



ΟΠΤΙΚΕΣ
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΒΙΒΛΙΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ

MATERIALS SCIENCE PROJECT

UNIVERSITY-SCHOOL
PARTNERSHIPS FOR THE DESIGN
AND IMPLEMENTATION OF
RESEARCH-BASED ICT-ENHANCED
MODULES ON MATERIAL
PROPERTIES

SPECIFIC SUPPORT ACTIONS

FP6: SCIENCE AND SOCIETY: SCIENCE
AND EDUCATION



PROJECT COORDINATOR
CONSTANTINOS P. CONSTANTINOU,
LEARNING IN SCIENCE GROUP,
UNIVERSITY OF CYPRUS

PROJECT PARTNERS



ACKNOWLEDGMENT



RESEARCH FUNDING FOR THE MATERIALS SCIENCE PROJECT WAS PROVIDED BY THE EUROPEAN COMMUNITY UNDER THE SIXTH FRAMEWORK SCIENCE AND SOCIETY PROGRAMME (CONTRACT SAS6-CT-2006-042942).

THIS PUBLICATION REFLECTS ONLY THE VIEWS OF THE AUTHORS AND THE EUROPEAN COMMUNITY IS NOT LIABLE FOR ANY USE THAT MAY BE MADE OF THE INFORMATION CONTAINED HEREIN.

© DESIGN:
n.eleana@cytanet.com.cy
2010, NICOSIA - CYPRUS

ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

Επανασχεδιασμός και
προσαρμογή

Ερευνητική Ομάδα
Ψύλλος Δημήτρης
Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης
Μολοχίδης Αναστάσιος
Σούλιος Ιωάννης

Ομάδα εκπαιδευτικών
Αξαρής Στέλιος
Μπισδικιάν Γκαραμπέτ
Λεύκος Ιωάννης

Αρχικός σχεδιασμός και
ανάπτυξη

Ερευνητική Ομάδα
Gabriella Monroy
Sara Lombardi
Ester Piegari
Elena Sassi
Italo Testa

Ομάδα εκπαιδευτικών
Berlangieri Gerardo
Cascini Emanuela
D'Ajello Caracciolo Gabriele
Di Benedetto Maria
Gallo Susetta
Montalto Giorgio
Santaniello Aurelia
Tuzi Tiziana

Άλλοι συνεργαζόμενοι φορείς
Επισκόπηση και ανατροφοδότηση
Martine Meheut

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A: ΕΙΣΑΓΩΓΗ 07

B: ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ 09

Ενότητα 0: Πώς βλέπουμε; 10

Ενότητα 1: Τι είναι οι Οπτικές Ύψες; 13

Ενότητα 2: Μπορούμε να ελέγξουμε την πορεία του φωτός; 18

Ενότητα 3: Παρατηρώντας την πορεία του φωτός 22

Ενότητα 4: Πότε και πώς το φως αποκλίνει; Ανάκλαση 25

Ενότητα 5α: Αρχή του Ελάχιστου Χρόνου ή Αρχή Fermat 27

Ενότητα 5β: Πότε και πώς το φως αποκλίνει; Διάθλαση 29

Ενότητα 6: Πώς είναι φτιαγμένη μια οπτική ίνα; Πρώτες νύξεις 33

Ενότητα 7: Θέλουμε να δούμε την πορεία του φωτός σε μια οπτική ίνα; 35

Γ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ 39

Αρχική δοκιμασία 40

Τελική Δοκιμασία 49

Πρωτόκολλο Ημιδομημένης Συνέντευξης για τα Επιστημονικά Μοντέλα 60



A: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

A: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Διδακτική Μαθησιακή Σειρά «Οπτικές Ιδιότητες των Υλικών» έχει αρχικά σχεδιαστεί και αναπτυχθεί από την Ομάδα Εργασίας του Πανεπιστημίου της Νεάπολης, στο πλαίσιο του έργου Επιστήμη των Υλικών. Η Ομάδα Εργασίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης έχει μεταφέρει και προσαρμόσει την αρχική Διδακτική Μαθησιακή Σειρά στο ελληνικό εκπαιδευτικό πλαίσιο και πιο συγκεκριμένα για να εφαρμοσθεί στη Γ΄ τάξη Γυμνασίου, στην οποία διδάσκεται η Οπτική αυτή την εποχή.

Η Διδακτική Μαθησιακή Σειρά βασίζεται σε πραγματικά πειράματα και δραστηριότητες με χρήση Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας, καθώς και σε ένα συνδυασμό επιστημονικών και τεχνολογικών θεμάτων σχετικά με τα οπτικά φαινόμενα, επιδιώκοντας τη συμμετοχή των μαθητών σε επιστημονική διερεύνηση και στη βελτίωση του ενδιαφέροντός τους για την επιστήμη. Η Ελληνική Ομάδα Εργασίας θεώρησε ότι η αρχική έκδοση είναι σε γενικές γραμμές εφαρμόσιμη στο ελληνικό εκπαιδευτικό πλαίσιο, ότι υπάρχουν καινοτομίες και ορισμένες διαφορές από την προσέγγιση της οπτικής στο Ελληνικό σχολείο. Λαμβάνοντας υπόψη το πλαίσιο αυτό, αρκετά στοιχεία του πυρήνα της αρχικής έκδοσης όπως και δραστηριότητες διατηρήθηκαν όπως αρχικά είχαν σχεδιαστεί. Ακόμη, ορισμένες αλλαγές ως προς τη δομή, τις έννοιες και τις δραστηριότητες θεωρήθηκαν αναγκαίες έτσι ώστε αφενός μεν να εμπλουτίσουμε τη διδασκαλία αφετέρου δε να την προσαρμόσουμε στο ελληνικό σχολείο.

Θα θέλαμε να αναγνωρίσουμε τη συνεργασία και τη γόνιμη ανταλλαγή απόψεων που είχαμε με την Ομάδα Εργασίας της Νεάπολης, καθώς εργαστήκαμε μαζί για να καταστεί εφικτό το συγκεκριμένο έργο, το οποίο μας παρείχε καινούργιες και επωφελείς ενοράσεις πάνω στα πολύπλοκα ζητήματα που υπεισέρχονται κατά τη μεταφορά ενός καλά σχεδιασμένου διδακτικού δημιουργήματος σε άλλη χώρα. Η συμμετοχή της Καθηγήτριας M. Meheuet η οποία λειτούργησε ως εξωτερικός ειδικός ήταν επίσης πολύτιμη.

Εκτός των εκπαιδευτικών και των ερευνητών οι οποίοι αναφέρονται τη σελίδα των συγγραφέων, η συνεργασία των οποίων ήταν απαραίτητη για την υλοποίηση του έργου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους σπουδαστές της Ειδικής Παιδαγωγικής Ακαδημίας Θεσσαλονίκης Σινάν Γιακούπ, Ταϊφούν Εμπλιούκ και Γκιουνέρ Καπζά, καθώς και τη Δάφνη Δρακάκη για τη συμβολή τους στο χειρισμό των δεδομένων. Ειδικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ελεάνα Δαλαγδή για τη αδιάκοπη εργασία και συμβολή της στην υλοποίηση του έργου.

Καθηγητής Δ. Ψύλλος
Επιστημονικός Υπεύθυνος Ομάδας Εργασίας,
Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης



**B: ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗ**

Β: ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ 0: ΠΩΣ ΒΛΕΠΟΥΜΕ;

Αντικείμενα του μαθήματος:

- Η διευκρίνιση των συνθηκών κάτω από τις οποίες μπορούμε να δούμε τα αντικείμενα γύρω μας.
- Η δημιουργία ενός μοντέλου για το πώς βλέπουμε.
- Η διαπίστωση ότι τα μοντέλα αποτελούν αφαιρέσεις της πραγματικότητας με σκοπό την ερμηνεία και πρόβλεψη των φαινομένων.

Διάρκεια: 1 ώρα περίπου

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 0.1 ΚΑΙ 0.2.

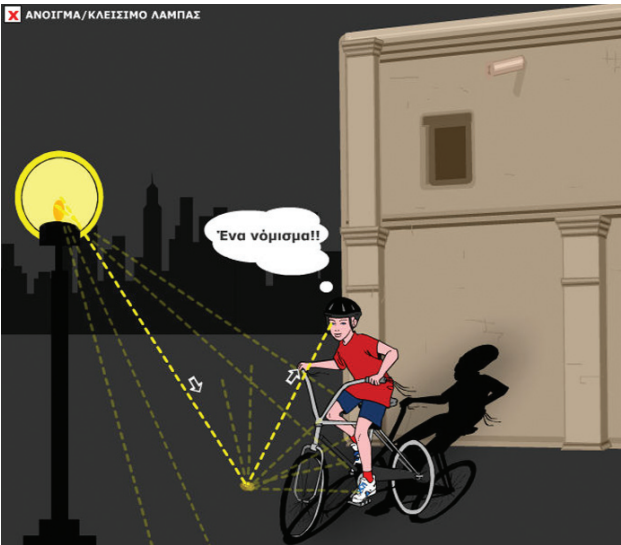
Προκαταρκτικές απλές παρατηρήσεις οι οποίες μας επιτρέπουν να κατανοήσουμε ότι:

- Βλέπουμε γιατί κάποια ποσότητα φωτός φτάνει στο μάτι μας, το οποίο είναι το όργανο για τον εντοπισμό του ορατού φωτός.
- Βλέπουμε το φως που εκπέμπεται από πηγές φωτός ή διαχέεται από τα διάφορα αντικείμενα.

Το πρώτο ονομάζεται «άμεσο φως» και το άλλο «διάχυτο φως».

- Βλέπουμε γιατί υπάρχουν υλικά σωματίδια τα οποία διαχέουν το φως. Κατά τις δραστηριότητες με τον φακό που σημαδεύει μέσω του αέρα τον τοίχο μπορούμε να δούμε μόνο το φωτεινό ίχνος στον τοίχο, ενώ αν κάποια σωματίδια προστεθούν στον αέρα, όπως καπνός ή σκόνη κιμωλίας θα μπορούσαμε να δούμε την πορεία του φωτός.
- Τα σωματίδια καπνού ή η σκόνη κιμωλίας δρουν σαν κέντρα διάχυσης και έτσι είναι δυνατόν να δούμε την πορεία της δέσμης του φωτός.
- Είναι αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής εμπειρίας μας ότι μερικές φορές βλέπουμε δέσμες φωτός να εισέρχονται μέσα από τις γρίλιες των παραθύρων.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 0.3.

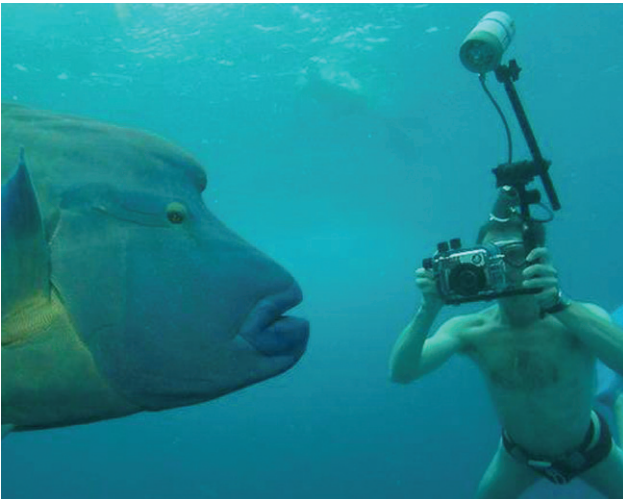
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Πώς βλέπουμε Παρατήρησε στην οθόνη προβολής σε ποια περίπτωση ο ποδηλάτης είναι δυνατόν να δει το νόμισμα. Τι ακριβώς συμβαίνει και μπορεί και βλέπει το νόμισμα;</p>  <p>ANOΙΓΜΑ/ΚΛΕΙΣΙΜΟ ΛΑΜΠΑΣ</p>	<p>Οι δραστηριότητες αυτές αποτελούν προσπάθεια δημιουργίας ενός μοντέλου του πώς βλέπουμε με τη χρήση της οπτικής ακτίνας. Οι μαθητές προτρέπονται να παρατηρήσουν τον τρόπο με τον οποίο ταξιδεύει το φως και ότι χρησιμοποιούμε μια μόνο ακτίνα φωτός για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο.</p> <p>Ενδεικτικές ερωτήσεις:</p> <ul style="list-style-type: none">• Με ποιο τρόπο αναπαριστάται το φως γύρω από τη λάμπα;• Ποιες από τις ακτίνες του φωτός χρησιμοποιούμε για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο;• Ανταποκρίνεται αυτό στην πραγματικότητα;• Σε τι μας βοηθάει αυτό;

Με τη χρήση του applet αναμένεται οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι τα μοντέλα αποτελούν μια αφαίρεση ή απλοποίηση της πραγματικότητας με στόχο την ερμηνεία της συμπεριφοράς του φωτός. Επίσης, γίνεται μια πρώτη προσπάθεια εισαγωγής του μοντέλου της οπτικής ακτίνας και της ταύτισής τους με την οπτική δέσμη την οποία οι μαθητές έχουν παρατηρήσει στις προηγούμενες δραστηριότητες. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα της διαδικασίας που εισάγεται με σκοπό να συνδεθεί η πραγματικότητα με το μοντέλο. Στην περίπτωση

αυτή έχουμε ταύτιση της οπτικής δέσμης με το μοντέλο της οπτικής ακτίνας με στόχο την ερμηνεία του φαινομένου.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ 0.4.

Αυτές οι δραστηριότητες στοχεύουν στο να κατανοήσουν οι μαθητές ότι για να μπορούμε να δούμε, τόσο το αντικείμενο όσο και ο παρατηρητής (το μάτι) πρέπει να βρίσκονται μέσα σε ένα (τουλάχιστον μερικά) διάφανο μέσο.



Οι δραστηριότητες αυτές αναφέρονται στο πώς μπορούμε να δούμε μέσα στο νερό. Παρατηρώντας οι μαθητές τις δυο πρώτες εικόνες διαπιστώνουν ότι για να δούμε μέσα στο νερό απαραίτητη είναι η ύπαρξη φωτός, όπως ακριβώς συμβαίνει και στον αέρα. Στην πρώτη εικόνα ο δύτες βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια όπου φτάνει το φυσικό φως ενώ στη δεύτερη περίπτωση το φως δεν φτάνει στο πυθμένα της θάλασσας λόγω του μεγάλου βάθους και έτσι ο δύτες χρησιμοποιεί τεχνητό φως. Και στις δυο περιπτώσεις το νερό είναι αρκετά καθαρό και ο δύτες μπορεί να δει σε αντίθεση με την τρίτη φωτογραφία όπου το νερό δεν είναι καθαρό με αποτέλεσμα να μην μπορεί να δει.

Οι δραστηριότητες αυτές επιτρέπουν να κατανοήσουμε ότι:

- Και στο νερό, επίσης, είναι δυνατόν να δούμε την πορεία του φωτός αν το νερό δεν είναι τόσο «καθαρό». Προσθέτοντας μερικές σταγόνες γάλα αυτό μας επιτρέπει να κάνουμε την πορεία του φωτός ορατή. Ο μηχανισμός είναι ο ίδιος όπως και για τα σωματίδια σκόνης ή του καπνού στον αέρα.
- Ακόμη και μέσα στο αποσταγμένο νερό κάποιος μπορεί να παρατηρήσει αμυδρά την πορεία του φωτός γιατί υπάρχουν κέντρα διάχυσης, αλλά λιγότερα από ότι στο «βρώμικο» νερό ή στο νερό της βρύσης.

Συμπεράσματα

Οι δραστηριότητες 0.1 και 0.2 μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι: βλέπουμε τις πηγές φωτός ή τα αντικείμενα που διαχέουν το φως όταν αυτό πέσει απάνω τους προερχόμενο από κάποια πηγή.

Οι δραστηριότητες 0.3 μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι τα μοντέλα αποτελούν αφαιρέσεις του πραγματικού κόσμου με σκοπό να αναπαραστήσουν, να εξηγήσουν ή να προβλέψουν φαινόμενα.

Οι δραστηριότητες 0.4 μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι: Βλέπουμε γιατί το διαχεόμενο (ανακλώμενο) φως περνά μέσα από ένα διάφανο μέσο πριν εισέρθει στο μάτι μας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ;

Αντικείμενα του μαθήματος:

- Οι οπτικές ίνες επιτρέπουν την καθοδήγηση του φωτός και την μετάδοση σημάτων.

Μετά την παρουσίαση του «σεναρίου», σχετικά με το δίκτυο FLAG, και την καταστροφή που έλαβε χώρα όταν αυτό διακόπηκε, αφήνοντας πολλές χώρες ανίκανες να συνδεθούν, μπορεί να γίνει εισαγωγή στις δραστηριότητες λέγοντας:

“Στα άρθρα που διάβασες, η φράση «οπτικές ίνες» έχει αναφερθεί πολλές φορές. Τα συστήματα που επιτρέπουν τη σύνδεση και τη μετάδοση σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις βασίζονται στις οπτικές ίνες. Αυτά επιτρέπουν τη μεταφορά φωτός σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, χωρίς σημαντική εξασθένηση.... Θέλουμε να μάθουμε πώς αυτό επιτυγχάνεται και τι πρέπει να γνωρίζουμε για τις οπτικές ίνες έτσι ώστε να τις «σχεδιάσουμε».

Ερωτήσεις όπως: «Έχετε ποτέ ακούσει σχετικά με τις οπτικές ίνες; Έχετε καμιά ιδέα πώς είναι κατασκευασμένες; Έχετε ποτέ δει οπτικές ίνες;» μπορεί να βοηθήσουν στην εισαγωγή μιας εφαρμογής των οπτικών ινών η οποία μπορεί να είναι ίσως περισσότερο οικεία στους μαθητές: τη λάμπα οπτικών ινών.

“Συχνά έχεις δει αυτές τις εντυπωσιακές λάμπες, οι οποίες φαίνεται να είναι φτιαγμένες από χορδές και μερικές φορές χρησιμοποιούνται για διακοσμήσεις τα Χριστούγεννα. Ένα φωτεινό σημείο ξεπροβάλλει μόνο στην άκρη της «χορδής»...^{1,2}

Προτεινόμενη συνθήκη

Τέσσερεις – πέντε μαθητές εκτελούν το ίδιο πείραμα.

