

# Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2003)

2ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ



## Η ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Ιωακείμ Αργυρίου, Ευαγγελία Βαρέλλα, Νίκος Μπεκιάρης

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Αργυρίου Ι., Βαρέλλα Ε., & Μπεκιάρης Ν. (2025). Η ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 512–523. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7148>

## Η ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

**Αργυρίου Ιωακείμ**  
Εκπαιδευτικός ΔΕ,  
Χημικός, M.Sc  
iargyriou@sch.gr

**Βαρέλλα Ευαγγελία**  
Επίκουρη Καθηγήτρια  
Α.Π.Θ.  
varella@chem.auth.gr

**Μπεκιάρης Νίκος**  
Εκπαιδευτικός ΔΕ,  
Χημικός, ΔιχηNET  
bekiaris@artoo.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρόταση είναι ένα διαθεματικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα που αποβλέπει στην εξοικείωση με την θεωρία του χρώματος και την πρακτική της βαφικής.

Όπως θα φανεί όμως στη συνέχεια, πολλά από τα επιμέρους μικρά προγράμματα μπορούν πολύ καλά να χρησιμοποιηθούν ως αυτόνομο εκπαιδευτικό υλικό για την εξήγηση διαφόρων θεμάτων των φυσικών επιστημών.

Η εργασία προσφέρεται σε έντυπη και σε ηλεκτρονική μορφή (CD). Το CD δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα Director της Macromedia, ενώ χρησιμοποιήθηκαν μερικά κομμάτια Video, που μαγνητοσκοπήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργαστηριακής εφαρμογής στο σχολείο, και ενσωματώθηκαν στο συνολικό πρόγραμμα, αφού προηγουμένως έγινε κατάλληλη επεξεργασία τους με το πρόγραμμα Adobe Premiere. Επίσης χρησιμοποιούνται πολλά μικρά "movies" φτιαγμένα με το πρόγραμμα Macromedia Flash-5, που βελτιώνουν την διαδραστικότητα. Για παράδειγμα: Φωτεινή ακτινοβολία-ροή φωτονίων, διέγερση-αποδιέγερση ατόμου με απορρόφηση-εκπομπή φωτονίου, ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, ο ανθρώπινος οφθαλμός, έλεγχος αχρωματοψίας, προσθετική ανάμειξη χρωμάτων (ακτινοβολιών), αφαιρετική ανάμειξη χρωμάτων (χρωστικών) κ.ά.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** φως, φωτόνιο, ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, χρώμα, χρωματική εντύπωση, πρωτογενή, δευτερογενή και συμπληρωματικά χρώματα, προσθετική και αφαιρετική ανάμειξη χρωμάτων, έγχρωμες ουσίες, χρωστικές, βαφές.

### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

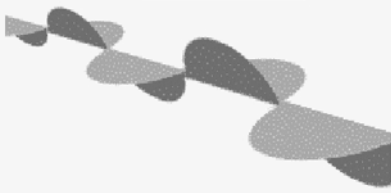
Αρχικά εξηγείται ποια είναι η φύση του φωτός και πώς παράγεται αυτό (Εικ.1-4),

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το φως > Η φύση του φωτός

ΤΟ ΦΩΣ	Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ	ΤΟ ΧΡΩΜΑ	ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ
--------	-------------------	----------	--------------

Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ  
 ΠΩΣ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΤΟ ΦΩΣ  
 Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ  
 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



**Σωματίδιο και κύμα**

Οι επιστήμονες γνωρίζουν σήμερα από τα πειραματικά δεδομένα ότι το φως συμπεριφέρεται άλλοτε όπως ένα **σωματίδιο** και άλλοτε όπως ένα **κύμα**.

Τα σωματίδια που συνδέουν την ύπαρξή τους με την σωματιδιακή θεώρηση του φωτός καλούνται **φωτόνια**. Τα φωτόνια είναι διαφορετικά από τα σωματίδια της ύλης στο ό,τι **δεν έχουν μάζα** και κινούνται πάντα με τη σταθερή ταχύτητα περίπου 300.000 Km/s, όταν βρίσκονται στο κενό.

Όταν το φως παθαίνει περιθλαση ή διάθλαση, εμφανίζει την κυματοειδή συμπεριφορά. Τα κύματα που συνδέονται με το φως καλούνται **ηλεκτρομαγνητικά κύματα**, επειδή συνοδεύονται από μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.

**Ηλεκτρομαγνητικό κύμα**  
Στην προσομοίωση φαίνεται η περιοδική αυξομείωση των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου (μπλε κύμανση) και του ηλεκτρικού πεδίου (πράσινη κύμανση).

