



### ΘΕΩΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ «ΦΥΣΙΚΗ» Η ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΔΕΙΞΗΣ

Αν ο Ευκλείδης ήταν φυσικός  
θα είχε... πρόβλημα! Ευτυχώς,  
ήταν μαθηματικός.

ΣΕΛ. 3



### ΔΙΑΙΤΕΣ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΪΝΙΚΕΣ!

Εχουν θαυμαστά αποτελέσματα  
στη σιλουέτα, δεν πρέπει όμως  
να το παρατραβήξουμε...

ΣΕΛ. 4-5

### ΑΝΘΡΩΠΟΛΟΓΙΑ ΚΥΛΑΕΙ Ο ΧΡΟΝΟΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΙΣΩ;

Δεν βλέπουν όλοι οι άνθρωποι  
το μέλλον μπροστά τους...  
Άλλοι το βλέπουν πίσω ή πάνω!

ΣΕΛ. 9

# ΤΟ ΒΗΜΑ science

[www.tovima.gr/science/](http://www.tovima.gr/science/)

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΨΥΧΑΡΗ



Στήριξαν την οικονομία της κλασικής Αθήνας. Σήμερα αποκαλύπτεται ότι τα αγγεία της Αττικής είχαν ιδιότητες νανοϋλικού και μελετώνται από τη... NASA!

# Το χρώμα που έγινε χρυσάφι



**Υ**πάρχει τίποτε πιο ταπεινό από το χρώμα; Και όμως, ακόμη και τα πιο ταπεινά πράγματα, αν κάποιος τα αξιοποιήσει σωστά, μπορούν να γίνουν όχι μόνο πολύτιμα αλλά και προσοδοφόρα. Παρ' ότι ο Πλάτων θεωρούσε τον ππλό κάτι εντελώς κοινό και τετριμμένο - «των φαύλων και προχείρων» -, οι ίδιοι οι σύγχρονοί του τον διέψευσαν. Οι αρχαίοι κεραμείς της Αθήνας πήραν το κοινό χρώμα της Αττικής στα χέρια τους και το μετέτρεψαν σε πραγματικό χρυσάφι αφού τα αγγεία τους μονοπώλησαν τις διεθνείς αγορές της εποχής τους.

ΤΗΣ ΛΑΛΙΝΑΣ ΦΑΦΟΥΤΗ  
ΣΕΛ. 6-8

Το μετέτρεψαν επίσης σε ένα σπάνιο υλικό. Το περίφημο μελανό υάλωμα των αττικών αγγείων, αυτό που πολλοί προσπάθησαν αλλά κανένας δεν κατόρθωσε να μιμηθεί, είναι στην ουσία ένα νανοϋλικό με ιδιαίτερες χημικές και μηχανικές ιδιότητες. Τέτοιες ώστε πρόσφατα προσείλκυσε το ενδιαφέρον της NASA η οποία αναζητεί στη σύστασή του μυστικά για να βελτιώσει τη μόνωση των διαστημοπλοίων της.

# Το νανο-χώμα των αρχαίων Ελλήνων

Η **άργιλος της Αττικής** στα χέρια των έμπειρων κεραμικών γινόταν χρυσός, αφού τα ερυθρόμορφα αγγεία ήταν από τα βασικά εξαγωγικά προϊόντα της αρχαίας Αθήνας. **Μπορεί άραγε το ίδιο νανοϋλικό να χρησιμεύσει και στην κατάκτηση του Διαστήματος;**

ΤΗΣ **ΛΑΛΙΝΑΣ ΦΑΦΟΥΤΗ**  
lalina@tovima.gr

**Κ**άποτε, γράφει ο Ηρόδοτος, ένα καράβι έφυγε φορτωμένο με εμπρεύματα από την Ελλάδα και, αφού έφθασε ως την Ισπανία, γύρισε πίσω με «τζίρο» χίλιες φορές την αξία του φορτίου του. Ακόμη και αν αυτός ήταν ένας «αστικός μύθος» της αρχαιότητας, το βέβαιο είναι ότι για μεγάλο διάστημα υπήρξε ένα εξαγωγικό προϊόν το οποίο μπορούσε να «πιάσει» υπέρογκες τιμές φέρνοντας μεγάλα κέρδη στους εμπόρους, αλλά και στους δημιουργούς του: τα ερυθρόμορφα αττικά αγγεία. Επί τρεις ολόκληρους αιώνες έκαναν θραύση – αν αυτή η έκφραση μπορεί να επιτραπεί για ένα τέτοιο υλικό – στις ξένες αγορές, μετατρέποντας κυριολεκτικά το χώμα σε χρυσάφι και χαρίζοντας στην Αθήνα ένα ασυναγώνιστο μονοπώλιο στον τότε γνωστό της κόσμο.

Σήμερα η αξία τους είναι ανεκτίμητη και ασκούν την ίδια γοητεία ως τα πέρατα της Γης: στους επισκέπτες που σπεύδουν να τα θαυμάσουν στα μουσεία εντός

και εκτός Ελλάδας και στους συλλέκτες που δίνουν πολλά για να τα αποκτήσουν. Πρόσφατα απέσπασαν επίσης το ενδιαφέρον ενός μάλλον απρόσμενου θαυμαστή: της NASA. Μια θυγατρική της αμερικανικής διαστημικής υπηρεσίας ξεκίνησε μαζί με το Μουσείο Γκετί – και με μια παχυλή χρηματοδότηση 800.000 δολαρίων – μελέτες για να διερευνήσει τη σύστασή τους.

