific invention, which aims to help scholars in classifying, dating and studying history. The history of our planet starts long before the appearance of Homo Sapiens. The history of earth is the subject of Geology, the appearance and evolution of life on earth of Paleontology while Archaeology deals with the cultural history of mankind. Archaeology is divided in various periods, depending on the phase or civilization it refers to. Thus, Prehistoric Archaeology has an extended span. It commences with the first appearance of man on earth and is divided in four periods: the Paleolithic period, during which man was using wood or shaped cobbles or stones, rough and bone tool-kits; the Mesolithic and Neolithic period during

which man started making pottery but without using the wheel. Megalithic monuments such as the menhir (an upright rough monolith) belong to this latter period.

During the Neolithic period European man advanced from the gathering to the predial (food producing) stage of activity: he invented the cultivation of earth and breeding of animals and thus he was no more strictly dependent on his natural environment. The production ability led to the necessity of property and to a new conception and organization of society. The caves were abandoned as men were building their own houses, while in the new social scheme the image of the woman-mother prevailed being the incarnation of mother-earth.

The Neolithic period is subdivided in three phases: the Early, the Middle and the Late Neolithic period roughly covering the sixth, fifth and fourth millennium BC, respectively.

The Age of Metals follows, which, however did not appear everywhere simultaneously. First comes the Bronze Age, during which man was originally using bronze (Cu) and gold (Au) directly from nature and later by making alloys. Weapons, vases, etc., were made of bronze, while gold was considered as the supreme, fine and precious metal. Around the middle of the second millennium BC the inhabitants of Eastern Mediterranean started using iron (Fe). Then, the Iron Age commences bringing along hard and durable objects. It is about the same time that writing became a fact of utmost significance, since through it the human race passed the threshold, leading to the Historic period.

The arts and crafts of metalwork were introduced to Greece from the East through the coastal areas of Asia Minor. The Aegean islands and Crete, natural intermediaries owing to their geographic position, have greatly contributed to the peaceful and gradual transition of Greek lands from the Stone to the Bronze Age. Therefore, they became important cultural and commercial centers.

The Bronze Age in Greece is subdivided in three phases: the Early, the Middle and the Late Bronze, with special labels for each area. During the Early Bronze period various civilizations were developed in the Greek areas: the Early Helladic in mainland Greece, the Early Cycladic in the insular country and the Early Minoan or Prepalatial civilization on Crete.



## Cycladic Civilization

The term, introduced by Professor Chr. Tsountas in the late nineteenth century, was originally designating the early Bronze Age in the Cyclads, while later it was established to cover the entire Bronze Age in the Aegean islands.

The Cycladic civilization is divided in three phases: the Early-cycladic, (3.200/3.100 BC), the Middle-cycladic (2.000-1450 BC approx.) and the Late Cycladic.

While the Early-cycladic settlements, hardly fortified, indicate that the inhabitants of the Cyclads were dominating the sea, in the middle of the third millennium this situation changed: Crete became the emerging sea-power and through its ships it competed success fully the Cyclads.

## Crete

The dating of Cretan civilization is based mainly on the evolution of cretan palaces. Thus

Neolithic period (? - 2.600 BC).

Prepalatial or Early Minoan (I,II,III) period (2.600 - 2.000 BC): From the introduction of bronze to the erection of the first palaces (Knossos, Phaestos, Malia).

Middle Minoan (I,II,III) period (2000-1700 BC): From the erection of palaces to their destruction.

Late Minoan (I,II) period (1700-1400 BC): From the erection of the new palaces to the final destruction of Knossos.

Late Minoan (III) period (1400-1100 BC): From the destruction of Knossos to the Doric occupation.

During the Bronze Age (around 3000-1100 BC) the Cretans, having already a highly developed civilization, were dominating the Mediterranean basin.

Crete, «the center of the world», had commercial relations with all Mediterranean countries (Cyprus, Egypt, Phoenicia, mainland Greece, Italian peninsula) and a powerful fleet in its services. The civilization of the island was exceptional and advanced. In the plains of the island and especially along its coasts many palaces were built. The king of Knossos achieved, according to a certain accepted theory, to unite the various states of the island under his scepter and to promote Crete as the dominant power in the Aegean. The famous disc of Phaestos bearing a Linear A inscription — a prehellenic writing of Cretan language that has not as yet been deciphered — belongs to this period.