Η φύση του φωτός - το φωτόνιο - το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

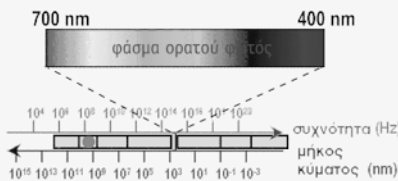
Εικ. 1

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το φως > Η φύση του φωτός

ΤΟ ΦΩΣ	Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ	ΤΟ ΧΡΩΜΑ	ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ
--------	-------------------	----------	--------------

**Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα**



700 nm 400 nm  
φάσμα ορατού φωτός

10<sup>4</sup> 10<sup>6</sup> 10<sup>8</sup> 10<sup>10</sup> 10<sup>12</sup> 10<sup>14</sup> 10<sup>16</sup> 10<sup>18</sup> 10<sup>20</sup> συχνότητα (Hz)  
10<sup>15</sup> 10<sup>13</sup> 10<sup>11</sup> 10<sup>9</sup> 10<sup>7</sup> 10<sup>5</sup> 10<sup>3</sup> 10<sup>1</sup> 10<sup>-1</sup> 10<sup>-3</sup> μήκος κύματος (nm)

FM-radio, TV

Οι γκρι περιοχές του σχήματος είναι ενεργές. Σურετε τον δείκτη για να δείτε λεπτομέρειες.

**Ιδιότητες ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων**

ο James Clerk Maxwell έδειξε ότι: τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα **διαδίδονται και στο κενό** χωρίς να χρειάζονται απαραίτητα κάποιο μέσο. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (όπως και τα συνήθη) χαρακτηρίζονται από τη **συχνότητα (f)** και το **μήκος κύματος (λ)**

$$c = \lambda \cdot f$$

c είναι η ταχύτητα του φωτός  $c=3 \times 10^8$  m/s στο κενό.

**Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα**

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατατάσσονται σε μια σειρά με βάση τη συχνότητά τους. Αυτή η σειρά λέγεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Όταν η ακτινοβολία έχει συχνότητα (ή μήκος κύματος) τέτοια, ώστε να γίνεται αισθητή από τον ανθρώπινο οφθαλμό, την λέμε **φως** ή **φωτεινή ακτινοβολία** (μήκος κύματος 400nm μέχρι 700nm)

Εικ. 2

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το φως > Η φύση του φωτός

ΤΟ ΦΩΣ	Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ	ΤΟ ΧΡΩΜΑ	ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ
--------	-------------------	----------	--------------

**Ενέργεια φωτονίου**

Το 1900 διατυπώθηκε από τον γερμανό φυσικό Max Planck η μαθηματική σχέση που συνδέει τις δύο φύσεις του φωτός, δηλαδή η σχέση μεταξύ της ενέργειας ενός φωτονίου και της συχνότητας ( $f$ ) του ηλεκτρομαγνητικού κύματος που το συνοδεύει:

$$E = h \cdot f \quad (1)$$

Όπου:  
 $h$  είναι η σταθερά Planck  $6,626 \cdot 10^{-34}$  Joule/s

(Επειδή το ένα φωτόνιο μεταφέρει λίγη ενέργεια, η σταθερά Planck είναι πολύ μικρή)

Εικ. 3

ποιες είναι οι ιδιότητες και ποια η συμπεριφορά του φωτός, πώς από την αλληλεπίδρασή του με την ύλη παράγονται οι χρωματικές ακτινοβολίες.

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το φως > Η φύση του φωτός

ΤΟ ΦΩΣ	Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ	ΤΟ ΧΡΩΜΑ	ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ
--------	-------------------	----------	--------------

**Πώς δημιουργούνται τα φωτόνια**

Το άτομο απορροφά φωτεινή ενέργεια, οπότε ένα από τα ηλεκτρόνια του πηδά σε ένα υψηλότερο επίπεδο ενέργειας  $E_B$ . Το άτομο λέγεται τότε διεγερμένο. Στη συνέχεια το ηλεκτρόνιο ενός διεγερμένου ατόμου πέφτει σε ένα χαμηλότερο επίπεδο ενέργειας  $E_A$ , οπότε το άτομο μπορεί να εκπέμψει το επιπλέον αυτό ποσό (κβάντο) ενέργειας υπό μορφή φωτονίου:

$$E_{\text{φωτονίου}} = E_B - E_A$$

Στις προσομοιώσεις-παραδείγματα αριστερά βλέπουμε ότι: φωτόνιο μικρής ενέργειας διεγείρει το ηλεκτρόνιο κατά μια στιβάδα και στην αποδιέγερση εκπέμπεται φωτόνιο μικρής ενέργειας (μικρής συχνότητας  $f$ ), ενώ φωτόνιο μεγάλης ενέργειας διεγείρει το ηλεκτρόνιο κατά δύο στιβάδες και στην αποδιέγερση εκπέμπεται φωτόνιο μεγάλης ενέργειας (μεγάλης συχνότητας  $f$ ).

