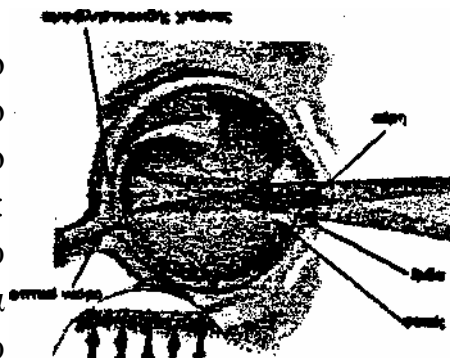


Η όραση

Τα μάτια - η λειτουργία της όρασης

Τα μάτια

Τα **μάτια** είναι το αισθητήριο όργανο της όρασης. Το μάτι είναι ένας βολβός ο οποίος έχει σχήμα περίπου σφαιρικό και το τοίχωμα του αποτελείται από τρεις χιτώνες: ο **εξωτερικός χιτώνας** είναι πολύ ανθεκτικός και προφυλάσσει τα ευαίσθητα μέρη του ματιού. Το μπροστινό μέρος του εξωτερικού χιτώνα είναι διαφανές και λέγεται **κερατοειδής χιτώνας**. Το υπόλοιπο τμήμα του εξωτερικού χιτώνα είναι λευκό και λέγεται **σκληρός χιτώνας**. Ο μεσαίος χιτώνας είναι αδιαφανής για να δημιουργεί ένα σκοτεινό θάλαμο και ονομάζεται **χοριοειδής χιτώνας**. Ο **χοριοειδής χιτώνας** καταλήγει στο μπροστινό μέρος σε ένα κυκλικό διάφραγμα που λέγεται **ίριδα**. Στο κέντρο της ίριδας υπάρχει μία οπή από την οποία περνάει το φως και λέγεται **κόρη**. Η ίριδα συστέλλεται και διαστέλλεται για να ρυθμίζεται το φως που μπαίνει στο μάτι. Αυτή η συστολή ή διαστολή της ίριδας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια κάποιων μυών. Ο εσωτερικός χιτώνας λέγεται **αμφιβληστροειδής χιτώνας**. Πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα βρίσκονται δύο ειδών οπτικά κύτταρα: **οι κώνοι ή τα κωνία** για την όραση και τα ραβδία για τη διάκριση των χρωμάτων. Πίσω από την ίριδα υπάρχει ένας διαφανής συγκλίνοντας φακός (αμφίκυρτος). Απέναντι από την κόρη, στο βάθος του βολβού βρίσκεται το **οπτικό νεύρο** το οποίο συνδέει το μάτι με τον **εγκέφαλο**. Στην είσοδο του οπτικού νεύρου δεν υπάρχουν οπτικά κύτταρα. Αυτή η περιοχή ονομάζεται **τυφλό σημείο**. Πιο πάνω από αυτή την περιοχή υπάρχει η **ωχρή κηλίδα** η οποία περιέχει πολλούς κώνους (ή κωνία). Η ωχρή κηλίδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στο φως. Ο βολβός διατηρείται λείος και καθαρός με τα δάκρυα τα οποία εκκρίνονται από έναν δακρυϊκό αδένα. Ο **δακρυϊκός αδένας** βρίσκεται πίσω από το επάνω βλέφαρο του ματιού.



Η λειτουργία της όρασης

Για να βλέπουμε τα αντικείμενα που υπάρχουν γύρω μας, συμβαίνει η ακόλουθη διαδικασία:

* Οι ακτίνες του φωτός μιας πηγής φτάνουν στο αντικείμενο και το φωτίζουν.

* Οι ανακλώμενες φωτεινές ακτίνες φτάνουν στο βολβό του ματιού, περνούν μέσα από την κόρη και σχηματίζουν, με τη βοήθεια του φακού, πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα το είδωλο του αντικειμένου. Το είδωλο είναι μικρότερο και αντεστραμμένο.

* Οι διεγέρσεις του αμφιβληστροειδούς χιτώνα μεταφέρονται με το οπτικό νεύρο στο οπτικό κέντρο του εγκεφάλου.

* Ο εγκέφαλος αναστρέφει το είδωλο και μας δίνει την εντύπωση του ορθού.

Το είδωλο είναι φωτεινό, ευδιάκριτο και σχηματίζεται πάντα πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ανεξάρτητα από την απόσταση στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο. Το μάτι είναι κατασκευασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε όταν πέσει σε αυτό παράλληλη δέσμη, που προέρχεται από αντικείμενο που βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση, να συγκεντρώνεται πάντα πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Σύμφωνα με αυτό θα έπρεπε το είδωλο ενός αντικειμένου που βρίσκεται πολύ κοντά στο μάτι να σχηματίζεται πίσω από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Το μάτι έχει όμως την ικανότητα να μεταβάλλει αυτόματα την καμπυλότητα των επιφανειών του φακού (άρα και την εστιακή απόσταση), ώστε το είδωλο να σχηματίζεται πάντοτε πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (με εξαίρεση βέβαια κάποιες παθήσεις των ματιών). Αυτή η ικανότητα του ματιού ονομάζεται προσαρμογή. Η μικρότερη απόσταση που μπορούμε να πλησιάσουμε ένα αντικείμενο ώστε να έχουμε ευκρινή όραση είναι 25 εκ. και ονομάζεται ελάχιστη απόσταση ευκρινούς οράσεως.

Οι παθήσεις των ματιών

Η **πρεσβυωπία** είναι μία πάθηση των ματιών που εμφανίζεται κυρίως σε άτομα μεγάλης ηλικίας. Τα άτομα που έχουν πρεσβυωπία δεν μπορούν να διακρίνουν τα κοντινά αντικείμενα, ενώ βλέπουν καθαρά τα μακρινά αντικείμενα. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, το μάτι διαθέτει

την ικανότητα της **προσαρμογής**. Στα άτομα όμως που έχουν πρεσβυωπία, ο φακός του ματιού τους χάνει την ελαστικότητα με αποτέλεσμα να μην μπορεί να μεταβάλλει την καμπυλότητα των επιφανειών του (άρα και να μην μπορεί να ελαττώσει την εστιακή απόσταση). Αυτό έχει ως συνέπεια τα είδωλα των αντικειμένων που βρίσκονται κοντά στο μάτι να απεικονίζονται πίσω και όχι πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Η πάθηση μπορεί να διορθωθεί με συγκλίνοντες φακούς.