## Το μελανό υάλωμα «γυάλισε» στη NASA

Η NASA ενδιαφέρεται κυρίως για το περίφημο μελανό υάλωμα των αγγείων, αναζητώντας σε αυτό μυστικά που θα μπορούσαν να τη βοηθήσουν να βελτιώσει την ανθεκτικότητα των κεραμικών που χρησιμοποιεί για τη μόνωση των διαστημολοίων της. Εδώ όμως μπορούμε με βεβαιότητα να πούμε ότι η αντίστοιχη έρευνα από έλληνες επιστήμονες βρίσκεται... έτη φωτός μπροστά. Όχι μόνο γιατί έχει ξεκινήσει δεκαετίες νωρίτερα έχοντας στη διάθεσή της απολύτως πιστοποιημένα δείγματα από τις αρμόδιες Εφορείες Αρχαιοτήτων, αλλά, επιπλέον, επειδή από τη θεωρία του εργαστηρίου έχει περάσει στην πράξη. Για να κάνουν καλύτερες συγκρίσεις και να γνωρίσουν τη δουλειά «από

μέσα», οι ερευνητές φτιάχνουν μάλιστα οι ίδιοι τεχνολογικά πιστά αντίγραφα αρχαίων κεραμικών τόσο κοντινά στα αρχικά ώστε να χρειάζονται ειδική σήμανση με ιχνοστοιχεία προκειμένου να αποφευχθεί η παράνομη πώλησή τους ως αυθεντικών.

Τι ήταν αυτό που έκανε τα αττικά αγγεία τόσο ιδιαίτερα και τόσο δύσκολα στην απομίμησή τους ακόμη και από τους σύγχρονους τους επίδοξους αντιγραφείς, που γνώριζαν την κεραμική τέχνη εκείνης της εποχής πολύ καλύτερα από εμάς; Το μυστικό, όπως έχουν ανακαλύψει σήμερα οι ειδικοί, βρίσκεται στην άργιλο. Η αττική γη πρόσφερε στους κεραμείς της τις κατάλληλες πρώτες ύλες ώστε να επιτύχουν όχι μόνο ένα υάλωμα με μοναδικό χρώμα και αντοχή, αλλά και ένα «σώμα» εξαιρετικής ποιότητας. Και φυσικά αυτοί εκμεταλλεύθηκαν επάξια το δώρο βάζοντας όλη την τέχνη και τη δημιουργικότητά τους.

## Νανοϋλικό δοκιμασμένο για χιλιετίες

Αυτό είναι όμως μόνο ένα από τα πολλά μυστικά που τα αττικά αγγεία κρατούσαν επί χιλιετίες καλά κρυμμένο. Αν και αποτέλεσαν αντικείμενο εξέτασης, κυρίως από ξένους μελετητές, εδώ και αιώνες, η σύστασή τους άρχισε να αποκρυσταλλογραφείται μόλις από τη δεκαετία του 1990 και μετά, από επιστήμονες του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, χάρη στην ανάπτυξη των σύγχρονων μικροαναλυτι-



ΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

1.000

βαθμοί Κελσίου είναι η θερμοκρασία αντοχής του μελανού υαλώματος

**ΑΝ ΚΑΙ**  
αρχαία, η βαφή των αττικών αγγείων ανήκει στα υλικά της τελευταίας λέξης της τεχνολογίας, σε αυτά που σήμερα ονομάζουμε νανοϋλικά

## Αρχαίο πυρέξ υψηλής τεχνολογίας

Η εξαιρετική ποιότητα των αττικών αγγείων, όπως και τα άλλα σπουδαία δείγματα κεραμικής που προηγήθηκαν, οφείλεται για τον **Βασίλη Κυλίκουλου**, ερευνητή Α' στο Ινστιτούτο Επιστήμης Υλικών του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, σε μια μακρά παράδοση που μεταδιδόταν επί χιλιετίες και βελτιωνόταν από γενιά σε γενιά. Στο εργαστήριό του ο ερευνητής μελετά τα αρχαία κεραμικά από την άποψη των θερμικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους. Στόχος, μεταξύ άλλων, η ανάπτυξη νέων δομικών υλικών. «*Εξετάζουμε τις διάφορες συνταγές που χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι για να κατασκευάσουν κεραμικά ανάλογα με τη χρήση στην οποία θα τα υπέβαλλαν*» λέει. «*Οι κυριότερες χρήσεις έντονης καταπόνησης ενός κεραμικού είναι είτε όταν χρησιμοποιείται ως μεταφορικό αγγείο, όπως είναι οι αμφορείς, είτε σε διαδικασίες που έχουν να κάνουν με τη φωτιά – δηλαδή μεταλλουργία, όπτηση και προετοιμασία φαγητού*».

Οι αρχαίοι κεραμείς χρησιμοποιούσαν διαφορετικές αργίλους ανάλογα με τη χρήση για την οποία προοριζόταν το αγγείο και τις εμπλούτιζαν καταλλήλως. «*Εβαζαν μέσα στον πηλό εγκλείσματα σε ποσότητα και μέγεθος που καθιστούσαν τα κεραμικά κατάλληλα για τη χρήση που ήθελαν*». Για να επιτύχουν αμφορείς που ήταν ανθεκτικοί

στις προσκρούσεις και δεν έσπازαν εύκολα κατά τη μεταφορά των προϊόντων, π.χ. με τα πλοία, χρησιμοποιούσαν άμμο. «*Έτσι*» λέει ο κ. Κυλίκουλου «*υφάνεται η ανθεκτικότητα, ακόμη και αν χτυπηθούν μπορεί να δημιουργηθεί μια μικρή ρωγμή, αλλά αυτή η ρωγμή δεν θα διαδοθεί, όπως στο γυαλί*». Η αντοχή στη φωτιά, σε κεραμικά που θα χρησιμοποιούνταν για τη μαγειρική ή για τη χύτευση μετάλλων, απαιτούσε πιο «μελετημένη» τεχνική.

