

# Φασματοσκοπία για μικρούς μαθητές

(και όχι μόνο)

## **Από τον ουρανό στη Γη**

Σε όλους μας έχει τύχει να θαυμάσουμε ύστερα από μια βροχή το ουράνιο τόξο με τα χρώματά του στον ουρανό, ενώ πολλοί από εμάς έχουν δει τα ίδια χρώματα να σχηματίζονται στην κάτω επιφάνεια ενός οπτικού δίσκου (CD ή DVD).

### **Εικόνα 1**

*Το ουράνιο τόξο*



### **Εικόνα 2**

*Τα χρώματα του ουράνιου τόξου σε ένα DVD*



Τι κοινό συμβαίνει λοιπόν εκεί ψηλά στον ουρανό και στην επιφάνεια του οπτικού δίσκου και εμφανίζονται τα ίδια χρώματα; Στην περίπτωση του ουράνιου τόξου για να φανούν τα χρώματα πρέπει να συναντηθούν το φως και τα σταγονίδια του νερού με τα οποία είναι γεμάτη η ατμόσφαιρα ύστερα από τη βροχή. Ανάλογη συνάντηση πρέπει να γίνει μεταξύ του φωτός και του οπτικού δίσκου για να σχηματιστούν τα ανάλογα χρώματα. Όταν λοιπόν το φως αλληλεπιδρά με τα σταγονίδια του νερού ή με την κάτω επιφάνεια ενός οπτικού δίσκου, εμφανίζονται τα γνωστά σε όλους μας χρώματα του ουράνιου τόξου, χαρακτηριστικό αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης.

## **Προετοιμάζοντας τον οπτικό δίσκο**

Είναι πολύ εύκολο να πειραματιστούμε με την αλληλεπίδραση φωτός και οπτικού δίσκου, αφ' ενός γιατί οι τελευταίοι βρίσκονται σε αφθονία σε όλα τα σπίτια και αφ' ετέρου γιατί υπάρχει μεγάλη ποικιλία φωτεινών πηγών εύκολα προσβάσιμη στον καθένα μας (ήλιος, λαμπτήρες διαφόρων τύπων, λέιζερ κ.α).

Για τα πειράματά μας πρέπει να προετοιμάσουμε κατάλληλα ένα DVD αποχωρίζοντας με ένα λεπτό μαχαιράκι τον κάτω δίσκο (αυτόν που θα χρησιμοποιήσουμε) από τον πάνω δίσκο (εικ. 3 – 5).

### **Εικόνα 3**

*Με ένα λεπτό μαχαιράκι αποχωρίζουμε προσεκτικά τον κάτω δίσκο ενός DVD.*



### **Εικόνα 4**

*Καθαρίζουμε με κολλητική ταινία τα υπολείμματα καθρέπτη που είναι κολλημένα επάνω του.*



### **Εικόνα 5**

*Τελικά παίρνουμε ένα διαφανή δίσκο έτοιμο για τις παρατηρήσεις μας. Επί πλέον μπορούμε εύκολα να αφαιρέσουμε το μοβ χρώμα εμβαπτίζοντας το δίσκο σε οινόπνευμα.*

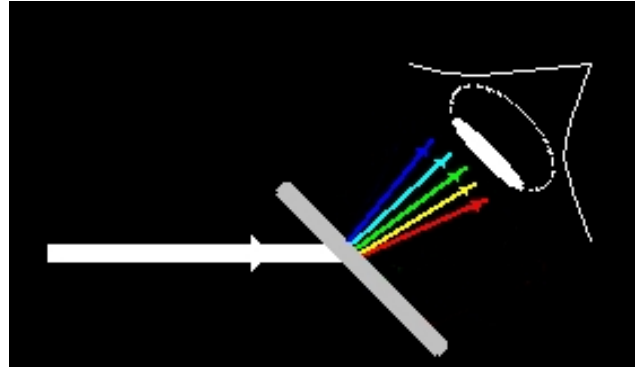


## **Κοιτώντας μέσα από τον οπτικό δίσκο**

Έχοντας προετοιμάσει κατάλληλα τον οπτικό μας δίσκο, είμαστε σε θέση να αρχίσουμε τις παρατηρήσεις μας. Οι παρατηρήσεις πρέπει να γίνονται κοιτώντας το δίσκο υπό γωνία σε σχέση με την διεύθυνση που το φως προσπίπτει στο δίσκο (εικ. 6). Μπορούμε επίσης να κατασκευάσουμε με τον οπτικό δίσκο ένα ζευγάρι γυαλιά, καθώς και ένα μονογυάλι για χρήση με φωτογραφική μηχανή ή με βιντεοκάμερα (εικ. 7).