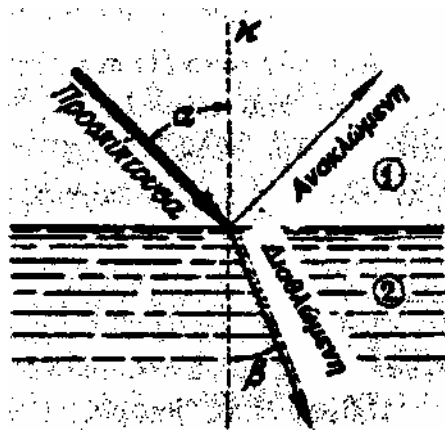
Η **μυωπία** είναι μία πάθηση των ματιών που εμφανίζεται και σε άτομα πολύ μικρής ηλικίας. Τα άτομα που έχουν μυωπία διακρίνουν καθαρά τα αντικείμενα μέχρι μια ορισμένη απόσταση και δεν μπορούν να διακρίνουν τα μακρινά αντικείμενα. Στα άτομα που έχουν μυωπία, ο βολβός του ματιού τους επιμηκύνεται, δηλαδή χάνει το σφαιρικό σχήμα, με αποτέλεσμα τα είδωλα των αντικειμένων να σχηματίζονται μπροστά από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Η μυωπία μπορεί να διορθωθεί με αποκλίνοντες φακούς.

Οι οπτικές απάτες

Η στερεοσκοπική **όραση** δηλαδή το να βλέπουμε τα αντικείμενα τρισδιάστατα και να υπολογίζουμε τις μεταξύ τους αποστάσεις οφείλεται στην ύπαρξη των δύο ματιών. Τα δύο μάτια διευρύνουν επίσης και το **οπτικό μας πεδίο**.

Σε κάποιες όμως περιπτώσεις αντιλαμβανόμαστε με την όραση τα πράγματα διαφορετικά από ότι είναι στην πραγματικότητα. Αυτές οι περιπτώσεις ονομάζονται **οπτικές απάτες**. Όπως προαναφέρθηκε, η πιο ευαίσθητη περιοχή του βολβού είναι η ωχρή κηλίδα (έχει τα περισσότερα οπτικά κύτταρα). Το μάτι μας, όμως, μπορεί να απεικονίσει μόνο μια μικρή περιοχή του αντικειμένου πάνω στην ωχρή κηλίδα. Για αυτό το λόγο κινείται διαρκώς για να φέρει πάνω σε αυτή τα διαφορετικά σημεία του αντικειμένου που βλέπει. Αυτή η γρήγορη κίνηση των ματιών δημιουργεί τις οπτικές απάτες.

Κάποιες οπτικές απάτες ερμηνεύονται με βάση το **φαινόμενο της διάθλασης του φωτός**. Όταν μια φωτεινή δέσμη (προσπίπτουσα) φτάσει στην επιφάνεια ενός υλικού, τότε ένα μέρος της ανακλάται (ανακλώμενη) και ένα μέρος της μπαίνει στο υλικό. Ταυτόχρονα παρατηρείται μία αλλαγή στη διεύθυνση της δέσμης (διαθλώμενη) που

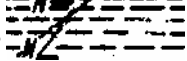


πέρασε μέσα στο υλικό. Αυτό οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του φωτός από υλικό σε υλικό. Για παράδειγμα, όταν το φως πέφτει στην επιφάνεια του νερού διαθλάται (αλλάζει διεύθυνση) γιατί κινείται από ένα οπτικώς αραιότερο σώμα (τον αέρα) προς ένα οπτικώς πυκνότερο σώμα (το νερό). Στα οπτικώς αραιότερα σώματα η ταχύτητα του φωτός είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του στα οπτικώς πυκνότερα σώματα.

Γενικά η ταχύτητα του φωτός C σε οποιοδήποτε υλικό είναι πάντοτε μικρότερη από την ταχύτητα του φωτός στο κενό C_0 . Ο δείκτης διάθλασης n ενός υλικού ορίζεται ως το πηλίκο $n = C_0/C$ της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός στο συγκεκριμένο υλικό και έχει πάντα τιμή μεγαλύτερη της μονάδας. Τα οπτικώς αραιότερα σώματα έχουν μικρότερο δείκτη διάθλασης από το δείκτη διάθλασης των οπτικώς πυκνότερων μέσων.

Η **φαινομενική ανύψωση** αφορά περιπτώσεις όπου αντιλαμβανόμαστε αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε νερό σε θέση ψηλότερη (διαφορετική) από την πραγματική. Αυτό το φαινόμενο ερμηνεύεται βάση της διάθλασης του φωτός: οι ανακλώμενες ακτίνες που φεύγουν από το νόμισμα που βρίσκεται στον πυθμένα ενός δοχείου διαθλώνται (εκτρέπονται) στην επιφάνεια του υγρού. Η διάθλαση των ακτινών οφείλεται στο ότι το φως συναντά στην



πορεία του ένα διαφορετικό σώμα (αέρα),  ένα σώμα με διαφορετικό δείκτη διάθλασης. Λόγω λοιπόν ότι οι ακτίνες του φωτός "ταξιδεύουν" από ένα οπτικώς πυκνότερο σώμα (νερό) προς ένα οπτικώς αραιότερο σώμα (αέρα) αλλάζουν διεύθυνση, απομακρύνονται από την κάθετο και φτάνουν στο μάτι μας.

Τα χρώματα

Πριν ακόμη συζητήσουμε για τα χρώματα θεωρούμε χρήσιμο να αναφερθούμε εν συντομία στην ανάλυση του λευκού φωτός και στο φάσμα του ορατού φωτός.

Αν πάνω σε ένα πρίσμα ρίξουμε μία παράλληλη δέσμη λευκού φωτός και παρατηρήσουμε πάνω σε ένα πέτασμα το φως που βγαίνει, τότε θα πάρουμε μία συνεχή ταινία με τα επτά γνωστά χρώματα της ίριδας: ερυθρό, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανό, βαθύ κυανό και ιώδες. Το φαινόμενο αυτό λέγεται ανάλυση του φωτός και η έγχρωμη ταινία λέγεται φάσμα. Κάθε ένα από τα χρώματα της ίριδας είναι και μία μονοχρωματική ακτινοβολία επειδή δεν αναλύεται σε άλλα χρώματα, σε άλλες ακτινοβολίες. Κάθε μονοχρωματική ακτινοβολία έχει ένα ορισμένο μήκος κύματος και μια ορισμένη συχνότητα. Τα μήκη κύματος του ορατού φωτός κυμαίνονται από 400 nm (ιώδεις ακτίνες) έως 750 nm (ερυθρές ακτίνες).