Κατ' αρχήν, ανάλογα με το αν ήθελαν το κεραμικό να «ανεβάζει» τη θερμοκρασία γρήγορα ή να την «κρατάει» (και να σιγοψήνει, ας πούμε, αν ήταν μια χύτρα), χρησιμοποιούσαν άργιλο που περιείχε ασβέστιο. Για να δώσουν μεγαλύτερη πυραντοχή πρόσθεταν στον πηλό εγκλείσματα από χαλαζία, αστρίους ή φυλλίτες. «*Τα τελευταία εγκλείσματα ήταν πεπλατυσμένα*» διευκρινίζει ο ειδικός. «*Αυτά τα πεπλατυσμένα σαν φύλλα εγκλείσματα αν τα πλάσει ο κεραμέας προσανατολίζονται παράλληλα με τα τοιχώματα και έτσι δρουν ως θερμομόνωση. Επιπλέον λίγο παραπάνω η χύτρα να ζεσταθεί, όμως διατηρούσε τη θερμοκρασία της για πάρα πολύ χρόνο*».

Στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος οι διαπιστώσεις αυτές δεν περιορίζονται απλά σε μια καλή γνώση του παρελθόντος, αλλά «περνούν» και στο μέλλον,

αφού χρησιμοποιούνται ως βάση για την ανάπτυξη νέων υλικών «*Μια εφαρμογή, έχουμε και ένα πρόγραμμα γι' αυτό, είναι ότι προσπαθούμε να δημιουργήσουμε κονιάματα*» εξηγεί ο κ. Κυλίκουλου. «*Εγκλείουμε μέσα θραύσματα κεραμικών τα οποία όμως δεν είναι τυχαία, δεν παίρνουμε δηλαδή οποιοδήποτε κεραμικό – αν πάρει κάποιος π.χ. τούβλα και τα σπάσει δεν θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα. Γνωρίζοντας από την αρχαία τεχνολογία σε ποια θερμοκρασία το κεραμικό έχει τις καλύτερες ιδιότητες, προσδίδουμε στα κονιάματα αυτά καλύτερες αντοχές κατά το πήξιμο, γιατί δημιουργούνται υδραυλικές φάσεις ανάμεσα στο κεραμικό και στον ασβέστιο, αλλά και καλύτερες θερμομονωτικές ιδιότητες*».

Αυτή η λίμνη του Πανάκτου, σε μια έκταση μεταξύ Αττικής και Βοιωτίας που σήμερα εκμεταλλεύεται ο όμιλος Τιτάν, αποτέλεσε πηγή αργίλου για το μαύρο υάλωμα των αττικών αγγείων





**Οι Αθηναίοι προτιμούσαν συχνά τα σκεύη τους - όπως αυτή η μελαμβαφής λεκανίδα με πόμα - να είναι λιτά, χωρίς άλλη διακόσμηση πέρα από το στιλπνό μελανό υάλωμά τους**

## Τα «καλά» σερβίτσια

Αν σήμερα τα «ντζαίν» σκεύη σας φέρουν την υπογραφή του οίκου Alessi και τα σερβίτσια σας αυτή του Versace ή του Armani, κάποτε τα πράγματα λειτουργούσαν αντίστροφα: οι αρχαίοι κάτοικοι της Ιταλίας, και περισσότερο από όλους οι Ετρούσκοι, δεν διανοούντο «καλό» συμπόσιο χωρίς τα απαραίτητα ερυθρόμορφα αττικά αγγεία. «*Ήταν τα δικά μας αντίστοιχα σκεύη πολυτελείας*» λέει μιλώντας στο «Βήμα» ο **Μιχάλης Τιβέριος**, ακαδημαϊκός και καθηγητής Κλασικής Αρχαιολογίας στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. «*Είχαν τα καθημερινά σερβίτσια και είχαν και τα σερβίτσια για τις επίσημες εκδηλώσεις του σπιτιού - π.χ. για ένα συμπόσιο. Δεν είναι τυχαίο ότι τα περισσότερα σχήματα που εξαγόταν σχετίζονται με το συμπόσιο ως προς τη χρήση τους*».

Πέρα από τα συμπόσια, τα αττικά αγγεία πολυτελείας αποτελούσαν επίσης πρώτης τάξεως αναθήματα σε ιερά αλλά και φόρο τιμής για τους νεκρούς. «*Τα έβαζαν στους τάφους των αγαπημένων τους προσώπων αφού πίστευαν ότι η ζωή συνεχίζεται και επομένως θα τους ήταν χρήσιμα στον άλλο κόσμο*» εξηγεί ο ακαδημαϊκός. Όπως διευκρινίζει, τα περισσότερα αγγεία που έχουν βρεθεί σε τάφους είναι μεταχειρισμένα. «*Φέρουν σαφή ίχνη χρήσης που σημαίνει ότι τα χρησιμοποιούσε εν ζωή ο νεκρός - ή οι οικείοι του - και όταν πέθανε τα έβαλαν στον τάφο. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που αγγεία ολοκαίνουργια - "τσιλικά" - άς μου επιτραπεί η έκφραση - πήγαν κατ' ευθείαν στον τάφο, ως κτέρισμα. Πιθανόν να πρόκειται για περιπτώσεις κατά τις οποίες οι συγγενείς του νεκρού συνέβαινε να μην διέθεταν κατά τη στιγμή του θανάτου του αγγεία πολυτελείας. Έτσι του αγόραζαν καινούργια*».