## The Middle Minoan Period

The first «palaces» were built in Knossos, Phaestos and Malia around 2000 BC. These palaces prove the existence of a central sovereignty in prosperous centers as these. The development of hieroglyphics and the appearance of the Linear A writing are closely related with the royal bureaucracy. In 1700 BC, approximately, a sudden disaster brought to ruins the three major Cretan palaces. The cause may have been either an earthquake — which also devastated many areas of Asia Minor from Troya to Palestine — or a barbaric invasion caused by the Greeks, who already since 2000 BC started invading the Hellenic territory.

## The Late Minoan Period

The destruction of 1700 BC did not put an end to the Cretan civilization. The palaces were rebuilt and a new phase of utmost splendor commenced. Knossos, Phaestos and Malia were reconstructed and reborn from their ruins; they display grand and impressive porticoes, colonnades, staircases leading to successive storeys, lunettes lighting interior sets of rooms, perfectly equipped. It was then that a new type of edifice appeared, known as «small palace». Our knowledge of urban dwellings derives from a series of small faience tiles showing two or three-storeyed house facades. Palaces and private dwellings were equipped with large storage-rooms full of big jars preserving food. To the same period also belong the outstanding palace at Kato Zakro that had developed commercial relations with Cyprus and Egypt. At the peak of this blooming another disaster devastated the major centers of Cretan civilization: Phaestos, Hagia Triada, Malia, Archanes, Knossos, etc., were once again suddenly ruined and burned. According to a theory, supported by certain prominent archaeologists, this new disaster was the result of the immense eruption of the Santorini (Thera) volcano, which also caused the sinking of a large part of Thera and north Crete. This natural calamity was completed by the invasion of Achaeans who came from Peloponnese. Only few settlements were rebuilt, while a new writing, the Linear B, appeared. Soon after 1400 BC, another fatal disaster finally eliminated Knossos.

## The Mycenaean Civilization

After the destruction of Cretan pala-

ces the center of civilization was transferred to the north and was located at Mycenae. The Mycenaean or Late-helladic period (1600-1100 BC) marks the end of the helladic Bronze Age. The Hellenic races, which invaded the country brought along their own culture in which, when finally crystallized, the heroic tradition, i.e., the source of inspiration for the Homeric epics was the typical element. The Mycenaean era is divided in three periods: the Early (1600-1500 BC approximately), the Middle (1500-1425 BC) and the Late (1425-1100 BC) period. The myths that have survived as well as the archaeological finds discovered in various excavations give us a picture of the society and culture of the Mycenaeans: The country was divided in small states, their nucleus being the palace, which functioned as the king's dwelling and administrative and economic center. These palaces had many storeys and were huge and extensive, so as to house the numerous personnel necessary for the smooth operation of the palace's functions. Needless to say that dominant figure among the various kings was the ruler of Mycenae.

## The Dorians: 1100 BC

In 1100 BC the Dorians, also a Hellenic race, descended from the region of Pindos mountain and settled down in Peloponnese. This descent, part of a general rearrangement of population in the area of Eastern Europe must, according to certain scholars, be held responsible for the overthrow of Mycenaean civilization. In the same period the First Greek colonization began: Greeks from the metropolis, i.e., Aeolians from Thessaly, Ionians from Attica and Dorians from the Eastern Peloponnese, arrived in the Aegean islands and the adjacent coast of Asia Minor to establish there the first Greek colonies. These colonies were strictly agricultural communities lacking any commercial character. The most important event of this period, the Homeric, is undoubtedly the adoption of the Phoenician alphabet by the Greeks who, however, adapted it to the phonetic needs of their own language. It was then that the Homeric poems were written (the Iliad in the middle and the Odyssey in the late eighth century BC), in which clearly appears the nature and character of the Olympian gods. From 1100 BC on, the so-called «Dark Ages» started and lasted until the first decades

of the eighth century (770 BC). In this period, which was transitional, a cultural decline is apparent; however, it gradually led to a new evolution, which reached its climax in the Geometric period and style.

### The Archaic Period

Greeks' national conscience was awakened during this period (700-480 BC) and was expressed through the panhellenic cult of the Olympian gods and the introduction and establishment of the Olympic games (776 BC), factors which gave to the Hellenes the chance to become aware of their common roots, language, religion and customs and thus to claim for themselves a common, national appellation: Greeks. It was also then that the Greek alphabet was fully established.

