



# Ιστορία και Επιστημολογία Θετικών Επιστημών

Ενότητα **11**: Μεταλλουργία

Περικλής Ακρίβος  
Τμήμα Χημείας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





# Εισαγωγή

## Μεταλλουργία



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Μεταλλουργία Εισαγωγή
2. Μέταλλα



# Σκοποί ενότητας

---

- Εισαγωγή στην Μεταλλουργία
- Μέταλλα





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

Ιστορία

# Μεταλλουργία

# Μεταλλουργία

- **Μεταλλουργία.** Αρχαιότατη διαδικασία.
- **Μέταλλα.** Χαρακτήρισαν τις εποχές της ιστορίας του ανθρώπου
- **Εκ-μετάλλευση**
- Μικροαντικείμενα ήδη από την 5η χιλιετία π.Χ., μάλλον μετεωριτικής προέλευσης.





# Διαδικασίες εκμετάλλευσης μετάλλων και μελέτη τους

- Οι διαδικασίες εκμετάλλευσης χαρακτηρίζουν καθεμιά από τις ανθρώπινες κοινωνίες ενώ η μελέτη τους μπορεί να δώσει στοιχεία για τις οικονομικές και πολιτιστικές επαφές τους με άλλες σύγχρονες κοινωνίες.
- Η σύγχρονη έρευνα συνίσταται από μελέτες των **δομών** (υπέργειων και υπόγειων) στη διαδικασία εκμετάλλευσης κοιτασμάτων, των **εργαλείων** που χρησιμοποιήθηκαν, των **απορριμμάτων** καθώς και των **τελικών μεταλλικών αντικειμένων** που προέκυψαν από την εποχή του μπρούτζου μέχρι και την πρόσφατη περίοδο. Οι φασματοσκοπικές τεχνικές κάνουν δυνατή τη μελέτη όλων των παραπάνω και μάλιστα με τρόπο μη καταστροφικό για το περιβάλλον ή για το υλικό που εξετάζεται. Έτσι, προκύπτουν στοιχεία για τη φύση και την έκταση της **εξόρυξης**, της **μεταλλουργίας**, της μετέπειτα **κατεργασίας** του μετάλλου μέχρι να δώσει τα τελικά μεταλλικά αντικείμενα (όπλα, σκεύη, εργαλεία), ενδεχομένως και για τις εμπορικές οδούς τόσο των πρώτων υλών όσο και των τελικών αντικειμένων. Αυτά τα στοιχεία, εκτός από ιστορική χρησιμότητα, μπορούν να βοηθήσουν τους σύγχρονους μεταλλειολόγους για την ανεύρεση παλιών ορυχείων και κοιτασμάτων που απέμειναν ανεκμετάλλευτα.



# De Re Metallica του Georg Bauer ή Agricola



**Εικόνα 1 De Re Metallica του Georg Bauer ή Agricola, 1556**

- Οι πρακτικές διαδικασίες μεταλλουργίας ξεκινούν με την αρχική εκσκαφή και την πρώτη διάνοιξη και στήριξη μεταλλευτικής σήραγγας και συνεχίζουν μέχρι και τις διαδικασίες απόφραξης της μετά την εξάντληση του ορυκτού, κάτι που στις ημέρες μας θα ονομαζόταν περιβαλλοντική αποκατάσταση.



# Αναλυτική Χημεία

- Η μέθοδος εξόρυξης και στη συνέχεια η μεταλλουργική διαδικασία και η κατεργασία του υλικού ως το σχηματισμό του τελικού προϊόντος **(αναθήματος, εργαλείου, όπλου)** σχετίζονται με την κουλτούρα, την τεχνογνωσία αλλά και τα διαθέσιμα ορυκτά, ειδικότερα τις προσμίξεις τους.
- Η εμπειρία των μεταλλουργών ήταν σημαντική για τον καθορισμό της υφής και της χρησιμότητας του τελικού προϊόντος.
- Η κλασική Αναλυτική Χημεία παίζει σημαντικό ρόλο καταρχήν για τον προσδιορισμό της σύστασης των αντικειμένων που έχουν βρεθεί, των υπολειμμάτων της κατεργασίας καθώς και των υπολειπομένων ποσοτήτων από μετάλλευμα (Ρωμαίοι, ανάκτηση αργύρου μόνο μέχρι 150 ppm).
- Η σύγχρονη Αναλυτική Χημεία, με τη συνεπικουρία των φασματοσκοπικών και άλλων φυσικών μεθόδων μπορεί να προχωρήσει πολύ περισσότερο. Μπορεί να προσδιορίσει την προέλευση ενός υλικού, την πιθανή προσθήκη στο υλικό κατά τη μεταλλουργία κάποιου άλλου σώματος, τη διαδικασία της κατεργασίας του υλικού για να μορφοποιηθεί το τελικό προϊόν.