Στο κενό όλες οι μονοχρωματικές ακτινοβολίες (του λευκού φωτός) διαδίδονται με την ίδια ταχύτητα ανεξάρτητα από το είδος τους ή καλύτερα ανεξάρτητα από το μήκος κύματος τους (ή τη συχνότητα τους.). Μέσα όμως σε ένα υλικό, η ταχύτητα διάδοσης τους εξαρτάται από το είδος τους δηλαδή από το μήκος κύματος τους ή τη συχνότητα τους. Όσο μεγαλώνει το μήκος κύματος (ή διαφορετικά μικραίνει η συχνότητα) τόσο μικραίνει ο δείκτης διάθλασης. Αποτέλεσμα των διαφορών που παρουσιάζονται στην τιμή του δείκτη διάθλασης για τα διάφορα μήκη κύματος (δηλ. τις διαφορετικές ακτινοβολίες) είναι η εμφάνιση διαφορετικών γωνιών διαθλάσεως (ή πιο απλά παρατηρείται διαφορετική εκτροπή των ακτινοβολιών). Έτσι οι ιώδεις ακτίνες παθαίνουν μεγαλύτερη εκτροπή από τις ερυθρές τόσο κατά την είσοδο τους όσο και κατά την έξοδο τους από το πρίσμα.

Στα **αυτόφωτα σώματα** το μάτι μας δέχεται κατευθείαν το φως από την πηγή, ενώ στα **ετερόφωτα**, μία φωτεινή πηγή φωτίζει το σώμα και το μάτι δέχεται το φως από ανάκλαση.

Η εντύπωση του χρώματος ενός σώματος εξαρτάται τόσο από το φως που το φωτίζει και όσο και από τα διάφορα είδη ακτινοβολιών που ανακλώνται και φτάνουν στο μάτι μας.

* Αν φωτίσουμε τα σώματα που υπάρχουν γύρω μας με λευκό φως τότε το χρώμα που εμείς βλέπουμε εξαρτάται από τη συχνότητα του

φωτός που ανακλούν ή αλλιώς τις διαφορετικές συχνότητες τις αντιλαμβανόμαστε ως διαφορετικά χρώματα. Η μικρότερη συχνότητα αντιστοιχεί στο κόκκινο και η μεγαλύτερη στο ιώδες. Ανάμεσα τους τοποθετείται ο άπειρος αριθμός των αποχρώσεων του ορατού φάσματος. Έτσι για παράδειγμα, ένα σώμα φαίνεται κόκκινο επειδή απορροφά όλες τις ακτινοβολίες του λευκού φωτός και ανακλά μόνο την κόκκινη ακτινοβολία. Ένα σώμα φαίνεται λευκό επειδή ανακλά όλες τις ακτινοβολίες του λευκού φωτός.

* Αν φωτίσουμε τα σώματα που υπάρχουν γύρω μας με μονοχρωματικό φως π.χ κίτρινο, πράσινο τότε η εντύπωση του χρώματος θα είναι διαφορετική από αυτή που θα είχαμε αν τα φωτίζαμε με λευκό φως. Έτσι ένα ύφασμα για το οποίο έχουμε την εντύπωση του κόκκινου χρώματος όταν φωτίζεται με λευκό φως, θα μας δώσει την εντύπωση του μαύρου ή του καφέ αν το φωτίσουμε με κίτρινο ή πράσινο φως. Αν όμως το φωτίσουμε με κόκκινο φως θα φαίνεται κόκκινο. Αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο ύφασμα ανακλά μόνο τις ερυθρές ακτινοβολίες και όχι την κίτρινη ή την πράσινη ακτινοβολία.

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι το χρώμα ενός σώματος εξαρτάται κάθε φορά από την πηγή που το φωτίζει . Συνεπώς ένα αντικείμενο παρουσιάζει άλλο χρώμα όταν φωτίζεται από τον Ήλιο και διαφορετικό όταν φωτίζεται με μονοχρωματική ακτινοβολία.

Τα απλά και τα σύνθετα χρώματα

Έστω ότι έχουμε μια διάταξη η οποία περιλαμβάνει μία πηγή λευκού φωτός, ένα πρίσμα, ένα συγκλίνοντα φακό και ένα πέτασμα. Το λευκό φως καθώς περνάει από το πρίσμα αναλύεται στα επτά χρώματα (ακτινοβολίες) της ίριδας. Αυτές οι ακτινοβολίες όταν στη συνέχεια περνούν από το συγκλίνοντα φακό και συγκεντρώνονται σε ένα σημείο του πετάσματος σχηματίζουν μία λευκή κηλίδα. Τούτο σημαίνει ότι το λευκό φως είναι ένα σύνθετο χρώμα. Αν τώρα τοποθετήσουμε πριν το συγκλίνοντα φακό ένα διάφραγμα (έναν ηθμό) το οποίο να ανακόπτει (απορροφά) μέρος του φάσματος π.χ το ερυθρό τότε η κηλίδα που θα σχηματιστεί πάνω στο πέτασμα δε θα είναι λευκή αλλά πράσινη. Σε αυτή

την περίπτωση το πράσινο χρώμα δεν είναι απλό αλλά σύνθετο γιατί προκύπτει από σύνθεση όλων των ακτινοβολιών του φάσματος με εξαίρεση την ερυθρά ακτινοβολία. Έτσι μπορούμε να δημιουργούμε σύνθετα χρώματα αν κάθε φορά ανακόπτουμε με διάφραγμα μία περιοχή του φάσματος π.χ κυανή ή και περισσότερες και συνθέτουμε τις υπόλοιπες. Ο παραπάνω τρόπος παραγωγής χρώματος λέγεται δημιουργία χρώματος με αφαίρεση.

Συμπληρωματικά λέγονται τα χρώματα τα οποία όταν ενωθούν σε ορισμένη αναλογία μας δίνουν το λευκό φως. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τα προηγούμενα, το κόκκινο και το πράσινο χρώμα το οποίο προέκυψε από αφαίρεση είναι συμπληρωματικά χρώματα.

Βασικά χρώματα είναι το ερυθρό, το πράσινο και το κυανό. Ονομάζονται βασικά επειδή με τη σύνθεση των τριών χρωμάτων σε ορισμένη αναλογία μπορούμε να πάρουμε τόσο το λευκό φως όσο και οποιοδήποτε άλλο χρώμα. Αυτός ο τρόπος παραγωγής χρώματος λέγεται δημιουργία χρώματος με πρόσθεση.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω μπορούμε να δημιουργήσουμε λευκό χρώμα (λευκή ακτινοβολία) με τους ακόλουθους τρόπους:

- Με τη σύνθεση των χρωμάτων της ίριδας
- Με τη σύνθεση των τριών βασικών χρωμάτων σε ορισμένη αναλογία
- Με τη σύνθεση δύο βασικών χρωμάτων σε ορισμένη αναλογία

Σημειώσεις

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Οι ιδέες των μαθητών

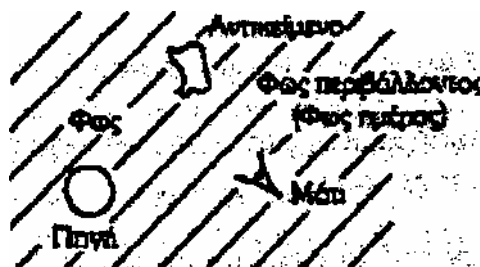
Όταν τα παιδιά καλούνται να παραστήσουν το φως γύρω από μια πηγή συνήθως τραβούν κοντές γραμμές γύρω από αυτή.