Υλικά (για κάθε ομάδα)

- Ημιδιάφανος, ελαστικός ή πλαστικός σωλήνας (διαμέτρου 5-10 χιλ.)
- Μαύρο χαρτόνι ή φύλλο (ως οθόνη προβολής)
- Οπτική ίνα
- Λάμπα οπτικών ινών
- LED
- Πετονιά
- Μικρός φακός
- Μπαταρία 4.5 V
- Μαύρη μονωτική ταινία

Διάρκεια: 1,5 διδακτική ώρα

Οδηγίες διδασκαλίας

1. “Στην αρχαία Αίγυπτο οι σκλάβοι οι οποίοι έκτιζαν τους τάφους ή τις πυραμίδες έπρεπε να φωτίζουν τις μακριές κυρτές σήραγγες. Για να λύσουν αυτό το πρόβλημα οι οικοδόμοι χρησιμοποίησαν μια σειρά από χάλκινους καθρέπτες τοποθετημένους κατά αυτό τον τρόπο έτσι ώστε το φως του ήλιου, μέσω πολλαπλών ανακλάσεων να φωτίζει τις σήραγγες. Παρόλα αυτά, το σύνολο των μεταλλικών καθρεπτών δεν αποτέλεσε ένα εύχρηστο σύστημα εξαιτίας της εξασθένησης της έντασης του φωτός. Στις μέρες μας, υπάρχουν τηλεπικοινωνιακά συστήματα τα οποία μπορούν και καθοδηγούν το φως ανάμεσα σε υπερατλαντικές αποστάσεις. Προφανώς, αυτό δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός συστήματος καθρεπτών! Τέτοια συστήματα, τα οποία μας επιτρέπουν, για παράδειγμα, να κάνουμε μια κλήση από τη Νέα Υόρκη στο Τόκιο, χωρίς να υποστούμε καμιά αισθητή καθυστέρηση, στηρίζονται στη διάδοση του φωτός από λέιζερ μέσα στις οπτικές ίνες. Ας προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε πώς δουλεύει μια οπτική ίνα».
2. Με σκοπό να ανοίξουμε τη συζήτηση, μπορεί να είναι χρήσιμο να ξεκινήσουμε από κάποιο άλλο σχετικό μεν αλλά διαφορετικό θέμα, που αποτελεί γνώση του κοινού νου: Είναι δυνατόν να περιορίσουμε την φωτισμένη περιοχή σε ένα χώρο με τη προσθήκη μιας εξειδικευμένης πηγής φωτός; Για παράδειγμα, στην καθημερινή ζωή η ανάγκη για κατάλληλο φωτισμό για να διαβάσουμε ή να γράψουμε απαιτεί τη χρήση λάμπας εστίασης (γραφείου) ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή η οποία μπορεί να περιορίσει τη γωνία εκπομπής του φωτός μόνο στη περιοχή που θέλουμε να φωτίσουμε. Μια ερώτηση παρώθησης θα μπορούσε να είναι: Ποια αντικείμενα καθημερινής ζωής, στο σπίτι ή έξω απ’ αυτό, γνωρίζεις ότι επιτρέπουν τον περιορισμό της φωτισμένης περιοχής ενός χώρου για μια δεδομένη πηγή φωτός;


ΕΡΩΤΗΣΗ 1.1.1.: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΛΑΜΠΑΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Με στόχο την κατανόηση της λειτουργίας της λάμπας οπτικών ινών, τοποθετούμε μαζί ένα αριθμό οπτικών ινών και προσθέτουμε ένα LED στη βάση της λάμπας. Παίρνουμε την δεσμίδα των οπτικών ινών και συνδέουμε την μια άκρη της δεσμίδας στη πηγή φωτός (LED). Έτσι έχουμε κατασκευάσει μια λάμπα οπτικών ινών. Συνήθως, LED διαφορετικού χρώματος φωτίζουν τις συνηθισμένες λάμπες οπτικών ινών.</p>	<p>Μπορείς να εστιάσουμε την προσοχή των μαθητών στο γεγονός ότι η πορεία του φωτός μπορεί να είναι πολύ παράξενη. Αν π.χ. δέσεις φιόγκο μια ίνα παρατηρούμε ότι τίποτα δεν αλλάζει.</p>

Υπάρχουν οπτικές ίνες με τραχιές επιφάνειες και τελειώματα. Σε αυτή την περίπτωση μπορείς να δεις το φως επίσης σε όλο το τραχύ κομμάτι των οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή της λάμπας. Μπορεί κάποιος να επιτύχει το ίδιο

αποτέλεσμα αφαιρώντας κομμάτι από την επιφάνεια της οπτικής ίνας. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η οπτική ίνα έχει ένα εξωτερικό τοίχωμα το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο σχετικά με τη μετάδοση του φωτός το οποίο θα το διερευνήσουμε αργότερα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.1.2.: ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΤΗ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Σχεδιάσε πώς πιστεύεις ότι το φως ταξιδεύει σε κάθε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις:</p> 	<p>Επιστούμε την προσοχή των μαθητών στην περίεργη πορεία του φωτός μέσα στην οπτική ίνα την οποία δεν μπορούμε δούμε. Προτρέπουμε τους μαθητές να σχεδιάσουν την πορεία του φωτός χρησιμοποιώντας οπτικές ακτίνες και να εξηγήσουν πώς πιστεύουν ότι το φως ταξιδεύει σε κάθε μια από τις δυο διαφορετικές περιπτώσεις π.χ. στις οπτικές ίνες και στη λάμπα.</p>

Οι οπτικές ίνες μπορούν και εκτρέπουν το φως από την ευθύγραμμη διάδοσή του. Οι μαθητές σε προηγούμενη δραστηριότητα ταύτισαν την δέσμη του φωτός με τη οπτική ακτίνα. Η σχεδίαση της πορείας του φωτός αποτελεί εφαρμογή του μοντέλου της οπτικής ακτίνας σε μια ασυνήθιστη περίπτωση την οποία το μοντέλο κατ' αρχάς αδυνατεί να ερμηνεύσει. Οι μαθητές αναμένεται να εκφράσουν κάποιες πρώτες ερμηνείες γιατί συμβαίνει αυτό. Η δραστηριότητα αυτή προσφέρεται για να διαπιστώσουν τους

περιορισμούς στους οποίους μπορεί να υπόκεινται ένα επιστημονικό μοντέλο όπως π.χ. το μοντέλο της οπτικής ακτίνας που έχουν χρησιμοποιήσει μέχρι τώρα. Η συζήτηση μπορεί να περιστραφεί γύρω από το αν: «το μοντέλο της οπτικής ακτίνας μπορεί να εξηγήσει τι συμβαίνει και οι οπτικές ίνες καθοδηγούν το φως;»

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 1.1.3. ΕΩΣ 1.1.5.: ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΟΥΝ ΤΟ ΦΩΣ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Τοποθέτησε μια οπτική ίνα ίσια πάνω σε ένα τραπέζι, ένα κομμάτι μαύρο χαρτόνι ή χαρτί (ως οθόνη προβολής) στη μια άκρη και ένα μικρό φακό στην άλλη άκρη. Άναψε το φακό και περιέγραψε τι παρατηρείς στην οθόνη προβολής. Καμπύλωσε βαθμιαία την οπτική ίνα και παρατήρησε τι συμβαίνει με το ίχνος του φωτός στην οθόνη προβολής.</p>	<p>Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπτικές ίνες διαφορετικής διαμέτρου.</p> <p>Ενώ ένας μαθητής στρέφει την οπτική ίνα ένας άλλος φροντίζει να διατηρείται η επαφή ανάμεσα στο φακό και την οπτική ίνα.</p>

Όταν η οπτική ίνα στρέφεται βαθμιαία, το ίχνος του φωτός στην οθόνη προβολής διατηρεί την έντασή του. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί εύλογα στο συμπέρασμα ότι η οπτική ίνα αποτελεί ένα οδηγό για το φως. Βοήθησε τους μαθητές σου να παρατηρήσουν ότι καθόλου φως δεν περνά από την εξωτερική επιφάνεια της ίνας δηλ. ότι συμβαίνει μέσα στην οπτική ίνα δεν είναι ορατό.

Μπορούν να γίνουν και ερωτήσεις σχετικά με το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένες: «Είναι διάφανες; Είναι οι οπτικές ίνες φτιαγμένες από γυαλί; Μπορούμε να στρέψουμε ένα κομμάτι γυαλιού;»

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.1.6.: ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΑΝΑ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Ελαστικός σωλήνας</p> <p>Τοποθέτησε τον ελαστικό σωλήνα ίσια πάνω στο τραπέζι. Σύνδεσε την μια άκρη του ένα λαμπάκι το οποίο μπορείς να στερεώσεις με τη βοήθεια της μαύρης μονωτικής ταινίας. Τοποθέτησε την οθόνη προβολής περίπου 2-3εκ. από την άλλη άκρη του σωλήνα. Άναψε το λαμπάκι με τη βοήθεια της μπαταρίας (4.5V).</p> <p>Καμπύλωσε το σωλήνα και παρατήρησε τι συμβαίνει με το ίχνος του φωτός στην οθόνη προβολής.</p>	<p>Διατήρησε τον σωλήνα πάνω στο τραπέζι σε ίσια θέση.</p> <p>Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αιμοστατικοί περιδέσμοι (μήκους περίπου 8εκ.). Τέτοιοι σωλήνες επιτρέπουν την καλή σύνδεση με τις μικρές λαμπίτσες.</p> <p>Κάντε το πείραμα σε μια σκοτεινή αίθουσα. Εναλλακτικά, χρησιμοποιήστε κάποιο μαύρο κουτί (χάρτινο ή οτιδήποτε άλλο) γύρω από την εφαρμογή.</p>
<p>Διάφανο πλαστικό καλώδιο</p> <p>Το πείραμα επαναλαμβάνεται με τη χρήση ενός διάφανου πλαστικού καλωδίου του οποίου φωτίζεται η μια άκρη.</p>	<p>Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χοντρή πετονιά (μήκους περίπου 10εκ.).</p>

Όταν ο ελαστικός σωλήνας στρέφεται βαθμιαία, η ένταση του φωτεινού ίχνους μειώνεται και τελικά εξαφανίζεται. Αυτό επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι ο ελαστικός σωλήνας δεν είναι ένας καλός υποψήφιος για τη καθοδήγηση του φωτός. Βοηθήστε τους μαθητές σας να παρατηρήσουν ότι κάποιο φως περνά έξω μέσα από την εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα.

ο Διάφανο πλαστικό καλώδιο

Τα πειράματα με τις οπτικές ίνες θα μπορούσαν να οδηγήσουν τους μαθητές να πιστέψουν ότι οι οπτικές ιδιότητες των οπτικών ινών οφείλονται στο μικρό τους πάχος και στην συμπαγή κατάστασή τους.

Το πείραμα με τη πετονιά βοηθά τους μαθητές να παρατηρήσουν ότι οι οπτικές ίνες προφανώς δεν είναι συνηθισμένα πλαστικά καλώδια αλλά είναι σχεδιασμένες με βάση κάποια ειδικά υλικά.

Ενθαρρύνετε τη σύγκριση ανάμεσα στα πειράματα με τα πλαστικά καλώδια ή τους ελαστικούς διάφανους σωλήνες. Ο τρόπος με τον οποίο στρέφονται είναι ο ίδιος αλλά το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό. Η εξωτερική επιφάνεια του ελαστικού σωλήνα φωτίζεται, ενώ της οπτικής ίνας όχι. Ακόμη περισσότερο εστιάστε την προσοχή στα ίχνη που σχηματίζονται πάνω στην οθόνη προβολής από τον σωλήνα (χαμηλή ένταση και θολά όρια) και από την οπτική ίνα (υψηλή ένταση και ξεκάθαρα όρια).

Αν δοκιμάσετε να ξύσετε μια οπτική ίνα (π.χ. με ένα γυαλόχαρτο), θα δείτε ότι το φως διέρχεται μέσα από την ξυμένη επιφάνεια. Κατ' αυτό τον τρόπο η εξωτερική επιφάνεια της οπτικής ίνας φαίνεται να αποτελεί κρίσιμο συστατικό των παράδοξων οπτικών ιδιοτήτων της.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.1.7. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
Ένα ζευγάρι μαθητών κρατούν ένα κομμάτι μιας οπτικής ίνας. Ο ένας μαθητής φωτίζει την μια άκρη της οπτικής ίνας και ο άλλος μαθητής βρίσκεται σε ένα μέρος από το οποίο δεν μπορεί να δει τον συνεργάτη του (π.χ. πίσω από μια πόρτα). Ο δεύτερος μαθητής καλείται να αναγνωρίσει τι σήματα του στέλνει ο πρώτος μαθητής: μακριά-σύντομα κ.τ.λ.	Ο καλύτερος τρόπος για την εκτέλεση αυτού του πειράματος είναι να δημιουργήσουμε μια παρεμβολή για την οπτική δέσμη π.χ. με ένα κομμάτι χαρτόνι, έτσι ώστε ο μαθητής που λαμβάνει τα σήματα να βλέπει μόνο το φως μέσα από την οπτική ίνα.

Η δραστηριότητα αυτή έχει ως στόχο να κάνει τους μαθητές ενήμερους για το ότι οι οπτικές ίνες αποτελούν καλούς υποψήφιους για την μετάδοση σημάτων. Επίσης, κάποιος μπορεί να εισαγάγει και το τι σημαίνει «κωδικοποίηση».

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 1.2.: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥΣ

Στο τέλος αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές θα πρέπει να είναι ικανοί να υποστηρίζουν ότι «οι οπτικές ίνες είναι αγωγοί (χωρίς κοίλωμα) φτιαγμένοι από ένα διάφανο μέσο»

Αυτά τα τεχνολογικά αντικείμενα επιτρέπουν: την καθοδήγηση του φωτός και τη μετάδοση σημάτων.

Κύρια συμπεράσματα:

- Με τη χρήση κατάλληλων συσκευών είναι πιθανόν να καθοδηγήσουμε το φως κατά μήκος καμπυλωμένων διαδρομών και να το κατευθύνουμε προς περιοχές απρόσιτες ή δύσκολα να προσεγγιστούν με την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός.
- Με τη χρήση των οπτικών ινών, είναι πιθανόν να κατευθύνουμε το φως προς ένα ακριβές ίχνος και την ίδια στιγμή να περιορίσουμε την φωτιζόμενη περιοχή του χώρου, ακόμη και όταν η οπτική ίνα

-
- έχει καμπυλωθεί.
 - Οι οπτικές ίνες είναι αγωγοί φωτός.
 - Οι οπτικές ίνες επιτρέπουν τη μετάδοση σημάτων.

Τι ακολουθεί;

Οι μαθητές έχουν διαπιστώσει ότι η κύρια ιδιότητα μιας οπτικής ίνας είναι η καθοδήγηση του φωτός. Επίσης, μπόρεσαν και κατασκεύασαν εντυπωσιακή λάμπα οπτικών ινών. Αλλά μέχρι τώρα δεν έχει γίνει γνωστό πώς οι οπτικές ίνες λειτουργούν και ποιες είναι οι ιδιότητες που επιτρέπουν τις οπτικές ίνες να καθοδηγούν το φως. Για να κατανοήσουμε τι συμβαίνει μέσα σε μια οπτική ίνα, χρειαζόμαστε να δημιουργήσουμε μια καθοδήγηση φωτός όπου μπορούμε να «δούμε» πώς το φως διαδίδεται.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΕΛΕΓΞΟΥΜΕ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ;

Αντικείμενα του μαθήματος:

- Η κατασκευή μέσα στο σχολικό εργαστήριο μιας καθοδήγησης φωτός.
- Η διαπίστωση ότι εσωτερική ανάκλαση είναι η βασική αρχή που επιτρέπει την καθοδήγηση του φωτός.

Τον πυρήνα αυτής της δραστηριότητας καταλαμβάνει ένα πείραμα που δείχνει ότι είναι δυνατόν να καθοδηγηθεί το φως μέσα από ένα πίδακα νερού το οποίο αποτελεί ένα καλό παράδειγμα για τη διερεύνηση των βασικών στοιχείων της λειτουργίας μιας οπτικής ίνας.

Το πείραμα αυτό επίσης βοηθά στη διατύπωση του νόμου της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, καθώς επίσης βοηθά και στην παρατήρηση του τι συμβαίνει στην επιφάνεια διεπαφής δυο διαφορετικών υλικών. Η δραστηριότητα μπορεί να εισαχθεί λέγοντας:

“Πίσω στο 1841 σε μια αίθουσα διδασκαλίας του πανεπιστημίου της Γενεύης στην Ελβετία, ο φυσικός Daniel Colladon, παρατήρησε κατά τύχη και για πρώτη φορά ότι το φως ταξιδεύοντας σε ένα πίδακα

νερού μπορεί να καθοδηγηθεί. Θα προσπαθήσουμε να αναπαράγουμε αυτό το πείραμα χρησιμοποιώντας ένα τεχνολογικό κατασκεύασμα, το οποίο δεν ήταν τότε διαθέσιμο, μια πηγή λέιζερ. Θα παρατηρήσουμε με προσοχή αυτό το «παράξενο αποτέλεσμα».

Προτεινόμενη συνθήκη

Τέσσερις με πέντε μαθητές εκτελούν το ίδιο πείραμα.

Υλικά

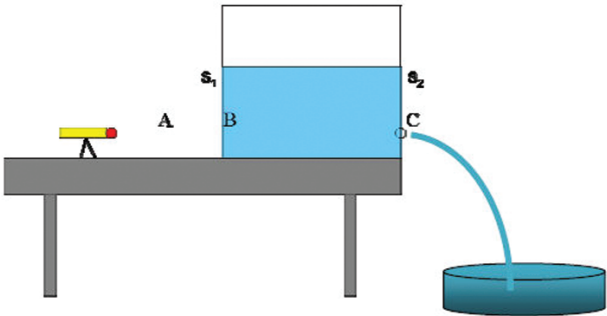
- Ένα διαφανές δοχείο (περίπου 30 εκ. μήκος, 18 εκ πλάτος, 16 εκ ύψος)
- Μια πηγή λέιζερ
- Μια βάση για το λέιζερ (π.χ. μανταλάκια)
- Τάπα νερού
- Μαύρο χαρτί ή ύφασμα για οθόνη προβολής
- Μια λεκάνη για το μάζεμα του νερού
- Υλικό για τη δημιουργία καπνού

Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα



Οδηγίες διδασκαλίας

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.1.: ΠΡΟΒΛΕΨΗ

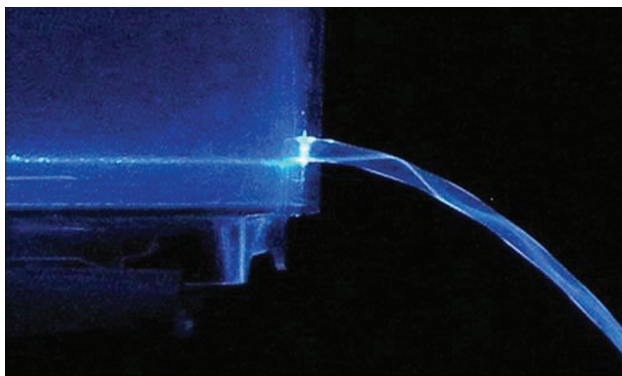
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Το σχήμα δείχνει την διάταξη του πειράματος. Σχεδιάσε την πορεία που θα ακολουθήσει το φως εξερχόμενο από την πηγή λέιζερ μέσα από τα διάφορα υλικά.</p> 	<p>Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί το πρώτο στάδιο του σχήματος ΡΟΕ (Predict – Observe – Explain) που χρησιμοποιείται κατά την πειραματική διαδικασία.</p> <p>Οι μαθητές ελεύθερα καλούνται να προβλέψουν τι θα συμβεί και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.</p>

Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί και το δεύτερο στάδιο της διαδικασίας μοντελοποίησης που εισάγεται και έχει ως στόχο να ταυτίσουν οι μαθητές το μοντέλο της οπτικής ακτίνας με τη δέσμη του λέιζερ που αποτελεί μια εξειδικευμένη περίπτωση φωτός (μονοχρωματική ακτινοβολία) η οποία και χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός στα ομογενή υλικά στα περισσότερα σχολικά εγχειρίδια. Οι

μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν με τη χρήση της οπτικής ακτίνας και να αιτιολογήσουν τον τρόπο με τον οποίο διαδίδεται το φως στον αέρα και στο νερό. Το στάδιο αυτό έχει ως στόχο την διερεύνηση και την ανάδυση των ιδεών των μαθητών σε μια περισσότερο επικοινωνιακή προσέγγιση της διδακτικής ακολουθίας.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.2.1.: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Κάντε μια μικρή τρύπα (διαμέτρου περίπου 5-6 χιλ.) σε μια από τις μικρές πλευρές του ενυδρείου, περίπου 3-4 εκ. από τον πάτο και κλείστε την με τη κάποια τάπα. Χρησιμοποιήστε κατάλληλο τρυπάνι για κάνετε μια τρύπα με κανονικές γραμμές.</p> <p>Γέμισε το ενυδρείο με νερό βρύσης μέχρι 10-15 εκ. ύψος περίπου. Ανοίξτε την τρύπα και χρησιμοποιήστε την λεκάνη για μαζέψετε το νερό το οποίο εξέρχεται ακολουθώντας μια παραβολική τροχιά.</p> <p>Η πηγή λέιζερ είναι τοποθετημένη στη βάση της κοντά στο ενυδρείο κοιτώντας από την άλλη πλευρά την τρύπα. Η δέσμη του λέιζερ είναι οριζόντια, παράλληλη με το επίπεδο του τραπεζιού και στην ίδια οριζόντια γραμμή με την τρύπα. Για να μπορέσουμε να δούμε καλύτερα την δέσμη λέιζερ και την πορεία της, η αίθουσα πρέπει να είναι συσκοτισμένη ή η όλη διάταξη να τοποθετηθεί σε κάποιο κουτί (οποιαδήποτε κουτί είναι εντάξει) του οποίου τα τοιχώματα είναι μαύρα (επενδυμένα με μαύρο χαρτί ή ύφασμα).</p>	<p>Για να δούμε καλύτερα τη δέσμη λέιζερ (ειδικά όταν δεν είναι πολύ ισχυρή), μπορεί να χρειαστεί να δουλέψουμε με «βρώμικο» νερό, π.χ. νερό με κάποια σκόνη κιμωλίας, ή με «βρώμικο» αέρα π.χ. αέρας μολυσμένος με κάποιο σπρέι ή καπνό.</p> <p>Οι μαθητές πρέπει να κάθονται στο πλάι σε σχέση με τη δέσμη του λέιζερ έτσι ώστε να αποφύγουν κάθε απευθείας κοίταγμα της ακτινοβολίας του λέιζερ.</p> <p>Για να μπορούν όλοι οι μαθητές να δουν με όλες τις λεπτομέρειες την πορεία της οπτικής δέσμης θα ήταν πιο πρόσφορο να δώσουμε σε καθένα τους εκτυπωμένη μια ψηφιακή φωτογραφία μιας φωτισμένης εκτόξευσης νερού, η οποία έχει δημιουργηθεί προηγουμένως από τον καθηγητή.</p> <p>Κανόνες ασφαλείας</p> <p>Αν ένα αρκετά δυνατό λέιζερ χρησιμοποιηθεί, οι μαθητές δεν πρέπει σε καμιά περίπτωση να κοιτάζουν την δέσμη φωτός τους απευθείας.</p>



Αυτό το πείραμα εύκολα εκτελείται στην αίθουσα, αποτελεί ένα κατάλληλο παραστατικό παράδειγμα για να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν κάτω από ποιες συνθήκες το φως μπορεί να «καθοδηγηθεί».

