











ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ  
ΕΥΑΓΓΕΛΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΣΜΥΡΝΗΣ

## ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΕ.Λ. ΕΥΑΓΓΕΛΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΣΜΥΡΝΗΣ

### ΤΙΤΛΟΣ:

«Όταν η Ιστορία συναντάει τη Χημεία...»  
Μια διαθεματική προσέγγιση της Αρχαίας Ελληνικής Ιστορίας και της Χημείας.

### ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΕΣ/ ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΕΣ:

Γεώργιος Θώδης, ΠΕ02 φιλόλογος  
Χρύσα Αγγελίδου, ΠΕ 04 χημικός

### ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ:

Οι μαθητές να αντιληφθούν την εξέλιξη της Ιστορίας μέσα από μια άλλη οπτική –το πεδίο της Χημείας- συνειδητοποιώντας τον πολύπλευρο χαρακτήρα της.

Επιπλέον να αναπτύξουν λειτουργίες ενσυναίσθησης, τοποθετώντας τον εαυτό τους στη συγκεκριμένη ιστορική στιγμή και να αναπτύξουν έτσι ιστορική κρίση. Ακόμα, να αναγνωρίσουν την παρουσία της Χημείας ανά τους αιώνες και να τη συσχετίσουν με την καθημερινή ζωή ξεφεύγοντας από την καθιερωμένη ασκησιολογία.

### ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΗΣ:

Η ιστορία της Χημείας ξεκινάει από την εποχή που οι προϊστορικοί άνθρωποι άρχισαν να ενδιαφέρονται για τα υλικά που χρησιμοποιούσαν για να κατασκευάσουν τις καλύβες τους, τα κεραμικά και γυάλινα σκεύη, τα μεταλλικά αντικείμενα και άλλα είδη καθημερινής χρήσης. Συγχρόνως, οι άνθρωποι άρχισαν να πειραματίζονται για το πώς θα βελτιώναν τις ιδιότητες και την ποιότητα των υλικών και των αντικειμένων αυτών, αναμιγνύοντας μια ποικιλία συστατικών και εφαρμόζοντας διάφορους τρόπους επεξεργασίας. Κάπου εκεί θα πρέπει να αναζητηθούν οι απαρχές της Χημείας, σε καμιά περίπτωση βέβαια ως επιστήμης, αλλά σαν μια μεθοδολογία που βασιζόταν σε εμπειρικές παρατηρήσεις του τύπου "δοκιμή και λάθος".

Δεδομένου του ότι κατά τη διάρκεια των Αρχαίων Χρόνων έλαβαν χώρα γεγονότα που συνέβαλαν στη διαμόρφωση του παγκόσμιου πολιτικού, κοινωνικού, οικονομικού και πολιτιστικού γίνεσθαι, καθώς και γεγονότα που αφορούν το πεδίο των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα της Χημείας, η μελέτη ιστορικών πηγών δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να προσεγγίσουν τα συγκεκριμένα ιστορικά γεγονότα πιο σφαιρικά.

Η διδακτική αξιοποίηση των ιστορικών πηγών είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στο μάθημα της Ιστορίας, γιατί συμβάλλει στην κατανόηση των ιστορικών ζητημάτων και στην καλλιέργεια της ιστορικής σκέψης. Αναπτύσσει επίσης το κριτικό πνεύμα και την ικανότητα σύνθεσης των ιστορικών γεγονότων. Παρέχει ακόμη τη δυνατότητα στους μαθητές να αυτενεργούν και πέρα από το σχολικό εγχειρίδιο, κάνοντας χρήση οργανωμένων φυλλαδίων και άλλων μέσων και τεχνικών, όπως: σχεδιαγράμματα, χρονολογικοί πίνακες, χάρτες και χρήση διαδραστικού πίνακα

Έτσι σύμφωνα με τις αρχές της διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης κάθε συγκεκριμένο θέμα εξετάζεται από πολλές οπτικές γωνίες ενώ ταυτόχρονα καλλιεργούνται μια σειρά από δεξιότητες, στάσεις και αξίες ζωής.

Στην προτεινόμενη δράση επιχειρείται μια διαθεματική προσέγγιση της Αρχαίας Ελληνικής Ιστορίας και της Χημείας. Η επιλογή της μορφής και της μεθόδου διδασκαλίας σχετίζεται με τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, καθώς και με τις ιδιαιτερότητες της διδακτικής ενότητας.

Με την πολυπρισματική προσέγγιση θα εξετάσουμε τα στοιχεία που προκύπτουν από διαφορετικές πηγές, έτσι ώστε να ξεδιαλύνουμε τις πολυπλοκότητες μιας κατάστασης και να μπορέσουμε να αποκρυπτογραφήσουμε τι συνέβη και γιατί.

Μέσα από τη διδασκαλία των πολλαπλών προοπτικών θα βοηθήσουμε τους μαθητές να κατανοήσουν ότι:

- το ίδιο στοιχείο μπορεί να ερμηνευθεί διαφορετικά από διαφορετικούς επιστήμονες ανάλογα με την προοπτική τους, την εποχή που γράφουν και τα άλλα στοιχεία που περιλαμβάνουν στις περιγραφές τους,
- το ίδιο ιστορικό γεγονός μπορεί να περιγραφεί και να ερμηνευθεί με διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με την προσωπική άποψη του ιστορικού, του επιστήμονα, του δημοσιογράφου ή του αυτόπτη μάρτυρα και καθεμιά μπορεί να είναι μια έγκυρη αλλά παρόλα αυτά μη ολοκληρωμένη και μερική περιγραφή ή εξήγηση,
- η ίδια προφανώς ξεκάθαρη και σαφής δήλωση μπορεί να έχει ακόμα διαφορετικές ερμηνείες για τους ανθρώπους, ανάλογα με τις συγκεκριμένες περιστάσεις,

Η προτεινόμενη διαθεματική δράση συνεισφέρει στην προσέγγιση του εξεταζόμενου θέματος, δίδοντας τη δυνατότητα στους μαθητές και στους επιμορφωτές-συντονιστές να το εξετάζουν πολύπλευρα μέσα από διαφορετικές και φαινομενικά συγκρουόμενες «διαδρομές».

#### **Ενδεικτικές ενότητες:**

1. Η Χημεία από τις Προϊστορικές Εποχές
2. Η Απαρχή της Χημείας στη Μεσοποταμία
3. Η Χημεία κατά την Περίοδο της Αρχαίας Αιγύπτου
4. Οι Αρχαίοι Έλληνες Φιλόσοφοι και η Συμβολή τους στη Χημεία
5. Έλληνες Αλχημιστές
6. Η Χημεία κατά την Περίοδο των Ρωμαίων
7. Ο πρώτος γενετικός «άτλας» της ανθρώπινης ιστορίας

Η προτεινόμενη διαθεματική δράση συνεισφέρει στην προσέγγιση του εξεταζόμενου θέματος, δίδοντας τη δυνατότητα στους μαθητές και στους επιμορφωτές-συντονιστές να το εξετάζουν πολύπλευρα μέσα από διαφορετικές και φαινομενικά συγκρουόμενες «διαδρομές».

#### **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ:**

Η αξιολόγηση των μαθητών θα γίνει μέσω φύλλων εργασίας και συνθετικών (ομαδικών ή ατομικών εργασιών). Τα μέσα που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διδακτική διαδικασία στοχεύουν στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών μας και στην ουσιαστικότερη συμμετοχή τους στη διαδικασία της διδασκαλίας.

Η αξιολόγηση από όλους τους μαθητές αλλά και από τους εκπαιδευτικούς θα αφορά συνολικά την κάθε ομάδα και θα βασίζεται στα παρακάτω κριτήρια: α) για το περιεχόμενο: αν έχουν εντοπιστεί και καταγραφεί τα σχετικά με το θέμα που εξετάζεται στοιχεία και αν τεκμηριώνονται οι απόψεις.



β) για την οργάνωση και δομή των κειμένων: αν υπάρχει λογική αλληλουχία και συνοχή. γ) για την ομαδική εργασία: αν οι εργασίες είναι αποτέλεσμα αμοιβαίας συνεισφοράς και ανταλλαγής απόψεων και αν έχουν αξιοποιηθεί οι δεξιότητες όλων των μαθητών και δ) για τη χρήση των ΤΠΕ: αν έχουν αξιοποιηθεί οι δυνατότητες των ΤΠΕ για την εμπόνηση των εργασιών.

**ΔΙΑΡΚΕΙΑ:**

Ετήσια, μέχρι τη λήξη των μαθημάτων.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της ιστορικής σκέψης και έρευνας στη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα ήταν αλματώδης. Ενδεικτικό αυτού του γεγονότος ήταν η διεύρυνση του πεδίου των πηγών της. Νέες πηγές ήρθαν να προστεθούν στις ήδη γνωστές, τόσο ως προς τη μορφή όσο και ως προς το περιεχόμενο. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες από τις θεωρούμενες ως καινούργιες πηγές δεν ήταν τίποτε άλλο παρά μέθοδοι ή τεχνικές που χρησιμοποιούνταν ήδη από άλλους επιστημονικούς κλάδους.

Για παράδειγμα, οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν στην αρχαιολογική έρευνα αποτέλεσαν μια καινούρια πηγή άντλησης υλικού για τον ιστορικό. Αναφέρουμε ενδεικτικά τις γεωφυσικές μεθόδους της μαγνητικής διοσκόπησης ή της ηλεκτρονικής ανθεκτικότητας που βοηθούν τον εντοπισμό αντικειμένων εντός της γης. Αντιστοίχως, το πρόβλημα της χρονολόγησης αντικειμένων αντιμετωπίζεται με τη στρωματογραφία, με τη διαμόρφωση πινάκων των εξελικτικών σειρών των ευρημάτων, με τη δένδροχρονολογία, με την ανάλυση της γύρης των φυτών, με τη γεωλογική μελέτη των στρωμάτων πηλού και άμμου, με τη μέθοδο του ραδιενεργού άνθρακα (C14), με τον αρχαιομαγνητισμό καθώς και με άλλες μεθόδους των φυσικών επιστημών και ιδιαίτερα της Χημείας.

### 1. Η Χημεία στην Προϊστορία

Η ιστορία της Χημείας ξεκινάει από την εποχή που οι προϊστορικοί άνθρωποι άρχισαν να ενδιαφέρονται για τα υλικά που χρησιμοποιούσαν για να κατασκευάσουν τις καλύβες τους, τα κεραμικά και γυάλινα σκεύη, τα μεταλλικά αντικείμενα και άλλα είδη καθημερινής χρήσης. Συγχρόνως, οι άνθρωποι άρχισαν να πειραματίζονται για το πώς θα βελτίωναν τις ιδιότητες και την ποιότητα των υλικών και των αντικειμένων αυτών, αναμιγνύοντας μια ποικιλία συστατικών και εφαρμόζοντας διάφορους τρόπους επεξεργασίας. Κάπου εκεί θα πρέπει να αναζητηθούν οι απαρχές της Χημείας, σε καμιά περίπτωση βέβαια ως επιστήμης, αλλά σαν μια μεθοδολογία που βασιζόταν σε εμπειρικές παρατηρήσεις του τύπου "δοκιμής και λάθους". Ωστόσο, και το τυχαίο αποδίδει, όταν διατίθεται άφθονος χρόνος.

Η ιστορία της Χημείας και τα εξελικτικά στάδια της πέρασαν μέσα από τις εποχές των πανάρχαιων πολιτισμών των Σουμέριων και των Αιγυπτίων, τις φιλοσοφικές αναζητήσεις των υλιστικών φιλοσόφων της Αρχαίας Ελλάδας, των Ινδών και Κινέζων πειραματιστών και στη συνέχεια των Ρωμαίων και των Μουσουλμάνων, που ανακάλυψαν πλήθος νέων χημικών ουσιών και νέες πρακτικές μεθόδους παρασκευής τους.

Οι πρώτες χημικές γνώσεις διαδόθηκαν ταχύτατα στη Μεσαιωνική Ευρώπη, χάρις στους Αλχημιστές. Με μια πορεία μέσα από παρανοήσεις και λάθη, μέσα από ένα συνονθύλευμα μυστικισμού, προκαταλήψεων και παράξενων θρησκευτικών δοξασιών, κατάφερε να αναδειχθεί η Χημεία ως ένας αυτεξούσιος επιστημονικός κλάδος κάπου κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα, χάρις στη δουλειά λίγων πραγματικά φωτισμένων ανθρώπων.

Η λέξη Αλχημεία προέρχεται από το αραβικό οριστικό άρθρο Αλ- και τη λέξη Χημεία (al-kīmya). Η προέλευση της λέξης Χημεία παραμένει ακόμη και σήμερα αντικείμενο πολλών θεωριών και αναζητήσεων. Η επικρατέστερη εκδοχή είναι ότι σχετίζεται με τις λέξεις χημία και χυμεία.

Η "χημία" εικάζεται ότι προέρχεται από την αρχαία αιγυπτιακή λέξη κεμ (= μαύρος), διότι ως τέχνη και επιστήμη συνδέθηκε με την Αίγυπτο, που σύμφωνα με τον Πλούταρχο ονομαζόταν και ως Μαύρη Γη ή Μαύρη Χώρα. Ακόμη μπορεί να σχετίζεται με τη μετατροπή των "μαύρων" ορυκτών και μεταλλευμάτων σε χρήσιμες ουσίες και μέταλλα.

Η λέξη χυμεία (khymeia) προέρχεται από το ρήμα χέω και τη διαδικασία της χύτευσης και αφορούσε την ανάμιξη χρυσού και αργύρου με σύντηξη, έργο που εκτελούσαν οι χυμειτές. Σύμφωνα με την Βυζαντινή "Σούδα" (γλωσσικό-ετυμολογικό αλλά και γενικό εγκυκλοπαιδικό λεξικό των τελών του 10<sup>ου</sup> αιώνα) ως χυμεία ορίζεται "η του αργύρου και χρυσού κατασκευή".





Επίσης, στη "Σούδα" αναφέρεται ότι παλαιότερα, ο Ρωμαίος Αυτοκράτορας Διοκλητιανός (245-312 μ.Χ.) είχε διατάξει την καταστροφή όλων των Αιγυπτιακών βιβλίων που σχετιζόνταν με τη χημεία, δηλ. τη σύντηξη χρυσού και αργύρου, για να μη συσσωρευθούν οι Αιγύπτιοι πλούτο και "αποθρασυνθούν" κατά των Ρωμαίων.

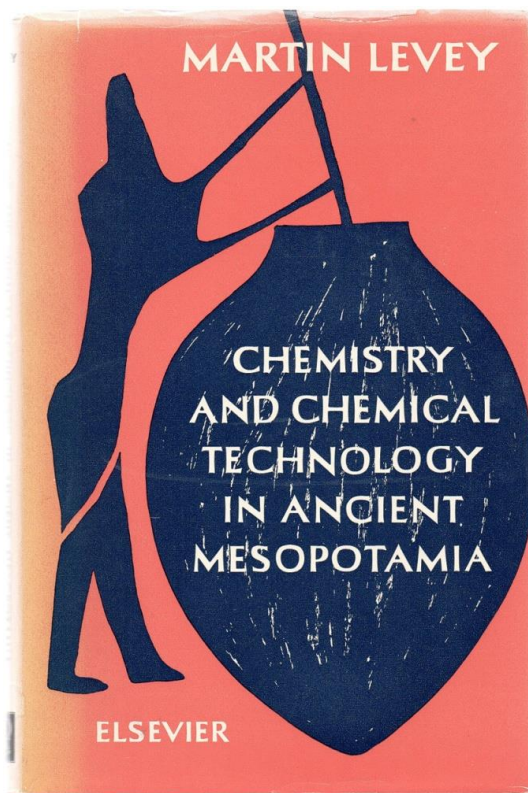
Μια ακόμη εκδοχή για την προέλευση της λέξης "χημεία" προσφέρεται από έναν Έλληνα ή Αιγύπτιο αλχημιστή των πρωτοχριστιανικών αιώνων, τον Ζώσιμο τον Πανοπολίτη (4ος-5ος αιώνας μ.Χ.). Στο βιβλίο του με τίτλο Ιμούθ (2655-2600 π.Χ), γράφει για τη γένεση της Αλχημείας, σύμφωνα με την οποία ο "πρώτος των τεχνών" ήταν ο Χημεύ (με αιγυπτιακή γραφή: "Chēmi"), από τον οποίο προέρχεται "το όνομα της χημείας".

Ανεξάρτητα πάντως της προέλευσης της λέξης Χημεία, το βέβαιο είναι οι δύο αρχαίοι πολιτισμοί της Αιγύπτου και της Ελλάδας συνέβαλαν αποφασιστικά στην προώθηση και στην εξέλιξη της Χημείας.

## 2. Η Απαρχή της Χημείας στη Μεσοποταμία

Η ιστορία της Χημείας ξεκινά από την εποχή της δημιουργίας των πρώτων αγροτικών πολιτισμών στην περιοχή των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη, στην περιοχή η οποία στα ιστορικά δοκίμια αναφέρεται ως Εύφορη Ημισέληνος (Fertile Crescent).

Στην περιοχή της Εύφορης Ημισελήνου αναπτύχθηκαν οι πρώτοι αγροτικοί πολιτισμοί (8.000-10.000 π.Χ.). Τα νερά των ποταμών που πλημμύριζαν την κοιλάδα και η πλούσια σε θρεπτικά συστατικά λάσπη, βοηθούσαν τις συστηματικές αγροτικές καλλιέργειες και επομένως συνέβαλαν στη μόνιμη εγκατάσταση λαών που μέχρι τότε ζούσαν νομαδικά, αναζητώντας τροφή από κυνήγι και άγρια φρούτα και λαχανικά.



Η Μεσοποταμία έγινε το λίκνο πλούσιων πολιτισμών και δημιουργίας μεγάλων πόλεων, όπως η Βαβέλ (Βαβυλώνα) και η Ουρ. Εκεί αναπτύχθηκε ο πανάρχαιος πολιτισμός των Σουμεριών (4η

χιλιετηρίδα π.Χ.). Οι Σουμέριοι ανέπτυξαν τη γραφή σε εγχάρακτες πλάκες, την κεραμική με τη χρήση του κεραμεικού τροχού και τη μεταλλουργία για την κατασκευή οικιακών εργαλείων και δοχείων, αλλά και όπλων.

Ευρήματα που ανάγονται στο 6.000 π.Χ., αποδεικνύουν πως από τότε ήταν ήδη γνωστές τεχνικές επεξεργασίας μεταλλευμάτων για την παρασκευή μεταλλικού χαλκού. Ακολούθησαν οι περισσότερες συστηματικές μεταλλουργικές πρακτικές και πιο εξελιγμένες τεχνικές της μεταλλουργίας (καθαρισμός μεταλλευμάτων με εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών, χύτευση, εμπλουτισμός).