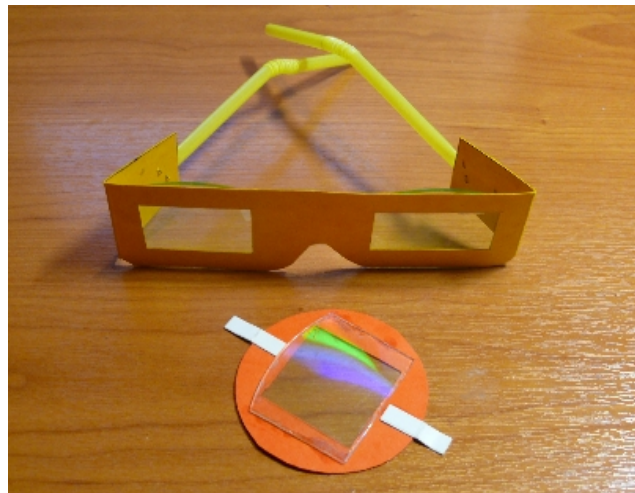
**Εικόνα 6**

*Διάταξη παρατήρησης*



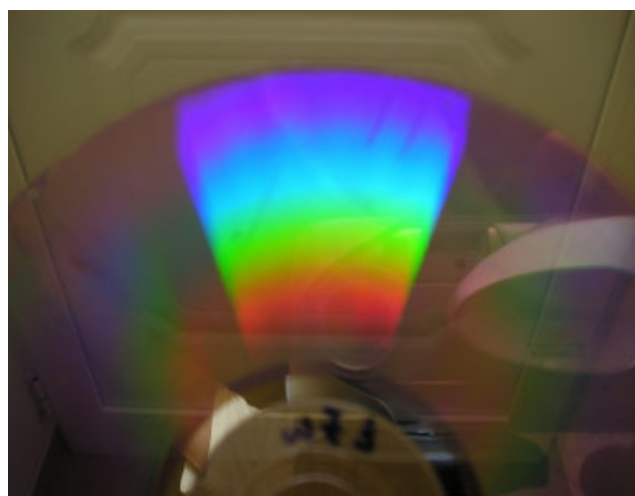
**Εικόνα 7**

*Ένα ζευγάρι γυαλιά και ένα μονογυάλι.*



**Εικόνα 8**

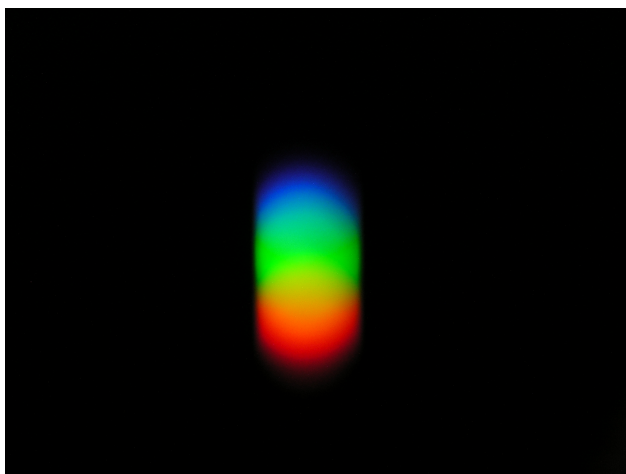
*Το φως της ημέρας που μπαίνει από ένα παράθυρο<sup>1</sup>, όταν περάσει μέσα από τον οπτικό δίσκο δίνει ένα υπέροχο ουράνιο τόξο.*



<sup>1</sup> Η παρατήρηση αυτή γίνεται καλύτερα μέσα από ένα δωμάτιο, απ' ό,τι σε εξωτερικό χώρο.

### **Εικόνα 9**

Ο φωτεινός δίσκος της Πανσέληνου “σπάει” σε επικαλυπτόμενους πολύχρωμους δίσκους, όταν τον κοιτάξουμε μέσα από τον οπτικό δίσκο.



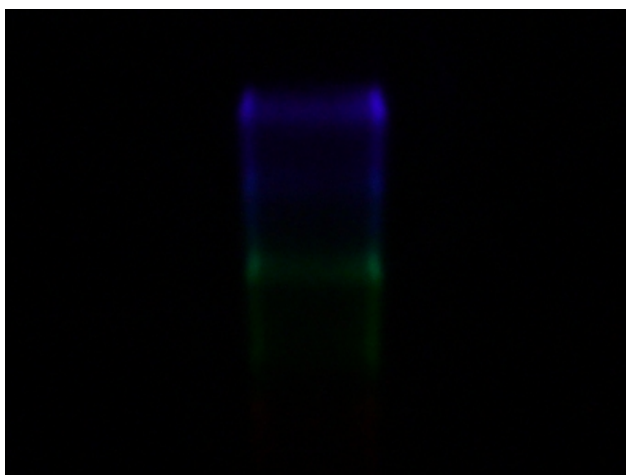
### **Εικόνα 10**

Το φως του φωτεινού σωλήνα της λάμπας γραφείου<sup>2</sup> σχηματίζει ένα καταπληκτικό σχέδιο πολύχρωμων γραμμών, όταν περάσει μέσα από τον οπτικό δίσκο και μπει στα μάτια μας.



### **Εικόνα 11**

Φωτογραφία<sup>3</sup> μέσα από τον οπτικό δίσκο της φλόγας μιας κοινής φιάλης υγραερίου που χρησιμοποιούμε στα σπίτια μας για το ψήσιμο του καφέ.

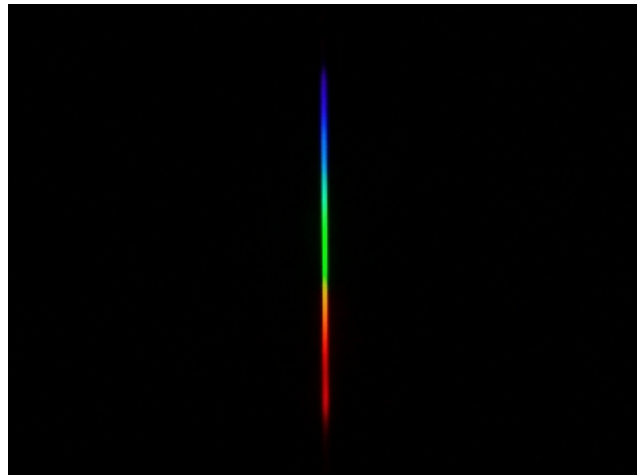


<sup>2</sup> Πρόκειται για λάμπα τύπου CFL (Compact Fluorescent Lamp) ή πιο κοινά για λάμπα εξοικονόμησης ενέργειας. Πολλά φωτιστικά του σπιτιού μας έχουν τέτοιες λάμπες.

<sup>3</sup> Η φωτογραφία έχει ληφθεί από πολύ κοντά και με μεγάλο χρόνο έκθεσης. Δεν συνιστάται να γίνει παρατήρηση της φλόγας από κοντά με γυμνό οφθαλμό.

### Εικόνα 12

Έτσι φαίνεται μέσα από τον οπτικό δίσκο η φλόγα ενός κεριού.



