

ΑΘΗΝΑ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ-ΑΓΟΡΑΝΟΥ
ΓΙΑΝΝΗΣ ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΕΧΝΗΣ

ΜΕΡΟΣ Α: Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ
ΜΕΡΟΣ Β: ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ
ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΚΟΝΗ
ΑΘΗΝΑ 1993

ΘΕΤΙΚΕΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
ΚΑΙ ΕΡΓΑ
ΤΕΧΝΗΣ

ΜΕΡΟΣ Α

Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

ΑΘΗΝΑ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ-ΑΓΟΡΑΝΟΥ

Δρ. Φυσικοχημείας Ε.Μ.Π.

Επίκουρος Καθηγήτρια ΤΕΙ Αθήνας

Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων και

Εργων Τέχνης

ΜΕΡΟΣ Β

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ
ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΑΘΗΝΑ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ-ΑΓΟΡΑΝΟΥ

και

ΓΙΑΝΝΗΣ ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Τμήμα Χημικών Μηχανικών

702.88
ΑΔΕ

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
α.ρ. βιβ. 15895

ΑΘΗΝΑ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ-ΑΓΟΡΑΝΟΥ
ΓΙΑΝΝΗΣ ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ

Επισημάνσεις και παρατηρήσεις
του κ. Α. Αλεξοπούλου-Αγοράνου
1993

Η παρούσα έκδοση περιλαμβάνει
αλλαγές στο 75% των ερωτήσεων.
1993

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΤΕΧΝΗΣ

ΜΕΡΟΣ Α: Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ
ΜΕΡΟΣ Β: ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ
ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΚΟΝΗ
ΑΘΗΝΑ 1993

Όλα τα γνήσια αντίτυπα υπογράφονται από τους συγγραφείς



ISBN 960-85271-1-2

Copyright © 1992: Α.Αλεξοπούλου-Αγοράνου, Γ.Χρυσουλάκης

Διάθεση: Παν. Γκόνης, Χαρ. Τρικούπη 18, 10679 Αθήνα, Τηλ: 3620383

Επιμέλεια Έκδοσης: Α.Αλεξοπούλου-Αγοράνου.

Επιμέλεια εξωφύλλου: Λίλα Παλαιολόγου

Εγχρωμη φωτογραφία: "Παναγία Γλυκοφιλούσα" 14ος αι., Βυζαντινό Μουσείο Αθηνών.

Ασπρόμαυρη ένθετη φωτογραφία: Υπέρυθρο ανακλαστογράφημα.

Ευχαριστούμε θερμά τη διδα Παναγιώτα Μπίρμπα για τη βοήθειά της στη δακτυλογράφηση του κειμένου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η προσέγγιση των έργων τέχνης και των αρχαιολογικών αντικειμένων αποτελούσε τουλάχιστον μέχρι πρόσφατα προνόμιο αφ' ενός των αρχαιολόγων και των ιστορικών της τέχνης και αφ' ετέρου των συντηρητών.

Η εποχή όμως του "μοναχικού" αρχαιολόγου και του εμπειρικού συντηρητή δεν υπάρχει πιά. Τα ερωτηματικά και οι προβληματισμοί, που η αισθητική-στυλιστική ανάλυση και η αρχαιολογική έρευνα φέρνουν στο φως και τα κάθε είδους προβλήματα φθορών, επεμβάσεων και αλλοιώσεων, που τα αντικείμενα τέχνης παρουσιάζουν στην πορεία τους μέσα στο χρόνο, μπορούν σήμερα να βρουν μια απάντηση μέσα από τη χρήση φυσικοχημικών μεθόδων προσανατολισμένων στην μελέτη των υλικών και της τεχνικής κατασκευής των έργων τέχνης και των αρχαιολογικών αντικειμένων.