Τα αττικά ερυθρόμορφα αγγεία κυριάρχησαν στις διεθνείς αγορές από τις τελευταίες δεκαετίες του 6ου ως τα τέλη του 4ου αιώνα π.Χ.. Ωστόσο οι Αθηναίοι κεραμείς σε πολύ λίγες περιπτώσεις κέρδισαν χρήμα και κοινωνική αναγνώριση. «*Το επίγγελλο του κεραμέα δεν ήταν ποτέ προσοδοφόρο*» μας λέει ο κ. Τιβέριος. «*Αν έχετε διαβάσει συνεντεύξεις παλιών σιφνίων τσουκαλάδων, πολλοί λένε ότι καμία κοπέλα του νησιού δεν ήθελε να τους παντρευτεί. Ε, κάτι τέτοιο συνέβαινε συνήθως και στην αρχαιότητα*».

Οι κεραμείς της Αττικής που δεν ήταν δούλοι ή μέτοικοι αλλά Αθηναίοι πολίτες μάλλον ανήκαν, τις περισσότερες φορές, στις χαμηλότερες κοινωνικές τάξεις των θητών και των ζευγυτών. «*Η κακή εικόνα του επαγγέλματος του κεραμέα φαίνεται ότι δεν ίσχυε για την Αθήνα στα τέλη του 6ου και στις αρχές του 5ου αιώνα π.Χ. Είναι η εποχή που αθηναίοι κεραμείς προσφέρουν πανάκριβα αναθήματα επάνω στην Ακρόπολη*» προσθέτει ο καθηγητής. «*Τα χρόνια αυτά πρέπει να μοσχοπουλούσαν τα προϊόντα τους στους Ετρούσκους. Είναι η μόνη περίοδος όπου φαίνεται ότι απέκτησαν όχι μόνο χρήμα αλλά και κοινωνική αναγνώριση αφού εκτός των άλλων συναναστρέφονταν και γνωστά πρόσωπα της αθηναϊκής κοινωνίας όπως ο γνωστός στρατηγός Λέαγρος*».

κών τεχνικών. Η πρώτη και η πιο αναπάντεχη ίσως για όσους δεν ασχολούνται με τις θετικές επιστήμες διαπίστωση ήταν ότι, αν και αρχαία, η βαφή τους ανήκει στα υλικά της τελευταίας λέξης της τεχνολογίας, σε αυτά που σήμερα ονομάζουμε νανοϊλικά.

«*Αν περιγράψουμε το αττικό υάλωμα με μοντέρνους όρους θα λέγαμε ότι είναι ένα νανοϊλικό*» λέει μιλώντας στο «Βήμα» η **Ελένη Αλούπη**, η οποία ασχολήθηκε με τη μελέτη της σύστασης των αττικών αγγείων κατά τη διάρκεια της διατριβής της στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος και σήμερα έχει ιδρύσει τη «*Θέτις Authentics*», εταιρεία ασχολούμενη με τη μελέτη και την πιστοποίηση της αυθεντικότητας αρχαίων αντικειμένων, καθώς και το Εργαστήριο «*Θέτις*» για την παραγωγή τεχνολογικά αυθεντικών αντιγράφων αρχαίων κεραμικών σαν αυτά που βλέπουμε στους σταθμούς του μετρό και στα πολυπύρτια αρκετών μουσείων. «*Πρόκειται για ένα αλκαλο-αργιλοπυριτικό γυαλί το οποίο χρωματίζεται από νανοκρυστάλλους μαγνητίτη*» εξηγεί. Σε τι διαφέρει από τα κοινά γυαλιά; «*Έχει υψηλό ποσοστό οξειδίου του αργιλίου, το οποίο συμμετέχει στη διαμόρφωση του γυαλιού εξίσου με το οξείδιο του πυριτίου, γεγονός το οποίο του προσδίδει πολύ μεγάλη ανθεκτικότητα στη διάβρωση και ιδιαίτερη μηχανική αντοχή*».



### ΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ

**75.000**

ευρώ «έπιασε» μια μικρή μελανόμορφη λήκυθος σε πλειστηριασμό στην Ελβετία τον περασμένο Νοέμβριο

### 3

δραχμές (αρχαίες) ήταν η αναγραφόμενη τιμή σε αγγείο: θεωρείται ότι ήταν τιμή «*χονδρικής*» και ισοδυναμούσε με τρία μεροκάματα του εργάτη

Οι νανοκρυστάλλοι του μαγνητίτη είναι αυτοί που δίνουν στο αττικό μελανό υάλωμα το μοναδικό «*μαύρο-μπλε*» χρώμα του. «*Το μελανό χρώμα είναι αποτέλεσμα της διασποράς των μαύρων νανοκρυστάλλων μέσα στο διάφανο αλκαλο-αργιλοπυριτικό γυαλί που παίρνει μια μπλε απόχρωση από ίχνη δισθενούς σιδήρου*» διευκρινίζει η χημικός. Ο σχηματισμός των νανοκρυστάλλων μαγνητίτη είναι αποτέλεσμα τόσο της σύστασης της πρώτης ύλης - δηλαδή της αργίλου - που χρησιμοποιείται για την παρασκευή της βαφής των αγγείων όσο και μιας σχολαστικής διαδικασίας όπτησης σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες.