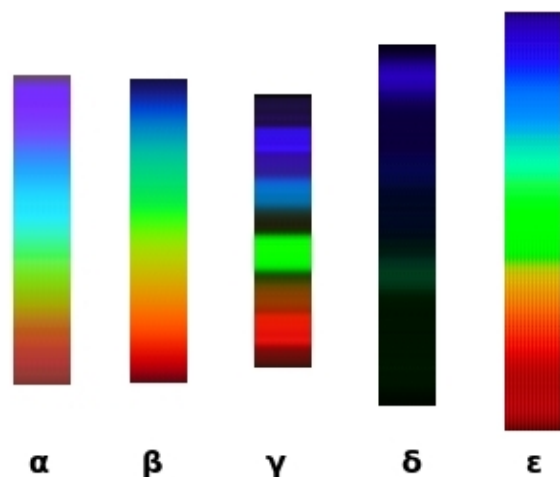
### Ομοιότητες και διαφορές

Κάποιος απαίδευτος σχετικά με αυτά τα φαινόμενα μπορεί εύκολα να αναγνωρίσει ομοιότητες και διαφορές<sup>4</sup> στις εικόνες 8 έως 12. Μπορεί να αναγνωρίσει διαφορές στο σχήμα, στο μέγεθος, στο μήκος ή στο πλάτος. Η ομοιότητα που συνήθως αναγνωρίζει, είναι ότι όλες οι εικόνες περιέχουν περίπου τα ίδια χρώματα. Φυσικά αυτή δεν είναι η περίπτωση που μας ενδιαφέρει. Γι' αυτό πρέπει να γίνει ένα βήμα ακόμα.

Με τη βοήθεια ενός προγράμματος επεξεργασίας εικόνας αποκόπτουμε από το κεντρικό τμήμα κάθε εικόνας (8 - 12) ένα ορθογώνιο τμήμα μικρού πλάτους (2 – 3 εικονοστοιχεία). Στη συνέχεια για κάθε τμήμα δημιουργούμε εικόνες με αντιγραφή και επικόλληση τοποθετώντας τα επικολλούμενα τμήματα το ένα δίπλα στο άλλο (εικ. 13).

### Εικόνα 13

- α. Φως της ημέρας (εικ. 8)
- β. Φως της Πανσέληνου (εικ. 9)
- γ. Φως της λάμπας γραφείου (εικ. 10)
- δ. Φως της φλόγας υγραερίου (εικ. 11)
- ε. Φως της φλόγας κεριού (εικ. 12)



Μελετώντας κάποιος τις παραπάνω εικόνες (α – ε), πιστεύω ότι μπορεί εύκολα να φτάσει σε συμπεράσματα σχετικά με το θέμα μας. Κατ' αρχάς εύκολα μπορεί κάποιος να δημιουργήσει δύο ομάδες (α, β, ε) και (γ, δ) με κριτήριο τη βαθμιαία (συνεχή) αλλαγή (μετάπτωση) του χρώματος. Στην πρώτη ομάδα παρατηρείται συνεχής αλλαγή του

4 Από προσωπική έρευνα σε μαθητές δημοτικού και γυμνασίου, καθώς και σε γνωστούς ενήλικες.

χρώματος, ενώ στη δεύτερη εμφανίζονται έγχρωμες γραμμές<sup>5</sup>. Στις εικόνες της πρώτης ομάδας μπορεί κάποιος να διακρίνει διαφορές στην “ποσότητα” των χρωμάτων ή στην σχετική τους αναλογία<sup>6</sup> (π.χ το φως της ημέρας περιέχει πολύ μπλε χρώμα, ενώ το φως του φεγγαριού λίγο), ενώ στις εικόνες της δεύτερης ομάδας μπορεί να διακρίνει διαφορές στον αριθμό και το χρώμα των γραμμών.

## **Η αλληλεπίδραση φωτός και ύλης και τα οπτικά αποτυπώματα**

Για να δει κάποιος άνθρωπος ένα αντικείμενο πρέπει φως προερχόμενο από το αντικείμενο να μπει στα μάτια του. Το φως που εκπορεύεται από ένα σώμα “μεταφέρει” πληροφορίες που είναι χαρακτηριστικές αυτού του σώματος. Αν υπάρχει τρόπος να “δούμε” αυτό το φως, τότε μπορούμε να βγάλουμε μερικά συμπεράσματα για το σώμα (π.χ τι είδους σώμα είναι). Ο οπτικός δίσκος μας δίνει τη δυνατότητα να “δούμε” το φως που προέρχεται από ένα σώμα, γιατί έχει την ιδιότητα να το αναλύει στις ακτινοβολίες από τις οποίες αποτελείται (εικ. 6). Αν λοιπόν ανάμεσα σε ένα σώμα και στα μάτια μας (ή σε μια φωτογραφική μηχανή) παρεμβάλλουμε έναν οπτικό δίσκο, τότε στον αμφιβληστροειδή μας χιτώνα (ή στον αισθητήρα της μηχανής μας) θα σχηματιστεί το οπτικό αποτύπωμα του σώματος που εκπέμπει το φως.

Τα οπτικά αποτυπώματα είναι χαρακτηριστικά για τα φωτεινά σώματα, όσο χαρακτηριστικά είναι και τα δακτυλικά αποτυπώματα για τους ανθρώπους. Ακόμα, όπως η αστυνομία μπορεί να ανακαλύψει κάποιον κακοποιό συγκρίνοντας δακτυλικά αποτυπώματα που έχει βρει στον τόπο του εγκλήματος με δακτυλικά αποτυπώματα που έχει στα αρχεία της, έτσι και οι επιστήμονες μπορούν να ανακαλύψουν από ποιες ουσίες αποτελείται ένα σώμα συγκρίνοντας τα οπτικά του αποτυπώματα με τα οπτικά αποτυπώματα γνωστών ουσιών που έχουν στα αρχεία τους. Μπορούμε λοιπόν να θεωρήσουμε την εικόνα 13α σαν το οπτικό αποτύπωμα του φωτός της ημέρας<sup>7</sup>, την εικόνα 13β σαν το οπτικό αποτύπωμα του φεγγαριού, την εικόνα 13γ σαν το οπτικό αποτύπωμα της λάμπας εξοικονόμησης ενέργειας, την εικόνα 13δ σαν το οπτικό αποτύπωμα του καιγόμενου υγραερίου και την εικόνα 13ε σαν το οπτικό αποτύπωμα του καιγόμενου κεριού.