Πολλά παιδιά δεν αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα του φωτός για την όραση και υποστηρίζουν ότι μπορούν να δουν ακόμα και στο σκοτάδι. Ένας σημαντικός αριθμός παιδιών επίσης, θεωρεί ότι το μάτι στέλνει «κάτι» στο αντικείμενο κι έτσι το βλέπουμε.

Για να μπορέσουν τα παιδιά να εξηγήσουν το φαινόμενο της όρασης θα πρέπει να έχουν δεχτεί ότι το μάτι είναι δέκτης του φωτός. Συνήθως πιστεύουν ότι το φως είναι απαραίτητο για να βλέπουμε, αλλά ότι δεν είναι αναγκαίο να φθάνει ως το μάτι. Αρκεί δηλαδή να φωτίζει το αντικείμενο χωρίς να φτάνει στο μάτι μας.

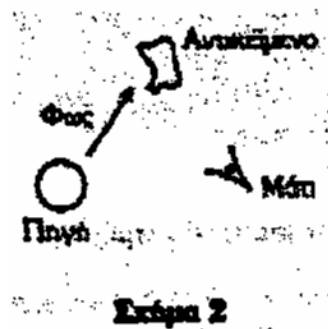
Οι αντιλήψεις των παιδιών για την όραση μπορούν να συνοψιστούν στα σχήματα που ακολουθούν (Κόκκοτας, 1999):

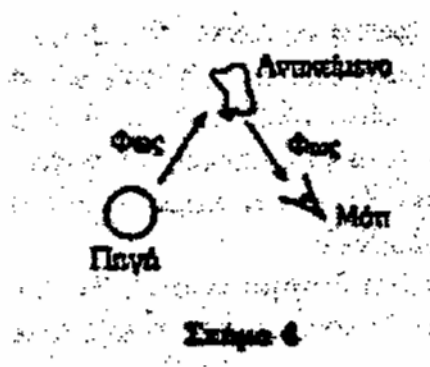
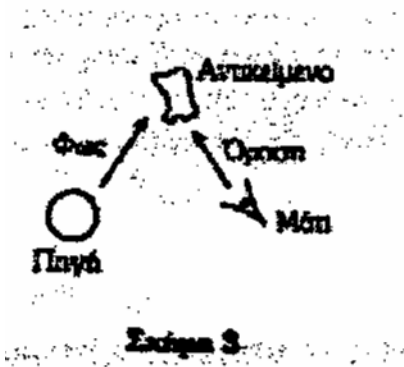
Το σχ. 1 παριστάνει ένα λουτρό φωτός . Το παιδί δεν προσδιορίζει κανένα μηχανισμό μεταξύ του ματιού, του αντικειμένου και του φωτός.



Στο σχ. 2 το παιδί

δέχεται την ανάγκη να φωτίζεται το αντικείμενο χωρίς ωστόσο να θεωρεί απαραίτητο το φως να φθάσει από το αντικείμενο στο μάτι μας.





Στο σχ. 3 το παιδί δέχεται ότι κάτι φεύγει από το μάτι προς το φωτειζόμενο αντικείμενο.

Τέλος στο σχ. 4 φαίνεται η επιστημονική άποψη για την όραση. Η επιστημονική άποψη συναντάται πολύ σπάνια στα παιδιά, ειδικά όταν τα αντικείμενα είναι ετερόφωτα. Αυτό συμβαδίζει απόλυτα με το γεγονός ότι η ιδέα της ανάκλασης του φωτός δεν αρκετά διαδεδομένη μεταξύ των παιδιών.

Το χρώμα

Πολύ λίγα δεδομένα είναι διαθέσιμα για τις ιδέες των παιδιών σχετικά με τις διάφορες φωτεινές ακτινοβολίες και τα χρώματα των αντικειμένων. Τα παιδιά σπάνια συσχετίζουν το χρώμα με το φως. Για τα παιδιά, το χρώμα είναι πιθανότατα μια εσωτερική ιδιότητα των αντικειμένων, τελείως ανεξάρτητη από το φως.

Τα παιδιά δεν θεωρούν ότι το λευκό φως είναι μια μείξη επτά χρωμάτων. Τα περισσότερα παιδιά, όπως ήδη προαναφέρθηκε, πιστεύουν ότι το χρώμα είναι μια έμφυτη ιδιότητα των αντικειμένων και ότι το φως είναι εκείνο που βοηθά τα μάτια μας να δούμε το αντικείμενο. Θεωρούν δηλαδή ότι τα μάτια μας βλέπουν το χρώμα του αντικειμένου και όχι το χρώμα του ανακλώμενου φωτός.

Ακόμη και όταν οι μαθητές έχουν διδαχτεί τα χρώματα, ελάχιστες είναι οι απαντήσεις στα πλαίσια της διάδοσης ορισμένων μόνο συχνοτήτων του φωτός (αποδεκτό επιστημονικό μοντέλο). Οι περισσότεροι μαθητές συνεχίζουν να υποστηρίζουν ότι το λευκό φως βγαίνει κόκκινο από έναν προβολέα στον οποίο τοποθετείται κόκκινη ζελατίνη γιατί αλλάζει κατά κάποιο τρόπο, ενώ ένα σημαντικό ποσοστό υποθέτει ότι υπάρχει κάποιος μηχανισμός βαφής.

Η λειτουργία του ανθρώπινου ματιού

Αν και δεν υπάρχουν πολλά ερευνητικά δεδομένα για το αν οι μαθητές συνδέουν την όραση με τη δραστηριότητα του εγκεφάλου, από ορισμένες έρευνες προκύπτει πως κάποια παιδιά αναγνωρίζουν ότι η αντίληψη του εγκεφάλου ακολουθεί την αντίληψη που προέρχεται από τα μάτια.

Βιβλιογραφία

1. Driver, E Cuesne and A Ti&ergh/en (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες, "Ένωση Ελλήνων Φυσικών, Τροχαλία*
2. Driver, A Squires, P. Rushworth, V. WoocWtaWnson (199B) (επιμέλεια Π. Κόκκοτας). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Τυπωθήτω, Αθήνα*
3. Π. Κόκκοτας (1999). *Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Αθήνα*

Σημειώσεις

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Φύλλο εργασίας 1

Πώς βλέπουμε τα σώματα που υπάρχουν γύρω μας

Διδακτικοί στόχοι:

Οι μαθητές:

- Να ταξινομήσουν τα σώματα σε αυτόφωτα και ετερόφωτα.
- Να ερμηνεύσουν το πώς βλέπουμε τα σώματα που υπάρχουν γύρω μας.