Αφού γίνει το πείραμα μπορούμε να εστιάσουμε εστιάζει την προσοχή στην πορεία που ακολουθήθηκε από την δέσμη του λέιζερ: πρώτα στην ευθύγραμμη πορεία (τομείς AB και BC) μέσα σε ομογενή υλικά (αέρας και νερό) και δεύτερον στην πορεία μέσα στον πίδακα του νερού όπου υπάρχει μια επιφάνεια διεπαφής ανάμεσα σε δυο

διαφορετικά υλικά με διαφορετικές οπτικές ιδιότητες.

Η παρατήρηση και η ανάλυση αυτών των δυο διαφορετικών πορειών μας επιτρέπει να καταλήξουμε σε δυο διαπιστώσεις:

- Για τα ομογενή και ετερογενή υλικά και να διατυπώσουμε το νόμο της ευθύγραμμης διάδοσης όταν το φως μέσα σε ομοιογενή υλικά (Πρώτος νόμος της γεωμετρικής οπτικής).
- Για την σημασία της επιφάνεια διεπαφής ανάμεσα σε δυο διαφορετικά υλικά.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.2.2.

Είναι χρήσιμο να μοιράσουμε ένα αντίγραφο της εικόνας της διερχόμενης δέσμης φωτός μέσα από τον πίδακα νερού σε κάθε ομάδα μαθητών.

Επιστρέφουμε στο πείραμα και ζητούμε να παρατηρήσουν οι μαθητές πολύ προσεκτικά τον πίδακα του νερού και τις εσωτερικές ανακλάσεις του φωτός μέσα στο νερό. Ο πίδακας του νερού φαίνεται να «καθοδηγεί» την δέσμη του λέιζερ. Η ιδιότητα αυτή θυμίζει κάτι το οποίο ήδη έχει παρατηρηθεί και στην οπτική ίνα, αλλά με μια σημαντική διαφορά. Στον πίδακα του νερού καθώς το φως καθοδηγείται, η πορεία του είναι ορατή γιατί κάποιο φως διαχέεται από κάποια υλικά σωματίδια τα οποία είναι πάντα παρόντα στο νερό (σκόνη ή παρόμοια υλικά). Στην περίπτωση των οπτικών ινών, όμως, δεν μπορούμε να δούμε την πορεία του νερού. Κάποιος μπορεί να πει ότι «η οπτική ίνα παγιδεύει το φως». Αν παγιδευόταν επίσης και στην εκτόξευση του νερού αυτό θα μπορούσε να σημαίνει ότι καθόλου φως δεν θα δραπετεύε μέσα από τον πίδακα και καμιά δέσμη δεν θα έφτανε στα μάτια μας και έτσι δεν θα παραγόταν καμιά εικόνα των εσωτερικών ζιγκ ζαγκ ανακλάσεων (θα μπορούσε στο σημείο αυτό να ανακληθεί η γνώση που αποκτήθηκε προηγουμένως σχετικά με την όραση και το διαχεόμενο φως).

Παρατηρώντας προσεκτικά τον πίδακα του νερού μπορούν να επισημανθούν οι «αναπηδήσεις» του φωτός και να εστιαστεί το ενδιαφέρον στις εσωτερικές ανακλάσεις του φωτός και από κει και πέρα ο πίδακας του νερού μπορεί να εκληφθεί κατά προσέγγιση σαν ένας κύλινδρος γεμάτος νερό του οποίου τα τοιχώματα (η παράπλευρη επιφάνεια του) είναι φτιαγμένα από αέρα. Ξαναγυρνώντας πίσω στο πείραμα της καμπύλωσης της οπτικής ίνας είναι εύλογο και αληθοφανές να διαπιστώσουν οι μαθητές τις ομοιότητες του πίδακα του νερού με την οπτική ίνα ως προς την καθοδήγηση του φωτός. Ωστόσο να και το υλικό της οπτικής ίνας είναι άγνωστο, το υλικό της εκτόξευσης του νερού είναι γνωστό: νερό που περιβάλλεται από αέρα. Ξαναγυρνώντας πίσω στο πείραμα της καμπύλωσης της οπτικής ίνας είναι εύλογο και αληθοφανές να διαπιστώσουν οι μαθητές τις ομοιότητες του πίδακα του νερού με την οπτική ίνα ως προς την καθοδήγηση του φωτός. Ωστόσο να και το υλικό της οπτικής ίνας είναι άγνωστο, το υλικό της εκτόξευσης του νερού είναι γνωστό: νερό που περιβάλλεται από αέρα.

Κύρια συμπεράσματα

Οι πρώτες παρατηρήσεις για τον οδηγό του φωτός που κατασκευάσαμε μας επιτρέπουν να υποστηρίξουμε ότι αποτελείται από δυο διαφορετικά υλικά με μια επιφάνεια διεπαφής ανάμεσα τους πάνω στην οποία το φως ανακλάται. Θα μπορούσαμε να προωθήσουμε την ιδέα ότι η οπτική ίνα θα πρέπει να είναι φτιαγμένη από ένα υλικό το οποίο θα περιβάλλεται από κάποιο διαφορετικό, παρόμοιο με το νερό και τον αέρα, στο πείραμα με τον πίδακα του νερού. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών του πώς μια οπτική ίνα λειτουργεί: της εσωτερικής ολικής ανάκλασης πάνω στην επιφάνεια διεπαφής των δυο υλικών της ίνας (αυτά που αργότερα θα ονομάσουμε πυρήνα και εξωτερική επίστρωση).

Η δραστηριότητα ασχολείται διαπραγματεύεται κάποια θέματα τα οποία λαμβάνονται υπόψη σχεδόν όλα τα βασικά μαθήματα φυσικής: τον νόμο της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, τα ομογενή υλικά, και τις επιφάνειες διεπαφής ανάμεσα σε δυο διαφορετικά μέσα.

Ένα μέσο είναι ομοιογενές όταν οι ιδιότητές του είναι ίδιες παντού μέσα στο μέσο.

Από τα πειράματα συμπεραίνουμε ότι η πορεία του φωτός του λέιζερ σε ένα ομογενές υλικό είναι ευθεία γραμμή. Αυτό ισχύει κάθε φορά που το φως ταξιδεύει μέσα σε ένα ομογενές υλικό. Αυτό είναι γνωστό ως ο πρώτος νόμος της γεωμετρικής οπτικής.

Επιφάνεια διεπαφής ή οριακή επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια που χωρίζει δυο διαφορετικά ομογενή μέσα. Για παράδειγμα, η επίπεδη επιφάνεια ενός τραπέζιου είναι η επιφάνεια διεπαφής ανάμεσα στο ξύλο (από το οποίο είναι φτιαγμένο το τραπέζι) και τον αέρα. Αντίστοιχα, η επιφάνεια του νερού στο δοχείο αποτελεί την επιφάνεια διεπαφής ανάμεσα στο νερό και στον αέρα.

Τι ακολουθεί;

Στο πείραμα που εκτελέσαμε οι μαθητές παρατήρησαν μια καθοδήγηση φωτός στην οποία η πορεία του φωτός είναι ορατή.

Είναι απαραίτητο να εξερευνήσουμε γιατί, τότε και κάτω από ποιες συνθήκες το φως δεν ακολουθεί την ευθύγραμμη πορεία και τότε στρέφεται όπως στην καθοδήγηση του φωτός.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΠΑΡΑΤΗΡΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Αντικείμενα του μαθήματος:

- Οι καταστάσεις στις οποίες το φως αποκλίνει από την ευθύγραμμη πορεία του.
- Τα φαινόμενα της διάθλασης και ανάκλασης.

Ζητούμε από τους μαθητές να πάνε πίσω στην προβληματική κατάσταση που διακατέχει το αρχικό «σενάριο» και να ξαναθυμηθούν ότι ο κύριος στόχος ήταν ο σχεδιασμός ενός τρόπου καθοδήγησης του φωτός. Κατά την εισαγωγή αυτής της δραστηριότητας μπορούμε να πούμε:

«Έχουμε παρατηρήσει τον πίδακα του νερού να αναβλύζει από την τρύπα του δοχείου. Μέσα στον πίδακα το φως ακολουθεί ένα είδος ζιγκ ζαγκ τροχιάς. Εκτελούμε κάποιες μετρήσεις με στόχο να κατανοήσουμε γιατί συμβαίνει αυτό. Σ' αυτή τη δραστηριότητα θα δημιουργήσουμε μια κατάλληλη κατάσταση για αυτό το σκοπό».

Προτεινόμενη συνθήκη

Ομάδες τεσσάρων – πέντε μαθητών εκτελούν το ίδιο πείραμα.


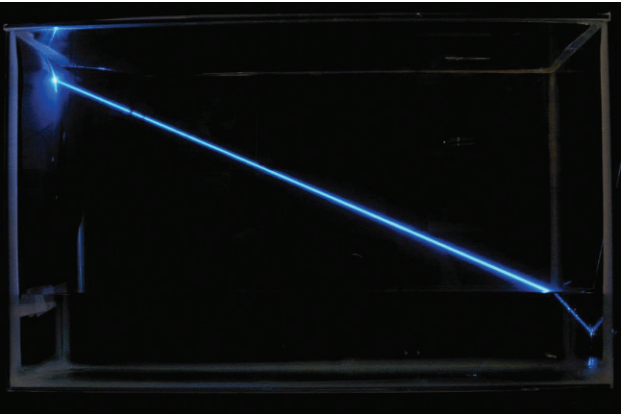
Υλικά

- Ένα διαφανές δοχείο (Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το δοχείο του πειράματος με τον πίδακα νερού αφού έχουμε σφραγίσει την τρύπα με την τάπα)
- Μια χαμηλού κόστους πηγή λείζερ
- Τάπα για νερό
- ένα λιβανιστήρι (για την δημιουργία καπνού)

Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα

Οδηγίες για τη διδασκαλία

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.1.: ΣΗΜΑΔΕΥΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΤΑΠΑ ΜΕ ΤΟ ΛΕΙΖΕΡ.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Γεμίστε το δοχείο με νερό (σχεδόν ως τη μέση) και εισάγεται καπνό με το λιβανιστήρι στον αέρα πάνω από το νερό. Τοποθετήστε ένα διάφανο κάλυμμα κλείνοντας το άνοιγμα του δοχείου και εγκλωβίζοντας τον καπνό.</p> <p>Η τρύπα C μπορεί να σηματοδοτεί προσανατολίζοντας την πηγή λέιζερ από πάνω προς τα κάτω, έτσι ώστε το φως να πάει πρώτα μέσα από τον αέρα και μετά μέσα από το νερό ή αντίθετα προσανατολίζοντας την πηγή λέιζερ από κάτω προς τα πάνω από το νερό στον αέρα.</p> <p>Όταν η κλίση του λέιζερ αλλάζει κάποιος μπορεί να παρατηρήσει διάθλαση, ανάκλαση και επίσης ολική εσωτερική ανάκλαση, αν το φως κτυπήσει το νερό πρώτα.</p> <p>Στην δεύτερη περίπτωση κάποιος μπορεί να παρατηρήσει ανακλώμενες και διαθλώμενες δέσμες φωτός και είναι πιθανόν να σημειώσει ότι για μια συγκεκριμένη γωνία εισόδου της δέσμης του λέιζερ η διαθλώμενη ακτίνα εξαφανίζεται και η ολική εσωτερική ανάκλαση λαμβάνει χώρα.</p> 	<p>Για να μπορέσουμε να δούμε καλύτερα την δέσμη του λέιζερ (ειδικά αν δεν είναι πολύ δυνατή) μπορεί να χρειαστεί να δουλέψουμε με «βρώμικο» νερό δηλ. νερό με κάποιες σταγόνες γάλα.</p> <p>Το λιβανιστήρι μας επιτρέπει εύκολα να εισάγουμε εύκολα καπνό στον αέρα πάνω από το νερό. Όταν γίνει αυτό θα πρέπει να κλείσουμε το δοχείο με κάποιο διάφανο κάλυμμα έτσι ώστε να αποφύγουμε να γεμίσει το εργαστήριο με πολύ καπνό.</p> <p>Το τραπέζι στο οποίο θα τοποθετήσουμε το δοχείο με το νερό πρέπει να είναι τέλεια οριζοντιωμένο.</p> <p>Οι μαθητές πρέπει να κάθονται πλάγια σε σχέση με την δέσμη του λέιζερ έτσι ώστε να αποφευχθεί η απευθείας οπτική επαφή με το φως του λέιζερ.</p> 

Μπορούμε να εστιάσουμε την προσοχή των μαθητών στο ρόλο της επιφάνειας διεπαφής νερού – αέρα ή αέρα – νερού. Το νερό δρα σας ανακλώμενη επιφάνεια (ανάκληση της εμπειρίας των μαθητών για τους καθρέπτες).

Αυτό το πείραμα μας επιτρέπει να δούμε (π.χ. στην εικόνα δεξιά) σε πολλές περιπτώσεις μαζί την ανακλώμενη και την διαθλώμενη δέσμη και έτσι να καταδειχθεί μια συνήθη δυσκολία που προκύπτει στις σχηματικές αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται στη γεωμετρική οπτική ότι **και οι δυο**, οι ανακλώμενες και οι διαθλώμενες δέσμες είναι πάντοτε παρούσες **την ίδια στιγμή**, αλλά μπορεί να έχουν **διαφορετική φωτεινότητα**.

Παρατήρησε ότι αυτή η κατάσταση παίρνει τέλος όταν η οριακή γωνία προσεγγίζεται και η διαθλώμενη δέσμη εξαφανίζεται.

Περισσότερες παρατηρήσεις και ερωτήσεις:

- Η φωτεινότητα της ανακλώμενης και διαθλώμενης δέσμης είναι διαφορετικές. Πώς αυτό εξαρτάται από την ποσότητα των σωματιδίων διάχυσης;
- Το φως εξασθενεί καθώς διεισδύει στο νερό από τις πολλαπλές εσωτερικές ανακλάσεις.

Οι τελευταίες παρατηρήσεις μας επιτρέπουν να μαζέψουμε πληροφορίες για το ρόλο ύλης.

Κοιτώντας προσεκτικά στις εικόνες το φως επίσης εξασθενεί στην επιφάνεια του νερού και επίσης στην γυάλινη επιφάνεια του δοχείου. Αυτές τις παρατηρήσεις θα τις λάβουμε υπόψη αργότερα.

Κύρια συμπεράσματα

Καθώς το φως κτυπήσει την επιφάνεια διεπαφής των δυο μέσων διάδοσης αποκλίνει από την ευθύγραμμη πορεία του. Μπορούμε να παρατηρήσουμε σ' αυτές τις περιπτώσεις την προσπίπτουσα, ανακλώμενη και διαθλώμενη δέσμες οι οποίες είναι πάντοτε παρούσες μαζί, αν και με διαφορετικές φωτεινότητες.

Η αλλαγή πορείας του φωτός μέσω της ανάκλασης και/ή της διάθλασης μπορεί να είναι χρήσιμη για να προσανατολίσουμε μια δέσμη φωτός προς ένα συγκεκριμένο σημείο.

Τι ακολουθεί;

Αφού έχουμε εκτελέσει ποιοτικές παρατηρήσεις που μας επιτρέπουν να αναγνωρίσουμε κανονικότητες στις παρατηρούμενες συμπεριφορές, συνεχίζουμε με μετρήσεις οι οποίες θα εκτελεστούν σε ένα εικονικό περιβάλλον.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4. ΠΟΤΕ ΚΑΙ ΠΩΣ ΤΟ ΦΩΣ ΑΠΟΚΛΙΝΕΙ; ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Αντικείμενα του μαθήματος:

- Εισαγωγή στα λάθη των μετρήσεων.
- Η διατύπωση του νόμου της ανάκλασης (Νόμος του Snell)

Για την εισαγωγή αυτής της δραστηριότητας μπορούμε να πούμε:

“Θα εστιάζουμε τώρα στην δέσμη φωτός η οποία ανακλάται στην επιφάνεια νερού – αέρα και το αντίθετο”

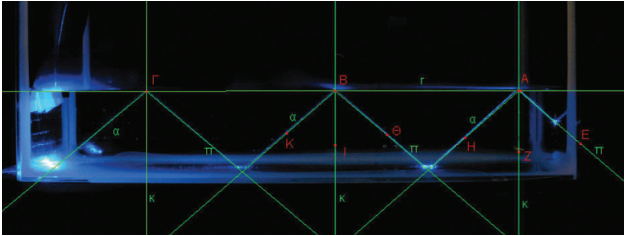
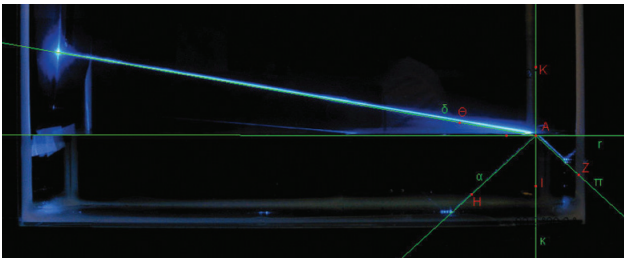
Προτεινόμενη συνθήκη

1. Ομάδες των τεσσάρων – πέντε μαθητών εκτελούν τις ίδιες δραστηριότητες στο Cabri.
2. Συζήτηση σ’ όλη την τάξη σχετικά με τις τιμές των γωνιών και τα λάθη μετρήσεων όπως καθορίστηκαν από κάθε ομάδα.
3. Ο νόμος της ανάκλασης συζητείται με τη βοήθεια του καθηγητή.

Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα

Οδηγίες διδασκαλίας

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.2 ΚΑΙ 4.3: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟ CABRÌ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟ CABRÌ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Ερωτήσεις: 4.2</p> <p>Άνοιξε το αρχείο “multiple_reflection.fig”</p> 	<p>Αυτή η φωτογραφία αποκτήθηκε όταν η δέσμη του λέιζερ εισέρχεται στο δοχείο νερού από το νερό στον αέρα και ολική εσωτερική ανάκλαση λαμβάνει χώρα.</p> <p>Ταυτόχρονα κατά τη μέτρηση των γωνιών εισάγεται η έννοια των λαθών κατά τη μέτρηση. Για το λόγο η σύγκριση της ισότητας των γωνιών κατά την ανάκλαση γίνεται με τον υπολογισμό του τυπικού σφάλματος.</p>
<p>Ερωτήσεις 4.3</p> <p>Άνοιξε το αρχείο “reflection_refraction.fig”</p> 	<p>Οι μαθητές ενδέχεται να σημειώσουν ότι οι δέσμη φωτός μέσα στον αέρα και στο νερό έχει διαφορετική ένταση. Θα μπορούσαν σ’ αυτή την περίπτωση να διαφοροποιήσουν το πλάτος των γραμμών με τη λειτουργία “width” που υπάρχει στο μενού για να δώσουν μια εξήγηση για αυτό που παρατηρούν (βλέπε παρακάτω).</p>

Επισημαίνεται η παρατήρηση ότι ενώ οι ανακλώμενες ακτίνες δεν είναι καλά ορατές, τα σημεία στην επιφάνεια διεπαφής φωτίζονται έντονα. Αυτό συμβαίνει και στα σημεία στον πάτο του δοχείου νερού.

Μια εξήγηση για την διαφορετική εμφάνιση των σημείων στην επιφάνεια διεπαφής νερού και αέρα

και στην επιφάνεια διεπαφής νερού και γυαλιού (πάτος) παρέχεται στις «Οδηγίες για τον καθηγητή: Ενότητα 6».

Τα φωτεινά σημεία στην επιφάνεια και στο πάτο μπορούν να εκληφθούν ως άκρες των ευθειών που μοντελοποιούν τις δέσμες φωτός.

Οι τιμές των γωνιών που βρίσκει κάθε ομάδα ανακοινώνονται σε όλη τη τάξη και επισημαίνεται η ύπαρξη λαθών κατά τις μετρήσεις.

Αυτό αποτελεί και μια καλή ευκαιρία να εστιάσει η προσοχή των μαθητών στις διαφορές ανάμεσα σε ένα φυσικό φαινόμενο και στο μοντέλο.

Ο νόμος της ανάκλασης της γεωμετρικής οπτικής μπορεί να διατυπωθεί στο τέλος αυτών των δραστηριοτήτων. Στην πραγματικότητα εστιάζοντας σε κάθε ζεύγος παρακείμενων γωνιών θ_i και θ_r μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι $\theta_i = \theta_r$.

Κύρια συμπεράσματα

Κατά τη μέτρηση στις φυσικές επιστήμες πιθανόν να υπάρχουν λάθη τα οποία διορθώνονται υπολογίζοντας την τυπική απόκλιση.

Ο Νόμος της ανάκλασης της γεωμετρικής οπτικής $\theta_i = \theta_r$

Τι ακολουθεί;

Αφού έχουμε εισάγει τα λάθη μετρήσεων και τον νόμο της ανάκλασης, εισάγουμε την αρχή του ελαχίστου χρόνου ή αλλιώς την αρχή του Fermat η οποία θα μας επιτρέψει να ερμηνεύσουμε και να εξηγήσουμε καλύτερα το φαινόμενο της διάθλασης.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5Α: Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΕΛΑΧΙΣΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ Ή ΑΡΧΗ ΤΟΥ FERMAT

Αντικείμενα του μαθήματος

- Η αρχή του ελαχίστου χρόνου ή αρχή του Fermat.
- Το φως ταξιδεύει μέσα σε διαφορετικά υλικά με διαφορετική ταχύτητα.

Προτεινόμενη συνθήκη

1. Ομάδες των τεσσάρων – πέντε μαθητών προβλέπουν και ερμηνεύουν.
2. Η αρχή του ελαχίστου χρόνου τίθεται για διαπραγμάτευση από το δάσκαλο

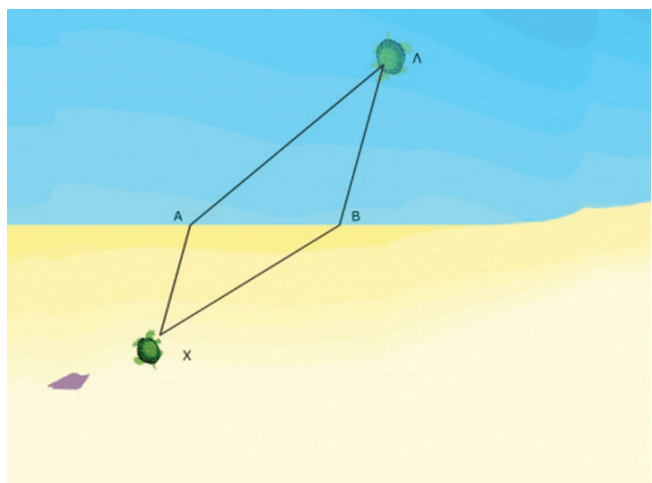
Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα

Οδηγίες για τη διδασκαλία

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.0.1.

Η χελώνα θα ακολουθήσει την πορεία:

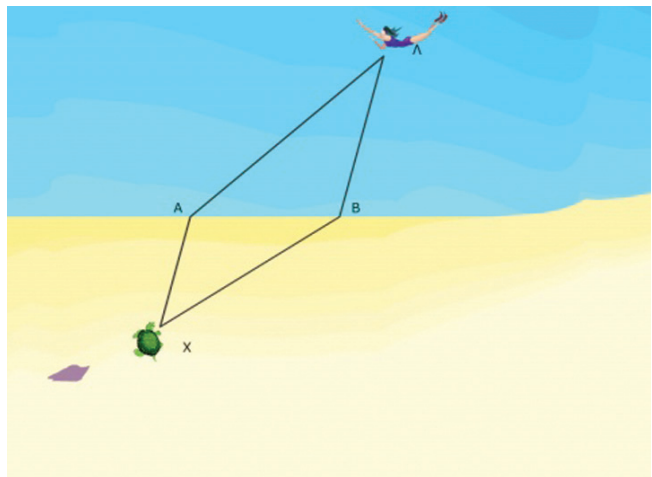
ΛΑΧ ΛΧ ΛΒΧ



ΕΡΩΤΗΣΗ 5.0.2.

Εγώ θα ακολουθούσα την πορεία:

ΛΑΧ ΛΧ ΛΒΧ



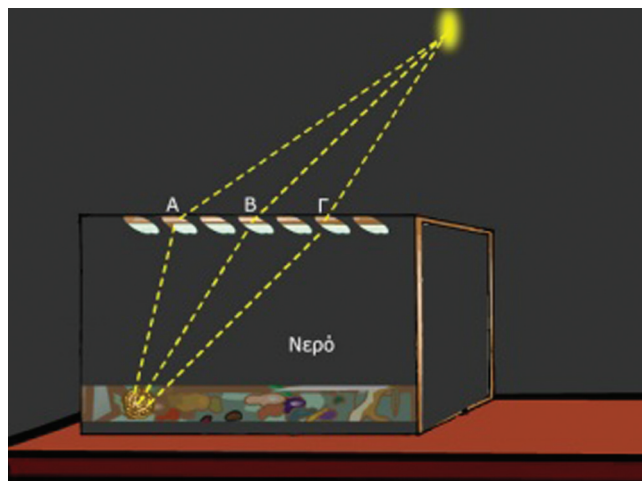
Οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν τι θα συμβεί σε δυο διαφορετικές περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει να επιλέξουν ποια διαδρομή θα επιλέξει η χελώνα για να πάει στο μικρό της ενώ στη δεύτερη περίπτωση ποια διαδρομή θα επιλέξει ο κολυμβητής (εμείς) για τον ίδιο σκοπό. Και στις δυο περιπτώσεις οι μαθητές παρωθούνται να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους και να αντιληφθούν

ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφασή τους. Με τον τρόπο αυτό γίνεται μια πρώτη διερεύνηση της αρχής του ελαχίστου χρόνου.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.0.3. ΚΑΙ 5.0.4.

Το φως θα ακολουθήσει την πορεία μέσα από την τρύπα:

A B Γ

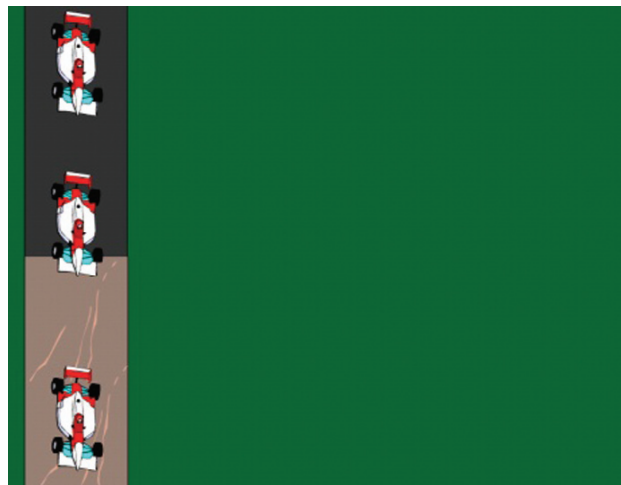
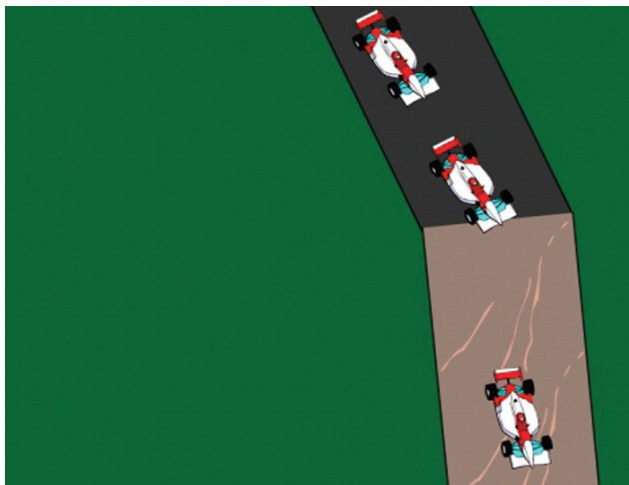


Η δραστηριότητα αυτή αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης και οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν την παραπάνω αρχή και στη

περίπτωση της διάδοσης του φωτός. Επισημαίνεται η διαφορετική ταχύτητα του φωτός στα διάφορα υλικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 5.0.5. ΕΩΣ 5.0.10.

Στην παρακάτω εικόνα μπορείς να δεις ένα αυτοκίνητο σε ένα δρόμο να εισέρχεται πλάγια σε μια λασπώδη περιοχή.



Χρησιμοποιώντας μια αναλογία επιχειρείται η ερμηνεία του φαινομένου της διάθλασης. Μπορεί να επισημανθεί ότι μια οπτική δέσμη αποτελείται από πολλές παράλληλες ακτίνες. Χρησιμοποιείται η teaching with analogies στρατηγική. Μια ακτίνα της δέσμης ταυτίζεται με τη μια ρόδα και μια άλλη ακτίνα με την άλλη ρόδα του αυτοκινήτου. Το φαινόμενο της διάθλασης ερμηνεύεται σύμφωνα με την αρχή του ελαχίστου χρόνου και της διαφορετικής ταχύτητα στα διαφορετικά υλικά που αναγκάζουν το αυτοκίνητο να αλλάξει πορεία. Η αναλογία αυτή μπορεί να αποτελέσει και έναυσμα για συζήτηση σχετικά με την ύπαρξη διαφορετικών μοντέλων για το φως.

Κύρια συμπεράσματα

- Το φως ταξιδεύει με διαφορετική ταχύτητα στα διάφορα υλικά.
- Η ιδιότητα αυτή του φωτός μπορεί να εξηγήσει γιατί το φως διαθλάται.

Τι ακολουθεί;

Πριν πάμε πίσω να μελετήσουμε την καθοδήγηση του φωτός, πρέπει να κατανοήσουμε τι συμβαίνει με τη διαθλώμενη δέσμη....

ΕΝΟΤΗΤΑ 5B: ΠΟΤΕ ΚΑΙ ΠΩΣ ΤΟ ΦΩΣ ΑΠΟΚΛΙΝΕΙ; ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Αντικείμενα για μάθηση:

- Η μελέτη της συμπεριφοράς του φωτός καθώς διαθλάται σε μια επιφάνεια.
- Ο καθορισμός του δείκτη διάθλασης, διατύπωση του νόμου της διάθλασης.
- Ο υπολογισμός της οριακής γωνίας για την ολική εσωτερική ανάκλαση.

Μπορεί να γίνει εισαγωγή σ' αυτή τη δραστηριότητα λέγοντας:

«Έχουμε παρατηρήσει στο πείραμα τι συμβαίνει όταν η οπτική δέσμη κτυπά την επιφάνεια του νερού καθώς διαδίδεται από τον αέρα στο νερό. Ας εστιάσουμε τώρα σ' αυτή την οπτική δέσμη...»

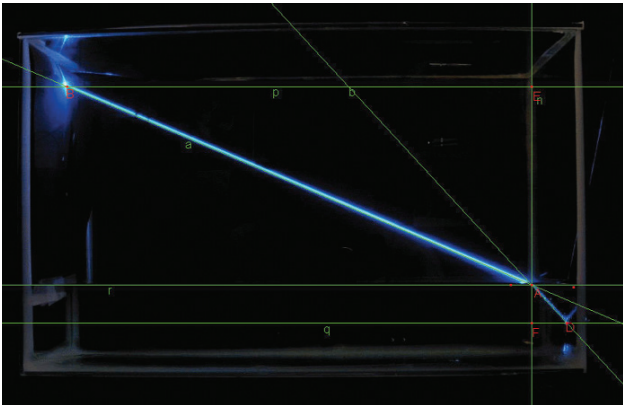
Προτεινόμενη συνθήκη

1. Ομάδες των τεσσάρων – πέντε μαθητών εκτελούν τις ίδιες δραστηριότητες στο Cabri.
2. Οι ομάδες συζητούν σχετικά τις τιμές που βρήκαν για τον δείκτη διάθλασης.

Διάρκεια: 2 διδακτικές ώρες

Οδηγίες διδασκαλίας

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.1: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟ CABRÌ.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟ CABRÌ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
 <p>Η κατασκευή των τριγώνων αναφέρεται για το αρχείο "refraction_image.fig"</p>	<p>Οι μαθητές παρατηρούν ότι οι δέσμες φωτός στον αέρα και στο νερό έχουν διαφορετικές εντάσεις. Θα μπορούσαν στην περίπτωση αυτή να διαφοροποιήσουν το πάχος των ευθειών με τη λειτουργία "width" του μενού, για να ερμηνεύσουν αυτό που παρατηρούν (βλέπε δίπλα).</p>

Οι μαθητές να εξακριβώσουν την γωνία πρόσπτωσης και διάθλασης και να καθορίσουν το ημίτονο της κάθε γωνίας υπολογίζοντας την αναλογία απέναντι καθέτου / υποτεινουσας. Αν διαφορετικές φωτογραφίες μοιράζονται στις ομάδες, τότε κάθε ομάδα μπορεί να καθορίσει μια τιμή για το σχετικό δείκτη διάθλασης νερού/αέρα. Μοιραζόμενοι όλες τις τιμές και συζητώντας αυτό επιτρέπει τη σύγκριση των τιμών που μέτρησαν με αυτές που υποδηλώνονται από τους πίνακες για τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες ουσίες.

Η αναλογία $\frac{BE}{AB} / \frac{DF}{CD} = 1.33$ υποδηλώνει κατ'

αυτό τον τρόπο σχετικό δείκτη διάθλασης νερού/αέρα.

Η αναλογία $\frac{BE}{AB}$ ονομάζεται "ημίτονο της γωνίας

πρόσπτωσης" (στην κατασκευή είναι αυτονόητο ότι η γωνία μετρήθηκε σε σχέση με τη κάθετη στην επιφάνεια του νερού).

Η αναλογία $\frac{DF}{CD}$ ονομάζεται "ημίτονο της γωνίας

διάθλασης" (στην κατασκευή είναι αυτονόητο ότι η γωνία μετρήθηκε σε σχέση με τη κάθετη στην επιφάνεια του νερού).

Μοντελοποιώντας το φαινόμενο της διάδοσης του φωτός με το Cabri.

Η δραστηριότητα αυτή συνιστά το τρίτο βήμα της διαδικασίας μοντελοποίησης γεφυρώνοντας την πραγματικότητα με το μοντέλο. Καθώς οι μαθητές γίνονται περισσότερο οικείοι με το ότι το μοντέλο της οπτικής ακτίνας αναπαριστά δέσμες του φωτός (ή δέσμες λέιζερ), μπορούν να επισημάνουν ότι στην κατασκευή με το Cabri πολλές εκφάνσεις του πραγματικού φαινομένου δεν αναπαριστώνται: κυρίως η δέσμη φωτός μοντελοποιείται σαν «οπτική ακτίνα» και ότι όλες οι ακτίνες αναπαριστώνται με ευθείες ίδιου πάχους.

Οι διαφορετικές εντάσεις της δέσμης στο νερό και στον αέρα θα μπορούσαν να επισημανθούν και (όπως υποδεικνύεται στις λειτουργικές υποδείξεις) να σημειωθούν κατά την κατασκευή στο Cabri. Μια συζήτηση για τους λόγους των διαφορετικών εντάσεων σε σχέση με τον όγκο των σωματιδίων συνιστάται.

Η συζήτηση για αυτές τις πλευρές μας επιτρέπει να συζητήσουμε ακόμη περισσότερο για τη διαφορά ανάμεσα στο φαινόμενο με τις (αφαιρετικές) αναπαραστάσεις του. Η προτεινόμενη κατασκευή δηλαδή η εισαγωγή των ψηφιακών στο Cabri με στόχο την περεταίρω μοντελοποίηση του φαινομένου είναι ένας κατάλληλος δρόμος για να επιτευχθεί αυτό.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.2.

CABRÌ APPLET ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
Άνοιξε το αρχείο “refraction_index.fig”	<p>Για να αλλάξουμε την κλίση της δέσμης του λέιζερ πρέπει να επιλέξουμε τον δείκτη από το μενού.</p> <p>Για να αλλάξουμε το δείκτη διάθλασης του μέσου 2 προτείνεται να χρησιμοποιηθούν τα μικρά βελάκια.</p> <p>Για να αλλάξουμε τη ύψος του νερού πρέπει να επιλέξουμε (με το δείκτη) το σημείο H και να το τραβήξουμε προς τα κάτω ή προς τα πάνω.</p> <p>Ακόμη και όταν το υγρό στο δοχείο μειώνεται στην πιο μικρή τιμή, είναι αδύνατο να πάρει την τιμή 0 και έτσι υπάρχει πάντα διάθλαση.</p>

Οι διαφορετικές μετρήσεις μας επιτρέπουν να συναγάγουμε ότι η αναλογία n_1/n_2 δεν διαφοροποιείται με την κλίση της γωνίας της δέσμης του λέιζερ (γωνία πρόσπτωσης) ούτε με το ύψος του νερού στο δοχείο, και έτσι

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1}$$

είναι σταθερή και n_1 και n_2 είναι σταθερές οι οποίες εξαρτώνται από το υλικό.

Ένα πιθανό εύρος τιμών για n_1 και n_2 είναι χρήσιμο να γνωρίζουν οι μαθητές.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.3.: ΟΡΙΑΚΗ ΓΩΝΙΑ.