## **Μερικές απλές εφαρμογές**

Έχοντας υπ' όψη ότι τα φωτεινά σώματα<sup>8</sup> παρουσιάζουν χαρακτηριστικά οπτικά αποτυπώματα το καθένα, θα εξετάσουμε οπτικά αποτυπώματα συνηθισμένων σωμάτων<sup>9</sup> και θα προσπαθήσουμε να διακρίνουμε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

### **1. Οπτικά αποτυπώματα οικιακών λαμπτήρων**

Στα σπίτια μας υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί τύποι λαμπτήρων που ο καθένας δίνει διαφορετικό φως. Με τη βοήθεια των ειδικών γυαλιών από οπτικό δίσκο (εικ. 7) μπορούμε να παρατηρήσουμε ή να φωτογραφίσουμε τα οπτικά τους αποτυπώματα.

5 Συνεχή και γραμμικά φάσματα.

6 Μήκος κύματος ακτινοβολίας και σχετική ένταση ακτινοβολίας.

7 Ουσιαστικά σαν το οπτικό αποτύπωμα της ατμόσφαιρας την ημέρα.

8 Εδώ σαν φωτεινά σώματα θεωρούμε και τα αυτόφωτα και τα ετερόφωτα σώματα.

9 Αυτόφωτων και ετερόφωτων (διαφανών και αδιαφανών).

### Εικόνα 14

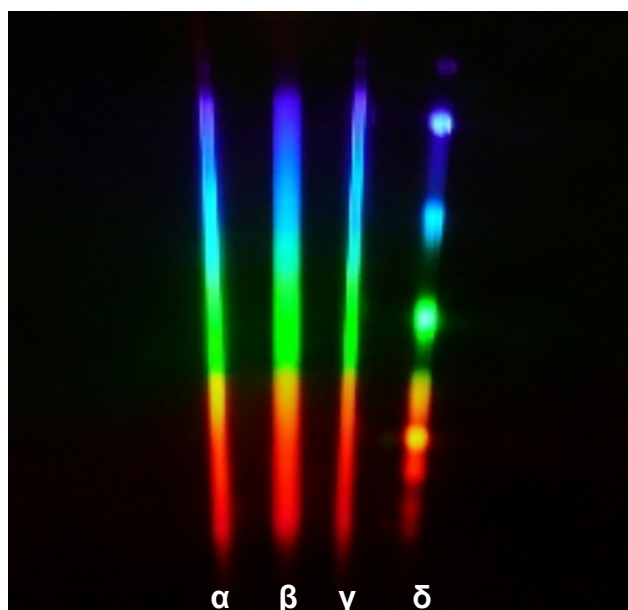
Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη φωτογράφιση των οπτικών αποτυπωμάτων.



### Εικόνα 15

Οπτικά αποτυπώματα οικιακών λαμπτήρων:

- α. Τυπικού φωτός (η κοινή διάφανη λάμπα)
- β. Έντονου λευκού φωτός (γάλακτος)
- γ. Φωτός ημέρας (μπλε ή ηλιακού φωτός)
- δ. Εξοικονόμησης ενέργειας



Οι λαμπτήρες που στηρίζουν τη λειτουργία τους σε πυράκτωση μεταλλικού σύρματος, όπως στις περιπτώσεις α, β και γ, παρουσιάζουν συνεχή οπτικά αποτυπώματα<sup>10</sup>, ενώ οι λαμπτήρες που στηρίζουν τη λειτουργία τους σε διέγερση αερίου, όπως στην περίπτωση δ, παρουσιάζουν ασυνεχή (γραμμικά) οπτικά αποτυπώματα. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι κοιτώντας το οπτικό αποτύπωμα ενός λαμπτήρα μπορούμε να καταλάβουμε σε ποια κατηγορία ανήκει.

## 2. Ανίχνευση χρωστικών ουσιών

### α. Σε ζελατίνες (διαφανή σώματα)

Στην παρακάτω εικόνα 16 υπάρχουν τρεις διαφανείς ζελατίνες<sup>11</sup> που είναι εμποτισμένες με τρεις ξεχωριστές χρωστικές ουσίες (μπογιές) η κάθε μία. Αυτές οι χρωστικές ουσίες έχουν μια ξεχωριστή ιδιότητα: “Με κατάλληλο συνδυασμό τους μπορούν να παραχθούν όλες οι

<sup>10</sup> Ακόμα θα μπορούσαμε με προσεκτική παρατήρηση των οπτικών αποτυπωμάτων α, β και γ να διακρίνουμε μεταξύ τους αυτούς του λαμπτήρες, αλλά αυτό θεωρείται δύσκολο για μικρούς μαθητές.

<sup>11</sup> Πρόκειται για τις μεμβράνες που χρησιμοποιούν ορισμένες μηχανές εκτύπωσης ψηφιακών φωτογραφιών.