The decline of kingship, more than obvious in the social and political structure of this period, speeded up the final formation of the city-state, which was characterized by autonomy, freedom and self-sufficiency. In the city-state the right to rule was no more hereditary but, depending on the form of government, it was exercised mainly by the citizens in a democracy, by the «aristoi» (the best) in an aristocracy or oligarchy and the monarch or tyrant in a monarchy or tyranny. Another characteristic feature of this period was slavery. Wars, piracy and slave-trading brought many slaves to the city-states from Asia Minor, the Hellespont and elsewhere, who contributed considerably to the development of agriculture and handicrafts. The archaic art has been strongly influenced by the East, therefore it is also called «orientalizing». The seventh century BC can be considered as the most important moment of Greek art: the great Greek sculpture was born, the first stone temples were built, an enriched repertoire of motifs and a new technique (the «black-figured») was introduced to pottery and the lyric poetry made its appearance.

### The Classical Period

The beginning of the classical period coincides with the victories of the Greeks over the Persians. By the end of the Persian Wars Athens increased its prestige and authority among the other Greek cities, which recognized the leading role Athenians had played during these wars. However, this authority was soon transformed into domination both political (allied taxation) and cultural.

Athens, in the fifth century BC, was the undisputed center of every intellectual activity of the period: drama, philosophy, architecture, fine arts. The «golden age» of Athens was, however, tarnished in the last thirty years of the fifth century by the war between Athenians and Spartans. The political reform of the fourth century BC partly restored Athens' old prestige and authority, qualities that the city preserved until the appearance of Philip II, King of Macedonia, in the political scene of Greece. Alexander, Philip's successor led the Greeks to a victorious expedition against Darius III, King of Persia. Alexander's numerous conquests and the cities he founded in his non-stop, amazing route formed a vast kingdom, which extended, roughly, from India to Egypt. The reign of Alexander the Great (336-323 BC) marks the end of the classical and the beginning of the hellenistic period.

The classical period was the era of great accomplishments in architecture. In Asia Minor, where a series of famous edifices of ionic order were built during the archaic period, every such activity stopped. On the contrary, in Magna Grecia, and mainly in Sicily, where beautiful doric temples were erected in the archaic period, the building activity went on. In mainland Greece the architectural creativity was limited in Attica only. The Athenians preserved the ruins of the Persian Wars with respect; they did not rebuild or restore anything but they chose new sites to erect new edifices. The novelties introduced by the Athenian architects were «revolutionary». The Odeion of Pericles was the first to be covered with a pyramidal roof, while the Stoa of Zeus in the Agora with its projections at the two ends was transformed into a complex edifice of multiple functions. The temple of the Apteros Niki (Unwinded Victory) and the Erechtheion, both on the Acropolis, were among the first examples of ionic order in Attica. But the ionic order as it was materialized in Athens was not pure: it was the happy coupling of the ionic grace with the doric simplicity.

### The Hellenistic Period

The reign of Alexander the Great seals the classical and opens the hellenistic period which lasted until the total occupation of Greece by the Romans (336-30 BC). The hellenistic period is mainly characterized by the decadence of mainland Greece and the blooming of the kingdoms of the East, formed after the division of Alex-

xander's empire; they successfully carried out the responsibility to keep the Greek spirit alive and bright. The kingdom of Asia was ruled by the Seleucid dynasty, that of Egypt by the Ptolemy, while Greece and Macedonia by the Antigonid dynasty. The former important city-states of mainland Greece, i.e., Athens and Sparta were in full decay. The commercial routes did not anymore lead to Athens, while Sparta was suffering from a diminishing of population. The power was now in the hands of the Confederacies, the Achaean and the Aetolian. The increase of unemployment was creating a major social problem in Greece. Agriculture and trade of handicraft products could not stand the competition of the Eastern Mediterranean countries, therefore they declined. The commercial centers were moved eastwards, where the islands of Rhodes and Delos became important centers. In spite of all these obstacles, the intellectual life in Greece was continuing. Mysticism, which firstly appeared in the late fifth century BC, was now expanding. The contact of Greeks with the East was continuously enriching the traditional pantheon or transforming the old deities into more comforting figures. The helpless, suffering believers were attracted by new gods who were representing the powerful monarchs. The experience of hardships created new philosophic movements, such as the Stoicism and the Epicureanism, which liberated man from his various earthly bounds and troubled life of his time. The new hellenistic capitals, Alexandria, Antioch, Pergamon became the ideal environment, where literature was growing, art was reviving and science was blooming. The best examples of hellenistic architecture were erected in Pergamon, Ephesus, Sardis, etc.