CABRÌ APPLET ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ
<p>Άνοιξε το αρχείο “critical_angle.fig”</p> <p>Άφησε το δείκτη διάθλασης του μέσου 1 να είναι 1 και 1,33 το δείκτη διάθλασης του μέσου 2.</p> <p>Πάνω στην κάθετη η χάραξε την ημιευθεία α η οποία αναπαριστά την εισερχόμενη δέσμη. Περίστρεψε την ημιευθεία α μέχρι να μην μπορείς να δεις διαθλώμενες ακτίνες στον αέρα.</p> <p>Μέτρησε την γωνία πρόσπτωσης θ_i και την γωνία ανάκλασης θ_r της δέσμης του λέιζερ στην επιφάνεια διεπαφής νερού – αέρα.</p>	<p>Περιστρέφοντας την ημιευθεία α η οποία αναπαριστά την δέσμη πρόσπτωσης είναι δυνατόν να παρατηρήσουμε ότι για μια συγκεκριμένη γωνία οι διαθλώμενες δέσμες εξαφανίζονται. Αυτό μας επιτρέπει να εστιάσουμε πάνω σε μια συγκεκριμένη γωνία (οριακή ή κρίσιμη γωνία) για την οποία αυτό επιτυγχάνεται.</p>

Καθώς εκτελούμε τις δραστηριότητες με τα Cabri applets είναι σοφό να πηγαίνουμε πίσω συχνά στο πείραμα (αυτό το κάνουμε με φωτογραφίες που μοιράζουμε στους μαθητές) έτσι ώστε οι μαθητές να συνδέσουν το τι κάνουν οι μαθητές σ' αυτή τη φάση με το τι έχουν παρατηρήσει και για να εξηγήσουν επίσης ότι η χρήση του εικονικού εργαστηρίου των προσομοιώσεων είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για να εκτελέσουμε μετρήσεις (μπορούμε να αναφέρουμε ότι η χρήση των μοντέλων στις επιστήμες γενικότερα χρησιμεύει στην επαλήθευση θεωριών) Σε αυτή τη περίπτωση μπορούμε να μετρήσουμε ανακλώμενες και διαθλώμενες ακτίνες.

Οι μαθητές μπορούν να δουλέψουν πάνω στις φωτογραφίες (μία για κάθε ομάδα και διαφορετικές μεταξύ τους) όπου μπορούν να χαράξουν την προσπίπτουσα, την ανακλώμενη και τη διαθλώμενη ακτίνα. Με το Cabri κάθε ομάδα μπορεί να καθορίσει την σχέση ανάμεσα στην προσπίπτουσα, την ανακλώμενη και την διαθλώμενη γωνία.

Ολική εσωτερική ανάκλαση

Η μικρότερη γωνία για την οποία δεν παρατηρούνται πια διαθλώμενες «ακτίνες» (ή δέσμες φωτός γενικά) ονομάζεται

$\theta_i = \theta_L$ “οριακή ή κρίσιμη γωνία”.

Η ύπαρξη της “οριακής” γωνίας προκύπτει από τον νόμο του Snell, όταν η αναλογία

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \equiv \frac{n_2}{n_1}$$

είναι μεγαλύτερη από 1.

Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το φως διαδίδεται από ένα μέσα το οποίο έχει μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης σε ένα άλλο με μικρότερο δείκτη διάθλασης. Στην περίπτωση μας από το νερό ($n_1 = 1,33$) στον αέρα ($n_2 = 1,00$).

Καθώς οι διαθλώμενες δέσμες κινούνται μακριά από την κάθετη, στην τιμή $\pi/2$, η διαθλώμενη δέσμη διακόπτεται και όλο το φως ανακλάται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ολική εσωτερική ανάκλαση.

Από το νόμο του Snell αυτό συμβαίνει για την γωνία πρόσπτωσης $\theta_i = \theta_L =$ οριακή γωνία, έτσι ώστε $n_1 \sin \theta_L = n_2 (\sin \pi/2 = 1)$ ή στην περίπτωση μας $\theta_L = \arcsin(1 / 1,33) = 48,75^\circ$

Κύρια συμπεράσματα

- Το φως ταξιδεύει μέσα σε ένα ομογενή μέσο διάδοσης (ας το ονομάσουμε μέσο 1) σε μια ευθύγραμμη πορεία. Όταν το φως φτάσει στο όριο με ένα διαφορετικό μέσο διάδοσης (ας το ονομάσουμε μέσο 2) κάποιο μέρος του φωτός θα ανακλαστεί και το υπόλοιπο θα μεταδοθεί μέσα το μέσο 2. Όταν το φως κτυπήσει στο όριο με μια συγκεκριμένη γωνία σε σχέση με την κάθετη στη επιφάνεια (στο προηγούμενο πείραμα ονομάστηκε α), η πορεία του φωτός αποκλίνει από την αρχική κατεύθυνση και ακολουθεί νέα κατεύθυνση η οποία χαρακτηρίζεται από την γωνία β σε σχέση με την κάθετη στην επιφάνεια. Το διαδιδόμενο φως παθαίνει διάθλαση.
- Ο νόμος της διάθλασης της γεωμετρικής οπτικής: (Snell law, 1621) Η γωνία α ανάμεσα στην προσπίπτουσα δέσμη και την κάθετη στην

επιφάνεια διεπαφής των μέσων διάδοσης 1 και 2 και η γωνία β ανάμεσα στην διαθλώμενη δέσμη και την κάθετη στην επιφάνεια διεπαφής συσχετίζονται σύμφωνα με τη σχέση που

ακολουθεί: $\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n_{12}}$ όπου $n_{12} = n_1/n_2$ είναι

μια σταθερά η οποία σχετίζεται με τις οπτικές ιδιότητες και των δυο μέσων, 1 και 2.

- Στην περίπτωση του πειράματος που εκτελέστηκε στην δραστηριότητα 3, εξαρτάται από το νερό και τον αέρα και ονομάζεται δείκτης διάθλασης του νερού σε σχέση με τον αέρα. Στο πείραμα η σταθερά θα μπορούσε να είναι περίπου 1.33.
- Η διαθλώμενη δέσμη σε αυτή την περίπτωση πλησιάζει την κάθετη στην επιφάνεια.
- Ο ορισμός της οριακής γωνίας για την ολική εσωτερική ανάκλαση.

Οι δυνατότητες που προσφέρονται από την προσομοίωση μας επιτρέπουν να επισημάνουμε την εξάρτηση της γωνίας διάθλασης από τον τύπο του

υλικού, ένα θέμα το οποίο παραδοσιακά δεν διδάσκεται.

Τι ακολουθεί;

Γυρίζοντας πίσω στον πίδακα του νερού θα δούμε ότι αυτό ήταν πράγματι ολική εσωτερική ανάκλαση το βασικό φυσικό φαινόμενο που μας επιτρέπει να καθοδηγήσουμε το φως.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΠΩΣ ΕΙΝΑΙ ΦΤΙΑΓΜΕΝΗ ΜΙΑ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ; ΠΡΩΤΕΣ ΝΥΞΕΙΣ

Αντικείμενο μάθησης:

- Να γίνουμε ενήμεροι ότι για να κατασκευάσουμε μια καθοδήγηση φωτός πρέπει να έχουμε ένα διάφανο μέσο το οποίο να περιβάλλεται από ένα άλλο διάφανο μέσο με μικρότερο δείκτη διάθλασης.

Θα μπορούσαμε να εισάγουμε αυτή τη δραστηριότητα λέγοντας:

“Ας πάμε πίσω σε όλα τα πειράματα που έχουμε εκτελέσει μέχρι αυτό το σημείο και να δούμε τα αντικείμενα που έχουμε παρατηρήσει και μετά να ερευνήσουμε: οπτικές ίνες, ελαστικούς ή πλαστικούς σωλήνες και τον πίδακα του νερού. Όλα αυτά τα πειράματα θα μας βοηθήσουν για να προβούμε στις πρώτες νύξεις οι οποίες θα μας επιτρέψουν να κατανοήσουμε τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ενός οδηγού φωτός...”

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ 6.1.

Στο πείραμα 1 στο δοχείο νερού μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η επιφάνειες διεπαφής είναι νερό – αέρας (στο πάνω μέρος) και νερό - γυαλί (στον πάτο).

Στην επάνω επιφάνεια διεπαφής κατά την οριακή γωνία υπάρχει ολική εσωτερική ανάκλαση. Αυτό δεν αποτελεί αλήθεια για την άλλη επιφάνεια διεπαφής

Προτεινόμενη συνθήκη

Ομάδες των τεσσάρων – πέντε μαθητών εργάζονται με εικόνες από προηγούμενα πειράματα ή ο δάσκαλος μπορεί να επαναλάβει τα πειράματα.

Υλικά (για κάθε ομάδα)

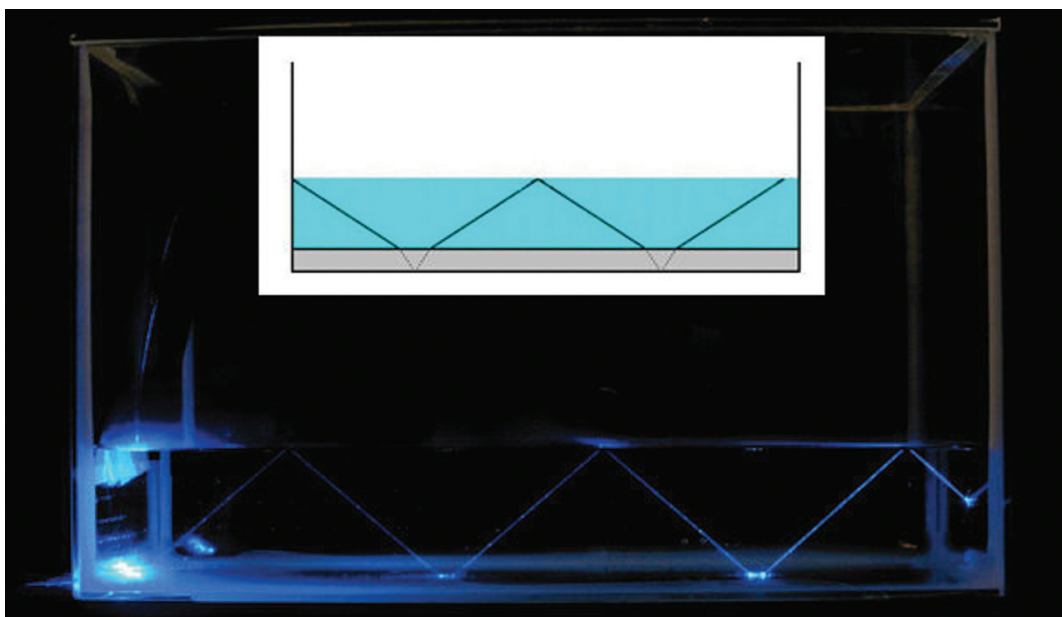
- Ημιδιάφανους, ελαστικούς ή πλαστικούς σωλήνες (διαμέτρου 5-10 χιλ)
- Οπτική ίνα
- Λάμπα οπτικών ινών
- LED
- Χοντρή πετονιά
- Μικρός φακός
- Μπαταρία 4.5 V
- Μαύρο χαρτόνι ή ύφασμα (ως οθόνη προβολής)
- Μαύρη κολλητική ταινία
- Τάπες νερού
- Πηγή λείζερ

Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα

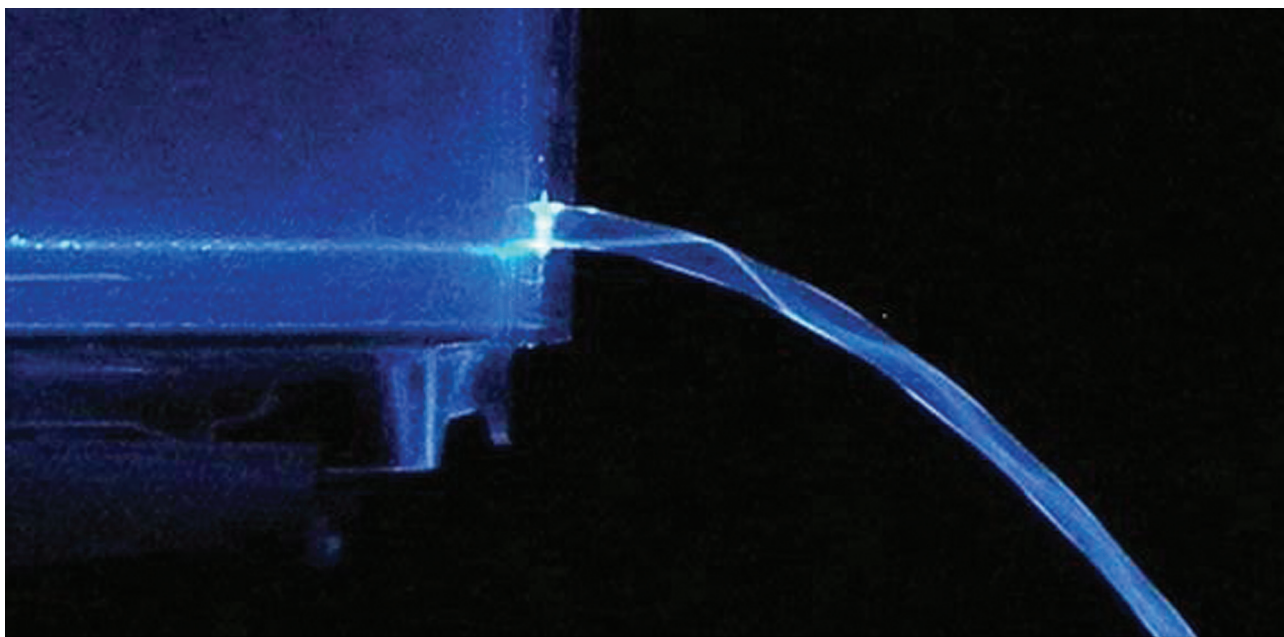
Οδηγίες διδασκαλίας

(στον πάτο) γιατί το φως διαδίδεται από το νερό (με μικρότερο δείκτη διάθλασης) στο γυαλί (με μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης) και έτσι η συνθήκη για ολική εσωτερική ανάκλαση δεν υφίσταται.

Μια σχηματική αναπαράσταση του τι συμβαίνει στην κατώτερη επιφάνεια, η οποία παίρνει υπόψη της το πάχος του γυαλιού παρουσιάζεται εδώ.



Αυτό το μοντέλο πολύ ωραία δείχνει αυτό που παρατηρούμε στο πείραμα ότι δηλαδή τα φωτεινά σημεία είναι πολύ λαμπερά.



Στο πείραμα 2 η επιφάνεια διεπαφής του πίδακα νερού είναι πάντοτε νερό – αέρας και η δέσμη του λέιζερ υφίσταται ολική εσωτερική ανάκλαση σε όλη την επιφάνεια, πράγμα το οποίο επιτρέπει το φως να στρέφεται κατά την πορείας του. Το ίδιο συμβαίνει και στην οπτική ίνα.

Κατ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ένα σάντουιτς από δυο μέσα διάδοσης, ένα με μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης το οποίο περιβάλλεται από ένα με μικρότερο δείκτη διάθλασης μας επιτρέπουν να οδηγήσουμε το φως μέσω πολλαπλών ολικών ανακλάσεων, αν το φως σταλεί στο εσωτερικό μέσο.

Όλα τα αντικείμενα από τις πρώτες δραστηριότητες (βλ. Φύλλο εργασίας και οδηγίες για τον καθηγητή 1) επανεξετάζονται, με στόχο να συνθέσουμε τις ιδιότητες ενός οδηγού για το φως.

Το εσωτερικό υλικό ονομάζεται «πυρήνας» και το εξωτερικό υλικό «εξωτερικό περίβλημα».

Στον πίδακα του νερού ο πυρήνας είναι το νερό και το εξωτερικό περίβλημα ο αέρας.

Όλοι οι διαφανείς σωλήνες όπως γυαλί, πλαστικό, πλεξιγκλάς είναι εν δυνάμει οδηγοί για το φως. Ασφαλώς η απουσία ελαστικότητας περιορίζει την

πιθανότητα να προσανατολίσουν το φως όπως γίνεται στις οπτικές ίνες.

Κύρια συμπεράσματα

Στο φύλλο εργασίας και οδηγίες για τον καθηγητή 1 καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι οδηγοί φωτός είναι:

- α) Διάφανοι σωλήνες (όχι κούφιοι στο εσωτερικό)
Τώρα προσθέσαμε περισσότερες νύξεις για την κατασκευή μιας οπτικής ίνας, έχοντας κατανοήσει ότι ο κύριος μηχανισμός για την καθοδήγηση του φωτός είναι η ολική εσωτερική ανάκλαση.
- β) Για να καθοδηγήσουμε το φως πρέπει να έχουμε ένα διάφανο μέσο το οποίο να περιβάλλεται από ένα άλλο μέσο με μικρότερο δείκτη διάθλασης.
Όταν το φως στέλνεται μέσα από το εσωτερικό μέσο υφίσταται ολική εσωτερική ανάκλαση στην επιφάνεια διεπαφής των δυο μέσων.
- γ) Ονομάσαμε «πυρήνα» το εσωτερικό υλικό και «εξωτερικό περίβλημα» το εξωτερικό υλικό.

Τι ακολουθεί;

Ας κοιτάξουμε για περισσότερες νύξεις... Θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα αντικείμενο που θα μοιάζει περισσότερο με μια οπτική ίνα...

ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΘΕΛΟΥΜΕ ΝΑ ΔΟΥΜΕ ΤΗΝ ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ;

Αντικείμενα μάθησης:

- Η εξασθένηση του φωτός καθώς διαδίδεται σε ένα μέσο.
- Η διαφάνεια έχει να κάνει με τη εξασθένηση του φωτός.
- Διάφανα υλικά.
- Πώς κάνουμε ένα υλικό περισσότερο διαφανές.

ΕΡΩΤΗΣΗ 7.1.

Ας πάμε πίσω στις οπτικές ίνες....

Μπορείς να πας πίσω στο «Σενάριο» όπου διαφορετικές χρήσεις των οπτικών ινών εξερευνήθηκαν και συγκρίθηκαν με τον πίδακα του νερού.

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Σιντριβάνια νερού	Δεν είναι δυνατή η χρήση για μετάδοση μηνυμάτων εξαιτίας κυρίως της εξασθένησης του φωτός.

Έχουμε ερευνήσει σχετικά με τα κύρια χαρακτηριστικά μιας οπτικής ίνας και έχουμε επίσης διαπιστώσει ότι μέσα σε μια οπτική ίνα δεν έχουμε δει το φως να διαδίδεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας. Θέλουμε να δούμε την πορεία του φωτός; Τι πλεονεκτήματα αυτό μπορεί να έχει; Τι μειονεκτήματα;

Το να μπορούμε να δούμε την πορεία του φωτός είναι ένδειξη ότι το φως εξασθενεί (κάποιο από το εκπεμπόμενο φως φτάνει στο μάτι μας).

Από πού προέρχεται η εξασθένηση;
Πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την

- Το αποτέλεσμα των ιδιοτήτων της ύλης: ο ρόλος των σωματιδίων που διαχέουν το φως, απορρόφηση του φωτός.
- Η εξασθένηση του φωτός στις οπτικές ίνες εξαιτίας της επιφάνειας διεπαφής πυρήνα – εξωτερικού περιβλήματος.

Προτεινόμενη συνθήκη

Εργασία σε ομάδες των τεσσάρων – πέντε μαθητών.

Διάρκεια: 1 διδακτική ώρα

Για ποιους λόγους θα μπορούσε ο οδηγός φωτός του πίδακα νερού να χρησιμοποιηθεί; Ποια υγρά θα επέλεγες να χρησιμοποιήσεις τότε; Θα μπορούσε ο πίδακας νερού να είναι κατάλληλος για μετάδοση μηνυμάτων; Ποια είναι τα πιθανά μειονεκτήματα;

εξασθένηση του φωτός μέσα σε μια οπτική ίνα σχετίζονται με τη **δομή του υλικού** και επίσης με τις **ιδιότητες της επιφάνειας**.