Εικ. 4

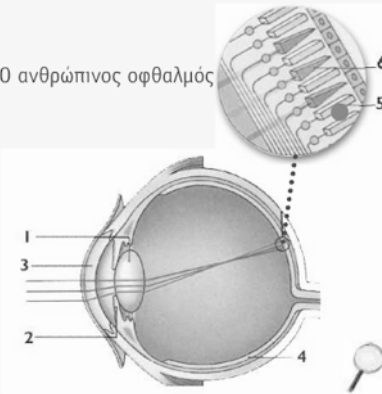
Πώς δημιουργείται η χρωματική εντύπωση στον άνθρωπο (Εικ. 5):

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Η ανθρώπινη όραση > Ο ανθρώπινος οφθαλμός

ΤΟ ΦΩΣ	Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ	ΤΟ ΧΡΩΜΑ	ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ
--------	-------------------	----------	--------------

Ο ανθρώπινος οφθαλμός



5. ραβδία

Ορισμένα σημεία της εικόνας είναι ενεργά. Σύρετε τον δείκτη για να δείτε λεπτομέρειες.

Ο ανθρώπινος οφθαλμός αποτελείται από:  
**το οπτικό** τμήμα, το οποίο εστιάζει την οπτική εικόνα στους **φωτοαισθητήρες** και ένα **νευρικό** τμήμα το οποίο μετατρέπει την οπτική εικόνα σε νευρικά ερεθίσματα, τα οποία μεταφέρονται στον εγκέφαλο.

Το οπτικό τμήμα αποτελείται γενικά από:

1. τον κρυσταλλοειδή φακό
2. την ίριδα
3. τον κερατοειδή χιτώνα
4. τον αμφιβλοστροειδή χιτώνα

Ο αμφιβλοστροειδής περιέχει τους φωτοαισθητήρες (οπτικά αισθητήρια κύτταρα) που είναι:

5. τα ραβδία που είναι αρμόδια για την οπτική αντίληψη του φωτεινού και του σκοτεινού και
6. τα κωνία που είναι αρμόδια για την αντίληψη των χρωμάτων

Ο ανθρώπινος αμφιβλοστροειδής περιέχει 100.000.000 ραβδία και 3.000.000 κωνία

Εικ. 5

και ποιες είναι οι προϋποθέσεις για την έγχρωμη εμφάνιση ενός αντικειμένου (Εικ. 6):

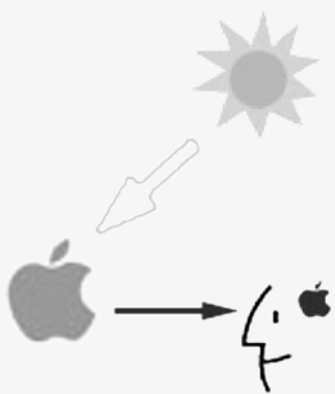
ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Η ανθρώπινη όραση > Η χρωματική εντύπωση

ΤΟ ΦΩΣ	Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ	ΤΟ ΧΡΩΜΑ	ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ
--------	-------------------	----------	--------------

Για τη δημιουργία χρωματικής εντύπωσης είναι απαραίτητα τα εξής:

1. Φωτεινή πηγή που φωτίζει το αντικείμενο
2. Το αντικείμενο να ανακλά μέρος της ακτινοβολίας
3. Οφθαλμός-φωτοαισθητήρες-εγκέφαλος



Εικ. 6

Εισάγονται οι όροι πρωτογενή, δευτερογενή και συμπληρωματικά “χρώματα” (ακτινοβολίες) (Εικ. 7),

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το χρώμα > Βασικές έννοιες

ΤΟ ΦΩΣ    Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ    ΤΟ ΧΡΩΜΑ    ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

**πρωτογενή και δευτερογενή χρώματα**

Όλα τα χρώματα θεωρούνται συνδυασμοί των τριών **πρωτογενών** χρωμάτων (primary colours):  
 Κόκκινο (Red)  
 Πράσινο (Green)  
 Μπλε (Blue)