χρωστικές ουσίες". Μπορούμε άραγε να διαπιστώσουμε από ποιες βασικές χρωστικές ουσίες αποτελείται μια οποιαδήποτε χρωστική, αν γνωρίζουμε τα οπτικά αποτυπώματα των βασικών χρωστικών και της συγκεκριμένης χρωστικής;

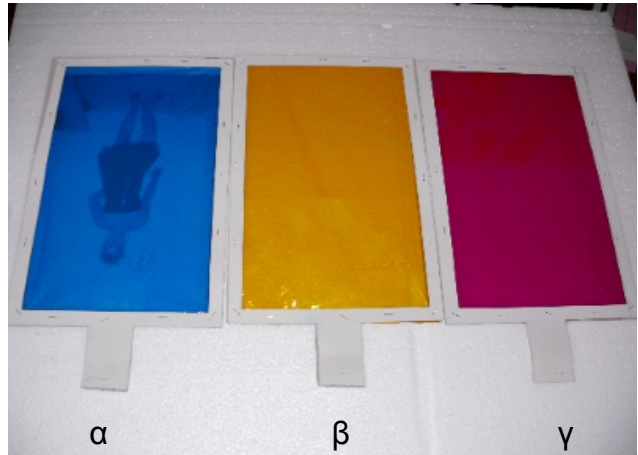
### **Εικόνα 16**

Τρεις διαφανείς ζελατίνες εμποτισμένες με:

**α:** αντι-κόκκινη χρωστική

**β:** αντι-μπλε χρωστική

**γ:** αντι-πράσινη χρωστική<sup>12</sup>



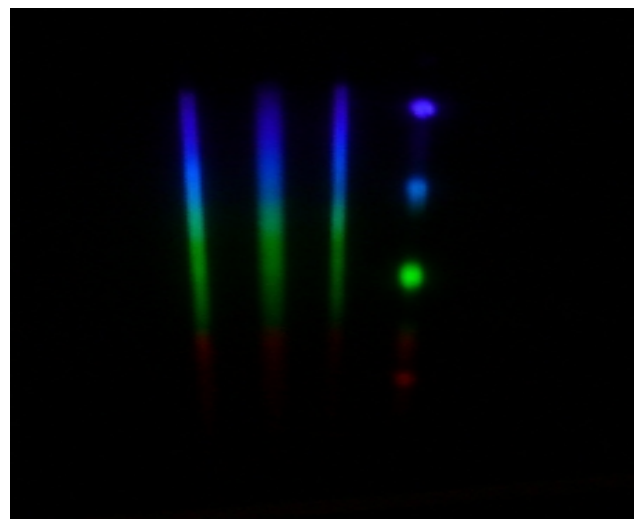
### **Εικόνα 17**

Η διάταξη για τη λήψη των οπτικών αποτυπωμάτων των χρωστικών.



### **Εικόνα 18**

Τα οπτικά αποτυπώματα της αντι-κόκκινης χρωστικής με φως από διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων.

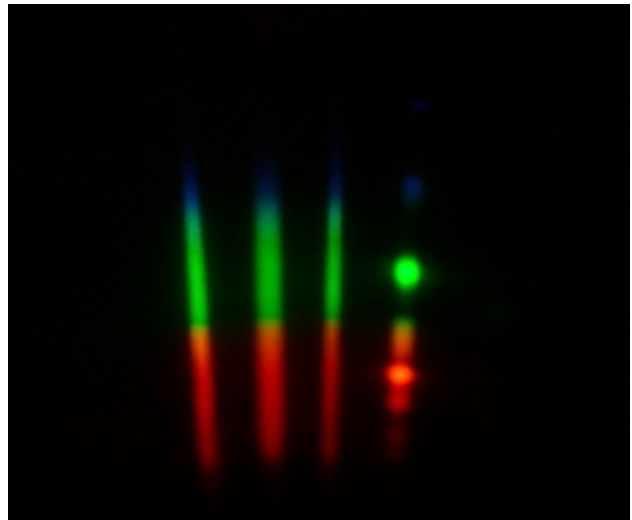


<sup>12</sup> Η σημασία των ονομάτων θα φανεί παρακάτω.



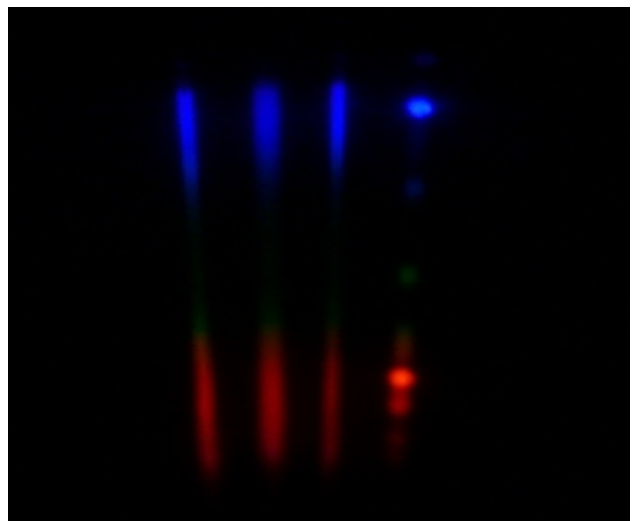
### **Εικόνα 19**

Τα οπτικά αποτυπώματα της αντι-μπλε χρωστικής με φως από διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων.



### **Εικόνα 20**

Τα οπτικά αποτυπώματα της αντι-πράσινης χρωστικής με φως από διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων.



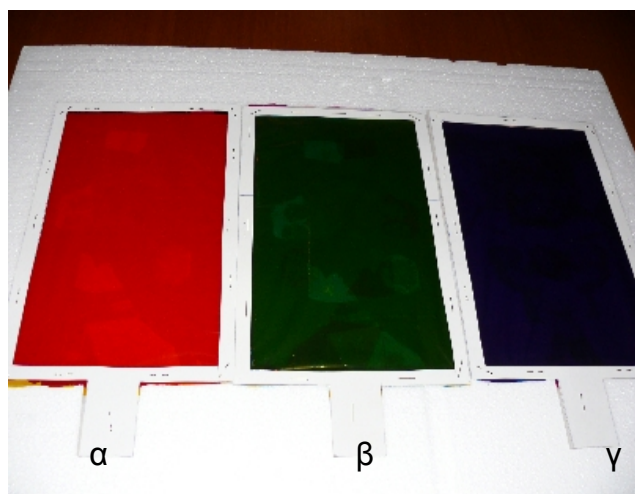
Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να διαπιστώσουμε ποιες χρωστικές περιέχουν άλλες τρεις ζελατίνες που στα μάτια μας φαίνονται ότι έχουν κόκκινο, πράσινο και μπλε χρώμα η κάθε μία αντίστοιχα.