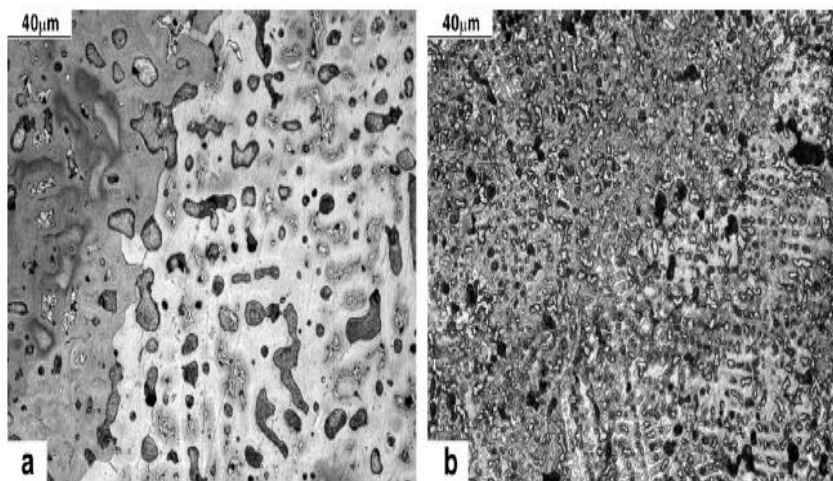
# Έλεγχος Μικροδομής

- Ο έλεγχος για παράδειγμα της **μικροδομής** ενός μεταλλικού αντικειμένου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιοριστεί ο τρόπος κατεργασίας του και μέσω αυτού να ανακαλυφθεί για παράδειγμα η εισαγωγή ενός ψευδούς αντικειμένου σε μια συλλογή αρχαίων μεταλλικών αντικειμένων.



# Ανάλυση Δειγμάτων

- Μεγέθυνση δειγμάτων από δύο υλικά με την ίδια περίπου χημική σύσταση. Πρόκειται για δείγματα μπρούτζου με Sn και Pb. Το δείγμα αριστερά έχει υποστεί **ανόπτηση** και για το λόγο αυτό εμφανίζει δύο ευμεγέθεις κόκκους και διάσπαρτα μικρά συσσωματώματα από ένα ευτηκτικό μίγμα ενώ το ακατέργαστο έχει μεγάλο αριθμό διάσπαρτων μικρών κρυστάλλων που ανήκουν σε διαφορετικές κρυσταλλικές φάσεις του αρχικού υλικού.



Εικόνα 2. Δείγμα μπρούτζου



# Khirbat en-Nahas

- Μια περιοχή γνωστή ως Khirbat en-Nahas που βρίσκεται στην έρημο της Ιορδανίας μεταξύ της Νεκράς Θάλασσας και του κόλπου της Άκαμπα. Ο οικισμός έχει περιοχές με επιφανειακές αποθέσεις μετάλλων που οφείλονται στα υπολείμματα της κατεργασίας του χαλκού που εξορυσσόταν στην περιοχή.



# Φωτιά και Λίθινα Εργαλεία

- Λεία τοιχώματα με ίχνη αιθάλης στο άνοιγμα, σημαίνουν χρήση του πρώιμου βοηθού των μεταλλουργών, της **φωτιάς**. Συνήθως συνοδεύονται από συστηματική επανατοποθέτηση των απορριμμάτων και των σκωριών της διαδικασίας στο άνοιγμα. Ακόμη, στα ευρήματα συγκαταλέγεται η χαρακτηριστική μικροδομή
- Τα **λίθινα εργαλεία** που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη χαλκολιθική περίοδο έχουν αφήσει όχι μόνο υπολείμματά τους αλλά και εμφανή σημεία με μικρές αυλακιές ή κοιλώματα στο κατά τα άλλα λειασμένο τοίχωμα.
- Πολλές λεπτές και παράλληλες αυλακιές στα τοιχώματα είναι ενδεικτικές της χρήσης **μεταλλικών αξίων** ή άλλων αντίστοιχων αντικειμένων που ήταν σε χρήση τουλάχιστον από τα μέσα της εποχής του μπρούτζου.