Στη συνέχεια διαπίστωσαν ότι ο χαλκός που παρασκευαζόταν με αναγωγή ορυκτών χαλκού αναμιγμένων με ορυκτά κασσίτερου, ήταν πολύ σκληρότερος και ανθεκτικότερος σε σχέση με τον καθαρό. Το γεγονός οδήγησε στην ανακάλυψη του ορείχαλκου, κράματος χαλκού-κασσίτερου (με 10 έως 20% κασίτερο). Έτσι, ήδη από το 3.800-4.000 π.Χ. οι Σουμέριοι γνώριζαν τα κράματα.

Με βάση αρχαιολογικά ευρήματα, εκτιμάται ότι κατά χρονολογική σειρά ανακαλύφθηκαν και άρχισε να γίνεται η χρήση των ακόλουθων μετάλλων (σε παρένθεση: η εκτιμώμενη χρονολογία κατασκευής/χρήσης του αρχαιότερου μεταλλικού αντικειμένου): Χρυσός (6.000 π.Χ.), χαλκός (4.200 π.Χ.), άργυρος (4.000 π.Χ.), μόλυβδος (3.500 π.Χ.), κασίτερος (1.750 π.Χ.), σίδηρος (1.500 π.Χ.), υδράργυρος (750 π.Χ.). Ωστόσο, σχετικά πρόσφατα βρέθηκε μεταλλικός υδράργυρος σε γυάλινο φιαλίδιο σε αιγυπτιακό τάφο χρονολογούμενο από το 1.500 π.Χ.

Αξίζει να σημειωθεί ακόμη η αντιστοίχιση των μέχρι τότε γνωστών μετάλλων με τους μέχρι τότε γνωστούς πλανήτες. Η αντιστοίχιση αυτή συναντάται ίδια σε πολλούς πολιτισμούς, έτσι:

Ο χρυσός συνδέεται με τον λαμπρό, αστραφτερό Ήλιο ή με κάθε αγαθή θεότητα του φωτός, όπως ο θεός των αρχαίων Ελλήνων Απόλλωνας.

Ο υδράργυρος, ο "υγρός άργυρος", ευκίνητος και δύσκολος στη "σύλληψη", συνδέεται με τον πλανήτη Ερμή, τον πλανήτη που, λόγω της γειννιάσής του με τον ήλιο, είναι μετά δυσκολία ορατός και μάλιστα ορισμένες μόνο εποχές του χρόνου. Έτσι, ο υδράργυρος συνδέεται με τον "φτεροπόδαρο" θεό Ερμή ή άλλες ανάλογες θεότητες άλλων πολιτισμών. Ο αντίστοιχος θεός των Λατίνων, Mercurius, δίνει το όνομά του στον υδράργυρο σε πολλές λατινογενείς γλώσσες.

Ο χαλκός συνδέεται με τον πλανήτη Αφροδίτη. Από το νησί της Αφροδίτης (Venus για τους Λατίνους), την Κύπρο, που αποτελούσε μια κύρια πηγή χαλκού κατά την αρχαιότητα, προέρχεται η λατινική ονομασία cuprum του χαλκού.

Ο άργυρος συνδέεται με την "ασημόχρωμη" Σελήνη, Luna για τους Λατίνους. Τις ενώσεις του αργύρου οι αλχημιστές τις χαρακτήριζαν "σεληνιακές" (lunar).

Ο σίδηρος, ίσως εξαιτίας της κοκκινόχρωμης σκουριάς του, συνδέεται με τον "ερυθρό" πλανήτη Άρη. Ο Άρης (Mars για τους Λατίνους), πολεμική θεότητα, κατανικά τους εχθρούς του με σιδηρά όπλα.

Ο κασίτερος, αυτό το "θαυματουργό" και αρκετά δυσεύρετο και επομένως πολύτιμο κατά την αρχαιότητα μέταλλο, που όταν αναμιχθεί σε σχετικά μικρή αναλογία με τον χαλκό παρέχει τον σκληρό ορείχαλκο, συνδέεται με τον πλανήτη Δία. Ο αντίστοιχος θεός της σοφίας και δύναμης Jupiter για τους Λατίνους και Tinia για τους Ετρούσκους, από το όνομα του οποίου έλκει ο κασίτερος την αγγλική του ονομασία tin.

Ο μόλυβδος, ένα "τοξικό" μέταλλο, συνδέεται με τον πλανήτη Κρόνο (Saturnus για τους Λατίνους). Ο Κρόνος θεωρείται κακότροπη, μοχθηρή και "δηλητηριώδης" θεότητα. Μέχρι και σήμερα χρησιμοποιείται ο όρος saturnism, που σημαίνει δηλητηρίαση από μόλυβδο.

### 3. Η Χημεία κατά την Περίοδο της Αρχαίας Αιγύπτου

Η Αρχαία Αίγυπτος χαρακτηρίστηκε από τον πλούσιο αρχαίο πολιτισμό της που εξελίχθηκε από τις προϊστορικές εποχές (περίπου 3.300 π.Χ.) μέχρι το 31 π.Χ., όταν η Αίγυπτος κατέστη επαρχία της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας.



Η Αίγυπτος, με τα πολυάριθμα σταθερά βασίλεια και με τα πολιτισμικά επιτεύγματα (3.200 π.Χ.: γραφή με ιερογλυφικά, 3.100 π.Χ.: χρήση δεκαδικού συστήματος αρίθμησης, 3.100 π.Χ.: κελάρια κρασιού, 2.700 π.Χ.: χειρουργική τεχνική, 2.500 π.Χ.: κατασκευή της μεγάλης πυραμίδας της Giza), αποτέλεσε χώρο πλούσιο σε εξελίξεις στην ιστορία της Χημείας. Πολλές τεχνικές που είχαν ήδη αναπτυχθεί και καθιερωθεί στη Μεσοποταμία μεταφέρθηκαν και εξελίχθηκαν ακόμη περισσότερο στην Αρχαία Αίγυπτο.

Μερικές τεχνικές της αρχαίας Αιγυπτιακής χημείας προξενούν και σήμερα το ενδιαφέρον για τον πλούτο των γνώσεων που διέθεταν οι Αιγύπτιοι για πολλά υλικά και τις ιδιότητές τους. Ακόμη, εντύπωση κάνουν οι λεπτομερειακές καταγραφές διάφορων τεχνικών και των αποτελεσμάτων διάφορων δοκιμών. Οι γνώσεις πολλών από αυτών των τεχνικών, είχαν την έννοια της τέχνης παρά της επιστήμης και αποτελούσαν αποικλειστικό προνόμιο της τάξης των ιερέων.

Η σύγχρονη Ιατρική οφείλει πολλά στους αρχαίους Αιγύπτιους. Στην αρχή, επειδή ο άνθρωπος δεν μπορούσε να εξηγήσει όλα όσα του συνέβαιναν, άρχισε να τα αποδίδει σε υπερφυσικές δυνάμεις. Οι αρρώστιες θεωρήθηκαν έργα κακών πνευμάτων ή τιμωρία από μια θεότητα. Ο Imhotep (2655-2600 BC), Ίμυθες για τους αρχαίους Έλληνες, υπήρξε ο πιο διάσημος Αιγύπτιος ιατρός-παθολόγος, που ήταν συγχρόνως αστρονόμος και αρχιτέκτονας. Ο Imhotep χρησιμοποιούσε διάφορες χημικές ουσίες για θεραπείες ασθενειών. Αργότερα, λατρεύτηκε ως θεός της Θεραπείας και της Ιατρικής.



Οι Αιγύπτιοι ανέπτυξαν τις τεχνικές της μεταλλουργίας και έγιναν εξειδικευμένοι τεχνικοί για την κατεργασία του χρυσού από μεταλλεύματα και της ανάμιξής του με άλλα μέταλλα για βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων χρυσών αντικειμένων. Γνώριζαν την παρασκευή ορείχαλκου (μπρούτζου) από χαλκό και κασίτερο. Ευρήματα σιδηρών αντικειμένων σε πυραμίδες δίνουν την εντύπωση ότι γνώριζαν και τρόπους παρασκευής χάλυβα (ατσάλι) ήδη από το 2.900 π.Χ.

Η υαλουργία υπήρξε ένας ακόμη τομέας στον οποίο οι αρχαίοι Αιγύπτιοι έκαναν σημαντικές προόδους. Τα ευρήματα μεγάλων φούρνων υαλουργίας (ανασκαφές στην περιοχή Tel-El-Amarna, χρονολογούμενοι γύρω στο 1400 π.Χ.) και τα διάφορα είδη υάλινων σκευών και κοσμημάτων από έγχρωμο γυαλί δείχνουν μια υψηλή τεχνική κατάρτιση και γνώση αυτών των υλικών. Έτσι φαίνεται ότι γνώριζαν την κατασκευή μολυβδούχου υάλου (κρυστάλλου), όπως επίσης και την προσθήκη κοβαλτιούχων ορυκτών στην τηγμένη ύαλο για τον βαθυκόανο χρωματισμό της (ύαλος κοβαλτίου). Ακόμη, γνώριζαν να κατασκευάζουν υαλώματα (σμάλτα) από οξειδια διαφόρων μετάλλων και να εφραλώνουν με αυτά πήλινα δοχεία, πλακίδια και άλλα πήλινα αντικείμενα.



Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι σημείωσαν εξαιρετικές προόδους στην υφαντουργία, γνώριζαν την κατασκευή υφασμάτων από βαμβάκι και μαλλί και τρόπους χρώσης τους με φυσικές ουσίες. Τυπικά ανόργανα υλικά που χρησιμοποιούσαν σε βαφές ήταν ο αιματίτης ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) για κόκκινο χρώμα, βαθυκόκκινο τριμμένο γυαλί (ύαλος κοβαλτίου) για μπλε, βασικά ανθρακικά άλατα χαλκού για γαλάζιο χρώμα (αζουρίτης) και πράσινο χρώμα (μαλαχίτης), κίτρινη ώχρα (ένυδρο  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) για κίτρινο. Με τα ίδια χρώματα και τα υλικά που χρησιμοποιούσαν έβαφαν ανάκτορα, ναούς, σπίτια και τάφους.

Οι Αιγύπτιοι ανέπτυξαν τεχνικές και μεθόδους για την παρασκευή χρωστικών ουσιών από ανόργανα υλικά και από φυτικές ουσίες. Χρησιμοποίησαν τη φωτιά για την ανάμιξη και τη συνθετική παρασκευή χρωμάτων (με υγρές χημικές μεθόδους και χημικά στάδια). Ήδη από το 3.000 π.Χ., χρησιμοποιούσαν ορυκτά, όπως ο γαληνίτης ( $\text{PbS}$ ) και ο αντιμονίτης ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) σε ψιμύθια (καλλυντικά προσώπου, μέικ-απ). Για παράδειγμα, χρησιμοποιούσαν ένα μίγμα σκόνης αντιμονίτη και λίπους ως καλλυντική βαφή με την οποία έβαφαν μαύρο το περίγραμμα των ματιών. Πιθανολογείται ότι αυτή η ευρύτητα διαδεδομένη στους αρχαίους Αιγυπτίους αντιμονιούχος βαφή προλάμβανε επίσης διάφορες μολυσματικές οφθαλμικές ασθένειες.

Οι Αιγύπτιοι γνώριζαν επίσης και τον υδράργυρο, αφού χρησιμοποιούσαν το ορυκτό κιννάβαρι ( $\text{HgS}$ ) για την ερυθρά χρώση υφασμάτων. Οι γνώσεις αυτές μεταφέρθηκαν και εφαρμόστηκαν και στην Αρχαία Ελλάδα, αλλά ήταν ήδη τόσο προχωρημένες τεχνικές που δεν χρειάστηκε να βελτιωθούν.

Τέλος, οι αρχαίοι Αιγύπτιοι ανέπτυξαν τεχνικές για την παρασκευή αρωμάτων και ελαιωδών αλοιφών για το δέρμα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούσαν, οι ανακαλύψεις και οι συνθέσεις τους αξιοποιήθηκαν και από άλλους πολιτισμούς που ακολούθησαν τον Αιγυπτιακό.

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

### A. Να συμπληρώσετε αντίστοιχα

		ΣΩΣΤΟ	ΛΑΘΟΣ
1	Η επιστήμη της Χημείας μπορεί να εξηγήσει το πρόβλημα της χρονολόγησης των ευρημάτων της αρχαιολογικής έρευνας		
2	Η ιστορία της Χημείας ξεκινάει κατά την περίοδο του Μεσαίωνα		
3	Οι Σουμέριοι είχαν αναπτύξει την τέχνη της μεταλλουργίας		
4	Ο υδράργυρος χρησιμοποιούνταν από τους αρχαίους Αιγυπτίους για το βάψιμο των υφασμάτων τους		
5	Οι Αιγύπτιοι γνώριζαν τη συνθετική Παρασκευή χρωμάτων ακολουθώντας χημικές μεθόδους		

**B. Αξιοποιώντας το περιεχόμενο των παρακάτω πηγών και με τις ιστορικές γνώσεις, να εντοπίσετε σε αυτές αναφορές που πιστοποιούν την ανάπτυξη της μεταλλουργίας στους πολιτισμούς της Εγγύς Ανατολής και της Αιγύπτου και να διερευνήσετε τις καθημερινές ανθρώπινες ανάγκες που κάλυπταν.**

Η οικονομία βασιζόταν στην ανταλλαγή προϊόντων. Στην αγορά ανταλλάσσονταν τα προϊόντα, ενώ οι φόροι πληρώνονταν σε είδος. Κάθε δύο χρόνια, αργότερα κάθε χρόνο, γινόταν απογραφή των οικονομικών. Το κράτος μετρούσε τις ωφέλιμες εκτάσεις, τον αριθμό των ζώων και το απόθεμα σε χρυσό των υπηκόων. Με βάση τα αποτελέσματα της απογραφής καθορίζονταν οι φόροι, είτε σε σιτηρά είτε σε δέρματα και χρυσό είτε σε παροχή εργασίας. Μολονότι η ανταλλαγή ειδών ήταν η μοναδική μορφή μεταβίβασης ιδιοκτησίας, το αρχαίο βασίλειο γνώριζε ήδη ένα ανταλλακτικό μέσο : ένα " κομμάτι " μέταλλο από καθορισμένο υλικό και βάρος (πάντως χωρίς σφραγίδα ακόμη). Ένας άντρας που πωλούσε ένα σπίτι κοντά στη μεγάλη πυραμίδα υπολόγιζε την τιμή του σε δέκα "κομμάτια ". Αυτό που πήρε στην πραγματικότητα ήταν ένα κρεβάτι αξίας τεσσάρων " κομματιών " και δύο κομμάτια λινό ύφασμα αξίας τριών "κομματιών" το καθένα. Υπήρχε δηλ. μια σταθερή μονάδα για τον καθορισμό των τιμών, μολονότι η συναλλαγή γινόταν τις πιο πολλές φορές σε είδος και άλλαζαν χέρι "κομμάτια".

**Golo Mann, Alfred Heub, August Nitschke (1982), *Proylaeen Weltgeschichte. Eine Universalgeschichte*, μτφρ. Αγ. Αζέλης, τ.1, p. 375, Berlin.**

Ο φόρος αυτός πληρωνόταν στο Δαρείο από την Ασία και από μερικές μόνο περιοχές της Λιβύης. Το φόρο ο βασιλέας τον φυλάει κατά τον εξής τρόπο. Λιώνει το μέταλλο και το χύνει σε μεγάλα πιθάκια και άμα γεμίσει το πιθάκι το σπάνε και μένει χυτό το μέταλλο.

**Ηρόδοτος, *Η ιστορία των Περσικών Πολέμων*, (2005), μτφρ. Άγγ. Βλάχος, Γ, 96-97, Αθήνα: Ωκεανίδα**

Την πόλη την στόλισαν με πολλά και μεγάλα αφιερώματα, ασημένια και χρυσά, ακόμη και από ελεφαντόδοντο. [...] Τα οικοδομήματα διατηρήθηκαν μέχρι τα νεότερα χρόνια. Από τους Πέρσες όμως, λεηλατήθηκαν το ασημί, το χρυσάφι, το ελεφαντόδοντο και οι πολύτιμοι λίθοι, την εποχή που ο Καμβύσης κατέκαψε τα ιερά της Αιγύπτου. Τόσα λοιπόν, υποστήριζαν, ήταν τα πλούτη που είχαν συγκεντρωθεί στην Αίγυπτο, ώστε από τα κατάλοιπα μετά τη σύληση και την πυρόπληση των ναών να βρεθούν και να μαζευτούν περισσότερα από τριακόσια τάλαντα χρυσάφι και όχι λιγότερα από δύο χιλιάδες τριακόσια τάλαντα ασημί.

**Διόδωρος, I, 46, 1-8**



Στη μέση του ιερού ήταν χτισμένος γερός πύργος με πλάτος και μήκος ένα στάδιο. Επάνω σ' αυτόν τον πύργο ήταν χτισμένος άλλος, κι επάνω του άλλος, ως τους οκτώ. Για ν' ανεβεί κανείς, υπάρχει εξωτερική κυκλική ανάβαση, που συνδέει όλους τους πύργους. Κάπου στη μέση περίπου της διαδρομής υπάρχει ένα πλατύσκαλο και καθίσματα για να ξεκουράζονται όσοι ανεβαίνουν. Στον τελευταίο πύργο υπάρχει μεγάλος ναός και μέσα στο ναό ένα κρεβάτι μεγάλο και κοντά του στρωμένο ένα χρυσό τραπέζι.

**Ηρόδοτος, *Η ιστορία των Περσικών Πολέμων*, (2005), μτφρ. Άγγελ. Βλάχος, Α, 182, Αθήνα: Ωκεανίδα**

## Χρώματα στην αρχαϊκή γλυπτική

### Τι σήμαιναν τα χρώματα;

Η ως τώρα επιστημονική έρευνα για το χρώμα στα αρχαία γλυπτά έχει κάνει μεγάλη πρόοδο και έχει οδηγήσει σε εκπληκτικά συμπεράσματα που αναίρεσαν σε μεγάλο βαθμό στερεότυπες παραδοχές για την αρχαία γλυπτική.



Όταν επισκεπτόμαστε σήμερα έναν αρχαίο ναό ή περιεργαζόμαστε μαρμάρινα αγάλματα σ' ένα Αρχαιολογικό Μουσείο μας δίνεται η λανθασμένη εντύπωση ότι η τέχνη στην αρχαία Ελλάδα ήταν άχρωμη. Αντιθέτως το χρώμα στην αρχαιότητα έπαιζε ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο και δεν περιοριζόταν μόνο στη ζωγραφική. Πολλές δημιουργίες των αρχαίων, όπως πήλινα ειδώλια, μεγαλόπρεποι ναοί και μαρμάρινα αγάλματα, ήταν διακοσμημένα με έντονα χρώματα, μια και οι αρχαίοι ήξεραν ότι η απόσταση, όπως και ο χρόνος, εξασθενεί τον τόνο των χρωμάτων. Η εντύπωση λοιπόν που αποκομίζουμε είναι τελείως διαφορετική από αυτήν που είχαν οι αρχαίοι κι αυτό επειδή τα χρώματα των έργων έχουν πλέον χαθεί.