### Αργιλόχρωμα αυστηρών προδιαγραφών

Ας πάρουμε όμως τα πράγματα από την αρχή. Η βαφή των αττικών αγγείων είναι ουσιαστικά ένα αργιλόχρωμα - παρασκευάζεται δηλαδή από άργιλο. Οχι όμως από οποιαδήποτε άργιλο, όπως έχουν ανακαλύψει οι επιστήμονες. Οι κεραμείς της αρχαίας Αθήνας επέλεγαν με μεγάλη προσοχή την πρώτη ύλη τους ανάλογα με το αποτέλεσμα που ήθελαν να επιτύχουν - πράγμα που σημαίνει ότι γνώριζαν πολύ καλά τις ιδιότητές της - και αυτό φαίνεται ακόμη και από το γεγονός ότι χρησιμοποιούσαν διαφορετική άργιλο για τη βαφή

και διαφορετική για το σώμα των αγγείων τους.

Για να δώσει η βαφή το επιθυμητό άψογο μελανό υάλωμα, η πρώτη ύλη της έπρεπε να είναι μια άργιλος πλούσια σε αργιλικά ορυκτά, σίδηρο και κάλιο και φτωχή σε οξείδια του ασβεστίου (έτσι μόνο μπορούσε να παραχθεί τις αντιδράσεις που οδηγούν στον σχηματισμό του μαγνητίτη). Παράλληλα έπρεπε όταν αναμειγνυόταν με νερό να σχηματίζει ένα κολλοειδές αιώρημα (ένα αιώρημα με κόκκους μικρότερους των 0,3 μικρών που θεωρητικά μένει εν αιωρήσει επ' άπειρον). Το αιώρημα αυτό όταν συμπυκνωνόταν έδινε μια υπέρλεπτη «*αργιλική βαφή*» (έναν «*μπαντανά*», όπως το λένε παραδοσιακά κεραμείς και αγγειοπλάστες) με την οποία διακοσμούσαν τα αγγεία που είχαν πλαστεί στον τροχό και στη συνέχεια ψήνονταν με μια πολύ συγκεκριμένη διαδικασία θερμοκρασίας.

### Τριπλό ψήσιμο σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Η διαδικασία της όπτησης περιλάμβανε τρία στάδια: οξειδωσης, αναγωγής και πάλι οξειδωσης, όπως θα σας πουν οι ειδικοί. Στο πρώτο στάδιο της οξειδωσης ανέβαζαν τη θερμοκρασία του φούρνου με την παροχή οξυγόνου: ο θάλαμος όπου ψήνονταν τα αγγεία επικοινωνούσε με το κάτω

**Αναθηματικός πίνακας από τα Πεντεσκούφια της Κορίνθου: η δουλειά του «ψήστη» ήταν πολύ σημαντική για την τελική ποιότητα του αγγείου**



μέρος, όπου καίγονταν τα ξύλα, ενώ ένα άνοιγμα από επάνω άφηνε να φύγουν τα αέρια που παράγονταν από την καύση. Όταν έφθαναν στην επιθυμητή θερμοκρασία και η βαφή άρχιζε να υαλοποιείται, σφράγιζαν τον κλίβανο διακόπτοντας την παροχή οξυγόνου και μειώνοντας με τον τρόπο αυτόν τη θερμοκρασία.

Σε αυτό το στάδιο, τις αναγωγής, σχηματίζονται οι νανοκρυστάλλοι του μαγνητίτη και παράγεται το μαύρο χρώμα. Η τελική φάση της οξειδωσης, όπου ανέβαινε και πάλι η θερμοκρασία, ήταν απαραίτητη για να επιτευχθεί η χρωματική αντίθεση του μελανού πάνω στο ερυθρό υπόβαθρο. «*Στο στάδιο της οξειδωσης έχουμε το οξείδιο του τρισθενούς σιδήρου, τον αιματίτη, που είναι κόκκινο. Στο στάδιο της αναγωγής δημιουργείται ένας σπινέλιος, ο μαγνητίτης, που έχει θέσεις δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου και είναι μαύρος, ενώ παράλληλα το στρώμα της βαφής υαλοποιείται*» εξηγεί η κυρία

Αλούπη. «*Στο τελευταίο στάδιο της επανοξειδωσης χρειάζεται προσοχή ώστε να μην ανέβει πολύ η θερμοκρασία γιατί το υάλωμα θα ξανακοκκινίσει*».

### Μάτι-θερμόμετρο!

Το εύρος θερμοκρασιών για το οποίο μιλάμε είναι πολύ μικρό. «*Η καλύτερη ποιότητα αυτού του υλικού επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες από 880 ως 950 βαθμούς*» τονίζει η ερευνήτρια. Πώς μπορούσαν στην αρχαιότητα, χωρίς θερμομέτρα και θερμοστάτες, να υπολογίσουν τη θερμοκρασία του φούρνου με τόσο ακρίβεια; Με το μάτι, μας απαντά η ειδικός, και αυτό ήταν ένας λόγος για τον οποίο η δουλειά του «*ψήστη*» σε ένα εργαστήριο κεραμικής ήταν πολύ σημαντική: «*Αν μιλήσετε με παραδοσιακούς κεραμίστες, που έψηναν σε φούρνο με ξύλα, ξέρουν πολύ καλά τις κατάλληλες θερμοκρασίες από τη λεγόμενη ακτινοβολία μέλανος σώματος*».