Ιδιότητες του υλικού: σχετίζονται με τη φύση του πυρήνα και του εξωτερικού περιβλήματος. Είναι αλήθεια για όλα τα υλικά ότι η ένταση της εξασθένησης εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού για μια καθορισμένη ακτινοβολία ³.

Ιδιότητες της επιφάνειας: σχετίζονται με τη φύση της επιφάνειας διεπαφής του πυρήνα – εξωτερικής επικάλυψης.

3. Η διαδικασία της μετάδοσης του φωτός μέσα σε μια οπτική ίνα δεν είναι 100% εφικτή: Η ενέργεια φεύγοντας από την ίνα είναι λιγότερη από αυτή που εισέρχεται στην ίνα. Η εξασθένηση πρέπει να λάβει υπόψη αυτό το φαινόμενο. Η εικόνα παρακάτω δείχνει την εξασθένηση με ένα σχηματικό τρόπο.



ΤΟ ΣΗΜΑ ΕΙΣΕΡΧΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ



ΤΟ ΣΗΜΑ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ



ΣΚΕΔΑΣΗ (ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ)



ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Επειδή μέσα σε μια οπτική ίνα το φως ανακλάται πολλές φορές στην επιφάνεια διεπαφής πυρήνα – εξωτερικής επικάλυψης μπορούμε να ρωτήσουμε αν αυτές οι ανακλάσεις επιδρούν στην εξασθένηση του φωτός.

Εξαρτάται η εξασθένηση από τη ποσότητα της ύλης την οποία το φως συναντά;

Σχετίζεται η εξασθένηση με το χρώμα; Ποιες είναι οι πιθανές επιδράσεις αυτής;

Η απορρόφηση μπορεί να καταδειχθεί με τη χρήση χρωματισμένων υγρών στον πίδακα του νερού ή να θυμηθούν την κοινή εμπειρία των ζεστών μαύρων ρούχων που εκτίθενται στο φως σε αντίθεση με τα άσπρα ρούχα. Το κύριο αποτέλεσμα που προκύπτει από την απορρόφηση του φωτός είναι η θέρμανση.

Τι συμβαίνει όταν υπάρχει (ιδανικά) σε ένα υλικό καθόλου εξασθένηση;

Όλο το φως το οποίο θα εισέρχεται στο υλικό αυτό θα εξέρχεται από αυτό. Ονομάζουμε «διάφανα» υλικά αυτά τα οποία αφήνουν το φως να περάσει από μέσα τους χωρίς καμιά αξιοσημείωτη εξασθένηση.

Ποια διάφανα υλικά γνωρίζεις;

Παρατήρησε επίσης ότι τα υλικά μπορεί να είναι διάφανα σε σχέση με κάποια π.χ. ακτινοβολία και όχι σε κάποια άλλη και αυτή η εξασθένηση έχει να κάνει με την αλληλεπίδραση ύλης – ακτινοβολίας.

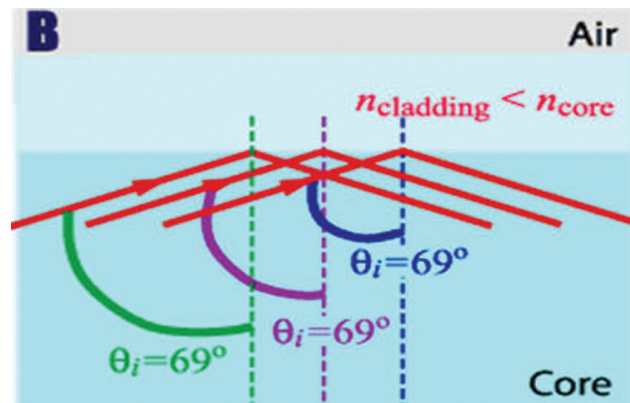
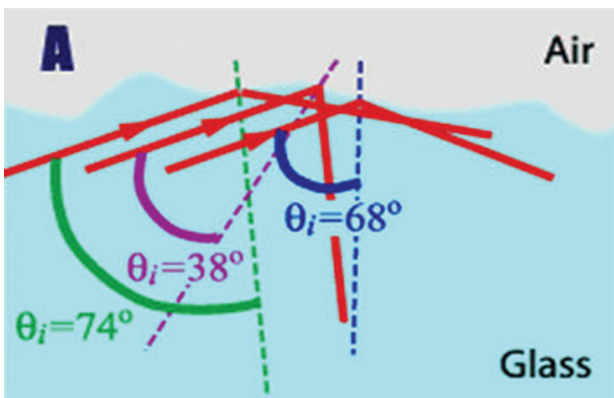
Η εξασθένηση είναι σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για την μετάδοση του φωτός σε μεγάλες αποστάσεις.

ΕΡΩΤΗΣΗ 7.2.

Αν γρατζουνίσουμε μια άκρη μιας οπτικής ίνας (για παράδειγμα σε μια λάμπα οπτικών ινών) μπορούμε να δούμε το φως που διαχέεται εκεί που η εξωτερική επικάλυψη έχει αφαιρεθεί. Επειδή «το να δούμε το φως σημαίνει μείωση της έντασης» οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν ότι οι ιδιότητες της επιφάνειας διεπαφής πυρήνα – εξωτερικής επικάλυψης είναι σημαντικές για τον καθορισμό της εξασθένησης του φωτός.

Μπορούμε να γίνουμε ενήμεροι του γεγονότος ότι η επιφάνεια διεπαφής πυρήνα – εξωτερικής επιστρώσης πρέπει να είναι ίσια και λεία, σε αντίθετη περίπτωση θα παρατηρήσουμε φαινόμενα διάχυσης, όπως παρατηρούνται στην γρατζουνισμένη οπτική ίνα.

Το παρακάτω σχήμα μας επιτρέπει να καταλάβουμε τους λόγους για αυτή τη συμπεριφορά.



Στο σχήμα A, όπου η επιφάνεια είναι τραχιά, μπορούμε να δούμε κάποιες ακτίνες που χτυπούν στην επιφάνεια να μην βρίσκονται στην οριακή γωνία, ενώ στο σχήμα B, είναι όλες παράλληλες εξαιτίας της ομαλότητας της επιφανείας.

Όταν η επιφάνεια διεπαφής πυρήνα – εξωτερικής

επικάλυψης είναι τραχιά το φως δεν παγιδεύεται πλέον στην οπτική ίνα και κάποιος μπορεί να δει το φως που διαχέεται να φτάνει στο μάτι.

Κύρια συμπεράσματα

- Διαφάνεια σημαίνει ότι το φως δεν εξασθενεί όταν διαδίδεται μέσα σε ένα υλικό.

-
- Η σκέδαση και η απορρόφηση στην ποσότητα της ύλης αποτελούν παράγοντες που καθορίζουν την εξασθένηση του φωτός.
 - Η διάχυση σε μια τραχιά επιφάνεια μπορεί να προκαλέσει απώλεια της έντασης.

Στις **οπτικές ίνες**, εξασθένηση είναι το ποσοστό κατά τον οποίο το σήμα μειώνεται ως προς την έντασή του. Για αυτό το λόγο οπτικές ίνες γυαλιού (ένα διάφανο υλικό το οποίο παρουσιάζει μικρή εξασθένηση) χρησιμοποιείται για καλώδια οπτικών ινών για μεγάλες αποστάσεις. Πλαστικές οπτικές ίνες έχουν υψηλότερη εξασθένηση και έτσι μικρότερο μήκος. Οι τελευταίες χρησιμοποιούνται στην κλινική ενδοσκόπηση.

Γ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Γ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΑΡΧΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

ΜΕΡΟΣ Α

1. Δυο ευθείες τέμνονται όταν:

α) έχουν μόνο ένα κοινό σημείο.

β) έχουν τουλάχιστον ένα κοινό σημείο.

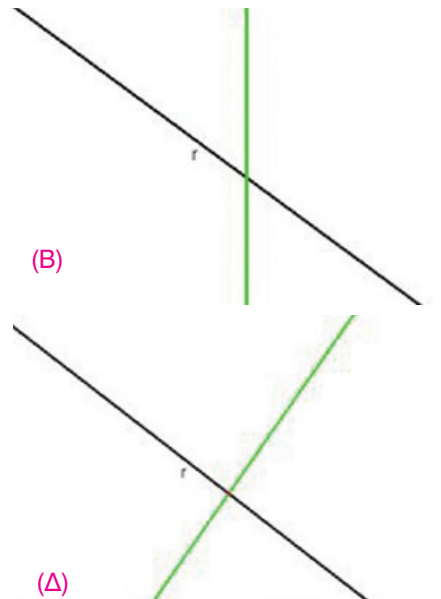
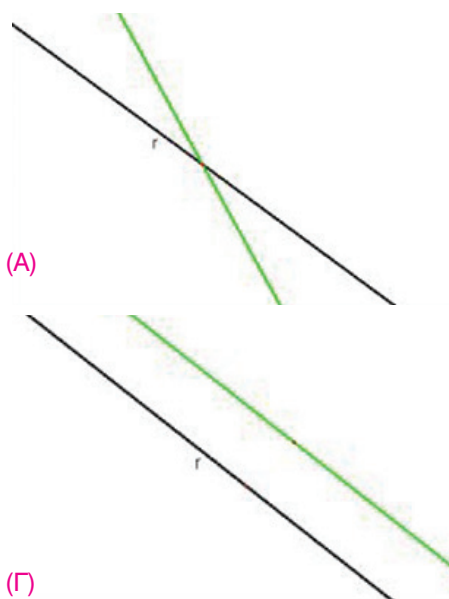
γ) δεν έχουν κανένα κοινό σημείο.

Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση.

2. Δίνεται μια ευθεία ϵ .

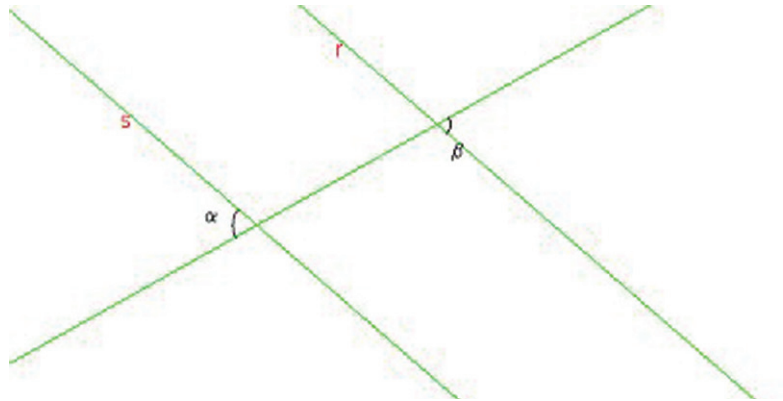
Ποια από τις παρακάτω εικόνες παρουσιάζει μια ευθεία η οποία είναι:

	Η ΕΙΚΟΝΑ Α	Η ΕΙΚΟΝΑ Β	Η ΕΙΚΟΝΑ Γ	Η ΕΙΚΟΝΑ Δ
I. τεμνόμενη με την ϵ ;				
II. τεμνόμενη κάθετα με την ϵ ;				
III. παράλληλη στην ϵ ;				



3. Οι ευθείες ϵ και δ είναι παράλληλες μεταξύ τους, οπότε οι γωνίες ω και φ :

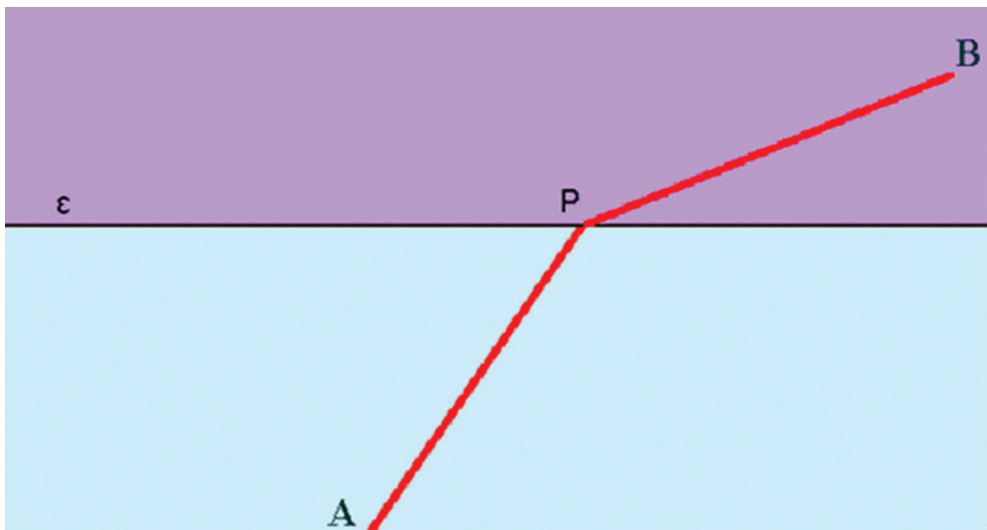
- (α) είναι ίσες.
- (β) το άθροισμά τους είναι 90° .
- (γ) το άθροισμά τους είναι 180° .



Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

4. Σχεδίασε την κάθετη στην ευθεία ϵ στο σημείο P. Ονόμασέ την δ . Σημείωσε τις γωνίες, οι οποίες σχηματίζονται από την κάθετη ευθεία δ και τα ευθύγραμμα τμήματα AP και PB. Ονόμασέ τες, αντίστοιχα φ και ω .

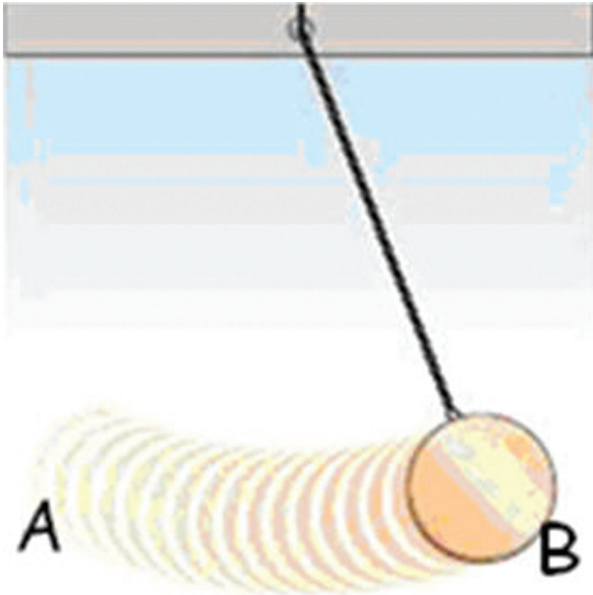
Ποια από τις δυο γωνίες είναι μεγαλύτερη;



Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

5. Υπέθεσε ότι έχεις μετρήσει έξι φορές το χρονικό διάστημα που χρειάζεται ένα εκκρεμές να εκτελέσει μια πλήρη ταλάντωση, δηλ. να πάει από το Α στο Β και πάλι πίσω στο Α.

Οι έξι μετρήσεις αναφέρονται στο διπλανό πίνακα.



Μέτρηση Περίοδος
σε δευτ. (s)

1	2,5
2	2,7
3	2,4
4	2,6
5	2,5
6	2,3

Ο μέσος όρος αυτών των μετρήσεων είναι:

Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

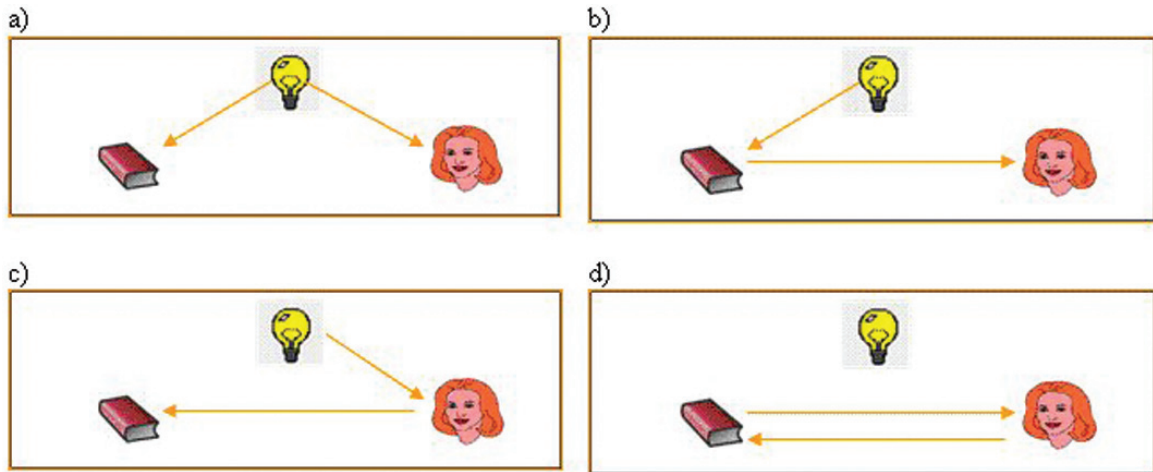
.....

ΜΕΡΟΣ Β

1. Είναι δυνατόν να δούμε σε απόλυτο σκοτάδι;

Να δικαιολογήσεις την άποψή σου.

2. Ποια από τις παρακάτω εικόνες αναπαριστά καλύτερα τον μηχανισμό με το οποίο βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας;



Να δικαιολογήσεις την άποψή σου.

3. Δες την εικόνα που προβάλλεται.

Πώς εξηγείς τις δέσμες φωτός που βγαίνουν μέσα από τα σύννεφα;

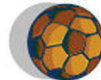


.....

.....

.....

4. Ποιο ή ποια από τα αντικείμενα θα μπορέσει να δει στον καθρέπτη ο παρατηρητής;



A

B

Γ

Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

.....

.....

.....

5. Τι συμβαίνει όταν το φως πέσει πάνω σε μια ήρεμη επιφάνεια νερού; Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση.

(α) Όλο το φως επιστρέφει στον αέρα.

(β) Το φως ταξιδεύει μόνο μέσα στο νερό.

(γ) Ένα μέρος του φωτός θα ταξιδέψει στο νερό και κάποιο μέρος θα επιστρέψει πίσω στον αέρα.

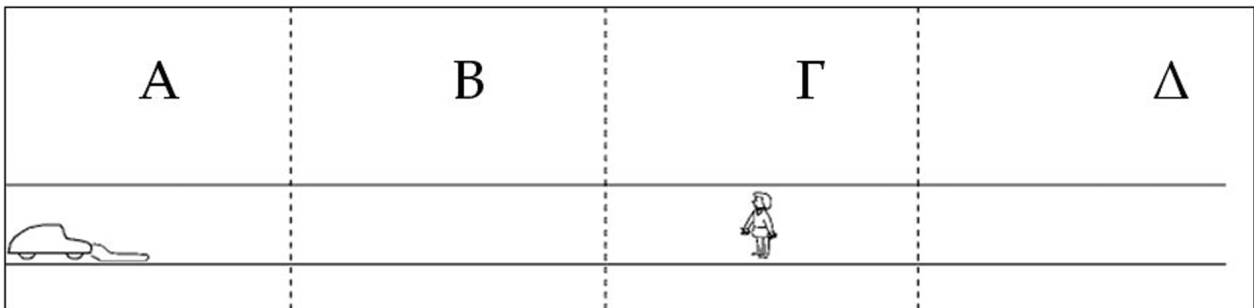
(δ) Όλο το φως παγιδεύεται από το νερό.

(ε) Χρειαζόμαστε περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την φύση της επιφάνειας του νερού.