Το χρώμα αποδεικνύεται ότι αποτέλεσε όχι στοιχείο απλής διακόσμησης αλλά προστιθέμενη αισθητική ποιότητα του γλυπτού.

Τα χρώματα για τους αρχαίους Έλληνες και την κοινωνία τους αποτελούσαν ένα μέσο χαρακτηρισμού. Οι θεοί είχαν ξανθή κόμη που ακτινοβολούσε τη δύναμή τους, οι πολεμιστές και αθλητές φαιόχρωμη επιδερμίδα ως ένδειξη αρετής και ανδρείας, οι κόρες λευκό δέρμα που δήλωνε τη χάρη και λάμψη της νεότητας.

### Ποια όμως ήταν τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν;

Συχνά ακούμε για την περίφημη τετραχρωμία των αρχαίων, η οποία υποστηριζόταν και από τη φιλοσοφική σκέψη. Οι αρχαίοι πίστευαν στην τετραχρωμία και ως βασικά χρώματα είχαν το λευκό, το μαύρο, το κόκκινο, και την ώχρα. Με τη μείξη των χρωμάτων αυτών μεγάλωναν σημαντικά τη χρωματική τους γκάμα. Από τους Πυθαγόρειους τα παραπάνω χρώματα θεωρήθηκαν ότι σχετίζονται με τα τέσσερα πρωταρχικά στοιχεία της Κοσμογονίας: τον αέρα, το νερό, τη φωτιά και τη γη. Την ίδια θεωρία ανέπτυξε και ο Εμπεδοκλής, ο οποίος στην Οπτική του υποστήριξε ότι

το χρώμα γίνεται αντιληπτό από το μάτι χάρη σε κατάλληλες υποδοχές, οι οποίοι δέχονται τα μόρια που εκπέμπουν τα χρώματα. Επίσης ο Διογένης ο Απολλωνιάτης, όρισε τις ασθένειες χωρίζοντας τους ανθρώπους σε κατηγορίες ανάλογα με τα βασικά τους χρώματα σε ερυθρόχρους, πυρρόχρους (κιτρινοκόκκινο της φλόγας), μελανόχρους και λευκόχρους.

Κυρίως οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το κόκκινο σε διάφορες αποχρώσεις, το μπλε σκούρο ή το γαλάζιο, το μαύρο, την ώχρα και το πράσινο. Μεταξύ αυτών επικρατούσε το κόκκινο -ίσως λόγω της ευκολίας εύρεσής του, αλλά και της συμβολικής αξίας του- ακολουθούσαν το μπλε και το μαύρο, ενώ σε αρχαϊκά γλυπτά της Ακρόπολης έχει εντοπιστεί και το πράσινο, που όμως προβληματίζει, καθώς δεν είναι φανερό με γυμνό μάτι αν είναι όντως πράσινο ή οξειδωμένο μπλε.



Η αρχαία ελληνική ζωγραφική είναι η λιγότερο γνωστή έκφανση της αρχαίας ελληνικής τέχνης κι αυτό επειδή τα ευπαθή υλικά της είναι η κύρια αιτία που δεν



επέτρεψαν, πλην λίγων εξαιρέσεων, τη διατήρησή της ως τις μέρες μας. Σημαντικότεροι μάρτυρες σήμερα αποτελούν οι τοιχογραφίες.

Για την απόδοση του χρώματος της επιδερμίδας, χρησιμοποιούσαν στα γυμνά μέρη των ανδρικών μορφών κόκκινο χρώμα, ενώ σε εκείνα των Κορών ανοιχτόχρωμη καστανή ή κίτρινη ώχρα, όπως αυτή που ανιχνεύτηκε στο πρόσωπο της «Χιώτισσας», του αγάλματος που πιστεύεται ότι δημιούργησε ένας καλλιτέχνης από τη Χίο. Στο ίδιο άγαλμα, ο χιτώνας φέρει αποχρώσεις κόκκινου χρώματος από κιννάβαρι και κυανού από αιγυπτιακό κύανο, όπως εντυπωσιακά αποτυπώνεται στο μικρό τμήμα της αναπαράστασης.

### Κατηγορίες χρωμάτων

Τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν οι ζωγράφοι από την αρχαιότητα ανήκαν σε δυο κατηγορίες, στα φυσικά (χημικά στοιχεία, ορυκτά και φυτικά παράγωγα) και τα τεχνητά και χρησιμοποιούνταν σε μορφή σκόνης. Για τη μετατροπή τους σε σκόνη αναγκαία ήταν μια πλάκα από μάρμαρο ή αιγυπτιακό πορφυρίτη και μια μικρότερη πέτρα, όπως θαλασσινό βότσαλο ως τρίφτης. Τα χρώματα αναμιγνύονταν με το συνδετικό υλικό και φυλάσσονταν συνήθως μέσα σε όστρακα. Το συνδετικό υλικό, ανάλογα τη χρήση, μπορούσε να ήταν μια κόλλα ή κολλώδης οργανική ουσία όπως ζωική κόλλα ή ψαρόκολλα, ή ακόμα να προερχόταν από φυτικές εκκρίσεις όπως αραβική γόμμα. Άλλη πιθανή εκδοχή είναι μια δυνατή κολλώδης ουσία φτιαγμένη από γάλα ή ξυνόγαλα, η λεγόμενη καζεΐνη. Εξαιρετικό συνδετικό υλικό είναι και ο κρόκος ή το ασπράδι του αυγού καθώς και το κερι μέλισσας.



## Τα κυριότερα χρώματα

**Άσπρα χρώματα:** Το σημαντικότερο άσπρο χρώμα ήταν το λευκό του **μολύβδου**. Αν και απαντάται στη φύση με τη μορφή του ορυκτού **κερουσίτη**, υπήρξε από τις πρώτες χρωστικές που παρασκευάστηκε τεχνητά από μεταλλικό μόλυβδο και ξύδι. Ο Πλίνιος αναφέρει ότι το πιο ξακουστό εργαστήριο ήταν στη Ρόδο. Η χρήση του συνεχίστηκε μέχρι και τον 18ο αιώνα όμως ήταν δηλητηριώδες και μαύριζε με τον καιρό, έτσι αργότερα αντικαταστάθηκε από τον τσίγκο (**οξειδίο του ψευδαργύρου**) και αργότερα από το οξειδίο του τιτανίου. Η μηλία γη είναι κι αυτή ένα λευκό χρώμα που βρίσκεται σε φυσική μορφή ανάμεσα στα βράχια και η καλύτερη βρισκόταν στη Μήλο απ' όπου πήρε και το όνομά της. Πρόκειται για **καολίνη**. Για λευκό χρώμα χρησιμοποιήθηκε και η κιμωλία (ασβέστιο).



**Μαύρα χρώματα:** Το μαύρο χρώμα είναι ο **άνθρακας** (το κάρβουνο), το σπουδαιότερο χημικό στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε ως χρώμα και το έπαιρναν από την καύση οστών ενώ το καλύτερο έβγαινε από το καμένο φίλντισι. Μαύρο έπαιρναν επίσης και από καύση ξύλων. Το καλύτερο ξυλοκάρβουνο θεωρούταν ότι προέρχεται από νέα βλαστάρια κλήματος αμπέλου. Ξυλοκάρβουνα

χρησιμοποιούνταν με τη μορφή λεπτών ράβδων για τη σχεδίαση. Για να χρησιμοποιηθεί σαν χρώμα μετατρεπόταν σε σιόνη. Καλής ποιότητας μαύρο προερχόταν από το κουνιούτσι του ροδάκινου και τα κελύφη των αμυγδάλων. Άλλο μαύρο ήταν το φούμο (καπνιά) που μετατρεπόταν σε μελάνι με την ανάμιξή του με κόμμι. Για την παραγωγή του άφηναν μια φλόγα να παίζει κάτω από μια ψυχρή επιφάνεια και μάζευαν την καπνιά που συσσωρευόταν σ' αυτήν. Η φλόγα συνήθως δημιουργείτο από λαμπάδα από κερι μέλισσας.

**Κίτρινα χρώματα:** Τα κίτρινα χρώματα που χρησιμοποιούνταν ευρέως ήταν οι ώχρες, (ώχρα παντοδαπή, ώχρα της Κύπρου, αρρениκόν), κίτρινες γαίες προερχόμενες από τη σκουριά του σιδήρου. Άλλο κίτρινο σκούρο χρώμα είναι η σιέννα ωμή που προέρχεται απ' τη γη και πήρε το όνομά της από την πόλη Σιέννα όπου και βρέθηκε. Για την παραγωγή κίτρινου χρώματος χρησιμοποιούνταν επίσης και ο κρόκος, ζαφούρα.



**Κόκκινα χρώματα:** Ως κόκκινα χρώματα χρησιμοποιούνταν τα οξείδια του σιδήρου. Τα κοιτάσματα του αιματίτη θεωρούνταν σημαντική πηγή για κόκκινο χρώμα. Μια κόκκινη ώχρα που είναι γνωστή από την αρχαιότητα είναι η **σινώπια** ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) που χρωστά το όνομά της στην πόλη Σινώπη του Ευξείνου Πόντου απ' όπου προερχόταν η καλύτερη ποιότητα. Εξαιρετικής ποιότητας έβγαине και απ' τις σπηλιές της Λήμνου και της Καππαδοκίας. Ένα κόκκινο προς πορτοκαλί είναι η **σανδαράκη**, φυσικό χρώμα, ορυκτό, το θειούχο αρσενικό ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ) και χρησιμοποιούνταν μέχρι τον 19ο αιώνα. Ένα απ' τα φωτεινά κόκκινα χρώματα είναι το **κιννάβαρι ή βερμιγιόν** ( $\text{HgS}$ ) που βγαίνει από τον υδράργυρο, μετά από αλληπάλληλες καύσεις με θείο. Άλλο κόκκινο χρώμα είναι το χονδροκόκκινο, προερχόμενο από την σκουριά του σιδήρου. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης και οι κόκκινες λάκιες που ήταν οργανικής προελεύσεως όπως η λάκα από κόμμι Ινδιών, από κισσό και από κόκκο. Τέλος τεχνητό κόκκινο χρώμα ήταν **και το μίνιο ή κόκκινο του μολύβδου** ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ).

**Μπλε χρώματα:** Ένα σημαντικό μπλε που χρησιμοποιούνταν από την κλασική αρχαιότητα είναι ο **αζουρίτης**. Από τον λαζουρίτη (lapis lazuli) προέρχεται το



μπλε ουλτραμαρίν που σημαίνει πέρα από τις θάλασσες διότι υπήρχε αποκλειστικά στην Περσία. Για την παραγωγή του απαιτούνταν περίπλοκες μέθοδοι γι' αυτό και ήταν ένα ακριβό υλικό και μέσον για πολυτέλεια. Άλλη μια ομάδα μπλε είναι οι ενώσεις χαλκού με αμμωνία.. Το μπλε κοβαλτίου χρησιμοποιήθηκε ευρέως καθώς επίσης και το λαζούρι. Λαζούρι ονομαζόταν και το ινδικό, που είναι ένα χρώμα μαβί, φυτικό και το έφεραν απ' την Ινδία, ενώ αργότερα αντικαταστάθηκε από το λουλάκι που είναι επίσης φυτικό προϊόν και έχει χρώμα βαθύ μπλε. Μπλε χρώματα έχουμε και προερχόμενα από βιολέτες και κυάνους.



**Πορφυρά χρώματα:** Η πορφύρα, γνωστή από αρχαιοτάτων χρόνων σαν βασιλική βαφή, ήταν η ωραιότερη και ακριβότερη βαφή της αρχαιότητας. Η πορφύρα θεωρήθηκε από την αρχή ευγενές χρώμα και σύμβολο των θεών και των βασιλιάδων. Ήδη οι Ασύριοι καταγράφουν δυο είδη πορφυροχρώματος, **το Argamannu**, δηλαδή το κόκκινο, και **το Takiltu**, δηλαδή το βιολετί, και επηρέασαν τους Πέρσες. Αργότερα, ο Αριστοτέλης καταγράφει επίσης δυο χρωματικές ποικιλίες, τη φοινικική, δηλαδή την κόκκινη και την αλουργή, δηλαδή την ιώδη. Ο Αισχύλος αναφέρει ότι ήταν η πλέον ακριβή βαφή της αρχαιότητας. Τα πορφυρά χρώματα παίζουν μεταξύ του μπλε και κόκκινου και προέρχονται από την λέξη πορφύρα που είναι το συνολικό όνομα μιας ομάδας οικογενειών κογγυλιών. Η παραγωγή τους ήταν πολύ επίπονη και απαιτούνταν μεγάλος αριθμός κογγυλιών και άλλων μαλακίων και συγκινητών σταγόνα σταγόνα .

**Πράσινα χρώματα:** Πράσινα χρώματα παράγονταν από τα ώριμα μούρα του φυτού ράμνου και από τα άνθη της ίριδας. Το πιο συνηθισμένο, γνωστό ως πράσινο της Ελλάδας (*verdigris*) είναι ένας **οξικός χαλκός** ο οποίος παρασκευάζεται συνήθως με την επεξεργασία κάποιας μορφής χαλκού με οξύ. Άλλο πράσινο χρώμα είναι **ο μαλαχίτης**, ένα πράσινο ορυκτό που χρησιμοποιήθηκε ήδη στην προδυναστική Αίγυπτο, μέχρι το 1800, οπότε αντικαταστάθηκε από τις συνθετικές πράσινες χρωστικές. Επίσης χρησιμοποιούνταν και οι πράσινες γαίες που αποκαλούνται και *terraevertae*.

Κάποια χρώματα ήταν ακριβά, για παράδειγμα τα ορυκτά που έρχονταν από μακριά. Άλλα χρώματα ήταν δυσεύρετα, ενώ τα τεχνητά χρώματα είχαν δύσκολη και χρονοβόρα παρασκευή. Αυτοί οι παράγοντες σε συνδυασμό με τις προσωπικές προτιμήσεις και την τεχνοτροπία που ακολουθούσε ο ζωγράφος, επηρέαζαν την επιλογή του.

### **Βιβλιογραφία**

- Thompson, D. (1998), *Οι τεχνικές και τα υλικά της μεσαιωνικής ζωγραφικής*. Αθήνα: Αρμός.
- Gennino G. (1990), *«Το βιβλίο της τέχνης» ή Πραγματεία περί της ζωγραφικής*, μτφρ. Τέτσης, Π., Αθήνα.
- Αριστοτέλης (1994), *Περί Χρωμάτων και Περί τα ζώα ιστορίες*, Αθήνα: Κάκτος.
- Πλίνιος ο Πρεσβύτερος. (2009), *Περί της αρχαίας ελληνικής ζωγραφικής*, Αθήνα: Άγρα.
- Ιωακείμογλου, Ελ. (2004) *Τα οργανικά υλικά στην τέχνη και την αρχαιολογία*. τόμος Α. Αθήνα: Τροχαλία.

## Η φασματοσκοπία

Αν και φαντάζει αδύνατο ότι θα μπορούσε να δει κανείς την πραγματική μορφή των αγαλμάτων, αφού η φθορά από το χρόνο, τον ήλιο, την άμμο και τον αέρα είναι τεράστια, μερικοί φοιτητές της Σχολής Καλών Τεχνών διαφόρων Πανεπιστημίων των ΗΠΑ (Harvard, Colorado κ.ά) ανακάλυψαν ότι όταν φωτίζουν τα αγάλματα με υπεριώδες φως υπό συγκεκριμένη γωνία (τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως στους πίνακες ζωγραφικής), μπορούν να δουν το σχεδιάγραμμα των χρωμάτων, τα υπολείμματα βαφής, σιόνης, αλλά και τα ίχνη από τα πινέλα.

Βέβαια, στα αγάλματα η διαδικασία αυτή είναι αρκετά πιο δύσκολη, αλλά τα περίτεχνα σχέδια γίνονται ορατά λόγω του διαφορετικού ρυθμού απόθεσης του κάθε χρώματος. Επιπλέον, αυτά τα στρώματα χρωμάτων προστατεύουν τα αγάλματα από τη διάβρωση, παρά το γεγονός ότι δεν είναι πλέον ορατά με γυμνό μάτι!

Για να περάσουμε ξανά στην τεχνική της υπεριώδους ακτινοβολίας, πρέπει να σημειώσουμε ότι το υπεριώδες φως κάνει πολλές οργανικές ενώσεις να φθορίζουν. Αυτό το γεγονός έχει βοηθήσει πολύ τους εκτιμητές έργων τέχνης να καταλαβαίνουν κατά πόσο ένα έργο είναι αντίγραφο, αφού κατά κανόνα τα παλαιότερα έχουν μεγαλύτερο ποσοστό οργανικών ενώσεων σε σχέση με τα καινούργια. Χάρι στα υπολείμματα αυτών των οργανικών ενώσεων και το φθορισμό τους, οι ερευνητές μπορούν να δουν με μεγάλη λεπτομέρεια τη μορφολογία των αρχαίων αγαλμάτων.

Μόλις γίνει η χαρτογράφηση υπάρχει το πρόβλημα της εξακριβωσης του χρώματος, καθώς παρά το γεγονός ότι κάθε χρώμα αφήνει το δικό του στίγμα, μετά από τόσα χρόνια αλλοιώνεται η χημική σύσταση, με αποτέλεσμα να υπάρχει η πιθανότητα η σημερινή “βαφή” να μην έχει καμία σχέση με την πραγματική.

Παρόλα αυτά, υπάρχει λύση, αφού τα χρώματα μπορεί να ξεθωριάζουν με το χρόνο, αλλά τα υλικά (χρωστικές φυτικής και ζωικής προέλευσης, πέτρες και όστρακα) παραμένουν όπως ήταν εδώ και χιλιάδες χρόνια, κάτι που μπορεί επίσης να ανακαλυφθεί με φωτισμό. Με φασματοσκοπία ακτίνων X και υπέρυθρου, οι ερευνητές μπορούν να κατανοήσουν τη σύσταση των χρωμάτων, καθώς και το ποια ήταν η εμφάνιση τους αρχικά.

Η φασματοσκοπία βασίζεται στο γεγονός ότι τα άτομα διαφορετικών υλικών απορροφούν διαφορετικά μήκη κύματος ακτινοβολίας, όταν αυτή πέφτει επάνω τους, με τα υπόλοιπα μήκη να ανακλώνται. Έτσι, οι ερευνητές καταλαβαίνουν ποια ακτινοβολία απορροφήθηκε και αναγνωρίζουν το υλικό, ενώ με τη βοήθεια των υπέρυθρων ακτίνων καθορίζουν τις οργανικές ενώσεις. Να σημειωθεί ότι οι ακτίνες X δεν σταματούν πουθενά, παρά μόνο στα βαρύτερα στοιχεία, όπως είναι τα πετρώματα και τα μέταλλα.