Συνέχεια στη σελίδα 8

Συνέχεια από τη σελίδα 7

την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα όταν πυρακτώνεται. Ο έμπειρος κεραμίας από το χρώμα του φούρνου καταλαβαίνει ποια είναι η κατάλληλη θερμοκρασία. Στους 720 με 730 βαθμούς ο φούρνος γίνεται πορτοκαλί, στους 800 αρχίζει και κοκκινίζει και μετά αρχίζει να ασπρίζει. Στους 950 βαθμούς ο φούρνος λάμπει εσωτερικά. Στους 1.000 είναι κατάλευκος».

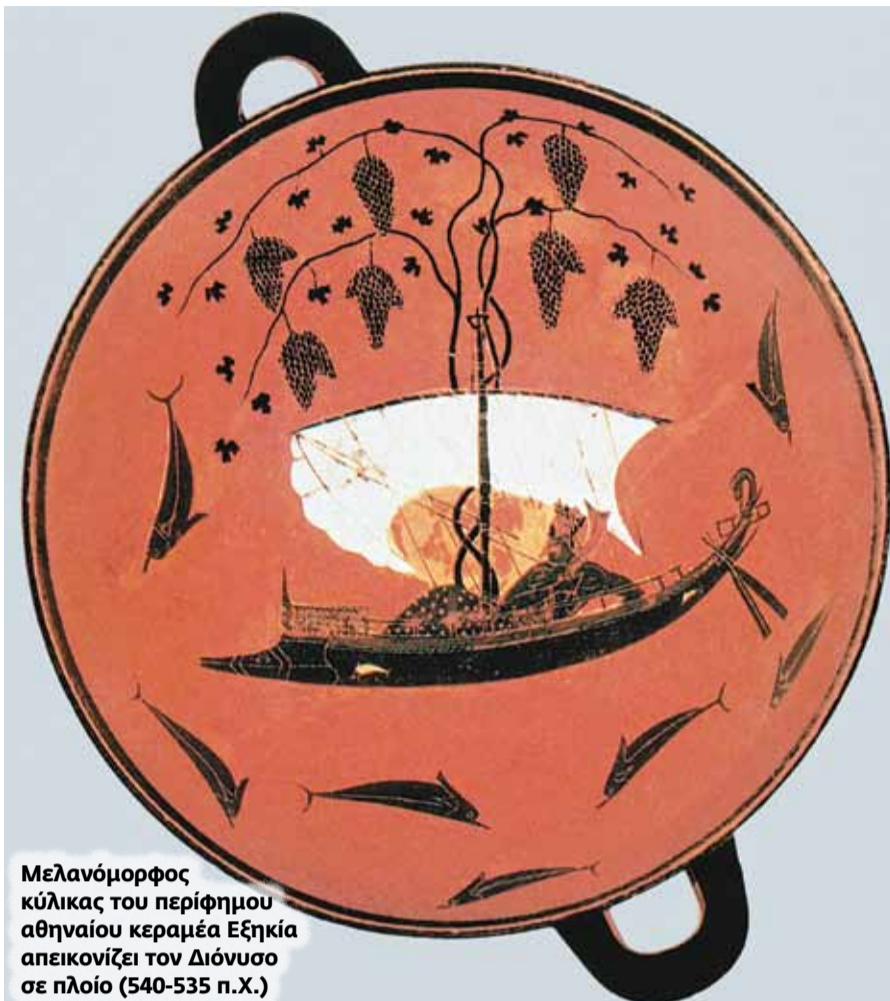
Όλα αυτά υποδηλώνουν ότι οι αρχαίοι κεραμείς της Αττικής δεν διέθεταν μόνο ταλέντο αλλά και ένα πολύ υψηλό επίπεδο τεχνολογίας. «Και ένα τέτοιο υψηλό επίπεδο δείχνει συνειδητότητα και στην επιλογή των υλικών τους και αυτό δεν φαίνεται μόνο στη βαφή αλλά και στα υλικά που χρησιμοποιούσαν για το σώμα. Είναι τυποποιημένα και για τον λόγο αυτό θα πρέπει ίσως να σκεφτόμαστε μια κεντρική διάθεση» υπογραμμίζει η κυρία Αλούπη.

### Ενα χρώμα για ηηλό και για... τσιμέντο

Ειδικά η άργιλος της βαφής έπρεπε να είναι μια ιλλιτική άργιλος, πλούσια σε οξείδια του σιδήρου, με χαμηλό ασβέστιο και χωρίς οργανικά υλικά ή μαρμαρυγία. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά αυτά η ερευνήτρια προσπάθησε να εντοπίσει στην Αττική κοπάσματα με κοκκινωτά χρώματα από τα οποία θα μπορούσε να προέρχεται: ένας «υποψήφιος» εντοπίστηκε σε μια λίμνη στο οροπέδιο του Πανάκτου, μεταξύ Αττικής και Βοιωτίας, σε μια έκταση που σήμερα εκμεταλλεύεται η τσιμεντοβιομηχανία Τίταν. Για να πιστοποιηθεί ωστόσο η προέλευση της άργιλου από ένα συγκεκριμένο μέρος πρέπει να γίνει σύγκριση ιχνοστοιχείων σε αρχαία και σύγχρονα δείγματα – κάτι το οποίο με τις υπάρχουσες τεχνικές δεν φαινόταν μέχρι πρότινος εφικτό.