The impact of political and social life on art is apparent. In sculpture, the tendency towards naturalism became stronger: age, physical distortion, various psychologic conditions, were offering artists every chance to study and represent almost all physical situations and psychologic moods. Typical qualities of the Alexandrian sculpture are the serene expression and the soft modelling as opposed to the violent motions and distortions of the art of Pergamon. Mainland Greece followed the established tradition, enriched, however, with a new element: the landscape. These characteristics did not remain local traits. The artists were used to travel and create works of art everywhere in the

then known world, the Greek world, therefore artistic communication and mutual influence were naturally strong. The highly personalized representation is the characteristic in the art of coins that were decorated with the naturalistic portrait of the various monarchs, kings, etc.

## The Roman Period

Through the three Macedonian wars the Romans managed to participate in the Greek affairs, already by the end of the third century BC. In 168 BC Macedonia became a part of the Roman empire. The intellectual impact of Greece, a simple Roman province, on Rome was so strong and vital that through Rome it affected the European civilization of the following centuries. Rome was embellished with spoils of war from all over Greece, that stood as the ideal aesthetic models for the West.

The famous *Pax Romana* imposed by Augustus soon after his victory over Anthony in 31 BC, contributed to the new cultural blooming in Greece that reached its climax under Adrian (76-138 AD). Adrian, being an enthusiastic admirer of Greece, is responsible for many great works. Another philhellene, also an ardent admirer of the Greek spirit, Herod Atticus, a wealthy Sophist, enriched with beautiful edifices various religious sites in Greece. The first century AD was marked by a new Greek revival, mainly intellectual. Epictetus, the Stoic philosopher founded a new school in Nikopolis. Plutarch wrote his celebrated work *Vitae Parallelae* in which he is praising the virtues of great men. Finally, Pausanias who traveled all over Greece has described it so precisely and thoroughly that even today his *Description of Greece* can be used as a guide. The fame of the Greek spirit and culture was such that many Roman emperors came to Greece to be initiated into the Eleusinian mysteries. However, the Greek economic life was constantly diminishing, therefore, when in the third century AD the Goths passed the Danube and overrun Europe, they found a poor and helpless country, which could not stop them from sacking the sacred city of the goddess Athena (267 AD).

In 324 AD, after a long upheaval in the domestic affairs of the Roman empire, Constantine the Great remained the only emperor. In 330 he inaugurated Constantinople as the new capital of the Empire, thus putting an end to the history of the ancient world. From then on the

Middle Age of the Byzantine era begins.

## Byzantine Archaeology

The Byzantine era coincides with the Greek Middle Ages, therefore the Greek history and archaeology of the Middle Age is called Byzantine. In the Byzantine period Christianity is recognized as the official religion of the empire.

The beginning of Byzantine history and consequently of archaeology is a most disputable topic among scholars. Here we adopt one of the various opinions and we accept as starting point the year 330 AD, when Constantinople was inaugurated as capital of the Roman empire; and the year of the Fall of Constantinople, 1453 AD, as the end.

Constantine the Great by founding the «New Rome», where ancient Byzantium was located, transferred the center of the empire to the East: soon he adopted certain oriental customs and practices such as despotism, heredity in the succession to the throne and the Christian religion which had an oriental origin. The official state language in Constantinople, the «legal successor» of Rome, and consequently of the entire empire was Latin, although the Church adopted the Greek language. As a result of the increase of the Church influence, the Byzantine society obtained a «Greek» character with certain, however, oriental elements (Christianity - Hebrew ethics). After the division of the empire in Eastern and Western, the term Byzantine archaeology («Byzantine» was firstly introduced in 1562), defines the Christian archaeology of the «Orthodox», Eastern part of the empire.