Τα πρωτογενή χρώματα μπορούν να αναμειχθούν, ώστε να παραχθούν τα **δευτερογενή** χρώματα (secondary colours):  
 Ματζέντα (M) (κόκκινο+μπλε),  
 Κυανό (C) (πράσινο+μπλε),  
 Κίτρινο (Y) (κόκκινο+πράσινο)

(\*)Ματζέντα είναι το λεγόμενο πορφύρο

Ο συνδυασμός των τριών πρωτογενών χρωμάτων ή ενός δευτερογενούς με το αντίθετο πρωτεύον παράγουν το λευκό χρώμα, αν αναμειχθούν με συγκεκριμένες εντάσεις φωτός

Εικ. 7

και εξετάζεται διεξοδικά το θέμα της προσθετικής και της αφαιρετικής ανάμειξης ακτινοβολιών (Εικ. 8-9)

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το χρώμα > Η ανάμειξη των "χρωμάτων"

ΤΟ ΦΩΣ    Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ    ΤΟ ΧΡΩΜΑ    ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

**Προσθετική ανάμειξη χρωμάτων**

Προσθετική ανάμειξη χρωμάτων συμβαίνει όταν αναμειγνύονται φωτεινές ακτινοβολίες

Με την ανάμειξη εγχρώμων ακτινοβολιών ορισμένου μήκους κύματος και μάλιστα των τριών κύριων περιοχών του ορατού φάσματος: κόκκινο (Red), πράσινο (Green), μπλε (Blue) παράγεται λευκό φως

Το σύστημα αντίληψης χρωμάτων (κωνία-εγκέφαλος) λειτουργεί προσθετικά

Στο σχήμα βλέπουμε τα τρία πρωτογενή χρώματα (ακτινοβολίες). Αναμείξετε (σύροντας) τις ακτινοβολίες για να προκύψουν τα δευτερογενή χρώματα.

Εικ. 8

ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το χρώμα > Η ανάμειξη των "χρωμάτων"

ΤΟ ΦΩΣ    Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ    ΤΟ ΧΡΩΜΑ    ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

**Αφαιρετική ανάμειξη χρωμάτων**

Μια αφαιρετική ανάμειξη χρωμάτων προκύπτει, όταν λευκό φως προσπέσει διαδοχικά πάνω σε εγχρώμα γυάλινα φίλτρα τοποθετημένα το ένα μετά το άλλο. Το κάθε φίλτρο απορροφά (αφαιρεί) μια φωτεινή ακτινοβολία και αφήνει να περάσει η συμπληρωματική της.

Αν, για παράδειγμα, συνδυάσουμε τα τρία φίλτρα: κυανό, ματζέντα, κίτρινο, το αποτέλεσμα είναι να μη περνά καμιά ακτινοβολία του οπτικού φάσματος του λευκού φωτός. Κατά συνέπεια το χρωματικό αποτέλεσμα είναι . . . τίποτε = "μαύρο"

Στο σχήμα βλέπουμε τρία φίλτρα (κυανό, ματζέντα, κίτρινο) που παρεμβάλλονται μεταξύ πηγής λευκού φωτός και του παρατηρητή. Συνδυάστε (σύροντας) τα φίλτρα, για να δείτε τι ακτινοβολία φτάνει κάθε φορά στον παρατηρητή.



✕    ⏪    ⏩    ▶

Εικ. 9

Επίσης εξετάζονται οι ιδιότητες του χρώματος με βάση τις οποίες γίνεται η μέτρησή του (μετρήσιμες ιδιότητες των χρωμάτων: απόχρωση, κορεσμός, λαμπρότητα) (Εικ. 10)

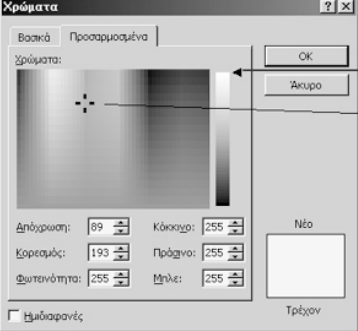
ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ

Το χρώμα > Η μέτρηση του χρώματος

ΤΟ ΦΩΣ    Η ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΟΡΑΣΗ    ΤΟ ΧΡΩΜΑ    ΟΙ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

**Χρώματα**

Βασικά Προσαρμοσμένα

Χρώματα: 

OK    Άκυρο

ρυθμιστής φωτεινότητας  
δείκτης

Διόχρωση: 89    Κοκκασο: 255  
Κορεσμός: 193    Πρόχρωμο: 255  
Φωτεινότητα: 255    Μήλε: 255

Νέο

Τρέχον

Σε παρουσίαση εικόνων στην οθόνη του υπολογιστή διαλέγουμε πρώτα την απόχρωση σύροντας τον σταυροειδή δείκτη δεξιά-αριστερά και μετά ρυθμίζουμε τον κορεσμό σύροντας τον σταυροειδή δείκτη πάνω-κάτω. Σύροντας τον δείκτη προς τα κάτω αυξάνεται το ποσοστό του 'λευκού' και άρα μειώνεται ο κορεσμός.