6. Τι γνωρίζεις για τις οπτικές ίνες;

7. Γιατί υπάρχει φυσικό (ηλιακό) φως μέσα στην αίθουσα, αυτήν τη στιγμή;

8. Ένα αυτοκίνητο είναι σταματημένο και έχει αναμμένους τους προβολείς του μια ηλιόλουστη ημέρα. Ένα παιδί βρίσκεται 200 μέτρα περίπου μακριά από το αυτοκίνητο. Πιστεύεις ότι μπορεί να δει τους προβολείς του αυτοκινήτου; Σε ποιους τομείς Α, Β, Γ και Δ πιστεύεις ότι υπάρχει το φως των προβολών;



Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

Αν είναι νύκτα τι πιστεύεις ότι θα συμβεί;

9. Τι συμβαίνει όταν το φως πέσει πάνω σε μια ήρεμη επιφάνεια νερού; Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση.

(α) Όλο το φως επιστρέφει στον αέρα.

(β) Το φως ταξιδεύει μόνο μέσα στο νερό.

(γ) Ένα μέρος του φωτός θα ταξιδέψει στο νερό και κάποιο μέρος θα επιστρέψει πίσω στον αέρα.

(δ) Όλο το φως παγιδεύεται από το νερό.

10. Ένας ψαράς βλέπει το ψάρι που ψαρεύει σε μικρότερο βάθος απ' αυτό στο οποίο πραγματικά βρίσκεται αυτό. Το ψάρι, βλέπει το ψαρά:

(α) εκεί όπου ακριβώς βρίσκεται.

(β) σε χαμηλότερο σημείο απ' αυτό που βρίσκεται.

(γ) σε ψηλότερο σημείο απ' αυτό που βρίσκεται.

Να αιτιολογήσεις.

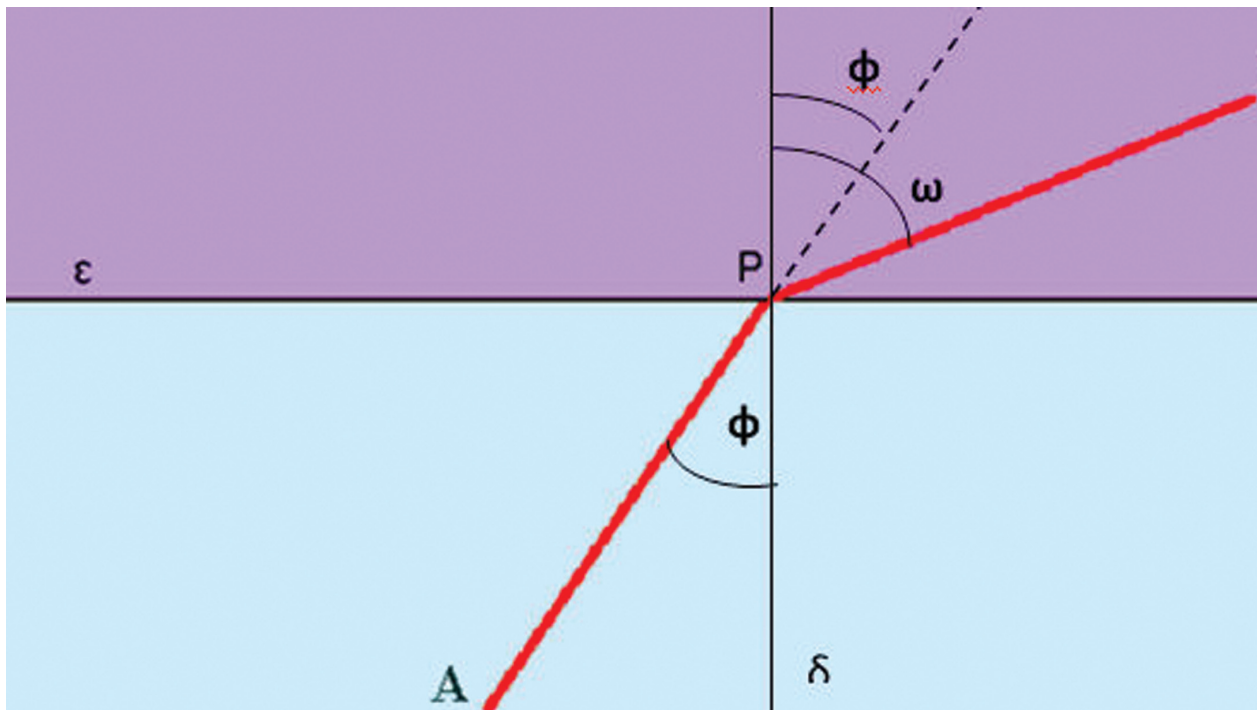
RUBRICS

PRE-TEST

ΜΕΡΟΣ Α.

1. α) Έχουν μόνο ένα κοινό σημείο (Βαθμός 1)
2. I) Τεμνόμενη με την ε , οι εικόνες α , β και δ (Βαθμός 0,5),
II) Τεμνόμενη κάθετα με την ε , η εικόνα δ (Βαθμός 1),
III) Παράλληλη με την ε , η εικόνα γ (Βαθμός 0,5)
3. α) Είναι ίσες ως γωνίες που σχηματίζονται από μια κάθετη σε παράλληλες ευθείες και είναι εντός εκτός και εναλλάξ (Βαθμός 1).
4. Η γωνία ω είναι μεγαλύτερη από την ϕ (Βαθμός 1).

ΜΕ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ (βλέπε παρακάτω σχήμα), εφόσον $\phi = \phi'$ ως κατακορυφήν γωνίες η $\omega > \phi' = \phi$ (Βαθμοί 2).



5. Ο μέσος όρος είναι 2,5 (Βαθμός 1).

ΜΕ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ σύμφωνα με τον ορισμό του Μ.Ο: $2,5+2,7+2,4+2,6+2,5+2,3 = 15$, $15/6 = 2,5$ (Βαθμοί 2).

ΜΕΡΟΣ Β

1. Τα αντικείμενα διαχέουν το φως (το οποίο φτάνει στο μάτι μας) το οποίο πέφτει επάνω τους. Αν δεν υπάρχει καμιά τέτοια πηγή φωτός καθόλου φως δεν εισέρχεται στο μάτι μας (Βαθμός 1).
2. Η εικόνα β, γιατί το φως φωτίζει το αντικείμενο (βιβλίο) το οποίο ανακλά ένα μέρος από το φως προς το μάτι μας (Βαθμός 1).
3. Το φως σκεδάζεται και διαχέεται από τα εξατμιζόμενα μόρια που βρίσκονται δίπλα στα σύννεφα (Βαθμός 1,5).
4. Θα δει τα αντικείμενα Β και Γ για τα οποία η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης της οπτικής ακτίνας από το αντικείμενο στον παρατηρητή (Βαθμός 1,5).
5. Η απάντηση (γ) (Βαθμός 1)
6. Οι οπτικές ίνες είναι φτιαγμένες από γυαλί και μπορούν να μεταφέρουν δέσμες φωτός σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς ιδιαίτερες απώλειες με σκοπό την μετάδοση σημάτων ή μηνυμάτων (Βαθμός 1).
7. Γιατί τα διάφορα αντικείμενα αλλά και τα σωματίδια που βρίσκονται στον αέρα διαχέουν το ηλιακό φως το οποίο εισέρχεται στην αίθουσα μέσω πολλαπλών ανακλάσεων.
8. Το παιδί μπορεί να δει το φως των προβολέων την μέρα γιατί το φως μπορεί να διαδοθεί ευθύγραμμα σε μεγάλη απόσταση αν δεν απορροφηθεί ή συναντήσει κάποιο μη διαφανές εμπόδιο. Το φως θα φτάσει σε όλους τους τομείς (Βαθμός 1). Τη νύκτα θα συμβεί το ίδιο χωρίς το φως του ήλιου να μειώνει την ευαισθησία του ματιού (Βαθμός 0,5).
9. Η απάντηση (γ) γιατί το φως που φτάνει από το ψαρά στο ψάρι αλλάζει πορεία με αποτέλεσμα ο βλέπει το ψάρι τον ψαρά σε υψηλότερο σημείο από το οποίο βρίσκεται (Βαθμός 1,5).

ΤΕΛΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ

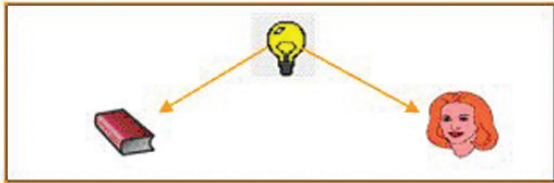
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

1. Είναι δυνατόν να δούμε σε απόλυτο σκοτάδι;

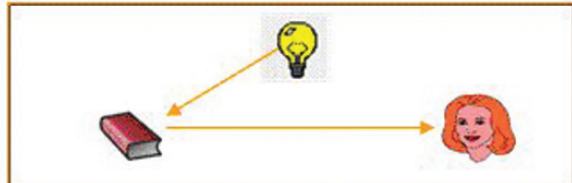
Να δικαιολογήσεις την άποψή σου.

2. Ποια από τις παρακάτω εικόνες αναπαριστά καλύτερα τον μηχανισμό με το οποίο βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας;

a)



b)



c)

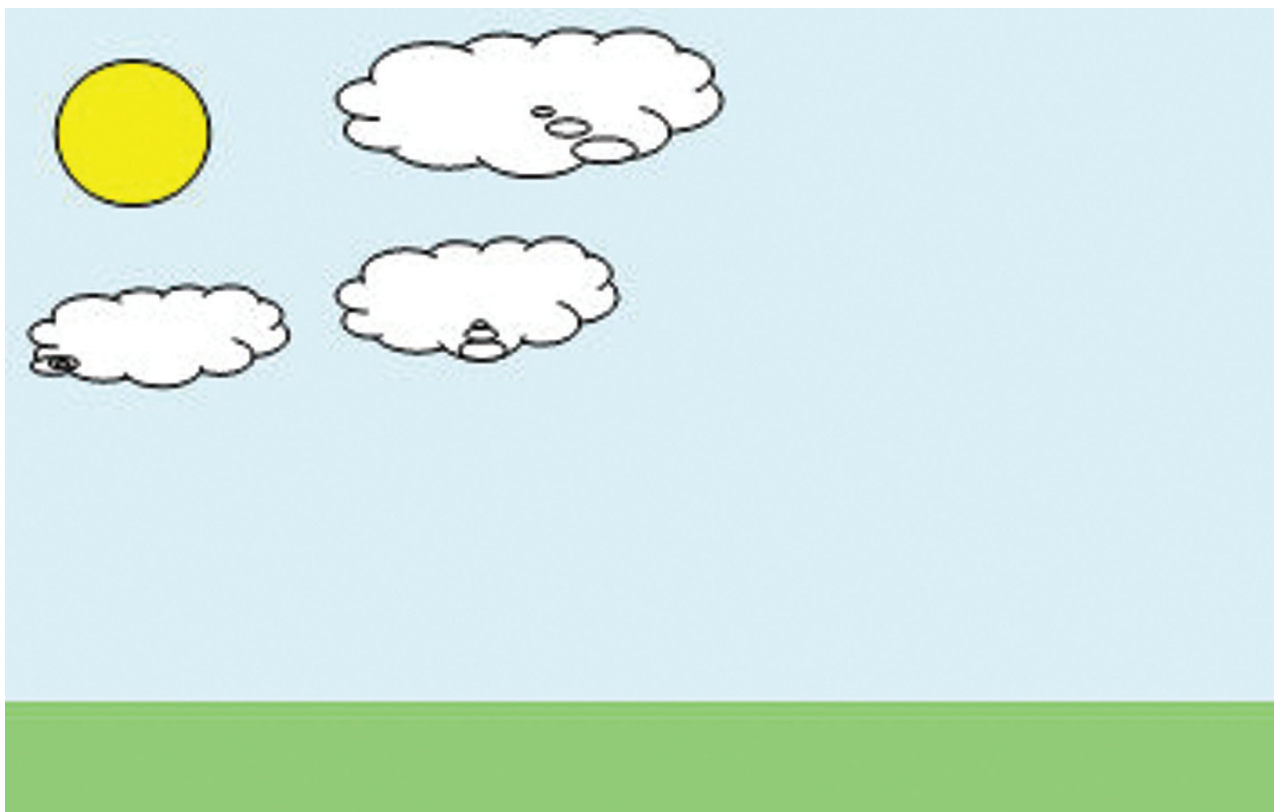


d)



Να δικαιολογήσεις την άποψή σου.

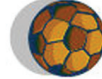
-
3. Δες τις παρακάτω εικόνες.
(α) Σχεδίασε πώς ταξιδεύει το φως στο σχήμα.



- (β) Πώς εξηγείς τις δέσμες φωτός που βγαίνουν μέσα από τα σύννεφα;



4. Ποιο ή ποια από τα αντικείμενα θα μπορέσει να δει στον καθρέπτη ο παρατηρητής;



A

B

Γ

Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

5. Τι συμβαίνει όταν το φως πέσει πάνω σε μια ήρεμη επιφάνεια νερού; Να επιλέξεις τη σωστή απάντηση.

(α) Όλο το φως επιστρέφει στον αέρα.

(β) Το φως ταξιδεύει μόνο μέσα στο νερό.

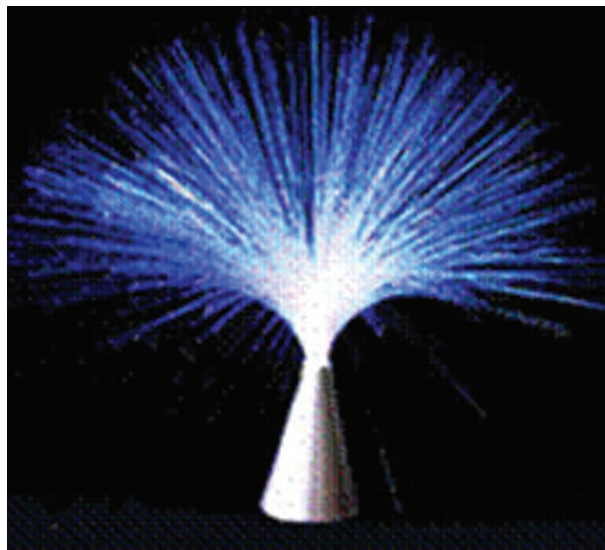
(γ) Ένα μέρος του φωτός θα ταξιδέψει στο νερό και κάποιο μέρος θα επιστρέψει πίσω στον αέρα.

(δ) Όλο το φως παγιδεύεται από το νερό.

(ε) Χρειαζόμαστε περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την φύση της επιφάνειας του νερού.

6. Με ποια υλικά είναι φτιαγμένες οι οπτικές ίνες του φωτιστικού (βλέπε την εικόνα δίπλα)

- (α) Από πλαστικό.
- (β) Από γυαλί.
- (γ) Από ελαστικό.
- (δ) Από κεραμικό υλικό.



7. Είναι δυνατόν να καθοδηγήσουμε το φως μέσα από:

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
(α) ένα συμπαγή πλαστικό σωλήνα ο οποίος περιβάλλεται από αέρα;		
(β) ένα συμπαγή πλαστικό σωλήνα ο οποίος περιβάλλεται από νερό;		
(γ) ένα κούφιο (με τρύπα στη μέση) πλαστικό σωλήνα;		
(δ) ένα κούφιο (με τρύπα στη μέση) γυάλινο σωλήνα;		
(ε) ένα συμπαγή γυάλινο σωλήνα ο οποίος περιβάλλεται από αέρα;		
(στ) ένα συμπαγή γυάλινο σωλήνα ο οποίος περιβάλλεται με νερό;		

8. Η εικόνα αναπαριστά μια δέσμη λέιζερ που ταξιδεύει από το νερό που βρίσκεται μέσα στη δεξαμενή, στον αέρα που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του νερού. Η ένταση της δέσμης είναι μεγαλύτερη στον αέρα από ότι στο νερό γιατί:

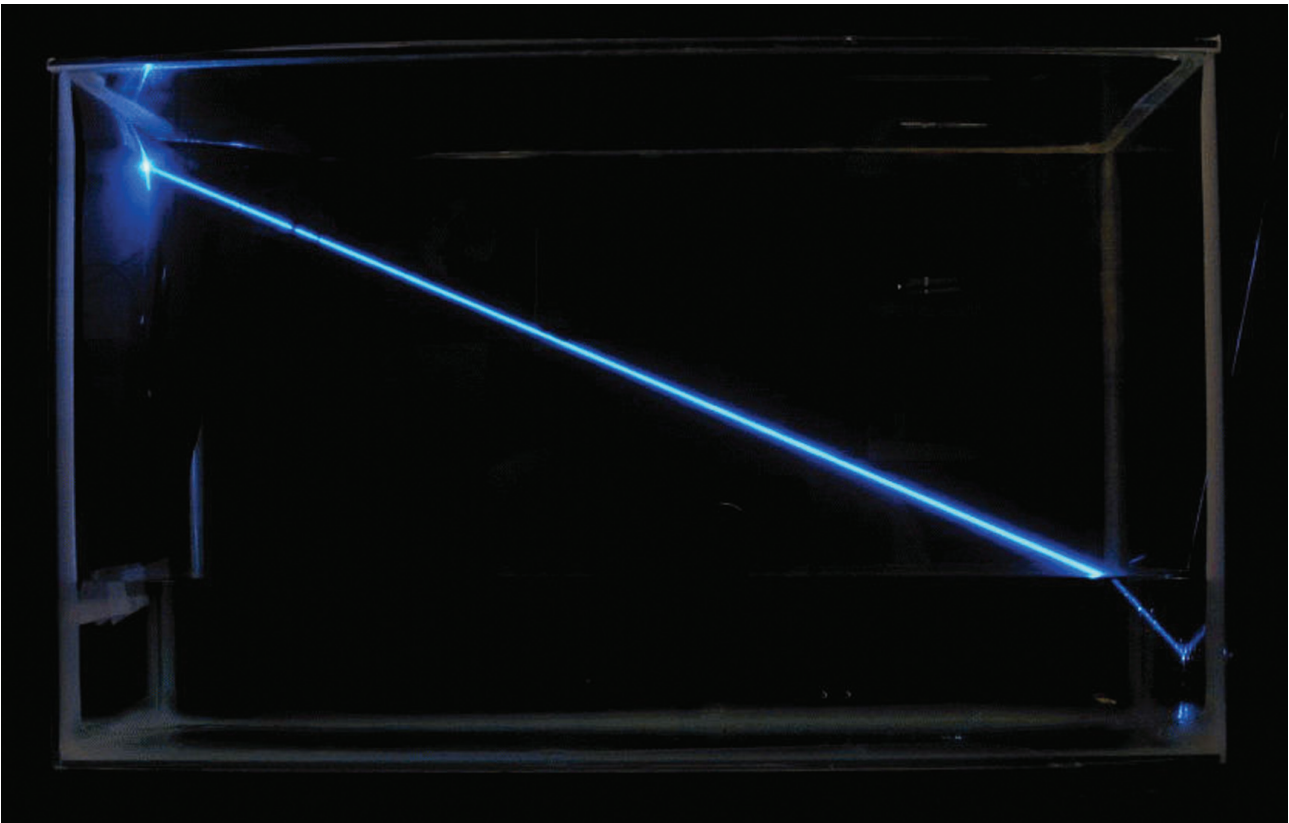
(α) ο αέρας δεσμεύει περισσότερο φως από το νερό.

(β) υπάρχει λιγότερο νερό στο δοχείο από αέρα.

(γ) ο αέρας είναι λιγότερο πυκνός από το νερό.

