

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΩΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ
ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΕΙΞΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ MALUS**

Δημήτρης Τσαούσης

Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ4, Σεφέρη 8, Ελεούσα Ιωαννίνων,
Ιωάννινα 45500, E-mail: me00034@cc.uoi.gr.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργαστηριακή συσκευή που κατασκευάσαμε, συμπληρώνει το κενό που υπάρχει στα όργανα φυσικής στο κεφάλαιο της πόλωσης του φωτός. Η συσκευή σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από απλά υλικά (ένα σωλήνα και δυο κομμάτια τζάμι). Δηλαδή, είναι μια συσκευή φιλική προς τον μαθητή. Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέξαμε να δείξουμε την πόλωση του φωτός με ανάκλαση, από την χρήση των πλακιδίων Polaroid με τα οποία οι μαθητές δεν κατανοούν το φαινόμενο πολύ καλά, αφού για την κατανόηση ενός άγνωστου φυσικού νόμου, γίνεται χρήση άγνωστων και μη κατανοητών υλικών. Επειδή η συσκευή είναι απλή και κατανοητή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στο Γυμνάσιο αλλά και στο Δημοτικό για την κατανόηση της έννοιας της πόλωσης. Επίσης θα μπορούσε να περιλαμβάνεται και στον εξοπλισμό των εργαστηρίων των Πανεπιστημίων, αφού με την προσθήκη ενός φωτοκύτταρου επιτρέπει τη λήψη αξιόπιστων μετρήσεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Πολωσίμετρο, Πόλωση του φωτός, Νόμος του Malus

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οπτική απουσιάζει αρκετά χρόνια από τα αναλυτικά προγράμματα των Λυκείων αφήνοντας τεράστια κενά στη μόρφωση των Ελλήνων μαθητών. Από τη σχολική χρονιά 1999-2000 η οπτική επανήλθε στις σχολικές αίθουσες με αρκετές δυσκολίες, αφού σε πολλά σχολεία ελλείπουν τα εργαστήρια και πολλοί καθηγητές στερούνται της εμπειρίας της διδασκαλίας της οπτικής.

Η εργαστηριακή συσκευή που κατασκευάσαμε έρχεται να συμπληρώσει το κενό που υπάρχει στα όργανα φυσικής στο κεφάλαιο της πόλωσης του φωτός. Το ανωτέρω κεφάλαιο θεωρούμε ότι είναι απαραίτητο να διδάσκεται στο Λύκειο, και είναι απαράδεκτο οι τελειόφοιτοι του Λυκείου να μη γνωρίζουν την πόλωση του φωτός στον 21^ο αιώνα.

Η συσκευή σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με απλά υλικά (ένα σωλήνα και δυο κομμάτια τζάμι) τα οποία ο μαθητής συναντά καθημερινά στη ζωή του, είναι απλή, κατανοητή και θα μπορούσε αν ήθελε να επαναλάβει το πείραμα στο σπίτι του. Δηλαδή, είναι μια συσκευή φιλική προς τον μαθητή. Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέξαμε να δείξουμε την πόλωση με ανάκλαση, από την χρήση των πλακιδίων Polaroid. Τα πλακίδια Polaroid είναι άριστα υλικά, το πείραμα με τη χρήση τους για την πόλωση του φωτός πετυχαίνει εύκολα, όμως οι μαθητές δεν κατανοούν το φαινόμενο πολύ καλά, επειδή για την κατανόηση ενός άγνωστου φυσικού νόμου γίνεται χρήση άγνωστων και μη κατανοητών (μαγικών για τους μαθητές) υλικών.

Επειδή η συσκευή είναι απλή και κατανοητή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στο Γυμνάσιο αλλά και στο Δημοτικό για την κατανόηση της έννοιας της πόλωσης. Η τηλεόραση λειτουργεί με πολωμένα κύματα και πιστεύουμε ότι η έννοια της πόλωσης πρέπει να γίνει κτήμα όλων των ανθρώπων και ως εκ τούτου να αποτελεί διδακτέα ύλη για την υποχρεωτική εκπαίδευση.

Επίσης θα μπορούσε να περιλαμβάνεται και στον εξοπλισμό των εργαστηρίων των Πανεπιστημίων, αφού επιτρέπει εκτός από την εύκολη κατανόηση του φαινομένου της πόλωσης και λήψη αξιόπιστων μετρήσεων.