✕    ⏪    ⏩    ▶

Εικ. 10

Στη συνέχεια, και αφού με όλα τα προηγούμενα έχει δομηθεί το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο, ορίζονται βασικές έννοιες από τη χημεία των χρωστικών και των βαφών, όπως: έγχρωμες ουσίες (Εικ. 11), ποιες ουσίες ονομάζονται χρωστικές, χρώματα-βαφές, χρωμοφόρες ομάδες κ.ά., ενώ διερευνάται η σχέση χημικής δομής και χρώματος μιας ένωσης.



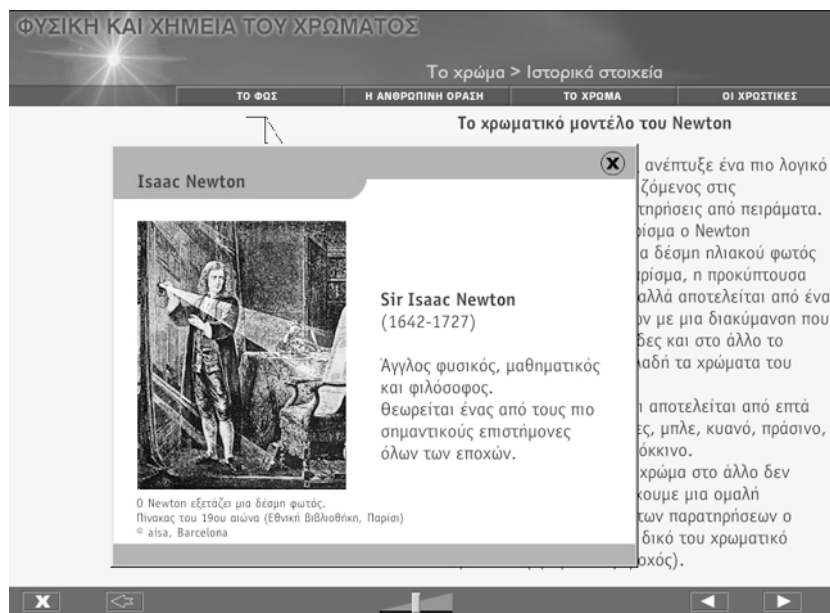
Εικ. 11

Αναφέρονται οι χρήσεις των χρωστικών και οι ιδιότητες που πρέπει να έχουν, και περιγράφονται οι κυριότερες διαδικασίες βαφής ινών ως εισαγωγή για το πειραματικό μέρος που θα ακολουθήσει και συγκεκριμένα το τμήμα που αφορά τη βαφή υφασμάτων.

Παράλληλα δίνονται ιστορικά στοιχεία σχετικά με την εξέλιξη των θεωριών για το φως την όραση και το χρώμα, καθώς και με τη χρησιμοποίηση των φυσικών χρωστικών (Εικ. 12, 13)