## Το φάσμα της πολυχρωμίας

Το οπτικό μικροσκόπιο κατόρθωσε να «χαρτογραφήσει» την παρουσία χρωμάτων και χρυσού στην επιφάνεια των αγαλμάτων, δεν ήταν όμως σε θέση να προσφέρει την επιστημονική τεκμηρίωση που απαιτείται για την ταυτοποίησή τους. Για να γίνει αυτό χρειάζονται ειδικές αναλύσεις στο εργαστήριο οι οποίες στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν ήταν δυνατές, εφόσον στη μεγάλη πλειονότητά τους τα υπολείμματα ήταν απειροελάχιστα. Εδώ ανέλαβε ένας έλληνας ειδικός, ο Ανδρέας Καρύδας, του Ινστιτούτου Πυρηνικής Φυσικής του Εθνικού Κέντρου Ερευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», ο οποίος εισήγαγε τη δεύτερη πρωτοτυπία της έρευνας, εφαρμόζοντας, για πρώτη φορά σε αρχαία γλυπτά και για την εξέταση της πολυχρωμίας τους, την τεχνική της φθορισμετρίας ακτίνων Χ. «Η καινοτομία της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε έγκειται στον συνδυασμό των τεχνικών. Η φθορισμετρία ακτίνων Χ δεν θα μπορούσε να εντοπίσει από μόνη της την παρουσία του χρώματος αν τα σημεία δεν είχαν προηγουμένως υποδειχθεί από την παρατήρηση με το οπτικό μικροσκόπιο».

Χρησιμοποιώντας ένα πρωτότυπο φασματομέτρο που έχει αναπτυχθεί εξ ολοκλήρου στο Ινστιτούτο Πυρηνικής Φυσικής του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε «Δημόκριτος», ο κ. Καρύδας συνέβαλε στην ταυτοποίηση των περισσότερων από τις ανόργανες χρωστικές που ανιχνεύτηκαν με βάση το φάσμα που εκπέμπουν όταν ακτινοβολούνται με ακτίνες Χ. «Η μέθοδος είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσα και δίνει άμεσα αποτελέσματα, βλέπει κανείς τα φάσματα στην οθόνη του υπολογιστή και βάσει αυτών μπορεί, τις περισσότερες φορές, να περιγράψει τη φύση της χρωστικής» επισημαίνει ο κ. Ζοκέ. Τα χρώματα που εντοπίστηκαν ήταν πολλά, από το αιγυπτιακό μπλε (γνωστό και ως κύανος) και το λευκό του μολύβδου ως τις κίτρινες και κόκκινες ώχρες, τον πράσινο μαλαχίτη και την πράσινη γη.

Μια έκπληξη για τους ειδικούς ήταν η ανίχνευση μιας χρωστικής με βάση το ορυκτό βαναδινίτης. «Είναι γνωστή χρωστική αλλά πολύ σπάνια. Έχει βρεθεί σε άλλα ελληνιστικά αντικείμενα, και συγκεκριμένα σε στήλες από την Αλεξάνδρεια που βρίσκονται στο Μουσείο του Λούβρου» λέει ο κ. Καρύδας. «Ποτέ ως τώρα όμως» διευκρινίζει ο κ. Ζοκέ «δεν είχε βρεθεί σε γλυπτά, ούτε υπήρχαν σχετικές αναφορές». Το χρώμα που ήθελαν οι αρχαίοι καλλιτέχνες να επιτύχουν με αυτήν ήταν μάλλον ένα έντονο, φωτεινό κίτρινο. «Το χρησιμοποιούσαν στις πτυχώσεις του μανδύα προς τα κάτω, σαν μια από τις λωρίδες στο τελείωμα» εξηγεί ο κ. Καρύδας «και είναι ενδιαφέρον γιατί δείχνει μια προσοχή στη λεπτομέρεια. Δεν έβαζαν για παράδειγμα μια κίτρινη ώχρα, που είναι πιο μουντή. Δεν έκαναν συμβιβασμούς προκειμένου να αποδώσουν το αποτέλεσμα που ήθελαν»

## Χρυσός σε φύλλα

Το άλλο εντυπωσιακό εύρημα του έλληνα ερευνητή ήταν η ποιότητα και το πάχος των υπολειμμάτων του χρυσού, τα οποία μαρτυρούν εξαιρετικά εξελιγμένες τεχνικές



κατεργασίας και επιχρυσώσης. Όλα αποτελούν πολύ «καθαρά» κράματα, με περιεκτικότητα πλέον του 97,5% χρυσού, περίπου 1,5% αργύρου και ελάχιστου χαλκού, ενώ το πάχος τους είναι μόλις μερικά μικρόμετρα, συνήθως τέσσερα- πέντε, αλλά ορισμένες φορές δύο ή και ένα. «Το ότι βρέθηκε χρυσός, και μάλιστα εμπλουτισμένος, δεν ήταν έκπληξη, το περιμέναμε» λέει ο κ. Καρύδας «Αυτό που μας έκανε πολύ μεγάλη εντύπωση ήταν το πάχος του φύλλου του χρυσού. Το να φτιάχνεις και να τοποθετείς φύλλα της τάξης του ενός ή των τεσσάρων μικρομέτρων, των τεσσάρων χιλιοστών του χιλιοστού δηλαδή, είναι πολύ ντελικιάτη δουλειά».

Ο χρυσός εντοπίστηκε στα πιο ειλεπτυσμένα και «πολυτελή» σημεία των αγαλμάτων, αλλά κάποιες φορές φαίνεται να καλύπτει εξ ολοκλήρου τα γυμνά μέρη του σώματος. «Σε ορισμένα αγάλματα» λέει ο κ. Ζοκέ «τα ρούχα, τα υφάσματα, είναι χρωματισμένα αλλά το σώμα είναι επιχρυσωμένο με φύλλο χρυσού. Εγώ προτείνω για αυτά την ονομασία χρυσόχρωμα». Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις το πολύτιμο μέταλλο φαίνεται να επιλέγεται για να υποστηρίξει την αντιγραφή. «Ο Διαδούμενος» εξηγεί ο ερευνητής «το μαρμάρινο αντίγραφο του έργου του Πολυκλείτου, ήταν εντελώς επιχρυσωμένος. Μάλλον για να μιμηθεί το πρωτότυπο, που ήταν χάλκινο. Κάποιος πλούσιος της εποχής φαίνεται ότι είχε παραγγείλει ένα αντίγραφο του περιφημου αυτού κλασικού έργου και για να μιμηθεί τον χαλκό, που τότε δεν ήταν πατιναρισμένος, πράσινος, αλλά είχε ακόμη κίτρινο χρώμα, ο καλλιτέχνης κάλυψε το μάρμαρο με χρυσό».

### **Η τελική αποκατάσταση**

Η φθορισμετρία ακτίνων Χ μπορεί να διαγνώσει μόνο τις ανόργανες χρωστικές και όχι αυτές που έχουν οργανική προέλευση. Με την ταύτιση των τελευταίων ασχολήθηκε μια άλλη ελληνίδα ειδικός, η Χαρίκλεια Μπρεκουλάκη, ερευνήτρια του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών και μέλος του Προγράμματος Βορείου Ελλάδας του Κέντρου Ελληνικής και Ρωμαϊκής Αρχαιότητας. «Με τη βοήθειά της» εξηγεί ο κ. Ζοκέ «μπορέσαμε να καθορίσουμε τη στρωματογραφία των χρωμάτων». Εδώ απαιτήθηκε η λήψη μικρών δειγμάτων, τα οποία εξετάστηκαν από το ελληνικό Ίδρυμα Ορμυλία και το ιταλικό Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας της Πληροφορίας (ISTI) του Πανεπιστημίου της Πίζας, κυρίως με τεχνικές χρωματογραφίας αέριας φάσης και φασματογραφίας μάζας, προκειμένου να διαπιστωθεί η μοριακή δομή τους.

Η αναπαράσταση των αγαλμάτων σε τρισδιάστατη απεικόνιση έγινε από το Visual Computing Lab του ιταλικού Εθνικού Κέντρου Ερευνών, γνωστό, μεταξύ άλλων, για τη συνεργασία του στην αποκατάσταση του Δαβίδ του Μιχαήλ Αγγελου. Τέλος, η εφαρμογή των χρωμάτων στις ασπρόμαυρες τρισδιάστατες απεικονίσεις, σύμφωνα με τις υποδείξεις των αρχαιολόγων, έγινε από τη Φαμπρισιά Φοκέ, γαλλίδα αρχιτέκτονα που ειδικεύεται στον χρωματισμό τρισδιάστατων αρχαιολογικών εικόνων. Τα πλήρη αποτελέσματα της έρευνας θα κυκλοφορήσουν σε βιβλίο από τη Γαλλική Αρχαιολογική Σχολή, πιθανότατα στα τέλη του 2010.





## Οι Αρχαίοι Έλληνες Φιλόσοφοι και η Συμβολή τους στη Χημεία

Η αρχαία Ελλάδα και ο πολιτισμός της είναι ασφαλώς η συνέχεια του πολιτισμού της αρχαίας Αιγύπτου με μια όμως πολύ μεγαλύτερη δυναμική. Οι αρχαίοι Έλληνες αξιοποίησαν πολλά από τα επιτεύγματα των Αιγυπτίων στις τεχνικές της μεταλλουργίας, της υαλουργίας, της βαφής υφασμάτων και των αρωματικών υλών. Οι τεχνικές αυτές ήταν ήδη εξαιρετικά εξελιγμένες και δεν χρειάστηκαν ουσιαστικά να προσθέσουν νέες βελτιώσεις ή κάποιες αλλαγές στις μεθοδολογίες.

Τους αρχαίους Έλληνες απασχολούσε όχι τόσο το "πώς", αλλά το "γιατί", δηλ. η αναζήτηση της αλήθειας και των αιτιών. Σύμφωνα με τους αρχαιολόγους, η συνεισφορά των Αρχαίων Ελλήνων και διανοητών στις φυσικές επιστήμες ήταν κυρίως οι θεωρητικές έννοιες. Στην αρχαία Ελλάδα πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά η απόδοση των φυσικών φαινομένων σε φυσικά αίτια και η απόρριψη των υπερφυσικών δυνάμεων, που επικαλούνταν άλλοι λαοί, και η αντικατάστασή τους από φυσικούς νόμους.

Οι ιδέες των αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων ήταν η απαρχή πολλών σημερινών εννοιών των φυσικών επιστημών. Η αρχαία ελληνική φυσική φιλοσοφία είχε μεγάλη επίδραση και στη σύγχρονη χημεία, είτε άμεσα, είτε έμμεσα, έστω και μέσω των παραδοξοτήτων της αλχημείας. Μερικές από αυτές τις ιδέες που βρήκαν εφαρμογή στη χημεία ακόμη και σήμερα είναι:

(α) Η έννοια του στοιχείου. Η θεωρία των τεσσάρων βασικών στοιχείων ή ριζωμάτων (γη, ύδωρ, πυρ και αήρ) διατυπώθηκε από τον Εμπεδοκλή (495-435 π.Χ., από Ακράγαντα, Σικελία). Τα τέσσερα στοιχεία ήταν μέρος της φιλοσοφικής του συμβολής και ιδιαίτερα το ποίημα (2.000 στίχοι) "Περί Φύσεως". Τα πάντα είναι συνδυασμοί αυτών των τεσσάρων στοιχείων. Τα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις "φιλότητας" (φιλία, έλξη, τάση προς συνένωση) ή σχέσεις "νείκους" (εχθρότητα, άπωση, τάση προς διάσπαση).

Στα στοιχεία αυτά αποδίδονται κυκλικά οι ιδιότητες "υγρό", "θερμό", "ξηρό" και "ψυχρό" ως πρωτεύουσες ή δευτερεύουσες. Ο "αήρ" είναι πρωτίστως "υγρός" και δευτερευόντως "θερμός", το "πυρ" είναι πρωτίστως "θερμό" και δευτερευόντως "ξηρό", η "γη" είναι πρωτίστως "ξηρή" και δευτερευόντως "ψυχρή" και το "ύδωρ" είναι πρωτίστως "ψυχρό" και δευτερευόντως "υγρό".

(β) Η έννοια του ατόμου. Η ατομική θεωρία για τη συγκρότηση ύλης διατυπώθηκε αρχικά από τον Λεβίππο (5ος αιώνας π.Χ., Μίλητος). Για τον Λεβίππο είναι λίγα πράγματα γνωστά. Έζησε κατά την περίοδο (περίπου) 480-420 π.Χ. Παρακολούθησε την Ιονική σχολή φιλοσοφίας, σπούδασε και στην Ελέα (σήμερα Velia, στη νότια Ιταλία) και φαίνεται ότι επηρεάστηκε κυρίως από τον προσωκρατικό φιλόσοφο Ζήνωνα τον Ελεάτη (490;-430; π.Χ.). Ίδρυσε σχολή στα Άβδηρα της Θράκης. Η ατομική θεωρία του Λεβίππου διατυπώθηκε πιο συστηματικά από τον μαθητή του Δημόκριτο (460-370 π.Χ., Άβδηρα, Θράκη). Η ατομική θεωρία όριζε ότι τα άτομα είναι τα έσχατα μόρια της ύλης.

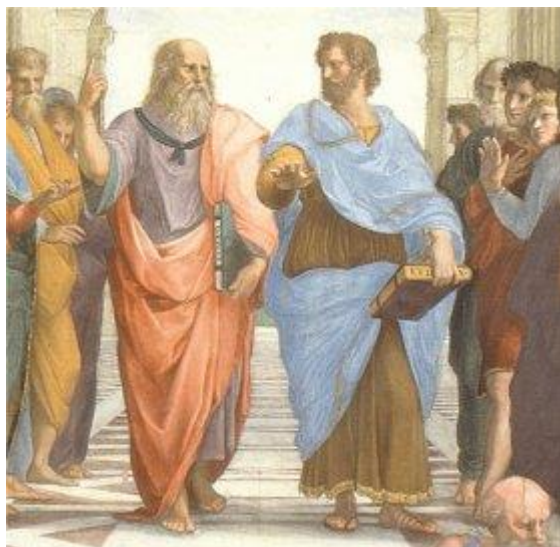


Τα άτομα (: α-στερητικό + τομή) είναι άτμητα, άφθαρτα, αναλλοίωτα και κινούνται αδιάκοπα στον χώρο. Υπάρχουν άπειρα είδη ατόμων σε συνεχή κίνηση και οποιαδήποτε μεταβολή της ύλης δεν είναι παρά ένα είδος ανασυνδυασμού των ατόμων. Οι ιδιότητες των υλικών καθορίζονται από το σχήμα των ατόμων. Τα άτομα των υγρών είναι σφαιρικά, γι'αυτό και τα υγρά απλώνονται στις επιφάνειες. Αντίθετα, τα άτομα των στερεών έχουν ακανόνιστο σχήμα γι'αυτό και τα στερεά σώματα διατηρούν τη μορφή τους.

Η έννοια του ατόμου στη σύγχρονη χημεία έμελλε να καθιερωθεί 24 αιώνες αργότερα με τη διατύπωση της ατομικής θεωρίας (1808) από τον διάσημο χημικό, φυσικό και μαθηματικό John Dalton.

(γ) Η διατήρηση της μάζας. Η θεωρία της αφθαρσίας της ύλης που διατύπωσαν παράλληλα ο Δημόκριτος και ο Διογένης ο Απολλωνιάτης (5ος αιώνας π.Χ.). Χαρακτηριστική ρήση του Δημοκρίτου: "Μηδέν εκ του μη όντος γίνεσθαι μηδ' εσ το μη ον φθείρεσθαι".

Οι ιδέες αυτές διαδόθηκαν κυρίως με τη διδασκαλία του Επίκουρου και αργότερα από το εκτενές φιλοσοφικό ποίημα του Λουκρητίου (Τίτος Λουκρήτιος Κάρος, 98-53 π.Χ., Ρωμαίος φιλόσοφος) που είχε τίτλο De Rerum Natura (Περί της Φύσεως των Πραγμάτων), όπου και εξηγούσε τις αρχές της ατομικής θεωρίας του Δημοκρίτου.



Πλάτωνας και Αριστοτέλης.  
Λεπτομέρεια από τον πίνακα του Raphael "Η Σχολή των Αθηνών" (1510).

Ο Επίκουρος (Σάμος 341 - Αθήνα 270 π.Χ.) ήταν Έλληνας φιλόσοφος, ο οποίος ίδρυσε τη φιλοσοφική σχολή που έμεινε γνωστή ως "Επικουρείος Κήπος". Στόχος του Επίκουρου ήταν η αναζήτηση των αιτιών της ανθρώπινης δυστυχίας και των εσφαλμένων δοξασιών που την προκαλούν, όπως η δεισιδαιμονία.

Βασικές αρχές της διδασκαλίας του Επίκουρου είναι οι εξής: Με τον θάνατο έρχεται το τέλος όχι μόνο του σώματος αλλά και της ψυχής - οι θεοί ούτε επιβραβεύουν, ούτε τιμωρούν τους ανθρώπους. Το σύμπαν είναι άπειρο και αιώνιο - τα γενόμενα

στον κόσμο συμβαίνουν τελικά, με βάση τις κινήσεις και τις αλληλεπιδράσεις των ατόμων που βρίσκονται σε έναν κενό χώρο.

Οι υλιστικές απόψεις του Επίκουρου πολεμήθηκαν άγρια από μεταγενέστερους φιλοσόφους και θεολόγους. Ο ίδιος κατασκευοφανήθηκε και χαρακτηρίστηκε ως άτομο με ροπή προς τις ηδονές και τις απολαύσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι υλιστικές ιδέες και η αντίληψη περί ατόμων και αφθαρσίας της ύλης αναπτύχθηκαν περίπου την ίδια περίοδο από Ινδούς φιλοσόφους (Βεδική φιλοσοφία), αλλά με αρκετά πιο ήπιους τόνους και με ποιητική διάθεση.

Οι ατομικές θεωρίες του Δημόκριτου για την ύλη έμειναν στο περιθώριο για πολλούς αιώνες. Οι υλιστικές θεωρίες περί ατόμων, αφθαρσίας της ύλης και των στοιχείων δεν είχαν προοπτική διάδοσης, αφού έπεσαν στη δυσμένεια των φιλοσόφων Πλάτωνα (428-348 π.Χ.) και Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.).

Ο Αριστοτέλης, ο πολυγραφώτερος διαλεκτικός φιλόσοφος της αρχαιότητας, επηρέασε με τις θεωρίες του τη δυτική φιλοσοφική και επιστημονική σκέψη μέχρι και τον 17ο αιώνα. Ο Αριστοτέλης μελέτησε και έγραψε για πολλούς κλάδους (φιλοσοφία, ψυχολογία, λογική, πολιτική, φυσική, βιολογία, κ.α.). Έγραψε πολλά βιβλία για τη Φυσική (φυσική ακρόαση, περί ουρανού, περί γενέσεως και φθοράς, μετεωρολογικά και περί κόσμου) και τη Βιολογία (περί ζώων ιστορίας, περί ζώων μοριών, περί ζώων πορείας, περί ζώων κινήσεως, περί ζώων γενέσεως και περί φυτών).