# Μέταλλα

---





# Χρυσός

- Ο χρυσός είναι μέταλλο μαλακό και εύκολο στην κατεργασία ενώ δύσκολα οξειδώνεται ή αλλοιώνεται επιφανειακά. Έτσι αποτέλεσε υλικό αποταμίευσης των πλουσίων από πολύ παλιά. Ωστόσο δεν είναι εύκολο να κατασκευαστούν εργαλεία ή άλλα αντικείμενα από καθαρό χρυσό και κατά συνέπεια συνήθως υπάρχουν αντικείμενα από κράματα με άλλα μέταλλα, συνήθως χαλκό ή άργυρο.
- Αν σφυρηλατηθεί σχηματίζει πολύ λεπτά φύλλα που μπορούν να απλωθούν επάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια ή να σφυρηλατηθούν επί τόπου καλύπτοντας το υποκείμενο υλικό. Αυτό έχει βοηθήσει συχνά την αρχαιολογία όταν το εφήμερο υλικό, π.χ. ξύλο, έχει καταστραφεί, γιατί το φύλλο του χρυσού μένει ανέπαφο και φανερώνει το σχήμα που είχε το υλικό το οποίο κάλυπτε.



# Άργυρος και Ήλεκτρο

- Ο **άργυρος** δεν απαντά σε καθαρή μορφή σε ποσότητες που να είναι εκμεταλλεύσιμες. Συνηθέστατα προκύπτει ως παραπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής μολύβδου. Είναι μαλακό υλικό και συνήθως απαντά σε αντικείμενα με τη μορφή κραμάτων του.
- Ειδικότερα ένα κράμα του με χρυσό, το οποίο έχει φυσική ύπαρξη αλλά μπορεί και να παρασκευαστεί τεχνητά είναι το καλούμενο **ήλεκτρο**, το οποίο σε κάποιες περιπτώσεις θεωρείτο ακόμη και πιο ακριβό από τον καθαρό χρυσό. Το ήλεκτρο φαίνεται από αρχαιολογικά τεκμήρια κυρίως από την περιοχή της Μεσοποταμίας και της Αιγύπτου πως ήταν το πρώτο υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε για μια μορφή πληρωμής καθώς ανακαλύφθηκαν σχηματοποιημένα κομμάτια του υλικού με σφραγίδα προέλευσης, κάτι που έχει τη θέση της πιστοποίησης του βάρους και κατά συνέπεια της αξίας του συγκεκριμένου τεμαχίου.



# Μπρούτζος και Ορείχαλκος

- **Μπρούτζος** (bronze) είναι το όνομα για μια ομάδα υλικών που είναι όλα κράματα του χαλκού με άλλα μέταλλα. Το κυριότερο είναι ο κασσίτερος, ωστόσο υπάρχουν μπρούτζοι που περιέχουν είτε μόλυβδο είτε αρσενικό σε κάποια σημαντική αναλογία, ενώ συνήθως υπάρχουν και μικροποσότητες από άλλα μέταλλα. Μεθοδολογία δοκιμής και λάθους από τους μεταλλουργούς. Διαφορετικές τεχνικές για την ενσωμάτωση των πρόσθετων υλικών στο κράμα ανάλογα με το μέταλλο. Μέχρι 10% **κασσίτερος** δίνει αντοχή, σε μεγαλύτερα ποσοστά κάνει το υλικό εύθραυστο. Αντοχή δίνει περιεκτικότητα σε **αρσενικό** ως 6% αλλά μειώνει και τη θερμοκρασία τήξης του κράματος. Ο **μόλυβδος** κάνει το μπρούτζο πιο μαλακό και εύκολο στην κατεργασία.
- Από τα Ρωμαϊκά χρόνια, ο μπρούτζος αντικαθίσταται σταδιακά από τον **ορείχαλκο** που αποτελεί κράμα με ψευδάργυρο. Μέχρι σήμερα ο ορείχαλκος χρησιμοποιείται στην κατασκευή κλειδαριών, βαλβίδων καθώς και πνευστών μουσικών οργάνων.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες
- Εικόνα 1: *De Re Metallica* του Georg Bauer ή Agricola, 1556 , < [public domain](#) > < [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tr%C3%A4sniitt\\_ur\\_Georgius\\_Agricolas\\_De\\_re\\_metallica\\_\(1556\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tr%C3%A4sniitt_ur_Georgius_Agricolas_De_re_metallica_(1556).jpg) >
- Εικόνα 2: <Εικόνα 2. Δείγμα μπρούτζου><<http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EL-PAPYR-5600-ARXAIOMETALLOURGIA-by-GIANNOULH-in-21ST-PSX-THESS-9-12-DEC-2011-PP-5.pdf>>



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Όνομα μέλους ή μελών ΔΕΠ. «Τίτλος Μαθήματος. Τίτλος ενότητας». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
[http://opencourses.auth.gr/eclass\\_courses](http://opencourses.auth.gr/eclass_courses).



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Άννα Μάντη>  
Θεσσαλονίκη, <Δεκέμβριος 2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **X.YZ**.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση **X1.Y1Z1** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).
- Έκδοση **X2.Y2Z2** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).
- Έκδοση **X3.Y3Z3** διαθέσιμη εδώ. (Συνδέστε στο «εδώ» τον υπερσύνδεσμο).



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