Περιγραφή δραστηριοτήτων

*δραστηριότητα
(σελ. 116)*

Η εικόνα που υπάρχει στην αρχή του φύλλου εργασίας ή μία ανάλογη εικόνα δικής μας επιλογής μπορεί να αποτελέσει την αφετηρία για μία συζήτηση στην τάξη με θέμα ποια σώματα έχουν δικός τους φως. Οι μαθητές αναμένεται να αναφερθούν:

στις λάμπες των σπιτιών, στους προβολείς των αυτοκινήτων και στο φανάρι του δρόμου.

και να καταγράψουν και άλλα σώματα που θεωρούν ότι έχουν δικό τους φως όπως π.χ ο Ήλιος, τα αστέρια, οι φωτεινές επιγραφές, το φωτιστικό του γραφείου.

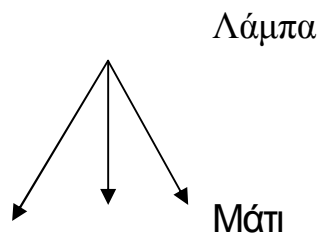
Οι μαθητές διαβάζουν τις επιστημονικές πληροφορίες που ακολουθούν (αυτόφωτα και ετερόφωτα σώματα) και εκφράζουν τις απόψεις του για:

- * Την πορεία που ακολουθεί το φως μιας φωτεινής πηγής
- * Την πορεία που ακολουθεί το φως ώστε να βλέπουμε τα διάφορα αντικείμενα.

Οι απόψεις των μαθητών ομαδοποιούνται και συζητούνται στην τάξη. Αναμένονται να είναι:

A) περίπτωση (πορεία του φωτός)

- * Λουτρό φωτός



εκφράζουμε τις απόψεις μας (σελ. 117)

B) περίπτωση (πορεία του φωτός ώστε να βλέπουμε το αυτοκινητάκι)

- * Ακτίνες φεύγουν από το μάτι προς το αυτοκινητάκι (1ο μοντέλο)

Λάμπα

Αυτοκινητάκι ← Μάτι

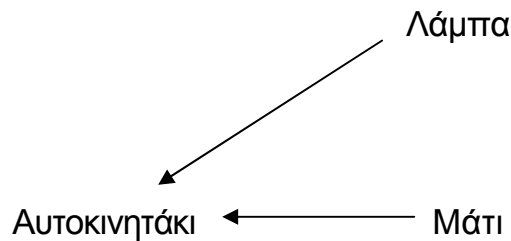
- * Ακτίνες φωτός φτάνουν από τη λάμπα στο μάτι και από το μάτι προς το αυτοκινητάκι. (2ο μοντέλο)

Λάμπα

Αυτοκινητάκι ← Μάτι

- * Ακτίνες φωτός φτάνουν από τη λάμπα στο

αυτοκινητάκι καθώς και από το μάτι προς το αυτοκινητάκι. (3ο μοντέλο)



Ακολουθεί συζήτηση στην τάξη για τα αυτόφωτα και ετερόφωτα σώματα που φαίνονται στην πρώτη εικόνα, Σύμφωνα με τις επιστημονικές πληροφορίες ετερόφωτα σώματα είναι:

Τα σπίτια, ο δρόμος που φαίνεται φωτισμένος και ο άνθρωπος.

Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στο βασικό ερώτημα «πώς βλέπουμε τα αντικείμενα που υπάρχουν γύρω μας». Στην Ε' τάξη και στην ενότητα "το φως και οι πηγές του" έχουν ανακαλύψει ότι για να βλέπουμε τα σώματα μας είναι απαραίτητες οι πηγές αλλά και τα μάτια μας. (Αν χρειαστεί επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία βλέπε σελ 34 του βιβλίου του μαθητή). Με αυτό τον τρόπο οδηγούμε τους μαθητές που κατέχουν το 1ο μοντέλο να αλλάξουν απόψεις. Επίσης οι μαθητές έχουν ανακαλύψει ότι το φως αλλάζει πορεία (ανακλάται) όταν συναντά λείες και στιλπνές επιφάνειες (βλέπε ενότητα "ανάκλαση του φωτός" σελ. 96). Με βάση όσα προαναφέρθηκαν και τις επιστημονικές πληροφορίες οι μαθητές αναμένεται να αλλάξουν απόψεις (2ο και 3ο μοντέλο) και να

Φύλλο εργασίας 2

Τα χρώματα

Διδακτικοί στόχοι:

Οι μαθητές:

- Να ερμηνεύσουν τα χρώματα των διαφόρων σωμάτων.
- Να παρασκευάσουν σύνθετα χρώματα.

Υλικά

<ul style="list-style-type: none">• Τέμπρες διαφόρων χρωμάτων (κυρίως κόκκινη, κίτρινη και μπλε)• σταγονόμετρο• πλαστική αυγοθήκη • νερό• καλαμάκια• πινέλο• πλαστικά ποτήρια	<p><u>Σημείωση:</u> τα υλικά της διπλανής στήλης αφορούν μία ομάδα της τάξης</p>
--	--

Περιγραφή δραστηριοτήτων

εισαγωγικός

προβληματισμός

(σελ 119)

εκφράζουμε τις

απόψεις μας

(σελ. 119)

Οι δύο πίνακες του Σεζάν ,με το ίδιο θέμα αλλά με διαφορετικά χρώματα, μπορούν να αποτελέσουν τον προβληματισμό προκειμένου οι μαθητές να εκφράσουν τις απόψεις τους τόσο για το τι είναι χρώμα όσο και για την ποικιλία των χρωμάτων που υπάρχουν γύρω μας. Οι απόψεις των μαθητών αναμένεται να συγκλίνουν με αυτές που είναι καταγεγραμμένες στη βιβλιογραφία Γνωρίζουμε δηλαδή ότι α μαθητές έχουν αρκετές παρανοήσεις για το χρώμα των σωμάτων. Κυρίως

θεωρούν ότι το χρώμα είναι μια έμφυτη ιδιότητα των αντικειμένων ή ότι οφείλεται στο ότι έτσι έχουν βαφεί. Ακόμη πιστεύουν ότι τα μάτια μας βλέπουν το χρώμα του αντικειμένου και όχι το χρώμα του ανακλώμενου φωτός.