Η φιλοσοφία του Αριστοτέλη κλείνει προς τον ιδεαλισμό και θέτει τον υλισμό σε μια μάλλον παθητική μοίρα. Σύμφωνα με τις θεωρίες του κάθε πράγμα αποτελείται από ύλη και πνεύμα, που είναι μεταξύ τους αδιάσπαστα ενωμένα. Η ύλη είναι παθητική και μόνη της παρέχει τη δυνατότητα, ενώ το πνεύμα ενεργητικό, και αποτελεί τη δύναμη που μεταβάλλει τη δυνατότητα σε πραγματικότητα.

Ο κόσμος, κατά τον Αριστοτέλη, είναι ενιαίος και αιώνιος και το σύμπαν ή ο κόσμος είναι σφαιρικός με κέντρο τη Γη. Η θεωρία αυτή ταίριαζε με τις θρησκευτικές αντιλήψεις και η γεωκεντρική εικόνα επικράτησε μέχρι την εποχή του Γαλιλαίου. Μέσω της τυπικής λογικής βλέπει την αντικειμενική πραγματικότητα "στατικά" και όχι μέσα στην αέναη μεταβολή και κίνησή της. Ο Αριστοτέλης διέτυπωσε τη θεωρία της ύπαρξης του πέμπτου στοιχείου της φύσης (πέραν των τεσσάρων: γη, ύδωρ, πυρ και αήρ, που πίστευαν οι Έλληνες φιλόσοφοι). Ο Αριστοτέλης πρόσθεσε τον αιθέρα (: καθαρός, φρέσκος αέρας, καθαρός ουρανός, το υλικό που συμπληρώνει το σύμπαν πάνω από τη γήινη σφαίρα) στο κέντρο του κλασικού τετραγώνου των στοιχείων.

Ο αιθέρας παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες ως στοιχείο, είναι: αγέννητος, αγήραντος, άφθαρτος, αϊδιος (αιώνιος), αναυξής και αναλλοίωτος. Πολύ αργότερα ο αιθέρας θα ταυτισθεί με τη Φιλοσοφική Λίθο των αλχημιστών. Επιπλέον εντοπίζεται στον "άνω τόπο", όπου κατοικούν οι θεότητες.

Να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι η πρώτη αναφορά στην έννοια στοιχείων έγινε από τον Πλάτωνα, περίπου το 360 π.Χ. στον διάλογό του "Τίμαιος", όπου περιλαμβάνεται μια συζήτηση πάνω στη σύνθεση των ανόργανων και των οργανικών



σωμάτων, μια πρωταρχική προσέγγιση πάνω στη χημεία. Ο Πλάτωνας θεωρούσε ότι το μικρότερο σωματίδιο κάθε στοιχείου αντιστοιχούσε σε ένα από τα πέντε κανονικά πολύεδρα, δηλ. κυρτά πολύεδρα με έδρες κανονικά πολύγωνα και ίσες όλες μεταξύ τους, τα οποία είναι γνωστά και ως "Πλατωνικά στερεά": το τετράεδρο (η φωτιά), ο κύβος (η γη), το οκτάεδρο (ο αέρας), το δωδεκάεδρο (ο αιθέρας) και το εικοσάεδρο (το νερό).

### **Τα βασικά στοιχεία σύμφωνα με άλλους πολιτισμούς**

Ο Αριστοτέλης δέχεται ότι η παθητική ύλη συνδυάζεται με την ενεργητική αρχή, την εντελέχεια (ετυμολογία: εν + τέλος + έχω, η ενυπάρχουσα σε κάθε ον τάση για τελειότητα) ή ψυχή, που τη διαμορφώνει και της δίνει κίνηση. Με την αναντίρροπη κυριαρχία του Αριστοτέλη στις φυσικές επιστήμες, οι ιδέες του επηρέασαν τη μελλοντική ιστορία των φυσικών επιστημών. Οι θεωρίες του αποτέλεσαν το υπόβαθρο της αντίληψης του κόσμου από τους θρησκευτικούς καθοδηγητές της Χριστιανικής εκκλησίας και ιδιαίτερα του Αγίου Αυγουστίνου. Η φιλοσοφική σκέψη ταίριαζε και μπορούσε να διατηρηθεί κάτω από τον μανδύα των δογματικών θρησκευτικών αντιλήψεων, αφού η φύση γίνονταν κατανοητή όχι με την παρατήρηση και το πείραμα, αλλά από τα αναγραφόμενα στα θρησκευτικά βιβλία.



## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όνοματεπώνυμο:.....

Τμήμα:.....

### 1) Να συμπληρώσετε τα κενά με τους κατάλληλους όρους:

#### Χρώματα στην αρχαϊκή γλυπτική

Η ως τώρα επιστημονική έρευνα για το χρώμα στα αρχαία γλυπτά έχει κάνει μεγάλη πρόοδο και έχει οδηγήσει σε εκπληκτικά συμπεράσματα που αναίρεσαν σε μεγάλο βαθμό στερεότυπες παραδοχές για την αρχαία γλυπτική.

Όταν επισκεπτόμαστε σήμερα έναν αρχαίο ναό ή περιεργαζόμαστε μαρμάρινα αγάλματα σ' ένα Αρχαιολογικό Μουσείο μας δίνεται η λανθασμένη εντύπωση ότι η τέχνη στην αρχαία Ελλάδα ήταν .....

Αντιθέτως το χρώμα στην αρχαιότητα έπαιζε ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο και δεν περιοριζόταν μόνο στη ζωγραφική. Πολλές δημιουργίες των αρχαίων, όπως πήλινα ειδώλια, μεγάλοπρεποι ναοί και μαρμάρινα αγάλματα, ήταν διακοσμημένα με έντονα χρώματα, μια και οι αρχαίοι ήξεραν ότι η απόσταση, όπως και ο χρόνος, εξασθενεί τον τόνο των χρωμάτων.

Τα χρώματα για τους αρχαίους Έλληνες και την κοινωνία τους αποτελούσαν ένα μέσο χαρακτηρισμού. Οι θεοί είχαν ..... κόμη που ακτινοβολούσε τη δύναμή τους, οι πολεμιστές και αθλητές .....επιδερμίδα ως ένδειξη αρετής και ανδρείας, οι κόρες .....επιδερμίδα που δήλωνε τη χάρη και λάμψη της νεότητας.

Συχνά ακούμε για την περίφημη τετραχρωμία των αρχαίων, η οποία υποστηριζόταν και από τη φιλοσοφική σκέψη. Οι αρχαίοι πίστευαν στην τετραχρωμία και ως βασικά χρώματα είχαν το λευκό, το μαύρο, το κόκκινο, και την ώχρα. Με τη μείξη των χρωμάτων αυτών μεγάλωναν σημαντικά τη χρωματική τους γκάμα. Από τους ..... τα παραπάνω χρώματα θεωρήθηκαν ότι σχετίζονται με τα τέσσερα πρωταρχικά στοιχεία της.....: τον αέρα, το νερό, τη φωτιά και τη γη. Την ίδια θεωρία ανέπτυξε και ο Εμπειροκλής, ο οποίος στην Οπτική του υποστήριζε ότι το χρώμα γίνεται αντιληπτό από το μάτι χάρη σε κατάλληλες υποδοχές, οι οποίοι δέχονται τα μόρια που εκπέμπουν τα χρώματα.

Κυρίως οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το κόκκινο σε διάφορες αποχρώσεις, το μπλε σκούρο ή το γαλάζιο, το μαύρο, την ώχρα και το πράσινο. Μεταξύ αυτών επικρατούσε το .....-ίσως λόγω της ευκολίας εύρεσής του, αλλά και της συμβολικής αξίας του-ακολουθούσαν το μπλε και το μαύρο, ενώ σε αρχαϊκά γλυπτά της Ακρόπολης έχει εντοπιστεί και το πράσινο, που όμως προβληματίζει, καθώς δεν είναι φανερό με γυμνό μάτι αν είναι όντως πράσινο ή οξειδωμένο μπλε.

Τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν οι ζωγράφοι από την αρχαιότητα ανήκαν σε δυο κατηγορίες, στα .....(χημικά στοιχεία, ορυκτά και φυτικά παράγωγα) και τα .....και



3) Να αντιστοιχίσετε τους παρακάτω όρους:

θεοί	φαιόχρωμοι	αιθάλη	$PbCO_3$
ανδρικές μορφές	κοκκινόχρωμοι	λειμωνίτης	C
πολεμιστές	ανοιχτόχρωμοι	κιννάβαρις	καροτενοειδή
γυναικείες μορφές	ξανθοί	κερουσίτης	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$
		αιματίτης	HgS
		ξύλοκάρβουνο	$Fe_2O_3$
		ζαφορά	

4) Να συμπληρώσετε τον παρακάτω χάρτη τοποθετώντας τα ορυκτά-πηγή των χρωστικών στις αντίστοιχες περιοχές προέλευσης, δημιουργώντας έναν ιστορικό- θεματικό χάρτη.



Μήλια Γη	Σινώπια	Λειμονίτης/Σιέννα
Κερουσίτης	Κιννάβαρι	Λαζουρίτης
Σανδαράχη	Λειμονίτης/Ωχρα	Μαλαχίτης
	Χρυσσόκολα	

5) Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις ως Σωστές (Σ) ή Λανθασμένες (Λ)

- Το φούμο –υπεύθυνο- για το μαύρο χρώμα, προερχόταν από την τέλεια καύση λαμπάδων από κερί μέλισσας
- Η σανδαράχη είναι τοξική ένωση εξαιτίας των ενώσεων του αρσενικού (As) που περιέχει
- Από τον λαζουρίτη, προέρχεται το μπλε «πέρα από τις θάλασσες» (ultramarine), διότι υπήρχε αποκλειστικά στην Περσία
- Η καζείνη του γάλακτος και η αλβουμίνη του αυγού, που χρησιμοποιήθηκαν ως συγκολλητικά και συνδετικά μέσα στη ζωγραφική, ανήκουν στην κατηγορία των μακρομορίων των υδατανθράκων

6) Αφού μεταφράσετε με τη βοήθεια λεξικού το παρακάτω απόσπασμα, να καταγράψετε πληροφορίες για τη γνώση των αρχαίων Ελλήνων για το χρώμα και τη σύνδεσή τους με τα φυσικά στοιχεία :

Ἄπλᾱ τῶν χρωμάτων ἐστὶν ὅσα τοῖς στοιχείοις συνακολουθεῖ, οἷον πυρὶ καὶ ἀέρι καὶ ὕδατι καὶ γῆ. ἀήρ μὲν γὰρ καὶ ὕδωρ καθ' ἑαυτὰ τῆ φύσει λευκά, τὸ δὲ πῦρ καὶ ὁ ἥλιος ξανθά. καὶ ἡ γῆ δ' ἐστὶ φύσει λευκή, παρὰ δὲ τὴν βαφὴν πολύχρους φαίνεται. δῆλον δ' ἐπὶ τῆς τέφρας τοῦτ' ἐστίν· ἐκκαυθέντος γὰρ τοῦ τὴν βαφὴν πεποιηκότος ὑγροῦ λευκὴ γίνεται, οὐ παντελῶς δὲ διὰ τὸ τῷ καπνῷ βεβᾶσθαι μέλανι ὄντι.

Αριστοτέλης, Περί χρωμάτων, 791a



7) Να δημιουργήσετε στον Η/Υ ένα σύμπλεγμα από τρία αγάλματα που παριστάνουν μια θεότητα, ένα ζεύγος ευγενών και ένα δούλο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα χρώματα. Να αιτιολογήσετε την επιλογή των χρωμάτων, σύμφωνα με το συμβολισμό τους και τη φυσικοχημική προέλευσή τους.



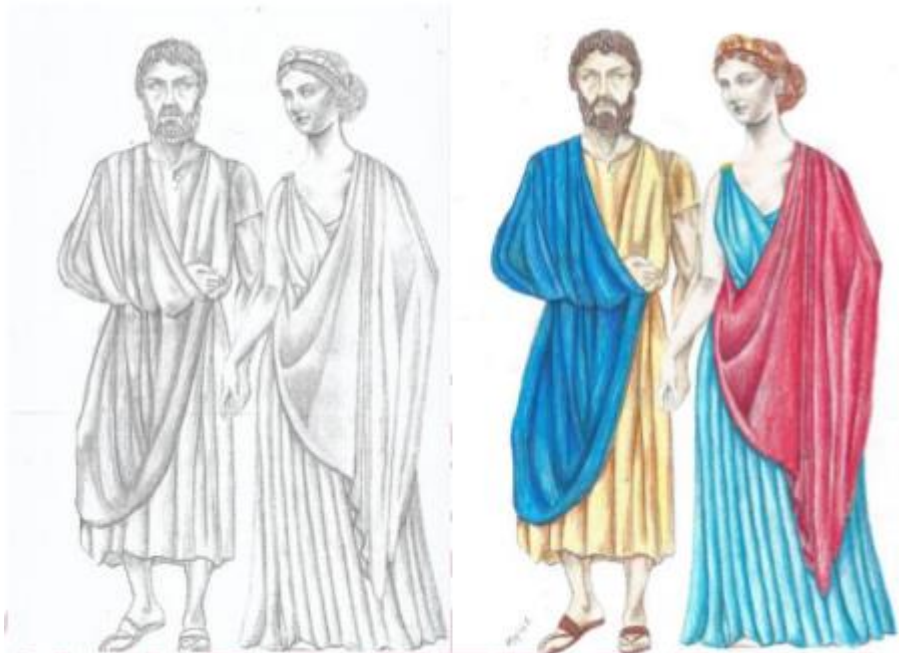
Εικόνα 5. Απόσπασμα από απαντήσεις μαθητών στην 7<sup>η</sup> δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (αρχικός σχεδιασμός χωρίς χρώμα)



Εικόνα 6. Απόσπασμα από απαντήσεις μαθητών στην 7<sup>η</sup> δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (αρχικός σχεδιασμός με χρώμα)



Εικόνα 7. Απόσπασμα από απαντήσεις μαθητών στην 7<sup>η</sup> δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (τελικός σχεδιασμός με χρώμα)



Εικόνα 8. Αποσπάσματα από απαντήσεις μαθητών στην 7<sup>η</sup> δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (τελικός σχεδιασμός χωρίς/με χρώμα)



*«Όταν η Ιστορία συναντάει τη Χημεία....» Μια  
διαθεματική προσέγγιση της Αρχαίας Ελληνικής  
Ιστορίας και της Χημείας*

**Επιμορφωτές:**

**Γιώργος Θώδης, φιλόλογος -Χρύσα Αγγελίδου, χημικός**



# Χρώματα στην αρχαϊκή γλυπτική

Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός



## ► Τι σήμαιναν τα χρώματα;



Η ως τώρα επιστημονική έρευνα για το χρώμα στα αρχαία γλυπτά έχει κάνει μεγάλη πρόοδο και έχει οδηγήσει σε εκπληκτικά συμπεράσματα που αναίρεσαν σε μεγάλο βαθμό στερεότυπες παραδοχές για την αρχαία γλυπτική.

Όταν επισκεπτόμαστε σήμερα έναν αρχαίο ναό ή περιεργαζόμαστε μαρμάρινα αγάλματα σ' ένα Αρχαιολογικό Μουσείο μας δίνεται η λανθασμένη εντύπωση ότι η τέχνη στην αρχαία Ελλάδα ήταν άχρωμη. Αντιθέτως το χρώμα στην αρχαιότητα έπαιζε ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο και δεν περιοριζόταν μόνο στη ζωγραφική. Πολλές δημιουργίες των αρχαίων, όπως πήλινα ειδώλια, μεγαλόπρεποι ναοί και μαρμάρινα αγάλματα, ήταν διακοσμημένα με έντονα χρώματα, μια και οι αρχαίοι ήξεραν ότι η απόσταση, όπως και ο χρόνος, εξασθενεί τον τόνο των χρωμάτων. Η εντύπωση λοιπόν που αποκομίζουμε είναι τελείως διαφορετική από αυτήν που είχαν οι αρχαίοι κι αυτό επειδή τα χρώματα των έργων έχουν πλέον χαθεί.





Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός

- 
- 
- Το χρώμα αποδεικνύεται ότι αποτέλεσε όχι στοιχείο απλής διακόσμησης αλλά προστιθέμενη αισθητική ποιότητα του γλυπτού.
  - Τα χρώματα για τους αρχαίους Έλληνες και την κοινωνία τους αποτελούσαν ένα μέσο χαρακτηρισμού. Οι θεοί είχαν ξανθή κόμη που ακτινοβολούσε τη δύναμή τους, οι πολεμιστές και αθλητές φαιόχρωμη επιδερμίδα ως ένδειξη αρετής και ανδρείας, οι κόρες λευκό δέρμα που δήλωνε τη χάρη και λάμψη της νεότητας.



► Ποια όμως ήταν τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν;

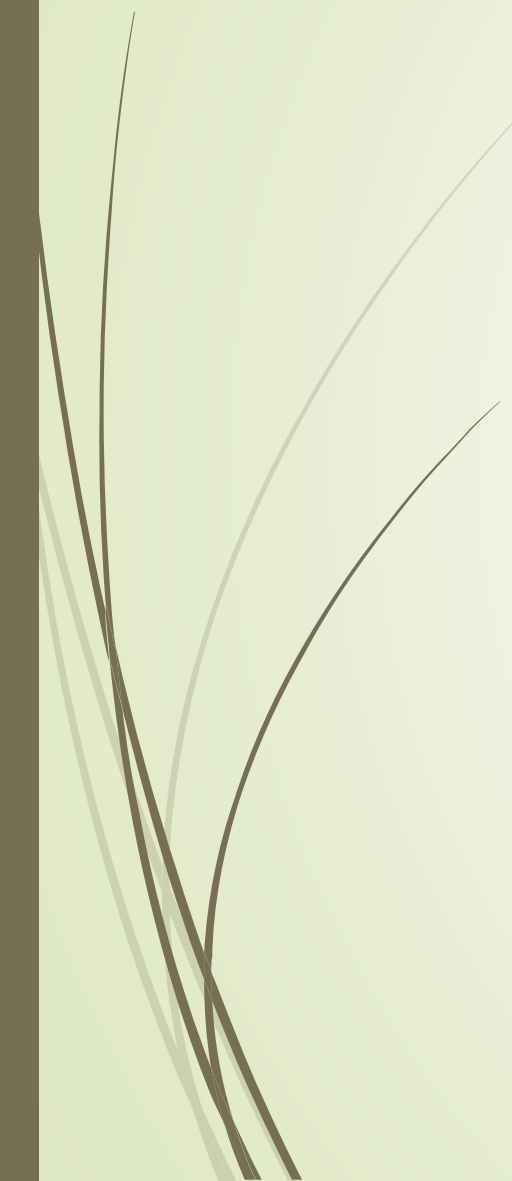

Συχνά ακούμε για την περίφημη τετραχρωμία των αρχαίων, η οποία υποστηριζόταν και από τη φιλοσοφική σκέψη.