The inhabitants of the Byzantine state were considering themselves Roman citizens, they called their capital «New Rome», and regarded their ruler as a Roman emperor. The recognition of Christianity as official religion resulted to its dependence from the state authority. Since this authority was drawing its models from the East, the religious art, at least at the beginning (fourth century), had a strong oriental flavour (the Alexandrian combined with the Greek art served for long as its prototypes). Byzantine art is known to us mainly through its religious expression, since only a few examples of secular art have survived.

Christian religion did not at the beginning favor art, which was considered to be a vehicle of pagan ideas. To the adoption of this attitude the aversion of Jews for every human re-

presentation contributed a lot. During the early Christian years art had a symbolic character (Doura-Europos, Catacombs). One of the most important accomplishments of Byzantine architecture was the crowning of the rectangular in plan basilica with a dome. This architectural type was born out from the need to symbolize heaven with a dome. The most magnificent example of the type is the church of Hagia Sophia in Constantinople built by the emperor Justinian's architects, Anthemius and Isidore.

Byzantine art, as every other art, was influenced by its contemporary historic and socio-politic events. Thus, we divide it, by convention, in the following periods:

**1. Early Christian Period:** It consists of two distinct parts; the early phase, form the appearance of the first Christian monuments until the inauguration of Constantinople (200-300 AD); and the main phase, from 330 until the occupation of the eastern provinces of the empire by the Arabs in the first half of the seventh century.

**2. Byzantine Period:** It is subdivided in three minor periods. The Early Byzantine, commencing from the second half of the seventh century and closing to the year 843, when the iconoclastic controversy ended; the Middle Byzantine, starting from the new revival of Byzantine art immediately after iconoclasm and terminating to the occupation of Constantinople by the Latins in 1204; the Late Byzantine, which coincides with the Palaeologan renaissance and comes to a sudden stop in 1453, when the imperial capital was captured by the Turks.

**3. Post Byzantine Period:** Its duration covers the span of the Turkish occupation of Greece (1453-1821).

**Early Christian Period:** The various philosophical disputes and trends, characterizing the last years of the Roman empire paved the road not only for the rooting of Christianity but also for its rapid spreading. The emperors answered to the new doctrine with ferocious persecutions, therefore Christian cult was limited to already existing, secluded sites. In order to bury the deads the followers of Christ had to dig subterranean cemeteries, the Catacombs, which were decorated with wall paintings. Later, however, when Christianity became the official state religion, the Catacombs were substituted with monumental edifices. Christian cult was exercised in various private dwellings which was embellished

mainly with paintings of more or less symbolic character. The triumph of the new religion demanded appropriate buildings. Entire cities were built while others were decorated with impressive edifices of various architectural types, among which the type of basilica prevailed.

#### Byzantine Period

**A. Early Byzantine Period (641-943 AD).** The iconoclastic controversy is the main characteristic of the period. The settlement of the Arabs in the eastern provinces of Byzantium had its immediate effect on art. The long religious upheaval did not favor architecture and artistic creation in general. The «revolutionary» plan of Hagia Sophia is developing and as a result the cross in plan churches was created. The Arabic settlement coincided with the rise to the throne of the Isaurian dynasty (of oriental origin); one of the effects of this combination was iconoclasm according to which all figurative church decoration should be destroyed and replaced by aniconic representations.

**B. Middle Byzantine Period (843-1204).** The major characteristics of this period are the penetration of Byzantium by the Slavs, the creation of Arabic and Slavic states adjacent to the borders of the empire and the impressive development of the West. As a result various socio-political rearrangements took place and the Byzantine empire diminished. This geographic confinement caused a new revival of arts. Byzantine art and architecture, discharged from alien influences, were expressed in a purely «Byzantine» form and content which thrived in Constantinople and affected the entire Greek area. After the constraints imposed by the iconoclasm, sculpture, started blooming again and reached its climax in the following period mainly in works of architectural decoration. Many icons were executed in relief, on metal or marble, while the Virgin Orans became a popular representation. Religious painting obtained its distinct character, since the heretic controversies were over. The figures in the church painting of this period are typical for their transcendental character and antirealistic representation. Various artistic tendencies coexisted, such as the classicizing and the orientaling, «spiritual» trends. By the end of the eleventh century the first attempts for the psychological portrayal of the figures represented were made. During the twelfth century the painted figures became dynamic and slender while

the ingenious use of line gave a flowing effect to drapery.