Εικ. 12

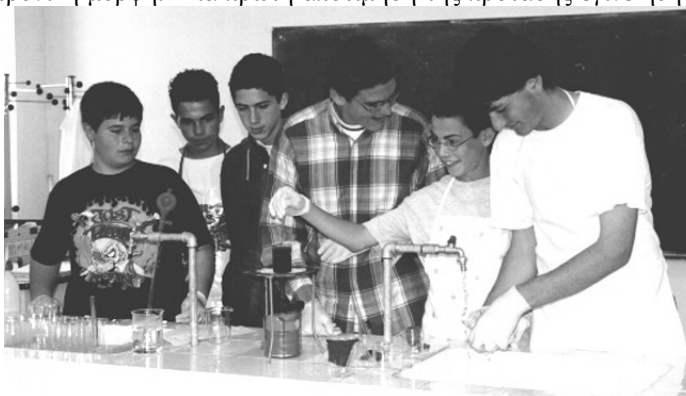


Εικ. 13

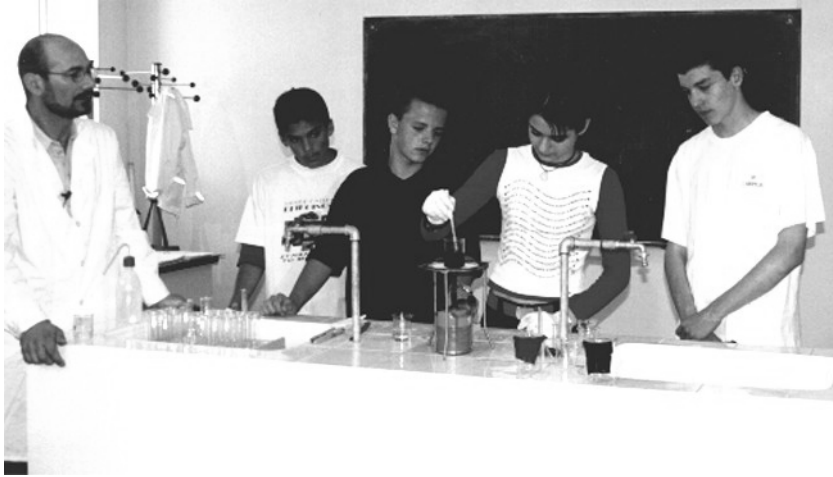
Η ιδέα του να βάνει ή να ζωγραφίσει με δικές του χρωστικές είναι συναρπαστική για τον μαθητή, και συνεισφέρει σε σημαντικό βαθμό στην ανάπτυξη του ενδιαφέροντός του για την Χημεία. Για το λόγο αυτό στη συνέχεια καταγράφεται σειρά πειραμάτων που σκοπό έχουν την παρασκευή στο σχολικό εργαστήριο εγχρώμων ουσιών και χρωστικών, και περαιτέρω τη χρησιμοποίησή τους στη βαφή υφασμάτων.

Πρόθεσή μας ήταν να αναπτύξουμε ένα ολοκληρωμένο ταχύρρυθμο εκπαιδευτικό πρόγραμμα σε ηλεκτρονική μορφή. Μια πρώτη αποτίμηση της πρότασης έγινε ήδη σε

γυμνάσιο του νομού Θεσσαλονίκης (1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Περαιάς) με πολύ θετικά αποτελέσματα (Εικ. 14, 15).

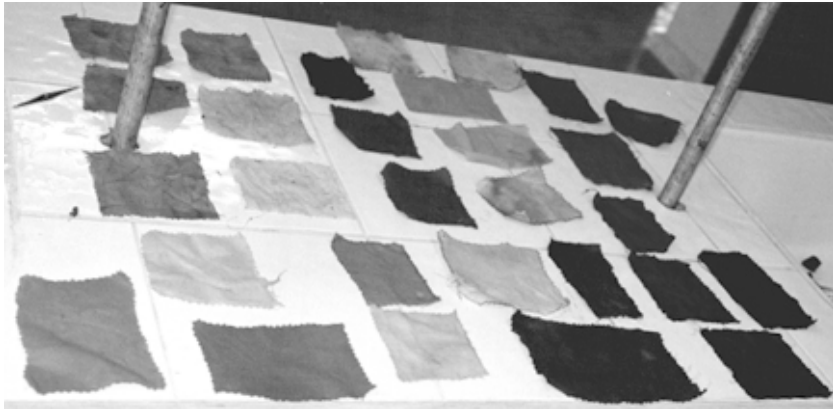


Εικ. 14



*Εικ. 15*

Πιστεύεται ότι η επεξεργασία των αποτελεσμάτων θα επιτρέψει την εφαρμογή του προγράμματος στο μέσο ελληνικό σχολείο.



*Εικ. 16: Δείγμα της δουλειάς των μαθητών*

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:**

Η ανάπτυξη του πρώτου μέρους ‘‘η φυσική του χρώματος’’ στηρίχτηκε στο αναλυτικό πρόγραμμα της φυσικής της Β’ γυμνασίου. Θα ήταν σωστό όμως να γίνει σαφές ότι πολλά σημεία της θεωρίας έχουν αναπτυχθεί περισσότερο από όσο μπορεί να ‘αντέξει’ το γνωστικό επίπεδο μαθητών Γυμνασίου. Αυτό έγινε συνειδητά και για δύο λόγους:

Ο πρώτος λόγος είναι για να υπάρχει μια συνέχεια και πληρότητα κατά το δυνατόν στα στοιχεία που παρατίθενται. Ο δεύτερος είναι γιατί ελπίζουμε ότι αυτά τα επιπλέον θεωρητικά στοιχεία θα αποτελέσουν το έναυσμα για περαιτέρω ενασχόληση

με το θέμα ‘‘χρώμα’’. Στο τέλος της εργασίας, άλλωστε, παρατίθεται μια σειρά πηγών, στις οποίες μπορεί (και πρέπει) να ανατρέξει κάποιος που θα ήθελε πιο ειδικές πληροφορίες σε επιμέρους θέματα.