**Οι αρχαίοι πίστευαν στην τετραχρωμία και ως βασικά χρώματα είχαν το λευκό, το μαύρο, το κόκκινο, και την ώχρα.** Με τη μείξη των χρωμάτων αυτών μεγάλωναν σημαντικά τη χρωματική τους γκάμα. Από τους Πυθαγόρειους τα παραπάνω χρώματα θεωρήθηκαν ότι σχετίζονται με τα τέσσερα πρωταρχικά στοιχεία της Κοσμογονία: τον αέρα, το νερό, τη φωτιά και τη γη. Την ίδια θεωρία ανέπτυξε και ο Εμπεδοκλής, ο οποίος στην Οπτική του υποστήριξε ότι το χρώμα γίνεται αντιληπτό από το μάτι χάρη σε κατάλληλες υποδοχείς, οι οποίες δέχονται τα μόρια που εκπέμπουν τα χρώματα. Επίσης ο Διογένης ο Απολλωνιάτης, όρισε τις ασθένειες χωρίζοντας τους ανθρώπους σε κατηγορίες ανάλογα με τα βασικά τους χρώματα σε ερυθρόχρους, πυρρόχρους (κιτρινοκόκκινο της φλόγας), μελανόχρους και λευκόχρους.






Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός



Κυρίως οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το κόκκινο σε διάφορες αποχρώσεις, το μπλε σκούρο ή το γαλάζιο, το μαύρο, την ώχρα και το πράσινο. Μεταξύ αυτών επικρατούσε το κόκκινο -ίσως λόγω της ευκολίας εύρεσής του, αλλά και της συμβολικής αξίας του- ακολουθούσαν το μπλε και το μαύρο, ενώ σε αρχαϊκά γλυπτά της Ακρόπολης έχει εντοπιστεί και το πράσινο, που όμως προβληματίζει, καθώς δεν είναι φανερό με γυμνό μάτι αν είναι όντως πράσινο ή οξειδωμένο μπλε.



Η αρχαία ελληνική ζωγραφική είναι η λιγότερο γνωστή έκφανση της αρχαίας ελληνικής τέχνης κι αυτό επειδή τα ευπαθή υλικά της είναι η κύρια αιτία που δεν επέτρεψαν, πλην λίγων εξαιρέσεων, τη διατήρησή της ως τις μέρες μας. Σημαντικότεροι μάρτυρες σήμερα αποτελούν οι τοιχογραφίες.

Για την απόδοση του χρώματος της επιδερμίδας, χρησιμοποιούσαν στα γυμνά μέρη των ανδρικών μορφών κόκκινο χρώμα, ενώ σε εκείνα των Κορών ανοιχτόχρωμη καστανή ή κίτρινη ώχρα, όπως αυτή που ανιχνεύτηκε στο πρόσωπο της «Χιώτισσας», του αγάλματος που πιστεύεται ότι δημιούργησε ένας καλλιτέχνης από τη Χίο. Στο ίδιο άγαλμα, ο χιτώνας φέρει αποχρώσεις κόκκινου χρώματος από κιννάβαρι και κυανού από αιγυπτιακό κύανο, όπως εντυπωσιακά αποτυπώνεται στο μικρό τμήμα της αναπαράστασης.



## ► Κατηγορίες χρωμάτων

Τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν οι ζωγράφοι από την αρχαιότητα ανήκαν σε δυο κατηγορίες, στα φυσικά (χημικά στοιχεία, ορυκτά και φυτικά παράγωγα) και τα τεχνητά και χρησιμοποιούνταν σε μορφή σκόνης. Για τη μετατροπή τους σε σκόνη αναγκαία ήταν μια πλάκα από μάρμαρο ή αιγυπτιακό πορφυρίτη και μια μικρότερη πέτρα, όπως θαλασσινό βότσαλο ως τρίφτης. Τα χρώματα αναμιγνύονταν με το συνδετικό υλικό και φυλάσσονταν συνήθως μέσα σε όστρακα. Το συνδετικό υλικό, ανάλογα τη χρήση, μπορούσε να ήταν μια κόλλα ή κολλώδης οργανική ουσία όπως ζωική κόλλα ή ψαρόκολλα, ή ακόμα να προερχόταν από φυτικές εκκρίσεις όπως αραβική γόμμα.

Άλλη πιθανή εκδοχή είναι μια δυνατή κολλώδης ουσία φτιαγμένη από γάλα ή ξυνόγαλα, η λεγόμενη καζεΐνη. Εξαιρετικό συνδετικό υλικό είναι και ο κρόκος ή το ασπράδι του αυγού καθώς και το κερι μέλισσας.



Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός



# Τα κυριότερα χρώματα

## Άσπρα χρώματα:

Το σημαντικότερο άσπρο χρώμα ήταν το λευκό του **μολύβδου**. Αν και απαντάται στη φύση με τη μορφή του ορυκτού **κερουσίτη**, υπήρξε από τις πρώτες χρωστικές που παρασκευάστηκε τεχνητά από μεταλλικό μόλυβδο και ξύδι. Ο Πλίνιος αναφέρει ότι το πιο ξακουστό εργαστήριο ήταν στη Ρόδο. Η χρήση του συνεχίστηκε μέχρι και τον 18ο αι όμως ήταν δηλητηριώδες και μαύριζε με τον καιρό, έτσι αργότερα αντικαταστάθηκε από τον τσίγκο (**οξείδιο του ψευδαργύρου**) και αργότερα από το οξείδιο του τιτανίου. Η μηλία γη είναι κι αυτή ένα λευκό χρώμα που βρίσκεται σε φυσική μορφή ανάμεσα στα βράχια και η καλύτερη βρισκόταν στη Μήλο απ' όπου πήρε και το όνομά της. Πρόκειται για **καολίνη**. Για λευκό χρώμα χρησιμοποιήθηκε και η κιμωλία (ασβέστιο).



Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός



## Μαύρα χρώματα:

Το μαύρο χρώμα είναι ο **άνθρακας (το κάρβουνο)**, το σπουδαιότερο χημικό στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε ως χρώμα και το έπαιρναν από την καύση οστών ενώ το καλύτερο μαύρο έβγαινε από το καμένο φίλντισι. Μαύρο έπαιρναν επίσης και από καύση ξύλων. Το καλύτερο ξυλοκάρβουνο θεωρούταν ότι προέρχεται από νέα βλαστάρια κλήματος αμπέλου. Ξυλοκάρβουνα χρησιμοποιούνταν με τη μορφή λεπτών ράβδων για τη σχεδίαση. Για να χρησιμοποιηθεί σαν χρώμα μετατρεπόταν σε σκόνη. Καλής ποιότητας μαύρο προερχόταν από το κουκούτσι του ροδάκινου και τα κελύφη των αμυγδάλων. Άλλο μαύρο ήταν το φούμο (καπνιά) που μετατρεπόταν σε μελάνι με την ανάμιξή του με κόμμι. Για την παραγωγή του άφηναν μια φλόγα να παίζει κάτω από μια ψυχρή επιφάνεια και μάζευαν την καπνιά που συσσωρευόταν σ' αυτήν. Η φλόγα συνήθως δημιουργείτο από λαμπάδα από κερι μέλισσας.



## **Κίτρινα χρώματα:**

Τα κίτρινα χρώματα που χρησιμοποιούνταν ευρέως ήταν οι ώχρες, (ώχρα παντοδαπή, ώχρα της Κύπρου, αρρενικόν), κίτρινες γαίες προερχόμενες από τη σκουριά του σιδήρου. Άλλο κίτρινο σκούρο χρώμα είναι η σιέννα ωμή που προέρχεται απ' τη γη και πήρε το όνομά της από την πόλη Σιέννα όπου και βρέθηκε. Για την παραγωγή κίτρινου χρώματος χρησιμοποιούνταν επίσης και ο κρόκος, ζαφούρα.





Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός



### Κόκκινα χρώματα:

Ως κόκκινα χρώματα χρησιμοποιούνταν τα οξείδια του σιδήρου. Τα κοιτάσματα του αιματίτη θεωρούνταν σημαντική πηγή για κόκκινο χρώμα. Μια κόκκινη ώχρα που είναι γνωστή από την αρχαιότητα είναι **η σινώπια** ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) που χρωστά το όνομά της στην πόλη Σινώπη του Ευξείνου Πόντου απ' όπου προερχόταν η καλύτερη ποιότητα. Εξαιρετικής ποιότητας έβγαινε και απ' τις σπηλιές της Λήμνου και της Καππαδοκίας. Ένα κόκκινο προς πορτοκαλί είναι η **σανδαράκη**, φυσικό χρώμα, ορυκτό, το θειούχο αρσενικό ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ) και χρησιμοποιούνταν μέχρι τον 19ο αιώνα. Ένα απ' τα φωτεινά κόκκινα χρώματα είναι το **κιννάβαρι ή βερμιγιόν ( $\text{HgS}$ )** που βγαίνει από τον υδράργυρο, μετά από αλληπάλληλες καύσεις με θείο. Άλλο κόκκινο χρώμα είναι το χονδροκόκκινο, προερχόμενο από την σκουριά του σιδήρου. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης και οι κόκκινες λάκκες που ήταν οργανικής προελεύσεως όπως η λάκα από κόμμα Ινδιών, από κισσό και από κόκκο. Τέλος τεχνητό κόκκινο χρώμα ήταν **και το μίνιο ή κόκκινο του μολύβδου ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )**.



## Μπλε χρώματα:

Ένα σημαντικό μπλε που χρησιμοποιούταν από την κλασική αρχαιότητα είναι ο **αζουρίτης** . Από τον λαζουρίτη (Lapis lazuli) προέρχεται το μπλε ουλτραμαρίν που σημαίνει πέρα από τις θάλασσες διότι υπήρχε αποκλειστικά στην Περσία. Για την παραγωγή του απαιτούνταν περίπλοκες μέθοδοι γι' αυτό και ήταν ένα ακριβό υλικό και μέσον για πολυτέλεια. Άλλη μια ομάδα μπλε είναι οι ενώσεις χαλκού με αμμωνία.. Το μπλε κοβαλτίου χρησιμοποιήθηκε ευρέως καθώς επίσης και το λαζούρι. Λαζούρι ονομαζόταν και το ινδικό, που είναι ένα χρώμα μαβί, φυτικό και το έφερναν απ' την Ινδία, ενώ αργότερα αντικαταστάθηκε από το λουλάκι που είναι επίσης φυτικό προϊόν και έχει χρώμα βαθύ μπλε. Μπλε χρώματα έχουμε και προερχόμενα από βιολέτες και κυάνους.



Επιμορφωτές: Γεώργιος Θώδης, φιλόλογος - Χρύσα Αγγελίδου, χημικός



## Πορφυρά χρώματα:

Η πορφύρα, γνωστή από αρχαιοτάτων χρόνων σαν βασιλική βαφή, ήταν η ωραιότερη και ακριβότερη βαφή της αρχαιότητας. Η πορφύρα θεωρήθηκε από την αρχή ευγενές χρώμα και σύμβολο των θεών και των βασιλιάδων. Ήδη οι Ασσύριοι καταγράφουν δυο είδη πορφυροχρώματος, **το Argamannu**, δηλαδή το κόκκινο, και **το Takiltu**, δηλαδή το βιολετί, και επηρέασαν τους Πέρσες. Αργότερα, ο Αριστοτέλης καταγράφει επίσης δυο χρωματικές ποικιλίες, τη φοινικική, δηλαδή την κόκκινη και την αλουργή, δηλαδή την ιώδη. Ο Αισχύλος αναφέρει ότι ήταν η πλέον ακριβή βαφή της αρχαιότητας. Τα πορφυρά χρώματα παίζουν μεταξύ του μπλε και κόκκινου και προέρχονται από την λέξη πορφύρα που είναι το συνολικό όνομα μιας ομάδας οικογενειών κογχυλιών. Η παραγωγή τους ήταν πολύ επίπονη και απαιτούνταν μεγάλος αριθμός κογχυλιών και άλλων μαλακίων και συγκεντρωνόταν σταγόνα σταγόνα .

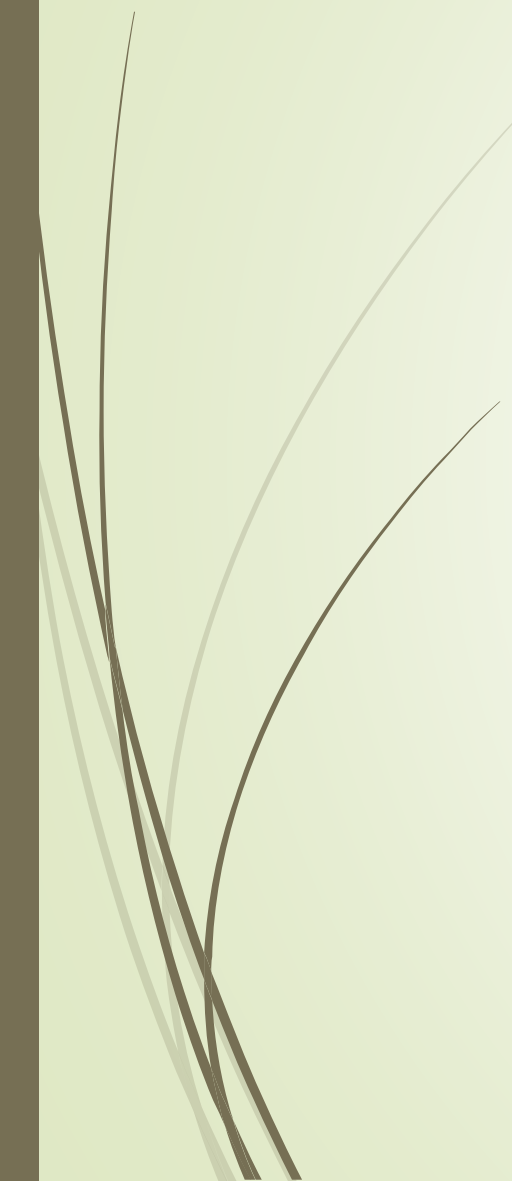





## Πράσινα χρώματα:

Πράσινα χρώματα παράγονταν από τα ώριμα μούρα του φυτού ράμνου και από τα άνθη της ίριδας. Το πιο συνηθισμένο, γνωστό ως πράσινο της Ελλάδας (verdigris) είναι ένας **οξικός χαλκός** ο οποίος παρασκευάζεται συνήθως με την επεξεργασία κάποιας μορφής χαλκού με οξύ. Άλλο πράσινο χρώμα είναι **ο μαλαχίτης**, ένα πράσινο ορυκτό που χρησιμοποιήθηκε ήδη στην προδυναστική Αίγυπτο, μέχρι το 1800, οπότε αντικαταστάθηκε από τις συνθετικές πράσινες χρωστικές. Επίσης χρησιμοποιούνταν και οι πράσινες γαίες που αποκαλούνται και terraevertae.





Κάποια χρώματα ήταν ακριβά, για παράδειγμα τα ορυκτά που έρχονταν από μακριά. Άλλα χρώματα ήταν δυσεύρετα, ενώ τα τεχνητά χρώματα είχαν δύσκολη και χρονοβόρα παρασκευή. Αυτοί οι παράγοντες σε συνδυασμό με τις προσωπικές προτιμήσεις και την τεχνοτροπία που ακολουθούσε ο ζωγράφος, επηρέαζαν την επιλογή του.



*«Όταν η Ιστορία συναντάει τη  
Χημεία...» Μια διαθεματική  
προσέγγιση της Αρχαίας Ελληνικής  
Ιστορίας και της Χημείας.*

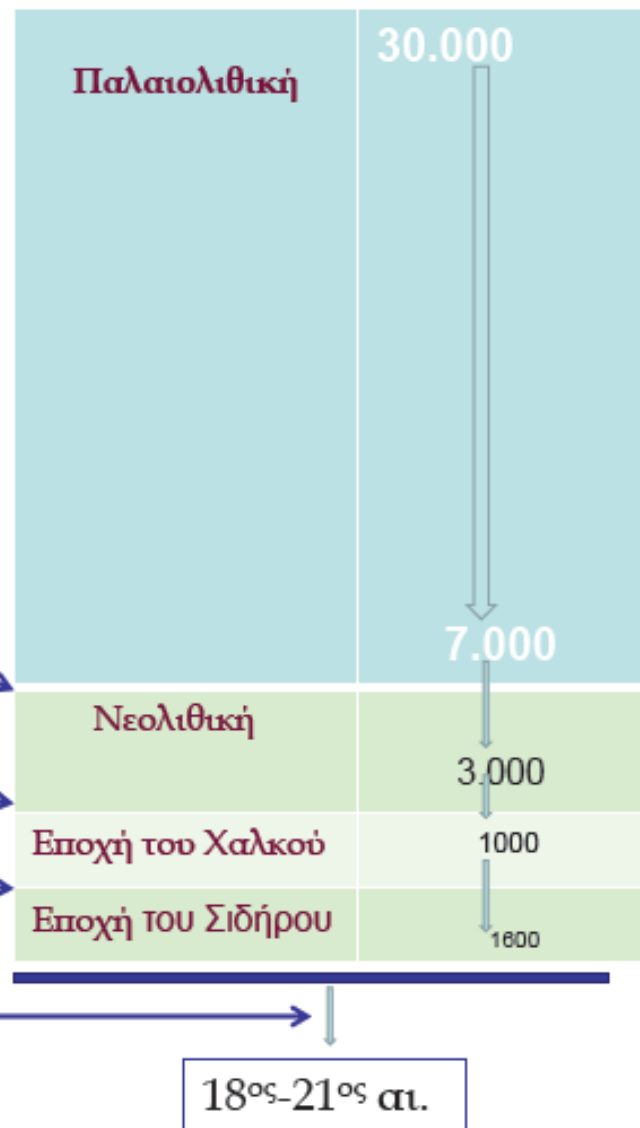
# Εφαρμογή αναλυτικών μεθόδων στην αρχαιομεταλλουργία και μεταλλοτεχνία



# Γιατί η μελέτη των μετάλλων ;

## Σημεία αναφοράς στην κοινωνική εξέλιξη

- Γεωργική επανάσταση
- Χρήση του χαλκού και των κραμάτων του
- Χρήση του σιδήρου
- Εισαγωγή σύγχρονων κραμάτων



# Η πρώτη επαφή με τα μέταλλα

- Τα πρώτα μέταλλα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος θεωρείται ότι ήταν τα αυτοφυή, αυτά δηλ. που βρίσκονται στη στοιχειακή τους μορφή, που μπορούσαν να δεχτούν μηχανική κατεργασία (σφυρηλασία).
- Τέτοια ήταν ο χρυσός και ο χαλκός, αντικείμενα κατασκευασμένα από αυτά έχουν βρεθεί ήδη από τη Νεολιθική εποχή.
- Οι «πέτρες» από χρυσό δεν έσπαγαν αλλά έπαιρναν το σχήμα που έδινε ο άνθρωπος με τη σφυρηλάτηση (κοσμήματα). Ο χαλκός γινόταν ακόμα πιο σκληρός δίνοντας τη δυνατότητα να κατασκευαστούν εργαλεία (αγκίστρια, λεπίδες).