**C. Late Byzantine Period.** The presence of Latins in the Capital and the creation of small Frankish states in the Byzantine territory cut the empire to pieces, an unfortunate situation which lasted even after the rise of the Palaeologan dynasty to the throne. In spite of this serious obstacle Constantinople kept playing a leading cultural role especially during the Palaeologan renaissance. Eclecticism is prevailing in architecture, which creates new types of churches. In the sphere of painting characteristic is the transportation of ateliers beyond the limits of the capital, mainly in Serbia. Among the new elements of the period is the introduction of certain iconographic cycles such as the Infancy of Christ, the Life of the Virgin, scenes deriving from the apocryphal gospels, etc. The face expressions in painting are humanized and exhibit a variety of psychological moods. The figures move freely in the scene settings, stepping firmly on the ground, the background is filled with architectural compositions. In the Palaeologan age two schools of painting can be distinguished: the Macedonian and the Cretan. The first creates an «imperial» art and seeks the naturalistic representation of figures; the second, more expert in icon painting, shows a quest for plane and idealized, aristocratic figures and follows the Byzantine tradition closely.

#### Post Byzantine Period

The Macedonian and Cretan schools of painting will survive the Fall of Constantinople (1453). The Cretan school was fully developed and crystallized in the years between the capture of the Capital by the Turks and the sixteenth century. The Macedonian school after the Fall of Constantinople obtained a popular character, since the clergy considering it as «humanistic» art of the court had put it aside. The sixteenth century is the age of the great eponymous painters. In the seventeenth century the wall painting declined while the portable icons, affected by the Italian painting, became the major art medium. Wall painting regained a dominant position in the eighteenth century. Numerous church decorations mirror the effort of the artists to reproduce the prototypes of the Macedonian painting. In the Ionian islands, adjacent to Italy, the impact of the Western art was strong. The hagiographers abandon the traditional

painting material and adopt oil in their works. In the nineteenth century the religious painting does not anymore exist; hagiography has died; Greek art, if it exists, is under the spell and patronage of the artistic currents, which spring from the European centers, Munich and Paris.

#### Graphic Reproduction

The archaeologist must know to draw, because even the best written description of an object requires its graphic representation. Two kinds of graphic reproduction are used in archaeology. The quick, free sketch done in the excavation diary itself. It is accompanied by relevant information — such as the object's dimensions — which helps the scientist to make a full report on it even when the object is no more available. For the publication of the object a professional graphic representation is required. Such a drawing must be accompanied by the representation scale in centimeters or meters, while in the case of topographic or architectural plans the architect in charge also adds the orientation of site or monument.

#### Photography

Photography is a perfect medium of documentation. Archaeological photography, however, requires experience and properly chosen cameras. Since we don't intend to give here a course on archaeological photography (we plan to examine this topic thoroughly in the future), we limit our information to the absolutely necessary. The speed must be very low. The lighting must be carefully chosen, since it plays a prominent role in the correct reproduction of details. For the size of the negative the purpose of the photo must be taken into consideration. In each photo an indication of the object's scale has always to be included.

#### Sampling and Analysis of Materials

Archaeometry is a relatively recent science which is based on various branches of the positive sciences and contributes a lot in solving archaeological problems. It is an interdisciplinary research and its quests vary: Location of antiquities, relative or absolute dating of finds, analysis of their composition, which often reveals the antique technology. The results of this research are studied and evaluated by statistics with the help of computers that demand a unified language of inputs or a relevant codex.

Sampling is the first step taken for the examination and analysis of archaeological finds. The choice and collecting method of the find must be done very carefully: The sample has to remain as much as possible protected from the effect of the present environment. Therefore, it must be kept in airtight glass pots or bags. The sample's examination procedure must be decided after serious consideration. In examining petrifications we need a quantity of samples of three to five kilos, collected from the petrifications' surface and also from a depth of twenty centimeters; such samples must always be cut with iron tools. The collection of samples of fired clay — to be dated with the archaeomagnetic method — is simple in execution but complex in procedure. For such an examination six to ten samples taken from various sides of the object are necessary. Each sample consisting of only one piece of fired pottery, kiln or brick must be taken in situ. Thus, it already bears the datum of the magnetic North during its sampling, therefore it can be examined in the lab, according to its original position.