Σε μια πρόσφατη συνεργασία με τους ερευνητές του εργαστηρίου του επιταχυντή ΑΤΟΜΚΙ-ΗΑΣ της Ουγγαρίας οι κυρίες Αλούπη και **Αρτεμη Χαβιαρά**, η οποία κάνει τη διδακτορική διατριβή της στη «Θέτις» στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος Marie-Curie NARNIA, κατόρθωσαν να προχωρήσουν σε μια πρώτη ανάλυση δειγμάτων όχι μόνο από το Πανάκτο, αλλά και από την Ανατολική Αττική, το Μαρκόπουλο, το Κορωπί και άλλες γύρω περιοχές. «Μόλις πρόσφατα βγήκαν τα πρώτα αποτελέσματα» λέει η ειδικός. «Έχουμε αναλύσει 45 δείγματα, αρχαία και νέα, και βλέπουμε πώς αυτά ομαδοποιούνται. Δείχνουν ότι υπάρχουν παραπάνω από μία τοποθεσίες που μας δίνουν καλής ποιότητας υάλωμα, το οποίο είναι συγκρίσιμο με τα αρχαία ως προς τα ιχνοστοιχεία, και τώρα είμαστε στο στάδιο που πρέπει να αυξήσουμε τη στατιστική μας».

Συνθέτοντας αυτές τις πληροφορίες, σε συνδυασμό και με άλλες έρευνες (μια εγκατάσταση πιθανώς παραγωγής αργίλομαζας που έχει ανασκαφεί στον Άγιο Κοσμά από τη Β' ΕΠΚΑ πιστεύεται π.χ. ότι μάλλον τροφοδοτούσε τους κεραμείς από τη Μυκηνναϊκή εποχή για να φτιά-



Μελανόμορφος κύλικας του περιφήμου αθηναίου κεραμέα Εξηκία απεικονίζει τον Διόνυσο σε πλοίο (540-535 π.Χ.)

## Από τον Wedgwood στο Calgon

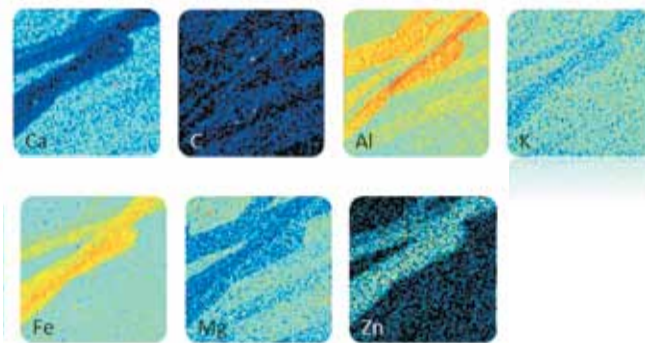
Ο μεγάλος άγγλος κεραμίας Τζοσάια Γουέτγουντ – ιδρυτής του γνωστού οίκου πορσελάνης – ήταν από τους πρώτους που μελέτησαν και προσπάθησαν να αναπαραγάγουν τα αττικά αγγεία. Παρά τις ενδελεχείς προσπάθειές του ο Γουέτγουντ τελικά δεν το πέτυχε. Αντ' αυτού παρήγαγε τους λεγόμενους «black basalts», σήμερα αγγεία συλλεκτικά και πανάκριβα που αποτελούν σήμα κατατεθέν του οίκου Wedgwood.

Ο αμερικανός χημικός Τζόζεφ Νομπλ από την πλευρά του πρότεινε στη δεκαετία του 1960 μια συνταγή παραγωγής μαύρου υαλώματος με... Calgon, η οποία κυριάρχησε επί τρεις και πλέον δεκαετίες, ιδιαίτερα στον αγγλόφωνο κόσμο. Κατά καιρούς διάφοροι – κυρίως αρχαιολόγοι και κεραμείς – έχουν υποστηρίξει ότι για να φτιάξουν τη βαφή τους οι αθηναίοι κεραμείς πρόσθεταν διάφορα «εξωτικά» υλικά – από στάχτη φυτών και τριμμένα κόκαλα ως ούρα ή αίμα ζώων. Η κυρία Αλούπη απορρίπτει όλες αυτές τις συνταγές, αφού τις δοκίμασε σχολαστικά κατά

τη διάρκεια της διατριβής της στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος περίπου πριν από 20 χρόνια. Οι περισσότερες – όπως του Νομπλ – δεν δίνουν αποτέλεσμα όμοιας σύστασης με το πρωτότυπο ενώ όσες επιτυγχάνουν κάτι σχετικά κοντινό απαιτούν καλά ελεγμένες εργαστηριακές συνθήκες. «Μου είναι δύσκολο να φανταστώ ότι δίπλα σε κάθε αρχαίο εργαστήριο κεραμικής υπήρχε και ένα μικρό χημείο» λέει. Η μόνη τεχνική που ως τώρα φαίνεται να επιτυγχάνει πανομοιότυπο αποτέλεσμα ως προς τη σύσταση και την ποιότητα είναι η χρήση βαφής απλώς και μόνο με νερό και άργιλο σωστά επιλεγμένη από συγκεκριμένα σημεία της Αττικής. «Και αυτός είναι ο μόνος τρόπος για να εξηγήσουμε γιατί το υλικό έχει πάντα σταθερή χημική σύσταση» τονίζει η ερευνήτρια. «Η σταθερή σύσταση του τελικού προϊόντος ισοδυναμεί με σταθερή χρήση πρώτων υλών και σχολαστική και ακριβή διαδικασία επεξεργασίας τους. Και ποιος μπορεί να το κάνει αυτό καλύτερα από την ίδια τη φύση;»