Προσχωματικός χρυσός



Χρυσά ελάσματα της Νεότερης Νεολιθικής Εποχής από την Αραβησσό Πέλλας



# Μέταλλα και ορυκτά

- Εκτός από τα αυτοφυή μέταλλα που είναι σχετικά σπάνια, τα διάφορα μεταλλικά στοιχεία βρίσκονται στη φύση με τη μορφή ορυκτών (οξειδίων, ανθρακικών, θειούχων).



## Μέταλλα και φωτιά

- Κάποια ορυκτά όπως ο μαλαχίτης και ο αζουρίτης με τα λαμπερά τους χρώματα πρέπει να χρησιμοποιήθηκαν περίπου όπως οι λίθοι από τον προϊστορικό άνθρωπο.
- Η φυσική ανθρώπινη περιέργεια πρέπει να οδήγησε σε πειραματισμούς με τις πρώτες ύλες, στη συνειδητοποίηση των ιδιοτήτων και στη σύνδεση της φωτιάς με την κατεργασία τους.
- Η άποψη ότι η ανακάλυψη της τήξης των μετάλλων συνέβη τυχαία σε κάποια ανοιχτή φωτιά για το ψήσιμο αγγείων δεν πρέπει να απέχει πολύ από την πραγματικότητα.



Αζουρίτης με μαλαχίτη, Λαύριο

- Από το τελικό στάδιο της εποχής του Λίθου, ήδη τα μεταλλικά ευρήματα είναι συχνά από τα Βαλκάνια ως τη Μεσοποταμία.
- Η διασπορά αυτή των ευρημάτων σήμερα ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα αυτόνομης ανάπτυξης της μεταλλουργίας σε διάφορα ανεξάρτητα κέντρα, χωρίς βέβαια να αποκλείεται και η ανταλλαγή εμπειριών και μεταλλευτικής τεχνογνωσίας, αφού υπήρχαν εμπορικές σχέσεις μεταξύ των κοινωνιών ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις.
- Στον ελληνικό χώρο τα μέταλλα που απαντώνται αρχικά είναι: χαλκός, άργυρος, χρυσός, μόλυβδος. Ο χαλκός σε μεγαλύτερες ποσότητες και με ευρύτερη διασπορά.
- Η χρήση του σιδήρου αρχίζει να εμφανίζεται από τα ιστορικά χρόνια.



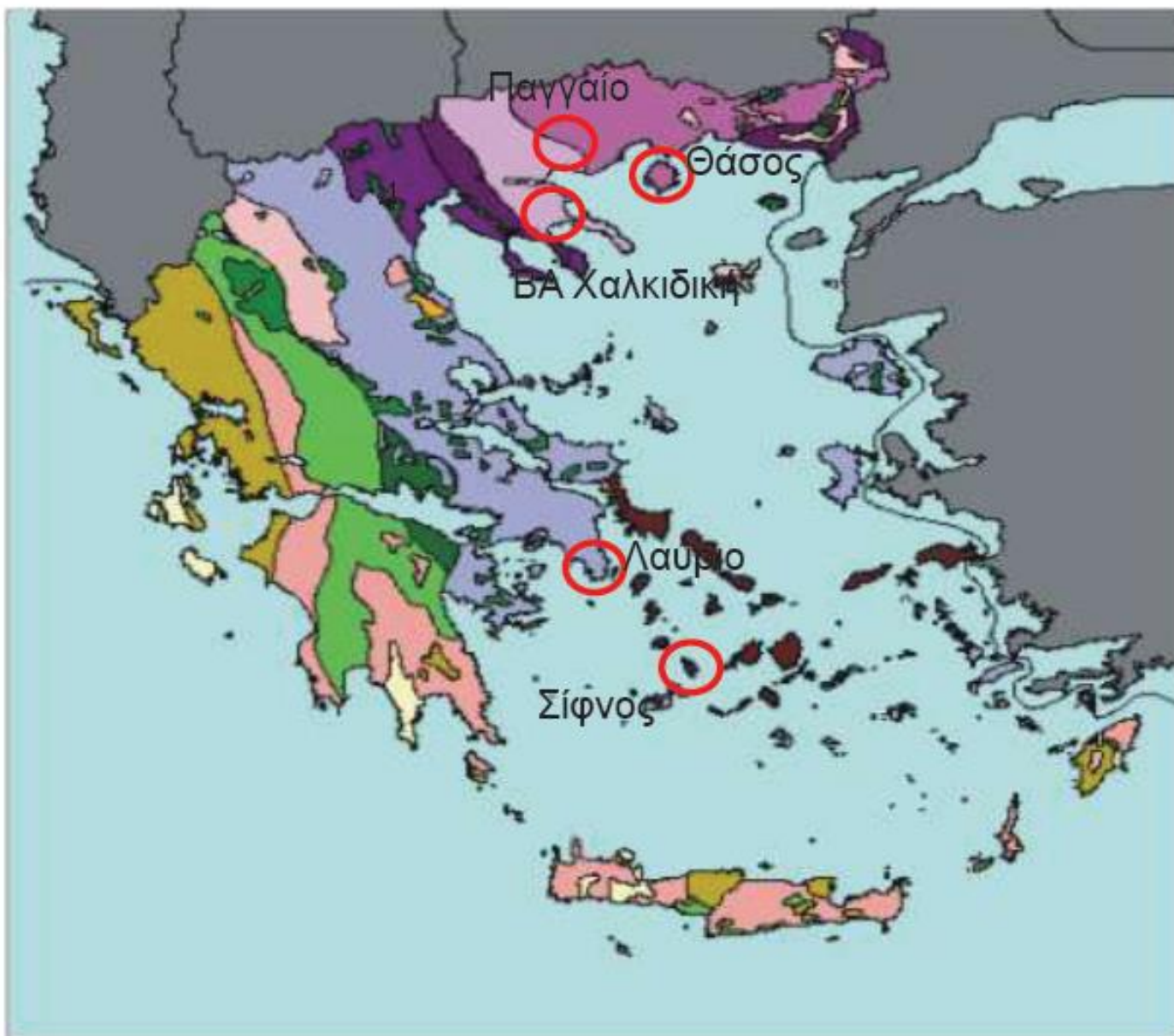
Χάλκινο ξίφος, Μουσείο Ολυμπίας



*Οι δύο όψεις του Αθηναϊκού τετράδραχμου. Στη μία πλευρά του η Αθηνά και στην άλλη, το σύμβολο της Αθηνάς, η γλαυξ (κουκουβάγια).*



## ΑΡΧΑΙΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ



# Μεταλλευτική

Κατάλοιπα χώροι απόληψης, στοές, εκβολάδες



Αρχαίο χάραγμα στο αρχαίο μεταλλείο αργύρου στον Άγιο Σώστη της Σίφνου



Μαυρόλακας Θάσος,

Αποτυπώματα μεταλλικών εργαλείων από μπρούντζο (Αηδόνια/Πελοπόννησος)



# Μεταλλευτικό κέντρο Λαυρίου

Το Λαύριο υπήρξε ένα από τα αρχαιότερα και σημαντικότερα μεταλλευτικά και μεταλλουργικά κέντρα στον κόσμο. Η εξόρυξη του πλούσιου σε περιεκτικότητα άργυρο και μόλυβδο μεταλλεύματος ήταν ένας από τους βασικούς παράγοντες ανάπτυξης και άνθησης της Αθηναϊκής δημοκρατίας.



- **Μεταλλευτική:** Η διαδικασία εξεύρεσης και εκμετάλλευσης της πρώτης ύλης (επιφανειακή απόληψη, εξορυκτική διαδικασία)  
**Κατάλοιπα:** χώροι απόληψης, στοές, μεταλλευτικά εργαλεία, εκβολάδες

## ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ

- **Μεταλλουργία:** Η διαδικασία εξαγωγής του μετάλλου από το μέταλλευμα (καθαρισμός, εκκαμίνευση)  
**Κατάλοιπα:** κάμινοι τήξης, σκωρίες, εργαστήρια εμπλουτισμού.

## ΜΕΤΑΛΛΟ

- **Μεταλλοτεχνία:** Η μορφοποίηση του μετάλλου από άμορφη μάζα σε χρηστικά αντικείμενα και έργα τέχνης (τεχνικές μορφοποίησης, σφυρηλάτηση κ.α.)  
**Κατάλοιπα:** εργαστήρια χύτευσης και επεξεργασίας, αντικείμενα.

## ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ





# Μεταλλουργία

Κατάλοιπα: κάμινοι τήξης, σκωρίες, εργαστήρια εμπλουτισμού



Αναπαράσταση της εργασίας σε αρχαίο επίπεδο πλυντήριο με την ερμηνεία του Κ. Κονοφάγου. Η λειτουργία έχει ως εξής: Το νερό ανακυκλοφορεί. Στα ξύλινα ρείθρα παραμένει το συμπύκνωμα ενώ το στείρο παρασύρεται από το νερό στα κανάλια και στις δύο δεξαμενές καθιζήσεως. Το συμπύκνωμα αποθηκεύεται σε κοντινή αποθήκη ενώ το στείρο αποσκοπύεται σε σωρούς (Κ. Κονοφάνος 1980)



## Καμίνια



Πειραματική προσομοίωση λειτουργίας φρεατώδους μεταλλουργικού φούρνου για την εκκαμίνευση (παραγωγή) χαλκού χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη, χαμηλής περιεκτικότητας, χαλκούχο μέταλλευμα (μαλαχίτης σε σχιστόλιθο) με την προσθήκη ξυλοκάρβουνου και συλλιπάσματος (σιδηρομέταλλευμα, ασβεσίτη). Η πειραματική διαδικασία απέδωσε «ράβδους»/ίνες χαλκού και σκωρίες, η χημική και μεταλλογραφική ανάλυση των οποίων έδειξε ότι είναι ταυτόσημη με αυτή των προϊστορικών ευρημάτων της ανασκαφής στο Χρυσοκάμινο/Α. Κρήτη (Prof. P.P. Betancourt)



## Τήξη του παραγόμενου μετάλλου



## Χύτευση σε ανοιχτή μήτρα



Τάλαντο χαλκού, Ύστερη Εποχή του Χαλκού, 1550 - 1300 π.Χ.

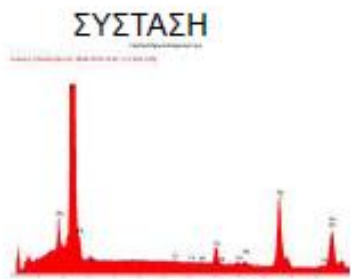




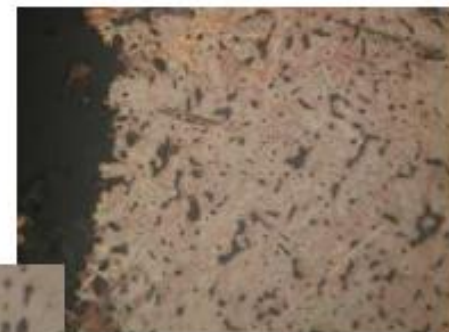
# Το τεχνολογικό αποτύπωμα

## Στάδιο 1: κραμάτωση

Δημιουργία του κράματος σε ανοικτό κύπελλο επάνω από ανοικτή εστία. Στο χαλκό προστίθεται ο κασσίτερος και ενδεχομένως άλλα στοιχεία.

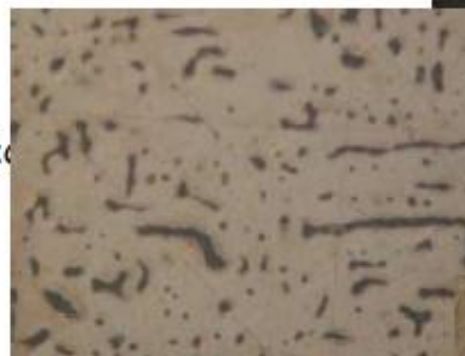


ΔΟΜΗ



## Στάδιο 2: χύτευση

Χύτευση του κράματος σε μήτρες που έχουν το επιθυμητό σχήμα. Χρησιμοποιούνται τόσο ανοικτές όσο και κλειστές μήτρες κατασκευασμένες από μαλακούς λίθους ή πηλό.



## Στάδιο 3: σφυρηλάτηση

Αφαίρεση του αντικειμένου από τη μήτρα και σφυρηλάτηση. Η διαδικασία περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες ανοπτήσεις και σφυρηλάτηση εν θερμώ ή και εν ψυχρώ.

ΔΟΜΗ



## Στάδιο 4: τελική επεξεργασία

Τελική επεξεργασία που περιλαμβάνει την αφαίρεση τυχόν ανωμαλιών και τη λείανση προκειμένου να ομαλοποιηθεί η τελική επιφάνεια.



Όλα τα παραπάνω στάδια αφήνουν το αποτύπωμά τους στην εξωτερική επιφάνεια και την εσωτερική δομή των αντικειμένων

## Μεθοδολογία μελέτης των μεταλλικών ευρημάτων

1. Μετά την τυπολογική μελέτη προκύπτουν ερωτήματα τα οποία ο αρχαιολόγος οφείλει να διατυπώσει σαφώς και να θέσει στον ειδικό επιστήμονα με τον οποίο θα συνεργασθεί.
2. Ο αναλυτής μετά την πρώτη επαφή με το υλικό θέτει ειδικότερα ερωτήματα τα οποία επεξεργάζεται σε συνεργασία με τον αρχαιολόγο. Στη φάση αυτή διαμορφώνονται στόχοι που καλείται να επιτύχει η έρευνα.
3. Επιλέγονται οι κατάλληλες αναλυτικές μέθοδοι με κύριο γνώμονα την επίτευξη των στόχων. Λαμβάνονται, ωστόσο, υπόψη, ειδικοί παράγοντες όπως η αισθητική αξία του υλικού και η κατάσταση διατήρησής του.
4. Λαμβάνει χώρα η αναλυτική διαδικασία και τα αποτελέσματα γίνονται αντικείμενο συζήτησης μεταξύ του αναλυτή και του αρχαιολόγου. Διαπιστώνεται εάν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι της έρευνας, αν όχι γιατί.



Ο αναλυτής δημοσιεύει  
τα τεχνολογικά  
συμπεράσματα



Ο αρχαιολόγος χρησιμοποιεί  
τα τεχνολογικά δεδομένα για  
την αρχαιολογική ερμηνεία

# Χαρακτηρισμός υλικών

## Χημική ανάλυση

φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων -X (XRF)

νετρονική ενεργοποίηση (NAA)

φασματοσκοπία εκπομπής συζευγμένου πλάσματος (ICP-OES)

## Ορυκτολογική ανάλυση-εξέταση μικροδομής

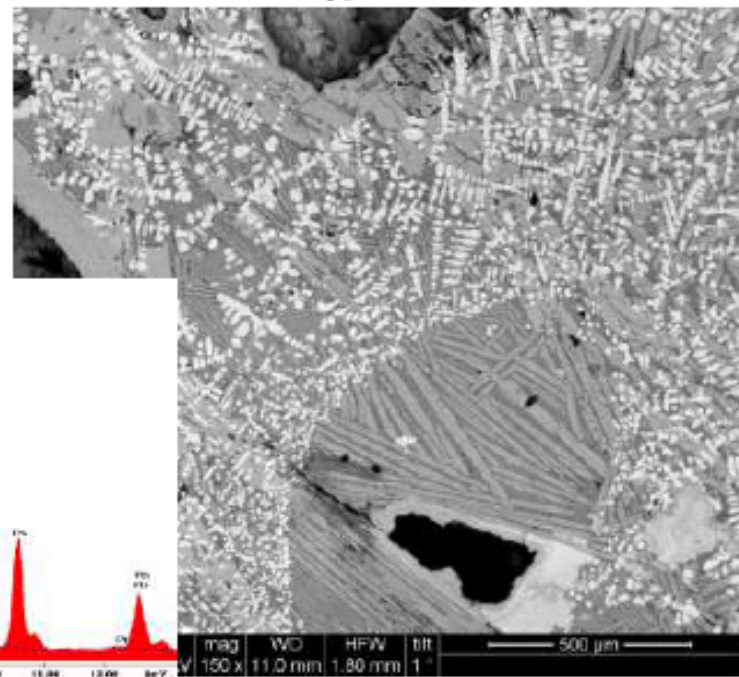
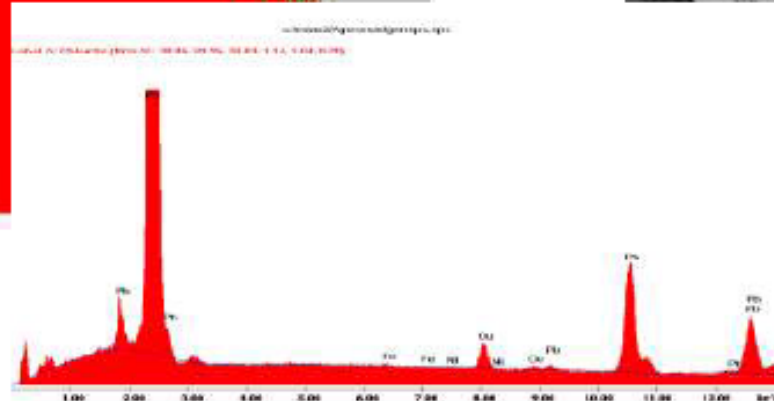
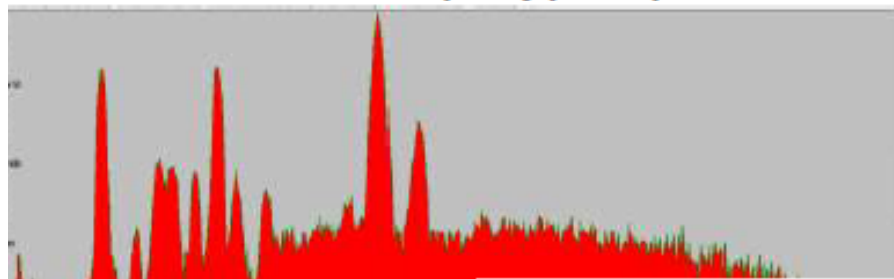
περιθλασιμετρία ακτίνων -X (XRD)

παρατήρηση λεπτών ή στιλπνών τομών υπό το οπτικό μικροσκόπιο

παρατήρηση στιλπνών τομών υπό το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

## Αναλύσεις ισοτόπων

κυρίως μολύβδου αλλά τελευταία και άλλων στοιχείων





# Μελέτη Αρχαίων Μετάλλων

## Μεταλλοτεχνία

### Σχήμα

Αποτελεί τον κύριο οδηγό για την ένταξη των μεταλλικών ευρημάτων στο πολιτιστικό περιβάλλον.

### Δομή - Σύσταση

Περιέχει αόρατη πληροφορία για την προέλευση της πρώτης ύλης, και τον τρόπο διαμόρφωσης.