Πριν α μαθητές ασχοληθούν με τις δραστηριότητες του βιβλίου τους μπορούμε να κολλήσουμε στον τοίχο ή στον πίνακα της τάξης χαρτόνια (15 εκ x 15 εκ.) διαφόρων χρωμάτων. Αρχικά οι μαθητές ονομάζουν τα χρώματα των χαρτονιών. Στη συνέχεια φωτίζουμε τα χαρτόνια με τη λάμπα του γραφείου ή τη λάμπα του προβολέα σλάιντς τοποθετώντας κάθε φορά μπροστά στη λάμπα μια ζελατίνη διαφορετικού χρώματος. Οι μαθητές παρατηρούν ότι κάθε φορά τα χρώματα των χαρτονιών φαίνονται διαφορετικά. Μετά από συζήτηση στην τάξη οι μαθητές αναμένεται να εξάγουν το ακόλουθο συμπέρασμα:

Το χρώμα των σωμάτων εξαρτάται από το φως που τα φωτίζει κάθε φορά ή διαφορετικά το φως που πέφτει πάνω στα σώματα τα κάνει να φαίνονται ότι έχουν άλλο χρώμα.

δραστηριότητα
σελ. 120

Οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί το φαινόμενο της ανάλυσης και σύνθεσης του λευκού φωτός καθώς και το φαινόμενο της ανάκλασης και της απορρόφησης του φωτός. Παρατηρώντας τις εικόνες της σελ. 120 αναμένεται για κάθε περίπτωση να γράψουν προτάσεις της μορφής:

**Όλες οι ακτινοβολίες του λευκού φωτός ανακλώνται.*

**Όλες οι ακτινοβολίες του λευκού φωτός απορροφώνται*

**Ανακλάται μόνο η κόκκινη ακτινοβολία του λευκού φωτός ενώ όλες οι άλλες ακτινοβολίες απορροφώνται.*

δραστηριότητα (σελ. 121)

Οι δικές τους παρατηρήσεις σε συνδυασμό με τις επιστημονικές πληροφορίες τους βοηθούν να ερμηνεύσουν το χρώμα των σωμάτων της σελ. 121. Περιμένουμε προτάσεις του τύπου:

- Το σώμα φαίνεται κίτρινο γιατί ανακλά μόνο την κίτρινη ακτινοβολία και απορροφά όλες τις άλλες ακτινοβολίες του λευκού φωτός που πέφτει πάνω του.
- Το σώμα φαίνεται πράσινο γιατί ανακλά μόνο την πράσινη ακτινοβολία και απορροφά όλες τις άλλες ακτινοβολίες του λευκού φωτός που πέφτει πάνω του.
- Το σώμα φαίνεται πορτοκαλί γιατί ανακλά μόνο την πορτοκαλί ακτινοβολία και απορροφά όλες τις άλλες ακτινοβολίες του λευκού φωτός που πέφτει πάνω του.

πειραματιζόμεστε (σελ. 122)

Η δραστηριότητα που ακολουθεί στοχεύει στο να ερμηνεύσουν οι μαθητές τα σύνθετα χρώματα των σωμάτων. Οι περισσότεροι μαθητές δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν το χρώμα των σωμάτων (π.χ της μπλούζας) το οποίο προέρχεται από μείξη άλλων χρωμάτων. Παρασκευάζουν το μπεζ χρώμα της μπλούζας με την ανάμειξη της κόκκινης, μπλε και κίτρινης μπογιάς. Μετά από συζήτηση στην τάξη αναμένεται να δώσουν μία ερμηνεία της μορφής:

συζητάμε στην τάξη (σελ. 122)

Η μπλούζα έχει μπεζ χρώμα γιατί ανακλά την κόκκινη, την κίτρινη και την μπλε ακτινοβολία, οι οποίες όταν φτάνουν στο μάτι μας συντίθενται και μας δίνουν την αίσθηση του μπεζ χρώματος.

Φύλλο εργασίας 3

Η λειτουργία του ανθρώπινου ματιού

Διδακτικοί στόχοι:

Οι μαθητές:

- Να κατασκευάσουν ένα μοντέλο του ανθρώπινου ματιού.
- Να αναγνωρίσουν τα μέρη του ανθρώπινου ματιού.
- Να διαπιστώσουν τη λειτουργία του ανθρώπινου ματιού.

Υλικά

<ul style="list-style-type: none">• γυάλινο κυλινδρικό ποτήρι νερού• λευκό χαρτόνι 25 εκ. X 20 εκ.• μαύρο χαρτόνι 25 εκ. X 25 εκ.• μολύβι• κερί ύψους 5 εκ. πλαστελίνη• σπύρτα• χάρακας	<p>Σημείωση: τα υλικά της διπλανής στήλης αφορούν μία ομάδα της τάξης</p> <p>Υλικά για όλη την τάξη</p> <ul style="list-style-type: none">• Πρόπλασμα ματιού.
---	---

Περιγραφή δραστηριοτήτων

δραστηριότητα . 124)

Προκειμένου οι μαθητές να αναγνωρίσουν τα μέρη του εξωτερικού μέρους του ματιού μπορούν να χωριστούν σε ζευγάρια και να παρατηρήσουν τα μάτια του συμμαθητή ή της συμμαθήτριά τους. Αναμένεται να κάνουν περιγραφές της μορφής:

Πάνω από τα μάτια υπάρχουν τα φρύδια. Τα μάτια έχουν σχήμα αμυγδαλού και δυο βλέφαρα. Οι βλεφαρίδες βρίσκονται στην άκρη των βλεφάρων. Οι βλεφαρίδες του πάνω βλεφάρου είναι μεγαλύτερες από τις βλεφαρίδες του κάτω βλεφάρου. Κάθε μάτι έχει ένα χρωματιστό κύκλο και ένα άσπρο μέρος. Μέσα στο χρωματιστό κύκλο υπάρχει ένας πιο μικρός μαύρος κύκλος.

κατασκευή
μοντέλου
(σελ. 124)

Στη συνέχεια οι μαθητές κατασκευάζουν το μοντέλο του ανθρώπινου ματιού με στόχο να διαπιστώσουν τη λειτουργία του. Αναμένεται να παρατηρήσουν ότι:

Στο λευκό χαρτόνι σχηματίζεται το είδωλο της φλόγας του κεριού το οποίο είναι αντεστραμμένο.

Το κυλινδρικό ποτήρι με το νερό λειτουργεί ως ένας συγκλίνοντας φακός.

παρατηρούμε
(σελ. 125)

Με βάση τα όσα παρατήρησαν κατά τη διάρκεια του πειράματος οι μαθητές προσπαθούν να περιγράψουν την πορεία του φωτός του κεριού. Καταγράφουν προτάσεις του τύπου:

Οι ακτίνες του φωτός του κεριού φτάνουν στο μαύρο χαρτόνι, περνούν μέσα από την τρύπα και το ποτήρι, και φτάνουν στο λευκό χαρτόνι όπου σχηματίζεται το αντεστραμμένο είδωλο της φλόγας.