### **Εικόνα 21**

**α.** Κόκκινη ζελατίνα

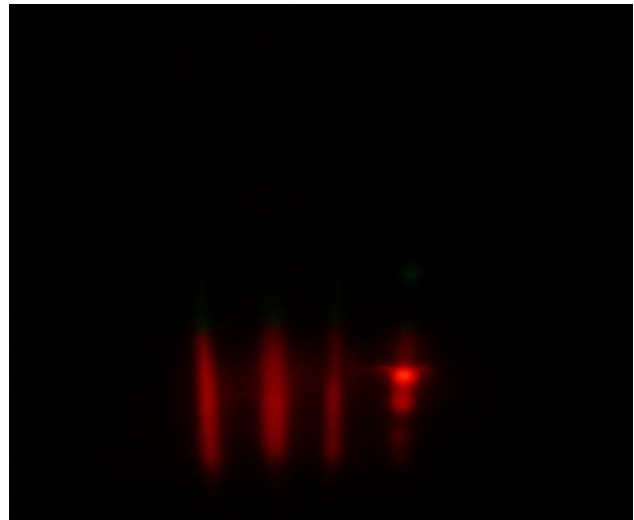
**β.** Πράσινη ζελατίνα

**γ.** Μπλε ζελατίνα



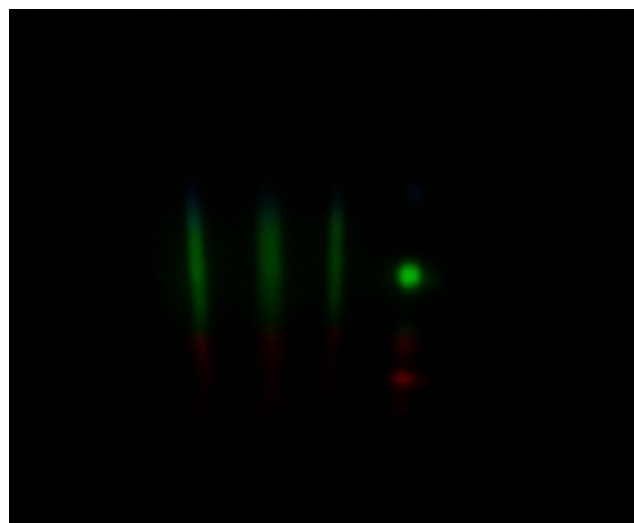
### **Εικόνα 22**

Τα οπτικά αποτυπώματα της χρωστικής που περιέχει η κόκκινη ζελατίνα με φως από διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων. Φαίνεται ότι περιέχει αντι-μπλε και αντι-πράσινη χρωστική<sup>13</sup>.



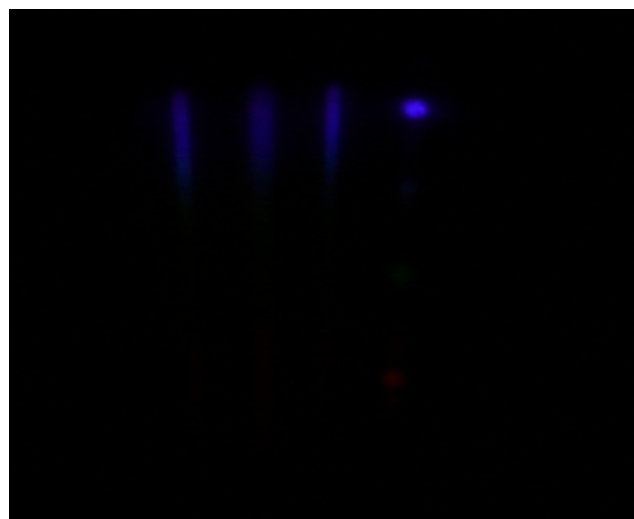
### **Εικόνα 23**

Τα οπτικά αποτυπώματα της χρωστικής που περιέχει η πράσινη ζελατίνα με φως από διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων. Φαίνεται ότι περιέχει αντι-μπλε και αντι-κόκκινη χρωστική.



### **Εικόνα 24**

Τα οπτικά αποτυπώματα της χρωστικής που περιέχει η μπλε ζελατίνα με φως από διαφορετικούς τύπους λαμπτήρων. Φαίνεται ότι περιέχει αντι-πράσινη και αντι-κόκκινη χρωστική.



---

13 Εδώ θα πρέπει να προσέξει ο εκπαιδευτικός το πάχος της ζελατίνας και την ένταση του φωτός που χρησιμοποιείται. Είναι πολύ πιθανό να "περάσουν" μέσα από τη ζελατίνα και άλλα χρώματα και να δημιουργηθεί σύγχυση στους μικρούς μαθητές.

## **β. Σε έγχρωμα φύλλα χαρτιού (αδιαφανή σώματα)**

Θα δοκιμάσουμε να ανιχνεύσουμε χρωστικές ουσίες σε χρωματιστά φύλλα χαρτιού. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουμε χρωματιστά γλασέ και θα παρατηρήσουμε το οπτικό τους αποτύπωμα όταν φως από ανάκλαση επάνω τους περάσει μέσα από τον οπτικό δίσκο. Ο φανός που θα χρησιμοποιήσουμε έχει παρόμοιο οπτικό αποτύπωμα με τους λαμπτήρες α, β και γ της εικόνας 15.