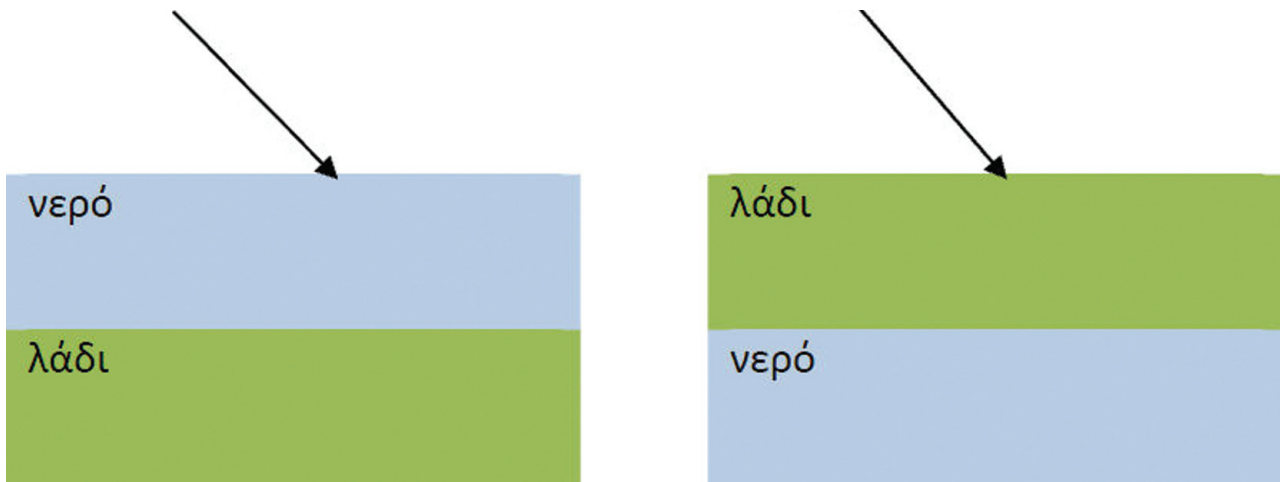
(δ) τα σωματίδια του αέρα είναι μικρότερα από του νερού.

(ε) μερικά σωματίδια τα οποία διαχέουν το φως περισσότερο από τα σωματίδια στο νερό του δοχείου έχουν προστεθεί στον αέρα.



Εξήγησε συνοπτικά.

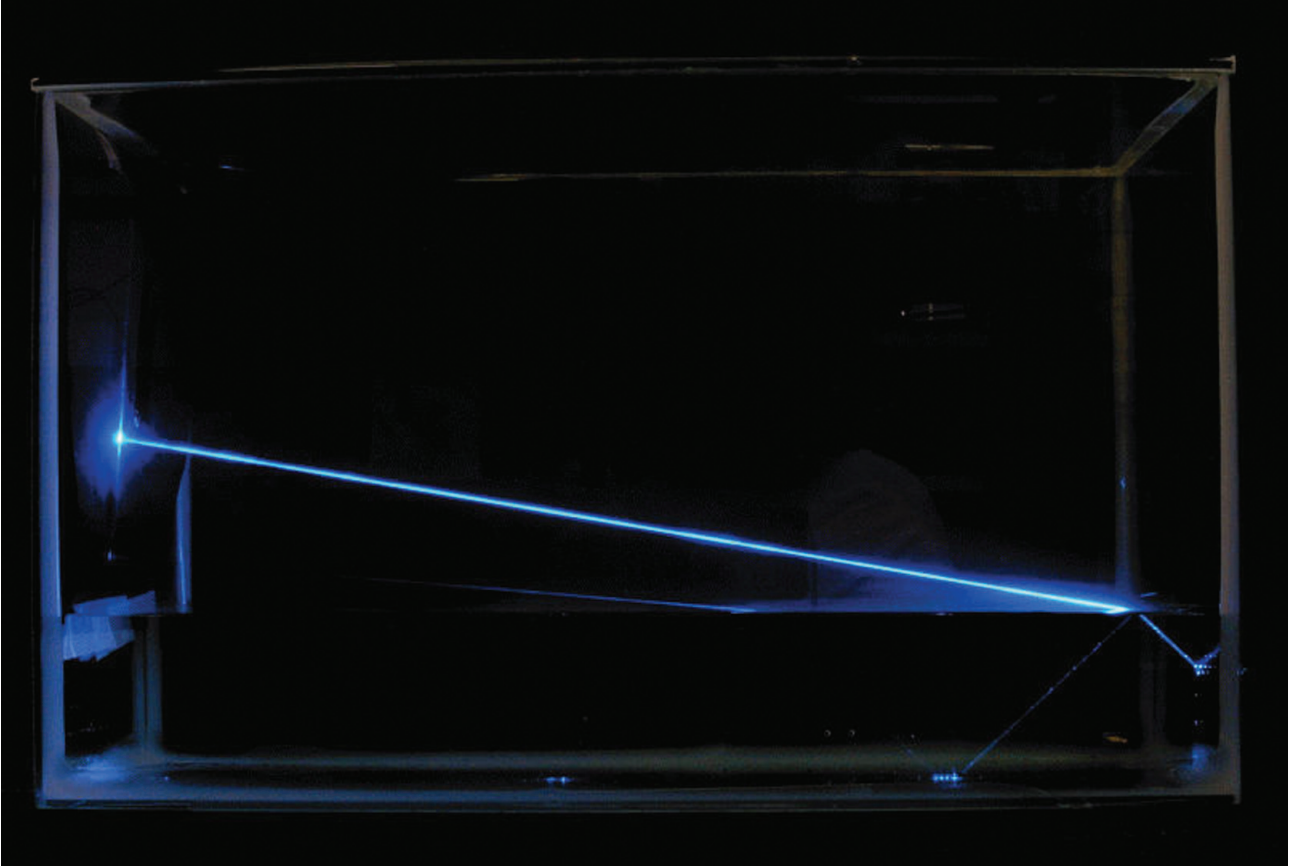
9. Σχεδιάσε τη δέσμη του λέιζερ καθώς ταξιδεύει στα διάφορα μέσα. ($n_{\text{νερού}} = 1.33$; $n_{\text{λαδιού}} = 1.67$)



10. Σύμφωνα με την άποψή σας, είναι αλήθεια ότι:

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
(α) ο δείκτης διάθλασης είναι μια ιδιότητα των υλικών;		
(β) για να μετρήσουμε τον δείκτη διάθλασης είναι απαραίτητο να μετρήσουμε την ένταση της δέσμης του φωτός που διαδίδεται στο νερό;		
(γ) η τιμή του δείκτη διάθλασης μιας ουσίας εξαρτάται από την ποσότητα της ουσίας;		
(δ) για τη μέτρηση του δείκτη διάθλασης μιας ουσίας σε σχέση με μια άλλη είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την κρίσιμη γωνία ανάμεσα σ' αυτές;		
(ε) για τη μέτρηση του δείκτη διάθλασης μιας ουσίας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την πυκνότητά της;		

11. Η εικόνα αναπαριστά μια δέσμη λέιζερ να ταξιδεύει από το νερό που βρίσκεται μέσα στο δοχείο στον αέρα πάνω από την επιφάνεια του νερού. Παρατήρησε τα σημεία P και Q στα οποία η δέσμη λέιζερ συναντά την επιφάνεια του νερού.



	ΝΑΙ	ΟΧΙ
α) Στο P υπάρχει ανάκλαση		
β) Στο P υπάρχει διάθλαση		
γ) Στο Q υπάρχει ανάκλαση		
δ) Στο Q υπάρχει διάθλαση		

Εξήγησε συνοπτικά.

.....

.....

.....

.....

12. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

(Σημείωσε ότι στην περίπτωση αυτή ο «δείκτης διάθλασης» είναι σχετικός με αυτόν του αέρα ο οποίος για την σκοπό μας μπορεί να υπολογιστεί ως 1)

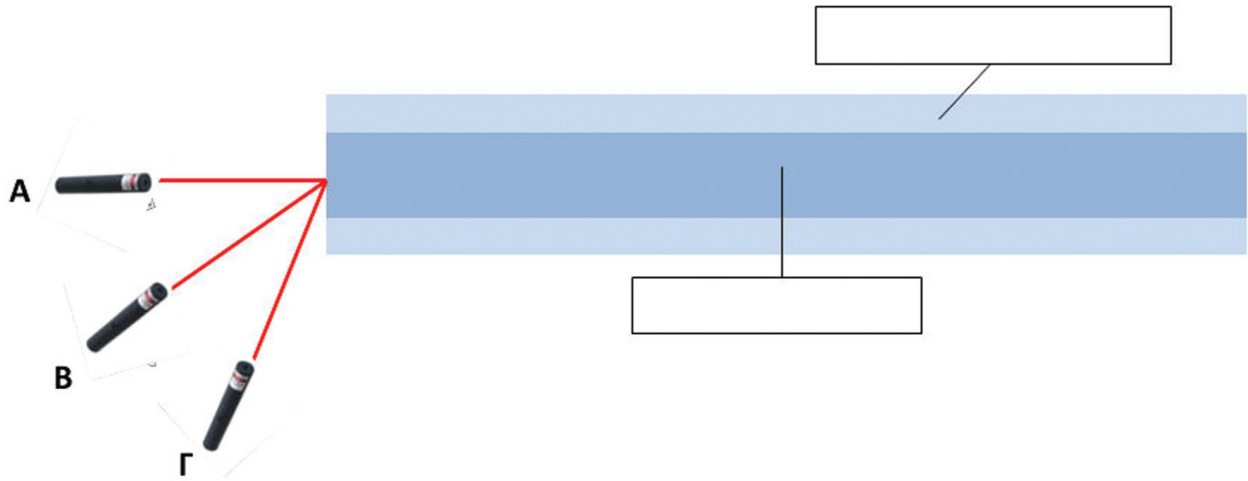
	ΣΩΣΤΟ	ΛΑΘΟΣ
α) Ο δείκτης διάθλασης μιας ουσίας εξαρτάται από την ποσότητα της ουσίας.		
β) Αν δυο υλικά έχουν διαφορετικές πυκνότητες, τότε το υλικό που είναι πιο πυκνό έχει το μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης.		
γ) Ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού εξαρτάται από τον όγκο του υλικού.		
δ) Η δέσμη του λέιζερ είναι φωτεινότερη στα υλικά με μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης.		
ε) Μια δέσμη λέιζερ εισερχόμενη με την ίδια γωνία σε δυο υλικά με διαφορετικούς δείκτες διάθλασης, διαθλάται περισσότερο στο υλικό με το μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης.		

Αιτιολόγησε την άποψή σου.

13. Σύμφωνα με την άποψή σας, είναι αλήθεια ότι:

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
(α) Το φως ταξιδεύοντας από το νερό στον αέρα μπορεί να υφίσταται ολική ανάκλαση;		
(β) Η κρίσιμη γωνία ανάμεσα σε δυο υλικά εξαρτάται μόνο από το δείκτη διάθλασης του υλικού στο οποίο το φως ολικά ανακλάται;		
(γ) Το φως ταξιδεύοντας από τον αέρα στο νερό μπορεί να υφίσταται ολική ανάκλαση;		
(δ) Η ολική ανάκλαση είναι ένα φαινόμενο το οποίο συμβαίνει όταν το φως ταξιδεύει από ένα οπτικά πυκνότερο μέσο προς ένα οπτικά αραιότερο μέσο;		
(ε) Δοθέντος μιας δέσμης φωτός η οποία ταξιδεύει από το υλικό 1 στο υλικό 2, η κρίσιμη γωνία του υλικού 1 σε σχέση με το υλικό 2 είναι η μικρότερη γωνία πρόσπτωσης για την οποία δεν παρατηρείται καμιά διάθλαση στο υλικό 2;		

14. Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις το φως θα φτάσει στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας; Μπορείς να χρησιμοποιήσεις το μοντέλο της οπτικής ακτίνας.

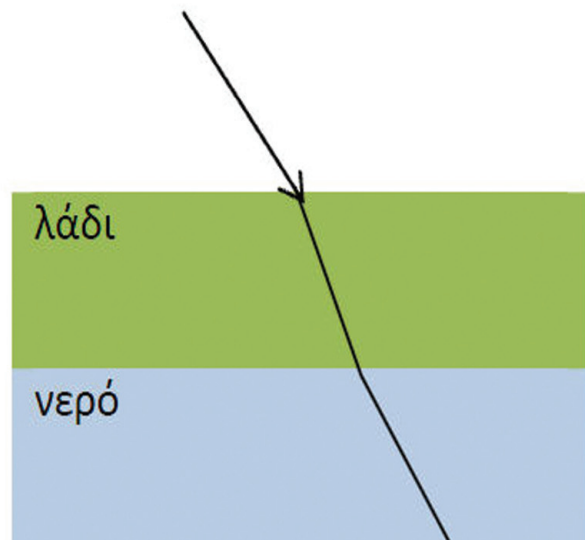
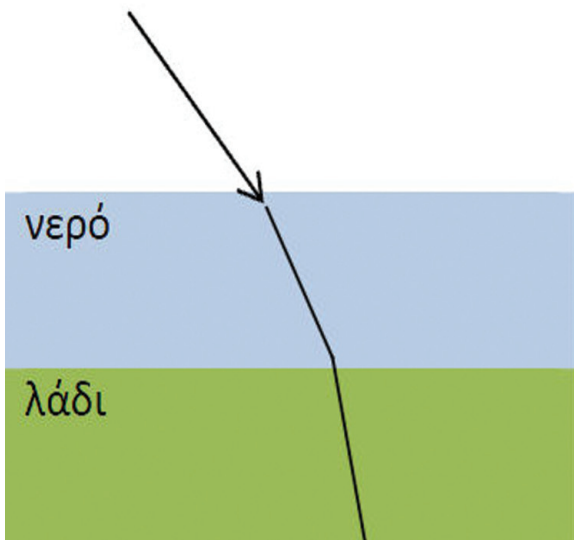


Αιτιολόγησε την άποψή σου.

RUBRICS

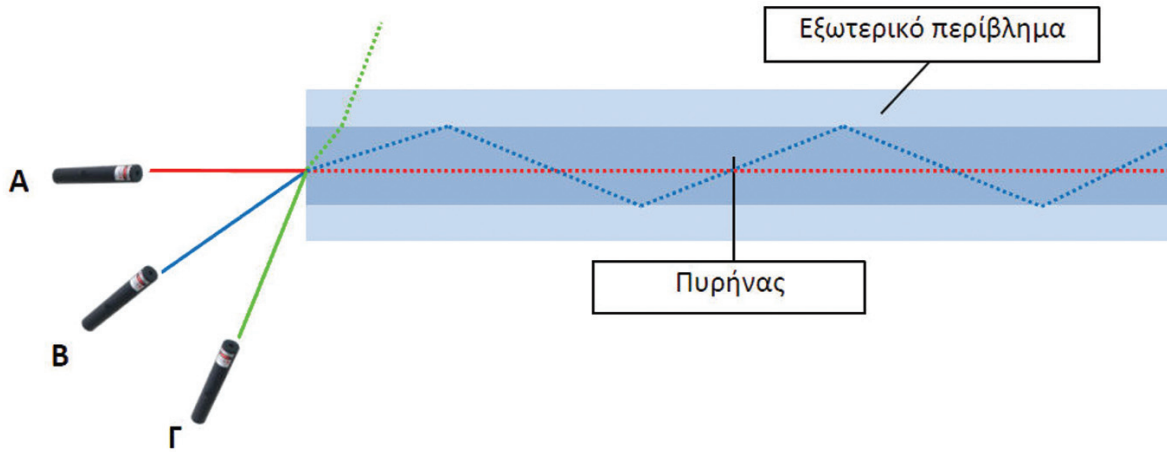
ΤΕΛΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ

1. Τα αντικείμενα διαχέουν το φως (το οποίο φτάνει στο μάτι μας) το οποίο πέφτει επάνω τους. Αν δεν υπάρχει καμιά τέτοια πηγή φωτός καθόλου φως δεν εισέρχεται στο μάτι μας (Βαθμός 1).
2. Η εικόνα β, γιατί το φως φωτίζει το αντικείμενο (βιβλίο) το οποίο ανακλά ένα μέρος από το φως προς το μάτι μας (Βαθμός 1).
3. (α) Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός ανάμεσα από τα σύννεφα (Βαθμός 0,5),
(β) Το φως σκεδάζεται και διαχέεται από τα εξατμιζόμενα μόρια που βρίσκονται δίπλα στα σύννεφα (Βαθμός 1,5).
4. Θα δει τα αντικείμενα Β και Γ για τα οποία η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης της οπτικής ακτίνας από το αντικείμενο στον παρατηρητή (Βαθμός 1,5).
5. Η απάντηση (γ) (Βαθμός 1)
6. Οι οπτικές ίνες είναι φτιαγμένες από γυαλί (Βαθμός 1).
7. ΝΑΙ – ΝΑΙ – ΟΧΙ – ΟΧΙ – ΝΑΙ – ΝΑΙ (Βαθμός 2)
8. Η (ε) απάντηση (Βαθμός 0,5).
9. Βλέπε παρακάτω σχήμα (Βαθμοί 2).



10. ΝΑΙ – ΟΧΙ – ΟΧΙ – ΝΑΙ – ΟΧΙ (Βαθμοί 2).
11. Όλα ΝΑΙ. Στα σημεία Ρ και Q οι δέσμες του φωτός δεν εισέρχονται με την οριακή γωνία (Βαθμός 1).
12. Όλα είναι ΛΑΘΟΣ. Ο δείκτης διάθλασης είναι μια ιδιότητα των υλικών. Η τελευταία απάντηση είναι μια συνέπεια του νόμου του Snell (Βαθμός 1).
13. ΝΑΙ – ΟΧΙ – ΟΧΙ – ΝΑΙ – ΝΑΙ (Βαθμοί 2)
14. Γράφουμε πυρήνας – εξωτερικό περίβλημα (Βλέπε παρακάτω εικόνα). Θα φτάσουν οι Α και Β. Η δέσμη

Λείζερ Γ εισέρχεται με γωνία μεγαλύτερη από την γωνία αποδοχής της οπτικής ίνας και θα διαθλαστεί (Βαθμοί 2).



ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΗΜΙΔΟΜΗΜΕΝΗΣ ΣΥΝΕΝΤΕΥΞΗΣ

ΓΙΑ ΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Μεταξύ των σκοπών της Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς όπως εφαρμόστηκε από το την ομάδα εργασίας του ΑΠΘ είναι η βελτίωση της ενημερότητας των μαθητών για τη φύση, το σκοπό και τη χρήση των επιστημονικών μοντέλων μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων δραστηριοτήτων. Πιο συγκεκριμένα επιδιώκεται να κατανοήσουν οι μαθητές τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των επιστημονικών μοντέλων, να διακρίνουν το μοντέλο από την πραγματικότητα και να κατανοήσουν ότι τα επιστημονικά μοντέλα αναπαριστούν μία ιδέα, έννοια, ότι αποτελούν απλοποίηση ή αφαίρεση της πραγματικότητας με σκοπό την οπτικοποίηση, περιγραφή, ερμηνεία ή πρόβλεψη ενός φαινομένου.

Για τη ανίχνευση των απόψεων των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή της Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς σχετικά με τη φύση και το σκοπό των επιστημονικών μοντέλων σχεδιάστηκε πρωτόκολλο ημιδομημένης συνέντευξης. Κατά τη διαδικασία αυτή μέσω κατάλληλων προτροπών - ερωτήσεων οι μαθητές διατυπώνουν τις απόψεις τους στα ακόλουθα ερωτήματα:

- Τι πιστεύεις ότι μπορεί να είναι ένα επιστημονικό μοντέλο; Τι μπορεί να αναπαριστά; Ανάφερε ένα παράδειγμα.
- Πόσο πιστά πιστεύεις ότι το μοντέλο πρέπει να αναπαριστά την πραγματικότητα; Αιτιολόγησε την άποψή σου.
- Μπορεί να αλλάξει ένα επιστημονικό μοντέλο; Ναι ή όχι; Γιατί;
- Μπορεί να υπάρξουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο; Ναι ή όχι; Γιατί;
- Ποιος μπορεί να είναι ο σκοπός ενός επιστημονικού μοντέλου; Σε τι μπορεί να χρησιμεύσει;

**MATERIALS
SCIENCE PROJECT**

UNIVERSITY-SCHOOL PARTNERSHIPS
FOR THE DESIGN AND IMPLEMENTATION
OF RESEARCH-BASED ICT-ENHANCED
MODULES ON MATERIAL PROPERTIES

ISBN 978-9963-689-44-6
2009