The next phase after sampling is the examination of items according to the material they are made of and the information we seek: The application of physical methods in studying archaeological material can be divided into two groups: Methods which use microscope and X-rays and give descriptive and compositional information; and methods which give qualitative and quantitative information on the composing elements, microelements and crystal structure of the object. The application of chemical analysis on archaeological finds give their chemical composition.

## Dating

Archaeological items can be dated either by their external characteristics (material, style, technique, etc.) or by other methods, such as the radio active examination. Non radioactive methods include Archaeomagnetism, Dendrochronology, etc.

## The procedure of an excavation

### The Preparation

An archaeologist, in order to organize an excavation, must collect and study in advance every document and datum related with the area he is interested in. Thus, excavation becomes the result of a complex scientific preparation. The initiative for an excavation

is given to the archaeologist by: **a** ancient written sources describing sites and objects; **b** inscriptions lying in situ or transferred elsewhere; **c** surface remnants, i.e., sherds, chopped stones, coins, etc.; **d** finds, kept in earth or sea, that are discovered incidentally, e.g., by plowing or diving; **e** building activities: during digging for the foundation of a house or building a part of an ancient settlement may appear; then the work in progress is stopped and a thorough excavation is undertaken to reveal the buried archaeological monument or site. We must note here that the Greek Archaeological Service does its best for the inspection and control of modern building activity in areas included in or adjacent to well-known archaeological and historic districts (e.g., Athens, Patra, Nauplion, etc.). Thus, the hidden picture of the ancient site is progressively reconstructed and its original form and function is, in a way, restored.

### Locating Buried Remains

Buried remains can successfully be detected by using the following media and methods:

**a. Aerial Photography:** Significant earth-features and objects that may not be noticed by an observer on the ground can supply information if they are seen from a certain altitude; crop-marks, soil-marks and differences in soil relief (shadow-marks); even thermal differences of the ground appear in a photograph, if an appropriate film has been used for photographing.

**b. Magnetic Prospecting:** The proton magnetometer is used for the detection of the magnetic disturbances in the soil that have been caused by iron-ore deposits.

**c. Electrical Resistivity Surveying:** It is also a geological technique, like Magnetic Prospecting. Resistivity is largely depending on water content. Walls, roads, pits, ditches, show up clearly with this method.

**d. Electromagnetic techniques:** Buried remains can also be located by archaeologists with the help of soil conductivity meter, microwaves, radio transmission, etc.

### How an excavation is carried out

We present here the scientifically "ideal" way of excavating that is largely depending on the funds available by a country for the restoration of its cultural heritage. First, the site for excavation is selected. Then, it is "covered" with a canvas pattern, which functions as a topographic chart. The purpose of this rectangular

frame and its subdivisions is to facilitate the archaeologist to assign the future products of the excavation to the specific ground segment they come from. The frame subdivisions are usually square, one to four or five meters side and bordered by broad paths. The archaeologist either excavates these rectangles thoroughly or simply has probational ditches to be dug in them. At the same time all superficial elements, such as sherds, kind of soil, etc., are documented in the diary of the excavation. In this diary the archaeologist must also note every useful observation of his that will later help him to restore the original form of a find. The photographing of finds follows. Soon after the meticulous cleaning of the ground, expert excavation workers remove the soil, which covers the antiquities until they reach the stratum containing archaeological finds. Then the real excavation begins.

Each square of the "canvas", numbered already, is excavated very carefully in horizontal layers. The thickness of each layer depends on the soil that covered the area in a specific past period. For instance, a layer fifty centimeters thick and dated in the Middle Ages contains Byzantine sherds and a few coins of that age; while the next layer, thirty centimeters thick, contains a few Roman remains. Each layer is thoroughly examined and is the object of stratigraphic study. All excavated finds are fully documented: they are enlisted, described, photographed, designed, numbered and classified.

The forementioned procedure is also followed if a building is brought in light before the archaeologist attempts to make its identification (private house or temple or public edifice, etc.).

The excavated soil is never thrown away if not sifted beforehand, since it may contain a minute in size but of great importance object.

**Stratigraphy.** The archaeologist, like a geologist must observe and study the various strata during an excavation. The reason is that the earth brought to a site by natural or geological phenomena covers progressively the existing ground and creates new strata, which contain the remnants of each period. But, while in geology these strata are created in periods of thousands of years, in archaeology they are formed in very short periods. In any case, the archaeologist must take into account all elements contributing to his study even the purely geological.