Ο χαρακτήρας της εργασίας, όπως ήδη έχουμε αναφέρει και όπως φάνηκε από τα προηγούμενα, είναι διαθεματικός.

Η βαφή των υφασμάτων με φυσικές χρωστικές μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Βιολογία σαν αφορμή για να επεκταθεί κανείς πιο πέρα, όπως για παράδειγμα να αναφερθεί σε φυσικές (βιολογικές) χρωστικές ουσίες και στην σημασία τους για την φωτοσύνθεση ή στην ουσιαστική επίδραση του χρώματος στα βιολογικά συστήματα.

Επίσης γίνεται σύνδεση με την Βιολογία, όταν περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται η χρωματική εντύπωση, δηλαδή το πώς βλέπουμε τα χρώματα.

Στο μέρος που αφορά τη ‘χημεία του χρώματος’ μπορεί να τονισθεί από επιστημονική-ιστορική πλευρά ότι χρωστικές και φάρμακα έχουν κοινές ρίζες.

Τα ιστορικά στοιχεία για το φως, το χρώμα και τις χρωστικές που παρατίθενται θα μπορούσαν να αποτελέσουν ιδέα για συνθετική εργασία, για κάποιον μαθητή ή και ομάδα μαθητών που θα ήθελαν να ασχοληθούν ειδικότερα με την ιστορία των φυσικών επιστημών.

Τα χρώματα είναι βασικό στοιχείο του περιβάλλοντός μας και αναμφισβήτητα παίζουν σπουδαίο ρόλο στη ζωή μας. Η εργασία αυτή θα μπορούσε επομένως να αποτελέσει αφορμή για την ανάπτυξη ενός προγράμματος περιβαλλοντικής αγωγής.

Μια σύνδεση με την κοινωνιολογία είναι επίσης εφικτή. Θα μπορούσε να διερευνηθεί ο κοινωνικός ρόλος των έγχρωμων ενδυμάτων ή ακόμη και η επίδραση των χρωμάτων στη συμπεριφορά ομάδας ανθρώπων.

Στο μάθημα των καλλιτεχνικών είναι επίσης δυνατή και επιθυμητή η συνεργασία.

Πολλά από τα πειράματα είναι κατάλληλα για επίδειξη χημικών φαινομένων στο πλαίσιο επιστημονικών επιδείξεων ή πειραμάτων-εκπλήξεων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

1. Αλεξάνδρου Ν. (1973), Γενική Οργανική Χημεία-Δομή και Μηχανισμοί, ΑΠΘ,
2. Αλεξάνδρου Ν.- Βάρβογλης Α. (1974), Μαθήματα Οργανικής Χημείας, ΑΠΘ,
3. Αντωνίου Ν.- Βαλαδάκης Α.- Δημητριάδης Π.- Παπαμιχάλης Κ.- Παπατσίμπα Λ., (2001), Φυσική Β΄ Γυμνασίου, ΟΕΔΒ, Αθήνα
4. Αργύρης Ι.- Κοτσιφάκη Ε.- Μάργαρης Ν.- Μάρκου Σ.- Παπαδόπουλος Ν. Παπαφίλης Α.- Παταργιάς Θ.- Σέκερης Κ., (1998), Βιολογία Γ΄ Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
5. Γεωργακάκος Π.- Σκαλωμένος Α.- Σφαρνάς Ν.- Χριστακόπουλος Ι., (2001), Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ Λυκείου, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
6. Γεωργιάτσου Ι., (1973), Βιοχημεία, Πάτρα.
7. Γιαννακουδάκη Δ.Α.- Μανουσάκη Γ.Ε., (1975), Γενική και Ανόργανος Χημεία, ΑΠΘ
8. Γιούρη-Τσόχατζη Κ., (2000), Διδακτική πειραμάτων Χημείας, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
9. Καφετζόπουλος Κ., (2001), Η χημεία της Τέχνης και η τέχνη της Χημείας, Ερευνητική εργασία μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, ΔιχηNET, Αθήνα

10. Τσατσαρώνη Γ., (1976), Οργανική Χημική Τεχνολογία-Χημεία οργανικών χρωμάτων, ΑΠΘ,
11. Τσατσαρώνη Ε.-Ελευθεριάδη Ι., (1995), Σημειώσεις Χημείας και Τεχνολογίας Χρωμάτων, ΑΠΘ,