Η Αρτεμη Χαβιαρά παρασκευάζει το κολλοειδές αιώρημα με αργίλους της Αττικής στο εργαστήριο «Θέτις»



Ανάλυση της ανάγλυφης γραμμής στην ερυθρόμορφη τεχνική με μικροδέσημη πρωτονίων (μ-ΡΙΧΕ) και στοιχειακή χαρτογράφηση της επιφάνειας αρχαίου κεραμικού θραύσματος από την Ακρόπολη. Τα χρώματα απεικονίζουν διαφορετικά χημικά στοιχεία

ξουν μεγάλα αγγεία σε σχήμα «μπαγιέρας» που διετίθεντο στον Αργοσαρωνικό), ίσως σε λίγο να έχουμε στα χέρια μας έναν πολύτιμο για τους αρχαιολόγους και για όσους ασχολούνται με την πιστοποίηση της αυθεντικότητας «χάρτη του πηλού» της αρχαίας Αττικής. Ενός πηλού ο οποίος δεν έπαιξε καθοριστικό ρόλο μόνο στη βαφή, αλλά και στο σώμα και στον συνδυασμό τους. Γιατί όπως μας λέει η κυρία Αλούπη, οι απόπειρες αγγείων με σώμα από πηλό από άλλες περιοχές (π.χ. την Κόρινθο) τις περισσότερες φορές δεν δίνουν το κατάλληλο «υπόστρωμα»: η βαφή δεν εφαρμόζει καλά σε αυτά και ξεφλουδίζει.

### Από το Ιράκ ως τη Γερμανία

Ανάλογα προβλήματα φαίνεται ότι αντιμετώπιζαν και οι σύγχρονοι τους τεχνίτες – ή καλλιτέχνες; – όταν προσπαθούσαν να μιμηθούν τα αγγεία των αθηναίων κεραμικών. Το εγχείρημα – το οποίο ουδέποτε πέτυχε – δεν αποτελούσε μόνο ζήτημα γοήτρου αλλά και μεγάλου εμπορικού κέρδους. Με τον ερυθρόμορφο ρυθμό οι Αθηναίοι εισήγαγαν όπως μας λέει ο **Δημήτρης Παλαιοθόδωρος**, επίκουρος καθηγητής Κλασικής Αρχαιολογίας στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, μια καινοτομία η οποία τους χάρισε την απόλυτη κυριαρχία στις αγορές του εξωτερικού και ιδιαίτερα στις πλούσιες αγορές της Ιταλίας. «Ο ερυθρόμορφος ρυθμός φαίνεται να είχε μεγάλη επιτυχία σε όλες τις αγορές όπου δραστηριοποιήθηκε το εμπόριό του εκτός από αυτές της Ελλάδας, όπου οι πελάτες φαίνεται ότι ήταν πιο συντηρητικοί και για μεγάλο χρο-

νικό διάστημα συνέχισαν να προτιμούν τον μελανόμορφο» αναφέρει.

Οι πληροφορίες που υπάρχουν σχετικά με το εμπόριο αυτό καθαυτό είναι περιορισμένες, όμως οι αρχαιολόγοι εικάζουν ότι στο εξωτερικό οι έμποροι θα πρέπει πολλές φορές να πουλούσαν τα περιζήτητα αγγεία πολύ πιο ακριβά από ό,τι τα αγόραζαν – πρακτική που άλλωστε συνεχίζεται ως τις μέρες μας. Μέχρι που έφθανε η «γοητεία» τους; «Έχουν βρεθεί από το Ιράκ ως τη Γερμανία» λέει ο κ. Παλαιοθόδωρος. «Έχουν βρεθεί στη Βαγδάτη, στη Σαξονία, στην Γεωργία, στον Εύξεινο Πόντο, ως το Σουδάν. Οπου υπήρχαν διαδρομές, δηλαδή σε όλη τη Μεσόγειο και σε μεγάλο μέρος της ενδοχώρας της Μεσογείου. Και είναι χαρακτηριστικό ότι όταν η Αθήνα ήταν σε πόλεμο, as πούμε με την Περσική Αυτοκρατορία, οι εχθροί της συνέχισαν να αγοράζουν τα αγγεία της».

Σήμερα φυσικά δεν μπορεί να μιλάει κανείς για αγοραστές, όμως οι θαυμαστές των ελληνικών αγγείων έχουν εξαπλωθεί σε όλη την υφήλιο, κάτι το οποίο η κυρία Αλούπη θεωρεί απολύτως δικαιολογημένο. «Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι τα αττικά αγγεία κατέχουν μια ιδιαίτερη θέση στην ιστορία της «κεραμικής τέχνης»» λέει. «Αν μπορούσαμε να βγούμε τελείως από την Ιστορία, την αρχαιολογία, από το γεγονός ότι είμαστε Έλληνες, ότι έχει πύξει το μάτι μας να τα βλέπουμε σε όλα τα μουσεία, στα βιβλία, στην τουριστική αγορά, αν βγαίναμε τελείως έξω και ήμασταν as πούμε Γιαπωνέζοι και τα βλέπαμε για πρώτη φορά, δεν θα λέγαμε «Μα τι καταπληκτικά κόμικς είναι αυτά!»».

### ΣΤΟΥΣ 720

με 730 βαθμούς ο φούρνος γίνεται πορτοκαλί, στους 800 αρχίζει και κοκκινίζει και μετά αρχίζει να ασπρίζει. Στους 950 βαθμούς λάμπει εσωτερικά. Στους 1.000 είναι κατάλευκος