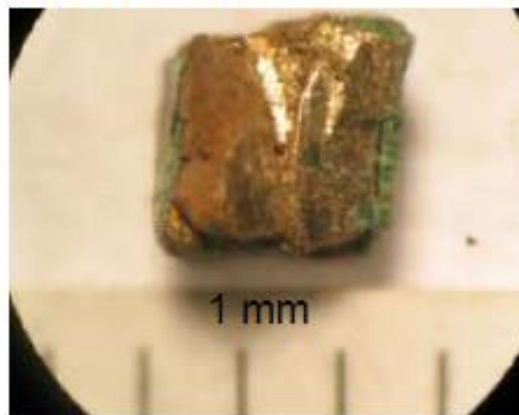
Το ορατό και το άυλο αποτύπωμα της ανθρώπινης παρουσίας στο χρόνο



Κράμα χαλκού – κασσιτέρου. Διακρίνονται οι σχηματιζόμενοι από την ανόπτηση κρυσταλλίτες με ευθείες διδυμίες, αλλά και υπολείμματα γραμμών ολίσθησης.



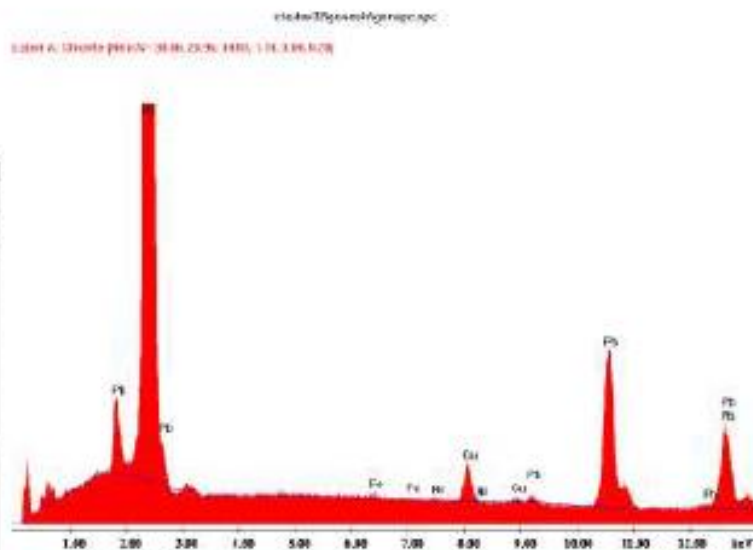
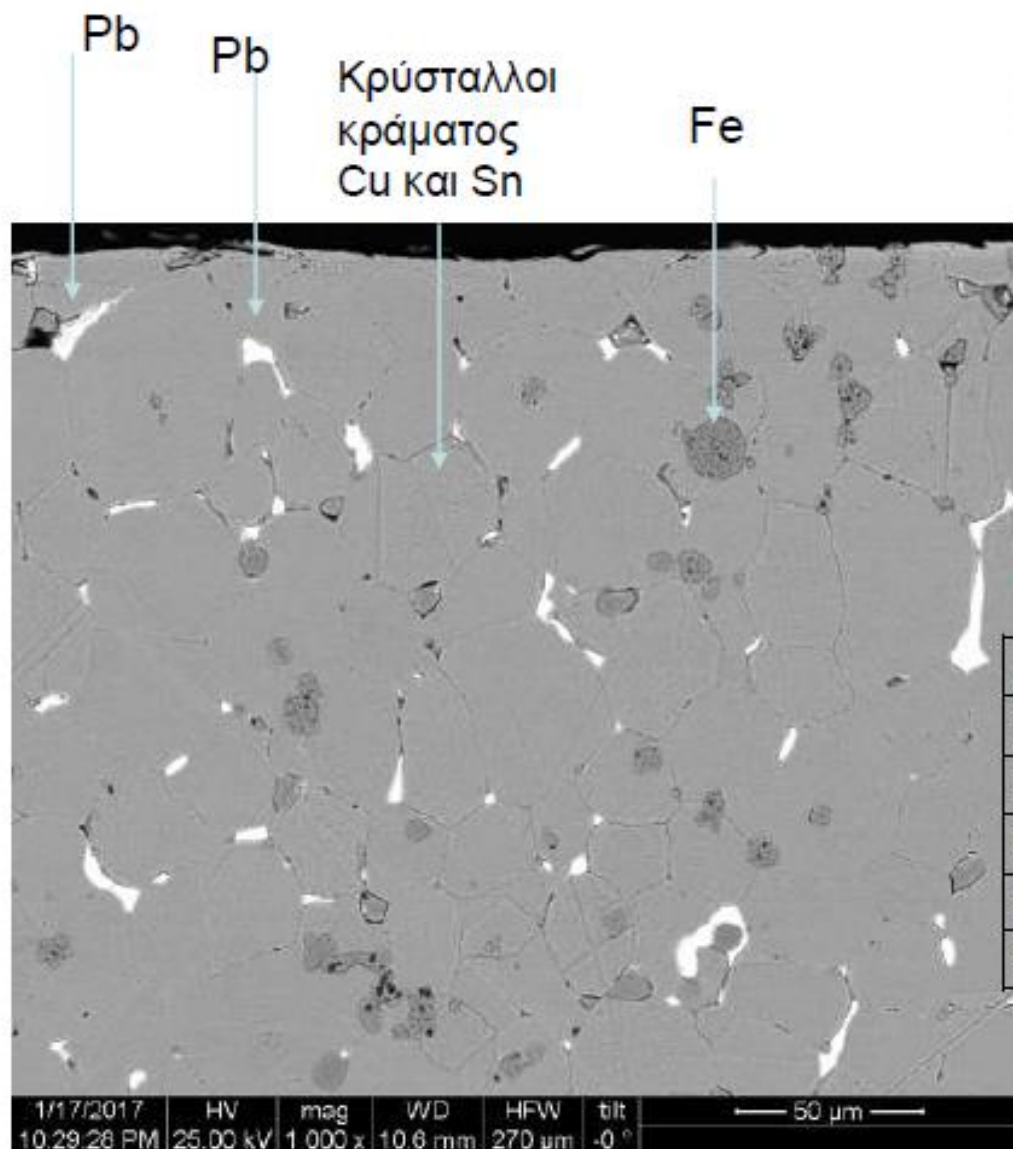
**Δειγματοληψία με τη χρήση πριονιού κοσμηματοποιείας και  
μακροσκοπική παρατήρηση στο  
Αρχαιολογικό Μουσείο της Αίγινας**



**Δείγμα υπό το στερεοσκόπιο**



# Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο SEM

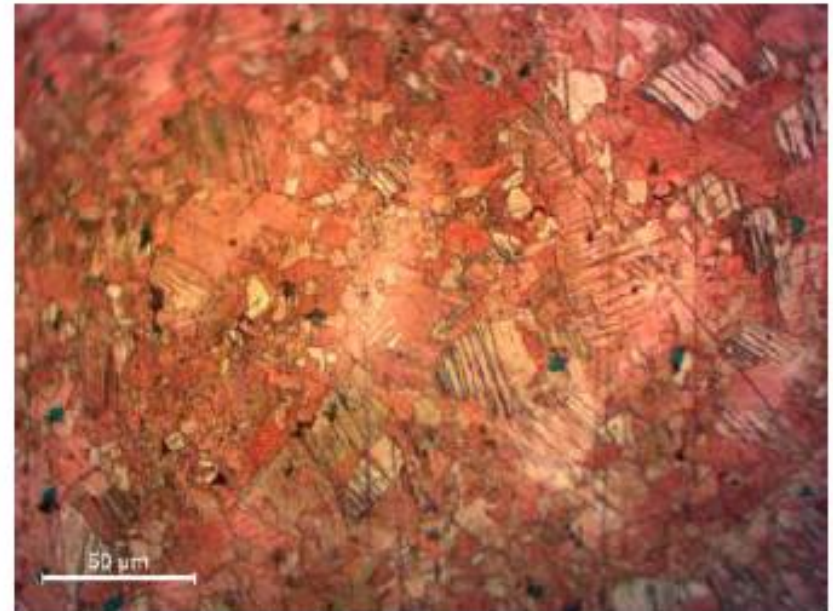


Ανάλυση %	Cu	Sn	Fe	Pb
MS1/ήλος_1	98,12	0,44	0,09	1,35
MS2/ήλος_2	97,96	0,41	0,08	1,55
MS3/σώμα_1	81,16	17,34	1,00	0,48
MS4/σώμα_2	87,08	11,46	0,32	1,14
MS5/σώμα_3	87,58	10,98	0,54	0,88

## Οπτικό μικροσκόπιο, μεταλλογραφία

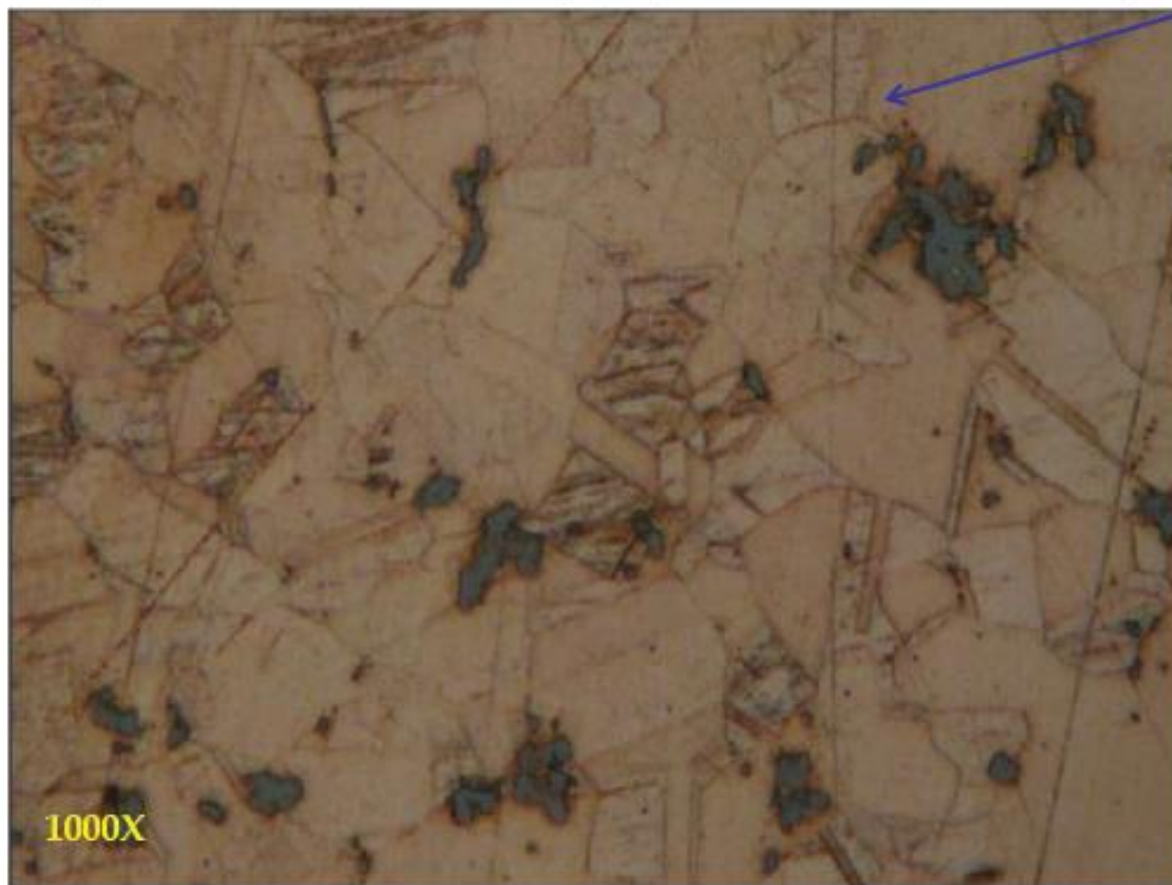
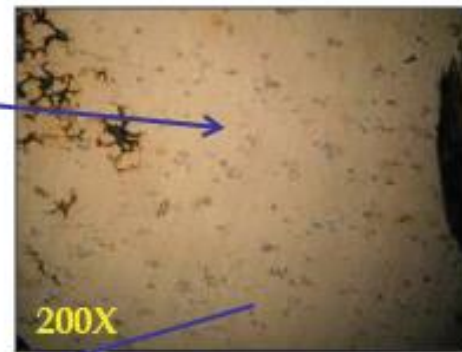
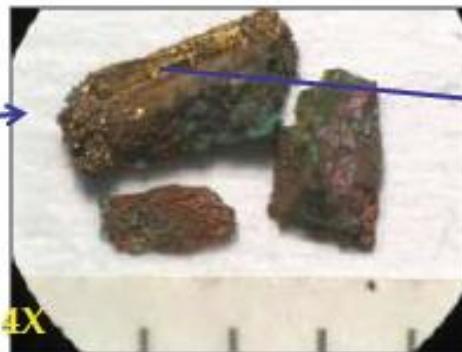


Δενδριτική δομή, χυτό αντικείμενο



Κρυσταλλίτες με διδυμίες και γραμμές ολίσθησης, αντικείμενο που έχει υποστεί επαναλαμβανόμενη σφυρηλάτηση και συνεχείς ανοπτήσεις.

## ΧΑΛΚΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ



### Τεχνικά χαρακτηριστικά

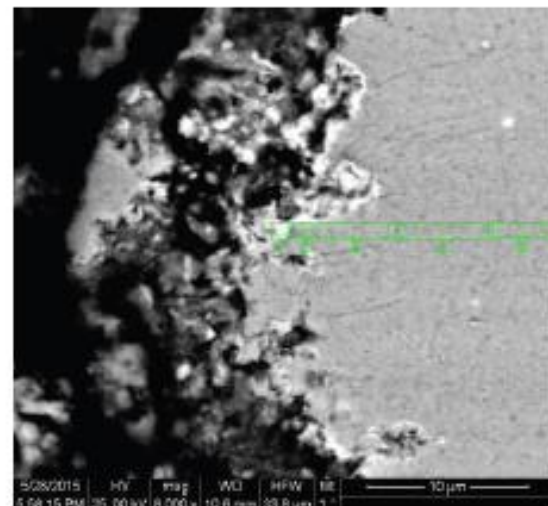
- 1) Χυτό σφυρήλατο
- 2) Συνεχείς δυνατές σφυρηλατήσεις εν θερμώ έπειτα από ανοπήσεις
- 3) Ενδεχόμενη ελαφρά εν ψυχρώ σφυρηλάτηση στην τελική φάση
- 4) Εσωτερικές ρωγμές

### Χημική σύσταση

Si	0.04
S	0.81
Cl	0.08
Sn	11.74
Fe	0.36
Cu	86.98

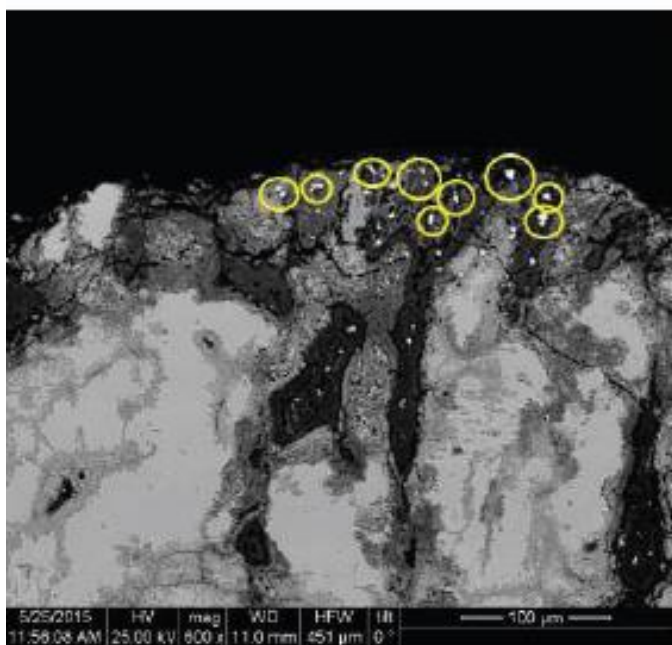


# ΧΑΛΚΙΝΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

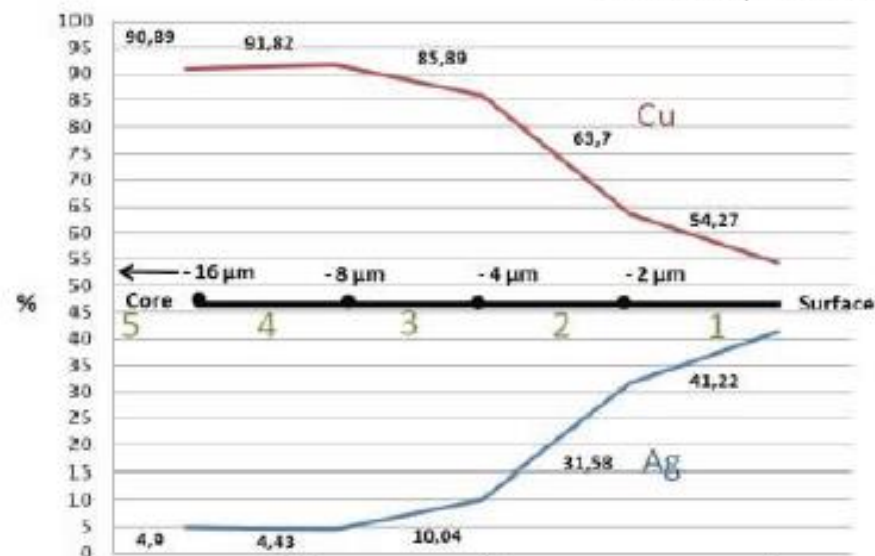


SEM bsc, 8000x.

α) Μάχαιρα MX 605 β) Λεπτομέρεια της λαβής γ) Μικροδομή στο δείγμα από τη ράχη, 800x



SEM bsc, 600x. Νησίδες αργύρου στην οξειδωμένη ζώνη



Διάγραμμα που αποδίδει την αύξηση της συγκέντρωσης του αργύρου από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με την παράλληλη μείωση της συγκέντρωσης του χαλκού

Η ανακάλυψη της τεχνολογίας των μετάλλων με σκοπό την κατασκευή τόσο χρηστικών όσο και διακοσμητικών αντικειμένων έφερε μια επανάσταση στις προϊστορικές κοινωνίες ανοίγοντας το δρόμο για εξειδίκευση εργασίας, αποδοτικότερη εργασία και συσσώρευση πλούτου.



“La clarividencia” (1936) – René Magritte



# BIBΛIOΓPAΦIA

Bruno, P., Calabrese, M., Pierro, M.Di., Genga, A., Laganara, C., Manigrassi, D.A.P., Traini, A., Ubbriaco, P. (2004). *Chemical-Physical and mineralogical investigation on ancient mortars from archaeological site of Monte Sannace. Thermochemica Acta, 418, 131-141*

Genestar, C., Pons, C. and Mas, A. (2006). *Analytical Characterisation of ancient mortars from the archaeological Roman city of Pollentia (Balearic Island, Spain). Analytica Chimica Acta, 557, 373-379*

Καρατάσιος, Ι., Κυλίκου, Β., Θεουλάκης, Π. (2008). *Σχεδιασμός Κονιαμάτων Αποκατάστασης Μνημείων. 5<sup>th</sup> Symposium of the Hellenic Society for Archeometry, Athens*