### **Ξένη**

12. Bitter Thomas (1989), Elemente Chemie II. Ernst Klett Schulbuchverlag GmbH, Stuttgart
13. Bukatsch, Glöckner: Experimentelle Schulchemie. Organische Chemie Band 6/II; Aulis-Verlag Koeln.
14. Freier Felix – Sarrazin Norbert, (1985), Fotos -Selbst entwickeln -Selbst vergrößern. DuMont Buchverlag, Koeln
15. Engesser Hermann (1988), Schueler Duden, Die Chemie. Bibliographisches Institut, Mannheim.
16. Kueppers, Harald. (2000), Das Grundgesetz der Farbenlehre (9. Auflage). DuMont Buchverlag, Koeln
17. Liening, Quante, Thomas, Wittke. (1993), Lehrbuch der Chemie. Moritz Diesterweg & Co GmbH, Frankfurt am Main
18. Roemp-Chemie Lexikon CD (1995), Version 1,0. Stuttgart/New York. Georg Thieme Verlag.

### **Ηλεκτρονική**

- <http://www.seilnacht.tuttlingen.com/>  
<http://www.farbe.com/>  
<http://www.wissen.de/>  
<http://encarta.msn.com/>  
[http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/color/color\\_e.html](http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/color/color_e.html) - color  
<http://leandros.chem.demokritos.gr/labs/theory/ph2000/theory18.html>.  
<http://www.fi.edu/color/>  
<http://www.merian.fr.bw.schule.de/beck/skripten/12/bs12-39.htm>  
<http://www.physics.sfasu.edu/astro/color.html> - chromaticity  
<http://graphics.lcs.mit.edu/classes/6.837/F98/Lecture4>  
<http://www.engineering.uiowa.edu/~aip/Misc/ColorFAQ.html>  
<http://www.ariel.cs.yorku.ca/~cs952052/4361/colour/>  
<http://www.apple.com/>  
<http://www.canon.com/>  
<http://www.cs.brown.edu/courses/cs092/VA10/HTML/ColorModels.html>  
<http://accept.la.asu.edu/PiN/rdg/color/color.shtml>  
<http://www.schulphysik.de/optik.html>  
<http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/Class/light/u12l2a.html> - white  
<http://www.rgbworld.com/color.html>  
<http://www.experimentalchemie.de/index-01.htm>  
<http://www.cipsi-ag.de/Experimente.html>  
<http://www.bway.net/~jscruggs/index3.html>  
<http://www.thetech.org/exhibits/online/color> (πολύ καλό για μαθητές)

<http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/dictionary.html>  
<http://scienceworld.wolfram.com/biography>  
<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history>  
<http://www.adobe.com/support/techguides/color/colormodels>  
<http://www.munsell.com/>  
<http://www.fh-augsburg.de/~harsch/germanica/Chronologie/19Jh/Runge>  
<http://www.dmem.strath.ac.uk/Student/Classes/81302/Colour.ppt>  
<http://graphics.lcs.mit.edu/classes/6.837/F98/Lecture4/homepage.html>  
<http://library.thinkquest.org/50065/science/theories.html>

### **Φωτογραφίες**

<http://www.th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physlist.html>  
<http://www.arizonacactussales.com/tips/coch2.jpg>  
<http://www.andaluciaphotogallery.com/>  
<http://www.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/lindman/>  
<http://www.jaxshells.org/purpur.jpg>  
<http://www.pallensmith.com/features/garden/images/indigo.jpg>  
<http://www.startpoint.gr/>  
<http://www.ebuyguru.com/>  
<http://www-istp.gsfc.nasa.gov/Education/Figures/>  
[http://www.office1.is/ssp/images/Textmarker\\_fluor\\_5\\_saman.jpg](http://www.office1.is/ssp/images/Textmarker_fluor_5_saman.jpg)  
<http://www.reinhilde.com/media>  
[http://www.cals.wisc.edu/media/news/00\\_sci-rept/phosphorus/flame.jpg](http://www.cals.wisc.edu/media/news/00_sci-rept/phosphorus/flame.jpg)  
<http://mexplaza.com.mx/wm/paint/auth/greco/cardinal.jpg>  
[www.solargeometry.com](http://www.solargeometry.com)  
[www.br.geocities.com/saladefisica3/fotos](http://www.br.geocities.com/saladefisica3/fotos)  
<http://www.mtsu.edu/~rbombard/RB/Sylab/desdisc.gif>  
<http://www-obs.univ-lyon1.fr/~ga/images/boutons/huygens.gif>  
<http://www.colorado.edu/physics/2000/quantumzone>