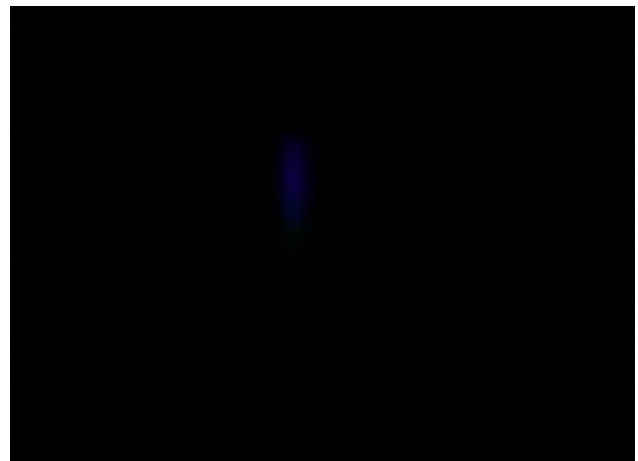
### **Εικόνα 25**

*Η διάταξη για τη λήψη των οπτικών αποτυπωμάτων των χρωματιστών φύλλων χαρτιού.*



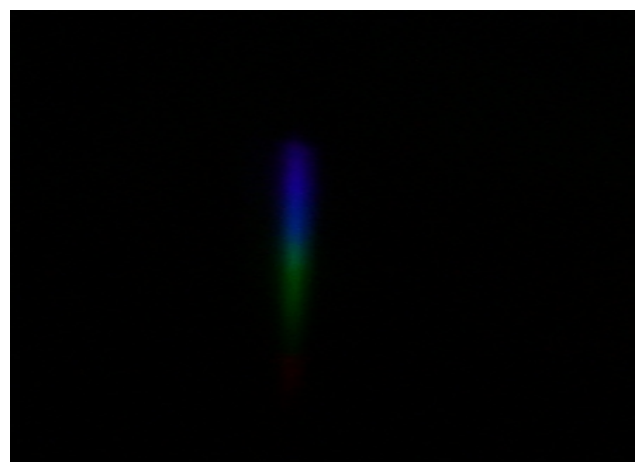
### **Εικόνα 26**

*Το οπτικό αποτύπωμα του μπλε φύλλου. Η χρωστική του φαίνεται ότι αποτελείται από αντι-πράσινη και αντι-κόκκινη χρωστική.*



### **Εικόνα 27**

*Το οπτικό αποτύπωμα του γαλάζιου φύλλου. Η χρωστική του φαίνεται ότι αποτελείται από αντι-κόκκινη χρωστική.*



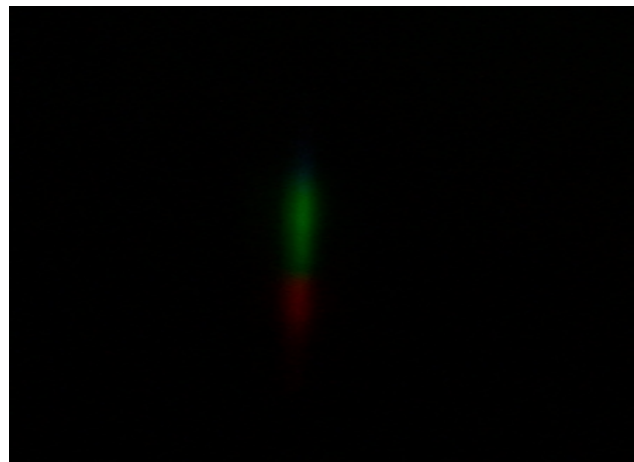
### **Εικόνα 28**

*Το οπτικό αποτύπωμα του πράσινου φύλλου. Η χρωστική του φαίνεται ότι αποτελείται από αντι-μπλε και αντι-κόκκινη χρωστική.*



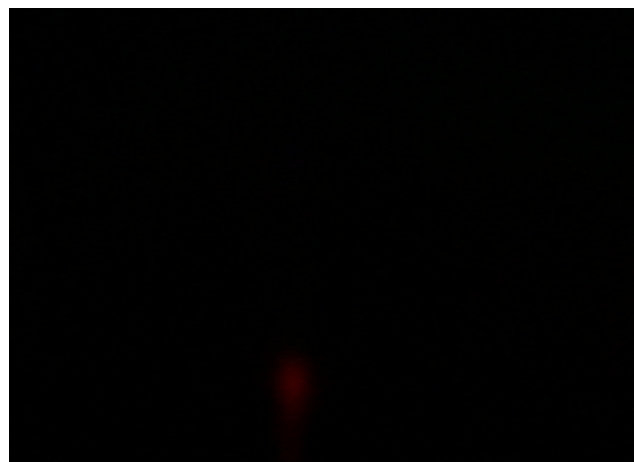
### **Εικόνα 29**

*Το οπτικό αποτύπωμα του κίτρινου φύλλου. Η χρωστική του φαίνεται ότι αποτελείται από αντι-μπλε χρωστική.*



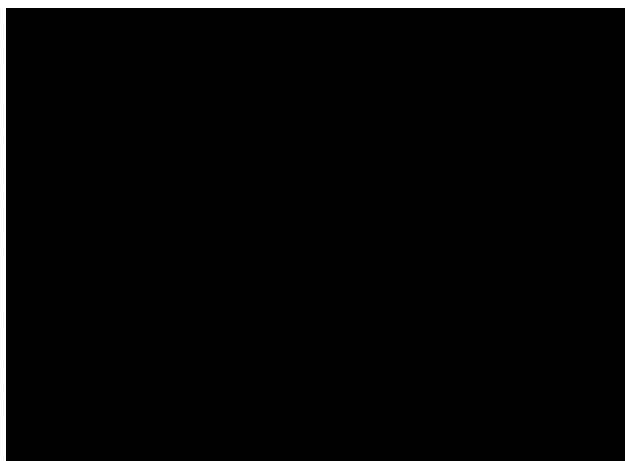
### **Εικόνα 30**

*Το οπτικό αποτύπωμα του κόκκινου φύλλου. Η χρωστική του φαίνεται ότι αποτελείται από αντι-μπλε και αντι-πράσινη χρωστική.*



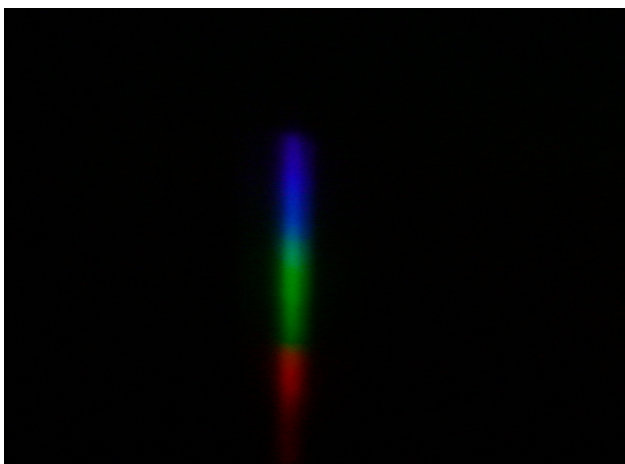
### **Εικόνα 31**

Το οπτικό αποτύπωμα του μαύρου φύλλου.  
Η χρωστική του φαίνεται ότι αποτελείται από  
αντι-μπλε, αντι-πράσινη και αντι-κόκκινη  
χρωστική.