δραστηριότητα
(σελ. 126)

Οι μαθητές διαβάζουν τις επιστημονικές πληροφορίες που περιγράφουν τη λειτουργία του ανθρώπινου ματιού και συγχρόνως παρατηρούν την εικόνα με τα μέρη του εσωτερικού του ματιού καθώς και τα αντίστοιχα ονόματα τους. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται με τη βοήθεια του προπλάσματος του ματιού.

Προκειμένου να επιτευχθεί η αναλογική μάθηση οι μαθητές αντιστοιχίζουν τα μέρη του μοντέλου του ματιού με τα μέρη του ανθρώπινου ματιού. Περιμένουμε την ακόλουθη αντιστοιχία:

<i>Το μοντέλο του ματιού</i>	<i>Το μάτι</i>
<i>Μαύρο χαρτόνι</i>	<i>Κερατοειδής χιτώνας</i>
<i>Τρύπα</i>	<i>Ίριδα και Κόρη</i>
<i>Ποτήρι με νερό</i>	<i>Φακός</i>
<i>Λευκό χαρτόνι</i>	<i>Αμφιβληστροειδής χιτώνας</i>

παρατηρούμε
(σελ. 127)

Στη συνέχεια οι μαθητές παρατηρούν δύο εικόνες στις οποίες φαίνεται η κόρη του ματιού σε καταστάσεις όπου υπάρχει σκοτάδι και σε καταστάσεις με έντονο φως. Οι μαθητές αναμένεται να ερμηνεύσουν αυτή τη διαφορά ως εξής:

Η κόρη του ματιού μεγαλώνει (διαστέλλεται) όταν υπάρχει σκοτάδι για να επιτρέψει περισσότερο φως να μπει μέσα και να βλέπει το μάτι μας καλύτερα. Αντίθετα η κόρη μικραίνει για να προστατευθεί το εσωτερικό του ματιού από το έντονο φως.

Σημείωση: μπορούμε να πληροφορήσουμε τους μαθητές μας ότι η κόρη μεγαλώνει, ανεξάρτητα από το φως, στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- Σε περιπτώσεις ξαφνικού τρόμου ή φόβου.
- Σε περιπτώσεις που παρατηρούμε ένα αντικείμενο το οποίο βρίσκεται πολύ κοντά στα μάτια μας

Σημειώσεις

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Φύλλο εργασίας 4

Υγιεινές συνήθειες – Παθήσεις των ματιών

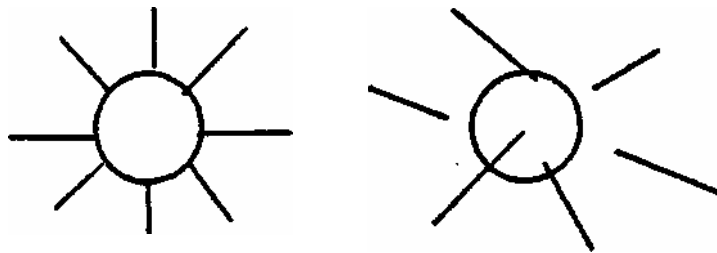
Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

- * Να αναγνωρίσουν την αξία της όρασης στη ζωή μας.
- * Να ενημερωθούν για τις διάφορες παθήσεις των ματιών.
- * Να διαμορφώσουν θετικές στάσεις και υγιεινές συνήθειες για την προστασία των ματιών.

Περιγραφή δραστηριοτήτων

Προκειμένου οι μαθητές να προβληματιστούν για την αξία της όρασης στις διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να εκτελέσουν τη δραστηριότητα που αφορά τη σχεδίαση ενός ήλιου. Σχεδιάζουν τον ήλιο έχοντας τα μάτια τους ανοικτά και στη συνέχεια κλειστά. Αναμένεται τα σχέδια τους να είναι της μορφής



και να εκφράσουν την άποψη ότι δυσκολεύονται να σχεδιάσουν όταν έχουν τα μάτια τους κλειστά.

συζητάμε
στην τάξη
(σελ.128)

Συζητούν στην ομάδα τους και στη συνέχεια σε επίπεδο τάξης για την σπουδαιότητα της αίσθησης της όρασης στη ζωή μας. Αναφέρουν σχετικά παραδείγματα:

Τα μάτια μας επιτρέπουν να παρατηρούμε τον κόσμο γύρω μας, να αναγνωρίζουμε τα πρόσωπα, τα πράγματα και τα χρώματα, να αποφεύγουμε διάφορους κινδύνους, να εργαζόμαστε με μεγαλύτερη άνεση, να διαβάζουμε και να γράφουμε.

Οι επιστημονικές πληροφορίες στοχεύουν στην ενημέρωση των μαθητών.

* για τις διάφορες παθήσεις των ματιών

* για τον τρόπο αντιμετώπισης τους.

(είναι γνωστό ότι πολλοί μαθητές αποφεύγουν να φορούν γυαλιά για λόγους αισθητικής)

δραστηριότητα
(σελ. 120)

Η δραστηριότητα που ακολουθεί οδηγεί τους μαθητές στην παρατήρηση και διάκριση του αγγλικού γράμματος s. Μπορούμε να αναπαράγουμε ένα ασπρόμαυρο αντίγραφο της ίδιας εικόνας και να το παρουσιάσουμε στους μαθητές. Στην προσπάθεια τους να διακρίνουν το γράμμα που φαίνεται δυσκολεύονται ή και αποτυγχάνουν. Συζητούν στην ομάδα τους και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αχρωματοψία δημιουργεί κάποιες δυσκολίες στη ζωή μας.

συζητάμε στην
τάξη (σελ.
12&)

Στη συνέχεια οι μαθητές παρατηρούν την εικόνα που δείχνει ένα μάτι και συζητούν για τον τρόπο αυτοπροστασίας των ματιών από ξένα σώματα. Αναμένεται να ακουστούν απόψεις του τύπου:

- Τα φρύδια εμποδίζουν τον ιδρώτα να φτάσει στα μάτια μας.
- Οι βλεφαρίδες εμποδίζουν τα ξένα σώματα να μπουν στα μάτια μας.
- τα βλέφαρα ,καθώς κινούνται, εμποδίζουν τα διάφορα ξένα σώματα (π.χ σκόνη,, σκουπίδια) να μπουν στα μάτια. Επίσης, με την κίνηση τους υγραίνουν και καθαρίζουν με τα δάκρυα το βολβό του ματιού. Σε περίπτωση που κάποιο ξένο σώμα μπει στο μάτι, το άνοιγμα και το κλείσιμο των βλεφάρων βοηθά στην απομάκρυνση του προς την άκρη του ματιού οπότε είναι εύκολο πλέον να αφαιρεθεί.
- Τα μάτια προστατεύονται επίσης λόγω του ότι βρίσκονται μέσα σε ειδικές κοιλότητες στο κεφάλι μας.