Η αγάπη προς τα μνημεία του πολιτιστικού μας παρελθόντος συνδέεται άμεσα με την υποχρέωση της προστασίας και η προστασία γίνεται αποτελεσματική με την προηγούμενη απόκτηση ολοκληρωμένης γνώσης. Ωστόσο, η απόκτηση της ολοκληρωμένης γνώσης είναι πρακτικά αδύνατο να προέλθει μέσα από το γνωστικό αντικείμενο μιας και μόνης επιστήμης, όπως είναι η αρχαιολογία, ή η ιστορία της τέχνης, δεδομένου ότι για την έρευνα των υλικών και της κατασκευαστικής τεχνολογίας είναι απαραίτητη η συνεισφορά εξειδικευμένων γνώσεων και παρατηρήσεων από άλλες επιστήμες όπως είναι η φυσική, η χημεία, η φυσικοχημεία, η αρχιτεκτονική, η γεωλογία και η ηλεκτρονική. Δεν είναι επιτρεπτό να αγνοήσουμε τις καταπληκτικές δυνατότητες, που προσφέρουν σήμερα οι φυσικές μέθοδοι ανάλυσης, η συμβολή των οποίων στην έρευνα αποθαρρύνει πρακτικά κάθε προσπάθεια παραπλάνησης της αλήθειας ή αποκαλύπτει τα διαδοχικά στάδια της δημιουργίας. Πώς θα ήταν δυνατό να μην υιοθετήσουμε τις νεώτερες μεθόδους της προστασίας, προϊόντα συστηματικής φυσικοχημικής έρευνας των υλικών και της τεχνολογίας;

Πώς θα ήταν παραδεκτό τέλος, να παραβλέψουμε πληροφορίες από το χώρο των θετικών επιστημών, ικανές να συμπληρώσουν με νέα στοιχεία την αρχαιολογική έρευνα; Τα νέα αυτά στοιχεία δίνουν τη δυνατότητα να επιτύχουμε μια καινούργια και ελκυστική προσέγγιση της ερευνητικής μεθοδολογίας, συμπληρωματική της γενικότερης θεώρησης που μέχρι σήμερα η αρχαιολογική έρευνα αποδέχεται.

Ο σκοπός της έκδοσης αυτής είναι να ευαισθητοποιήσει τον αναγνώστη στην τεράστια σημασία, που έχει η χρήση των φυσικοχημικών διαγνωστικών μεθόδων για την απόκτηση ολοκληρωμένης γνώσης και την επιτυχή επιλογή των τεχνικών συντήρησης των έργων τέχνης και των αρχαιολογικών αντικειμένων. Συγχρόνως όμως, θέλει να καταδείξει στον συντηρητή και τον αρχαιολόγο τον πλούτο των επιστημονικών εργαλείων και γνώσεων, που μπορούν να του προσφέρουν επιστήμες άλλες εκτός από την δική του.

Το βιβλίο χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφιερώνεται αποκλειστικά στην παρουσίαση των βασικών γνώσεων φυσικής και χημείας, που είναι ιδιαίτερα προσανατολισμένες στα υλικά και την τεχνική κατασκευής των ζωγραφικών έργων, επειδή αυτά αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των αντικειμένων με τα οποία ασχολείται η αρχαιολογική έρευνα και η συντήρηση σήμερα. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται λεπτομερώς οι σημαντικότερες από τις φυσικοχημικές διαγνωστικές μεθόδους, που εφαρμόζονται σήμερα στην μελέτη των έργων τέχνης και των αρχαιολογικών αντικειμένων. Ιδιαίτερη έμφαση δίδεται στην εφαρμογή της υπέρυθρης ανακλαστογραφίας σε συνδυασμό με την μαθηματική επεξεργασία εικόνας, δεδομένου ότι η μεθοδολογία αυτή αποτελεί μία νέα προσέγγιση στη έρευνα των έργων τέχνης.