### **Εικόνα 32**

Το οπτικό αποτύπωμα του λευκού φύλλου.  
Ερώτημα: Τι χρωστική περιέχει<sup>14</sup>;



## **3. Αναγνώριση ελαίων**

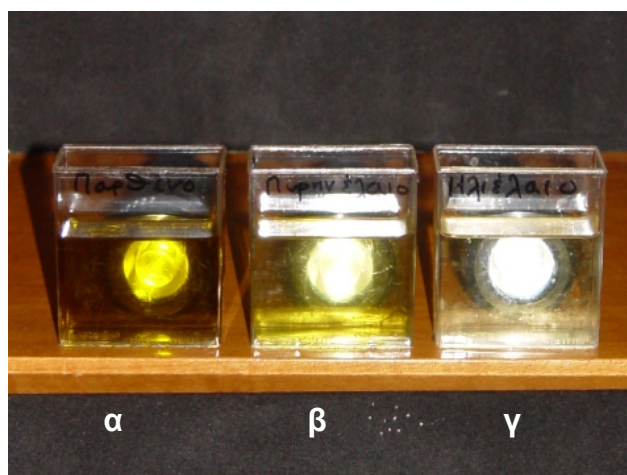
Στην αγορά κυκλοφορούν πολλοί τύποι ελαίων και πολλές φορές έχουν ξεσπάσει διατροφικά σκάνδαλα εξ' αιτίας της νοθείας ελαίων ανώτερης ποιότητας με έλαια κατώτερης ποιότητας. Θα εξετάσουμε τα οπτικά αποτυπώματα τριών τύπων ελαίων που κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά και στο πιάτο μας (παρθένο ελαιόλαδο, πυρηνέλαιο και ηλιέλαιο, εικ. 33) και θα προσπαθήσουμε να δούμε αν μπορούμε να τα αναγνωρίσουμε. Για το σκοπό αυτό θα παρατηρήσουμε το οπτικό τους αποτύπωμα αφού διέλθει φως από τη μάζα τους και ύστερα περάσει μέσα από τον οπτικό δίσκο. Ο φανός<sup>15</sup> που θα χρησιμοποιήσουμε έχει παρόμοιο οπτικό αποτύπωμα με τους λαμπτήρες α, β και γ της εικόνας 15. Στη συνέχεια θα αναμίξουμε ελαιόλαδο και ηλιέλαιο σε ποσοστό 50% και θα προσπαθήσουμε να δούμε αν μπορούμε να διαπιστώσουμε τη νοθεία παρατηρώντας το οπτικό αποτύπωμα του δείγματος (εικ. 34 και 35).

<sup>14</sup> Η απάντηση είναι ότι δεν περιέχει καμία από τις χρωστικές (αντι-μπλε, ακτι-κόκκινη, αντι-πράσινη), αλλά κάποια άλλη.

<sup>15</sup> Χρησιμοποιήθηκαν τρεις ίδιοι φανοί τσέπης με καινούργιες μπαταρίες.

### Εικόνα 33

- α. Παρθένο ελαιόλαδο
- β. Πυρηνέλαιο
- γ. Ηλιέλαιο

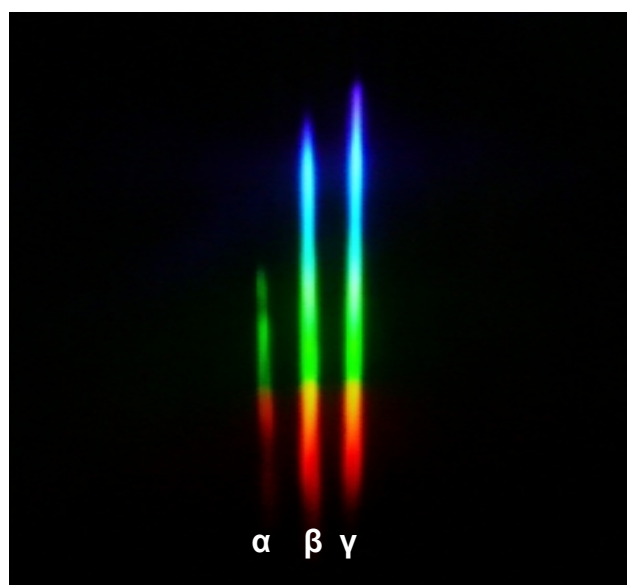


### Εικόνα 34

Οπτικά αποτυπώματα ελαίων:

- α. Παρθένου ελαιόλαδου
- β. Πυρηνέλαιου
- γ. Ηλιέλαιου

Η διαφορά του ελαιόλαδου από τα άλλα έλαια είναι προφανής και χαρακτηριστική. Αλλά και το πυρηνέλαιο παρουσιάζει εμφανείς διαφορές από το ηλιέλαιο.



### Εικόνα 35

Οπτικό αποτύπωμα παρθένου ελαιόλαδου νοθευμένου με ηλιέλαιο σε ποσοστό 50%.

Το σκοτεινό τμήμα στην πράσινη περιοχή δεν είναι τόσο έντονα σκοτεινό, ενώ ενώ το κάτω άκρο της κόκκινης περιοχής είναι πιο φωτεινό από του ανόθευτου παρθένου ελαιόλαδου.