Η διδακτική ενότητα ολοκληρώνεται με τη συζήτηση γύρω από το τι μπορούμε να κάνουμε εμείς οι ίδιοι προκειμένου να προστατεύσουμε τα μάτια μας (υγιεινές συνήθειες) Αναμένουμε οι μαθητές να ταξινομήσουν τις απόψεις της σελ. 129 ως εξής:

A) Συνήθειες που βοηθούν στην προστασία των ματιών.

- Επισκέπτομαι τον οφθαλμίατρο μόλις νιώσω ενόχληση στα μάτια.
- Φορώ γυαλιά ηλίου τις ημέρες με ηλιοφάνεια.
- Πλένω τα μάτια μου με καθαρό νερό χωρίς να χρησιμοποιώ σαπούνι.
- Τοποθετώ το φωτιστικό του γραφείου μου σε τέτοια θέση ώστε να μη σχηματίζεται σκιά στο τετράδιό μου

B) Συνήθειες που βλάπτουν τα μάτια μας.

- * Μου αρέσει να κοιτάζω κατάματα τον ήλιο.
- * Δε φοράω τα γυαλιά μου γιατί ντρέπομαι.
- * Διαβάζω έχοντας τα μάτια μου σε μικρή απόσταση από το βιβλίο.
- * Όταν βλέπω τηλεόραση κάθομαι σε απόσταση 3 μέτρων από αυτή.

Σημειώσεις

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Φύλλο εργασίας 5

Οπτικές απάτες

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές:

- * Να διαπιστώσουν ότι κάποιες περιπτώσεις οπτικών απατών.
- * Να ερμηνεύσουν τις οπτικές απάτες με βάση το μεταίσθημα, τη λειτουργία του εγκεφάλου και το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός.

Υλικά

* χαρτόνι * διαβήτη * ψαλίδι * μαρκαδόροι * 2 λαστιχάκια κουζίνας * πλαστικό διαφανές ποτήρι	* μολύβι * νερό * πλαστικό αδιαφανές δοχείο ' κέρμα <u>Σημείωση:</u> τα παραπάνω υλικά αφορούν μία ομάδα της τάξης
---	--

Περιγραφή δραστηριοτήτων

**Πειραματι
ζόμαστε
(σελ 130)**

Όλες οι δραστηριότητες που περιγράφονται σε αυτό το φύλλο εργασίας στοχεύουν στο να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι κάποιες φορές τα μάτια μας μας ξεγελούν. Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές μας να αναφέρουν τυχόν εμπειρίες όπου οι ίδιοι έχουν διαπιστώσει διάφορες

ΟΠΤΙΚΕΣ ΑΠΑΤΕΣ.

Οι μαθητές εκτελώντας τη δραστηριότητα με τίτλο «βάζουμε το ψάρι στη γυάλα του» αναμένεται να παρατηρήσουν:

Παρατηρούμε
(σελ130)

Καθώς ο κυκλικός δίσκος περιστρέφεται έχουμε την εντύπωση ότι το ψάρι είναι μέσα στη γυάλα του.

Σημείωση: απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία της δραστηριότητας είναι:

* η γρήγορη περιστροφή του κυκλικού δίσκου. Εναλλακτικά μπορούμε να περιστρέψουμε τον κυκλικό δίσκο με τον ακόλουθο τρόπο:

Κάνουμε μια εγκοπή σε ένα καλάμακι μήκους περίπου 2-3 εκ. Στηρίζουμε τον κυκλικό δίσκο στο καλάμακι, τοποθετώντας ένα μέρος του στην εγκοπή. Κρατάμε το καλάμακι ανάμεσα στις παλάμες μας και το περιστρέφουμε πολύ γρήγορα

* η θέση που ζωγραφίζεται το ψάρι στη μία επιφάνεια του κυκλικού δίσκου πρέπει να συμπίπτει με τη θέση που ζωγραφίζεται η γυάλα στην άλλη επιφάνεια του κυκλικού δίσκου.

Ακολουθώντας οι μαθητές διαβάζουν τις επιστημονικές πληροφορίες οι οποίες ερμηνεύουν την προηγούμενη παρατήρηση τους. Πρόκειται για αυτό που οι επιστήμονες έχουν ονομάσει **μεταίσθημα** και στο οποίο βασίζεται η λειτουργία του κινηματογράφου.

Εκτελώντας τη δραστηριότητα με τίτλο "μία τρύπα στο χέρι μας", οι μαθητές αναμένεται να παρατηρήσουν:

δραστηριότητα
(σελ. 131)

- βλέπω μία "τρύπα" ή διαφορετικά έναν κυκλικό κομμάτι του πίνακα μέσα στην -παλάμη μου.
- Βλέπω μια "τρύπα" στην παλάμη μου και μέσα σε αυτή την "τρύπα (κυκλική επιφάνεια) το πρόσωπο του ή της φίλης μου.

δραστηριότητα
(σελ 132)

Στη συνέχεια οι μαθητές εκτελούν τη δραστηριότητα της σελ 132.

Το μεγαλύτερο ποσοστό αναμένεται να παρατηρήσει τα ακόλουθα:

- Τα σκίτσα των ανθρώπων διαφέρουν στο μέγεθος. Μεγαλύτερο είναι αυτό που βρίσκεται στο βάθος.
- Το μήκος των γραμμών (βέλη) διαφέρει. Μικρότερο μήκος έχει το επάνω βέλος.
- Οι γραμμές είναι καμπύλες.

Οι μαθητές ελέγχουν τις παρατηρήσεις τους με τη βοήθεια του χάρακα και αναμένεται να παρατηρήσουν ότι:

Τα μάτσα μας ξεγελούν αφού τα σκίτσα έχουν το ίδιο μήκος, το μήκος των γραμμών (βελών) είναι ίσο και οι κόκκινες γραμμές είναι ευθείες και μάλιστα μεταξύ τους παράλληλες

πειραματιζόμαστε
(σελ. 133)

Οι πειραματικές δραστηριότητες που ακολουθούν στοχεύουν στο να διαπιστώσουν οι μαθητές οπτικές απάτες που ερμηνεύονται με βάση το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός δηλαδή στην αλλαγή της πορείας του φωτός όταν περνά από ένα οπτικώς αραιότερο σε ένα οπτικώς πυκνότερο μέσο,

παρατηρούμε
(σελ. 133)

Μετά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων αναμένουμε παρατηρήσεις του τύπου:

- * Το μολύβι φαίνεται σαν να είναι σπασμένο.
- * Κάποια στιγμή καθώς απομακρύνομαι από το δοχείο παύω να βλέπω το κέρμα. Καθώς ο συμμαθητής μου ή η συμμαθήτριά μου προσθέτει νερό συνεχίζω να μη βλέπω το κέρμα. Από μια στιγμή και μετά όμως το κέρμα φαίνεται.