Ιανουάριος 1993

Οι συγγραφείς

Αθηνά Αλεξοπούλου-Αγοράνου
Γιάννης Χρυσουλάκης

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΜΕΡΟΣ Α

Η ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Κεφάλαιο Ι

Τα Υλικά των Ζωγραφικών Εργων 19-34

- I.1. Το υπόστρωμα - Η προετοιμασία, 19
- I.2. Το χρωματικό στρώμα, 21
- I.3. Οι χρωστικές, 22
- I.4. Οι βαφές, 25
- I.5. Ιστορική παρουσίαση των χρωστικών, 26
- I.6. Το οργανικό μέσον, 29
- I.7. Τα διαλυτικά μέσα, 31
- I.8. Η λαζούρα, 33
- I.9. Το βερνίκι, 33

Κεφάλαιο ΙΙ

Χρώμα και Φάσμα Απορρόφησης 35-60

- II.1. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, 35
- II.2. Χρώμα και φάσμα απορρόφησης, 37
- II.3. Χρώμα και χημική δομή, 44
 - α. Ηλεκτρονική δομή των ατόμων και των μορίων, 44
 - β. Ερμηνεία του χρώματος των χρωστικών και των βαφών, 48
 - γ. Οι ενώσεις του χαλκού, 55
 - δ. Οι ενώσεις του σιδήρου, 56
 - ε. Άλλες πηγές χρώματος των ανοργάνων ουσιών, 57
- II.4. Επίδραση της κοκκομετρίας στο χρώμα, 60

Κεφάλαιο III

Αρχές Χρωματομετρίας 61-80

- III.1. Τριχρωματική θεωρία της όρασης, 61
- III.2. Οι νόμοι της χρωματομετρίας, 63
- III.3. Ο τριδιάστατος χώρος των χρωματικών ερεθισμών, 66
- III.4. Οι συναρτήσεις σύνθεσης χρώματος, 69
- III.5. Τα πρότυπα συστήματα χρωματομετρικής παρατήρησης CIE, 71
- III.6. Ο υπολογισμός των χρωματικών συντεταγμένων για το σύστημα CIE, 74
- III.7. Η σημασία των χρωματικών σημείων στο χρωματικό διάγραμμα, 76
- III.8. Συστήματα ταξινόμησης των χρωματικών ερεθισμών, 79

Κεφάλαιο IV

Οπτικές Ιδιότητες των Χρωματικών Στρωμάτων 81-120

- IV.1. Εισαγωγή, 81
- IV.2. Ο δείκτης διάθλασης και οι οπτικές ιδιότητες των χρωματικών στρωμάτων, 84
- IV.3. Ανάκλαση, 86
- IV.4. Σκέδαση - Διάχυση, 90
 - α. Απλή Σκέδαση - Θεωρία του Mie, 91
 - β. Σκέδαση Rayleigh, 93
 - γ. Πολλαπλή ή επανειλημμένη σκέδαση, 95
 - δ. Εξαρτώμενη σκέδαση, 95
- IV.5. Οπτική συμπεριφορά των χρωματικών στρωμάτων, 98
- IV.6. Θεωρία Kubelka-Munk, 100
- IV.7. Μαθηματικές εκφράσεις του συντελεστή ανακλαστικής ικανότητας που προκύπτουν από τη θεωρία Kubelka-Munk, 109
- IV.8. Επίδραση του πάχους του χρωματικού στρώματος στον συντελεστή ανακλαστικής ικανότητας, 112
- IV.9. Ικανότητα επικάλυψης - Ικανότητα χρωματισμού, 116
- IV.10. Οπτικές παράμετροι για μίγματα χρωστικών, 117
- IV.11. Περιορισμοί της θεωρίας Kubelka-Munk, 118

ΜΕΡΟΣ Β

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

"Μη Καταστρεπτικές" Μέθοδοι, 125

Κεφάλαιο V

Τεχνικές Φωτογράφισης με Ορατή Ακτινοβολία, 127-133

V.1. Φωτογράφιση με επαπτομενικά προσπίπτουσα ακτινοβολία, 127

V.2. Μακροφωτογράφιση, 128

V.3. Φωτογράφιση με μονοχρωματική ακτινοβολία νατρίου, 131

Κεφάλαιο VI

Υπεριώδης Φωτογραφία 135-145

VI.1. Αρχή λειτουργίας - Τεχνική, 135

VI.2. Υπεριώδης φωτογραφία ανάκλασης, 139

VI.3. Υπεριώδης φωτογραφία φθορισμού, 142

Κεφάλαιο VII

Υπέρυθρη Φωτογραφία 147-169

VII.1. Η υπέρυθη ακτινοβολία, 147

VII.2. Υπέρυθρη ασπρόμαυρη φωτογραφία ανάκλασης, 147

VII.3. Εγχρωμη υπέρυθη φωτογραφία, 159

VII.4. Υπέρυθρη φωτογραφία φθορισμού, 166

Κεφάλαιο VIII

Υπέρυθρη Ανακλαστογραφία 171-185

VIII.1. Αρχή λειτουργίας της υπέρυθρης ανακλαστογραφίας, 171

VIII.2. Πειραματική Διάταξη, 174

- VIII.3. Τα σφάλματα του συστήματος, 177
- VIII.4. Διαγνωστικές δυνατότητες και χρησιμότητα της μεθόδου, 179
- VIII.5. Βασικές αρχές της επεξεργασίας εικόνας, 186
- VIII.6. Μαθηματική επεξεργασία των ανακλαστογραφημάτων, 189
- α. Βελτίωση της ποιότητας της εικόνας, 189
 - Οξυνση ακμών, ενίσχυση αιχμών, 194
 - β. Τεχνικές ανάλυσης των υπέρυθρων ανακλαστογραφημάτων, 195
 - Απομόνωση μίας συγκεκριμένης περιοχής, 197
 - Η αφαίρεση εικόνων, 199
 - Ψευδοανάγλυφη αναπαράσταση, 200
 - γ. Οπτική ψηφιακή αποκατάσταση φθορών, 201
 - δ. Μέτρηση του χρώματος και της ανακλαστικής ικανότητας των χρωματικών στρωμάτων, 204

Κεφάλαιο IX

Ακτινογραφία 207-227

- XI.1. Εισαγωγή, 207
- XI.2. Αρχή της μεθόδου, 208
- XI.3. Τεχνικά χαρακτηριστικά, 208
- XI.4. Σχέση ακτινογραφίας και τεχνικής ζωγραφικής, 220
- α. Αμεση τεχνική, 220
 - β. Τεχνική των πολλαπλών χρωματικών στρωμάτων, 220
- XI.5. Χρησιμότητα της μεθόδου - Εφαρμογές, 222

"Καταστρεπτικές" Μέθοδοι, 229

Κεφάλαιο X

Μικροσκοπική Παρατήρηση, 231-235

- X.1. Βασικές Αρχές, 231
- X.2. Παραδείγματα - Εφαρμογές, 232

Κεφάλαιο XI**Μέθοδοι με Ακτίνες Χ 237-251**

XI.1. Παραγωγή των ακτίνων Χ, 237

XI.2. Μικροφθορισμός ακτίνων Χ, 240

XI.3. Ηλεκτρονική μικροανάλυση, 243

XI.4. Περιθλασιμετρία και μικροπεριθλασιμετρία ακτίνων Χ, 247

Κεφάλαιο XII**Φασματοσκοπικές Μέθοδοι 253-260**

XII.1. Μικροφασματοσκοπία απορρόφησης υπερύθρου, 253

XII.2. Μικροφασματοσκοπία απορρόφησης υπεριώδους, 258

XII.3. Μικροφασματοσκοπία φθορισμού υπεριώδους, 258

Κεφάλαιο XIII**Εκλεκτικός Χρωματισμός 263-269**

XIII.1. Αρχή της μεθόδου, 263

XIII.2. Ανίχνευση πρωτεϊνών και ρητινών, 264

XIII.3. Ανίχνευση ελαίων, 265

XIII.4. Παραδείγματα, 266

Κεφάλαιο XIV**Ραδιοχημικές Μέθοδοι 271-280**

XIV.1. Η μέθοδος της νετρονικής ενεργοποίησης, 271

XIV.2. Η μέθοδος των ισοτόπων του μολύβδου, 276

Βιβλιογραφία, 281

Πίνακας συμβόλων 297

Ευρετήριο βασικών όρων 299

ISBN 960-85271-1-2