Η συσκευή μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να δείξουμε την ιδιότητα που έχουν τα οπτικά ενεργά σώματα να στρέφουν το επίπεδο του πολωμένου φωτός. Οπότε, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν όργανο εργαστηρίου χημείας για την παρακολούθηση της πορείας της αντίδρασης της ιμβερτοποίησης του καλαμοσάκχαρου, το οποίο κατά την διάρκεια της αντίδρασης μετατρέπεται από δεξιόστροφο σε αριστερόστροφο.

Τέλος πριν από την παρουσίαση του πειράματος, δίδεται το μηχανικό ανάλογο της πόλωσης του φωτός, έτσι ώστε ο μαθητής να έχει ένα χειροπιαστό πρότυπο ενός αόρατου φαινομένου που καλείται να κατανοήσει.

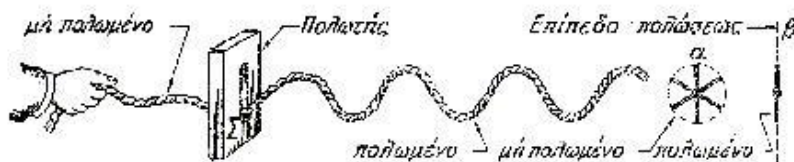
Η κατασκευή του πολωσίμετρου έγινε με τη συνεργασία του ΣΕΚ Ιωαννίνων και ευελπιστούμε να αναλάβουμε τη μαζική της κατασκευή, για να εφοδιάσουμε όλα τα Λύκεια της Ελλάδας. Στόχος της προσπάθειάς μας αυτής δεν είναι μόνο να μειώσουμε το κόστος των εργαστηριακών οργάνων των σχολείων, αλλά και η συνεργασία της Γενικής με την Τεχνική Εκπαίδευση καθώς και η αξιοποίηση του εξοπλισμού των ΣΕΚ.

Ευελπιστούμε η προσπάθειά μας να επιτύχει και να αποτελέσει την αρχή για τη δημιουργία ενός συνόλου εύχρηστων εργαστηριακών οργάνων, τα οποία θα διευκολύνουν τον Καθηγητή της Φυσικής στο διδακτικό του έργο και θα βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τους νόμους της Φυσικής.

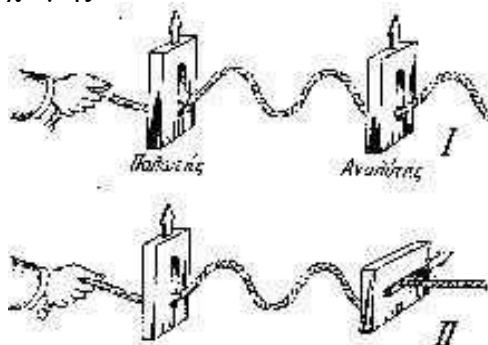
1. ΠΟΛΩΣΗ

Τα πειράματα περίθλασης και συμβολής του φωτός (πείραμα Fresnel και πείραμα Young) θεμελίωσαν την κυματική φύση του φωτός. Προκύπτει όμως το ερώτημα αν τα φωτεινά κύματα είναι **εγκάρσια** ή **διαμήκη**. Επειδή το φως πολώνεται, συνάγεται ότι **τα φωτεινά κύματα είναι εγκάρσια** αφού μόνο τα εγκάρσια κύματα πολώνονται.

Για την κατανόηση του φαινομένου της πόλωσης θα περιγράψουμε πρώτα, με μερικές εικόνες (Σχ.1,2), το μηχανικό ανάλογο της πόλωσης του φωτός. Έτσι ο μαθητής θα έχει ένα χειροπιαστό πρότυπο ενός αόρατου φαινομένου που καλείται να κατανοήσει.



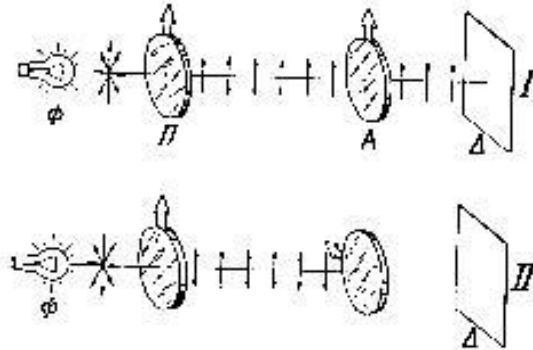
Σχήμα 1. Μετά την σχισμή Σ, το σχοινί πάλλεται σε ένα επίπεδο που ορίζεται από το σχοινί και την διεύθυνση της σχισμής.



Σχήμα 2. Η κίνηση του σχοινιού πίσω από τη δεύτερη σχισμή εξαρτάται από τη διεύθυνση του χαρακτηριστικού επιπέδου της.

1.1. ΠΟΛΩΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.

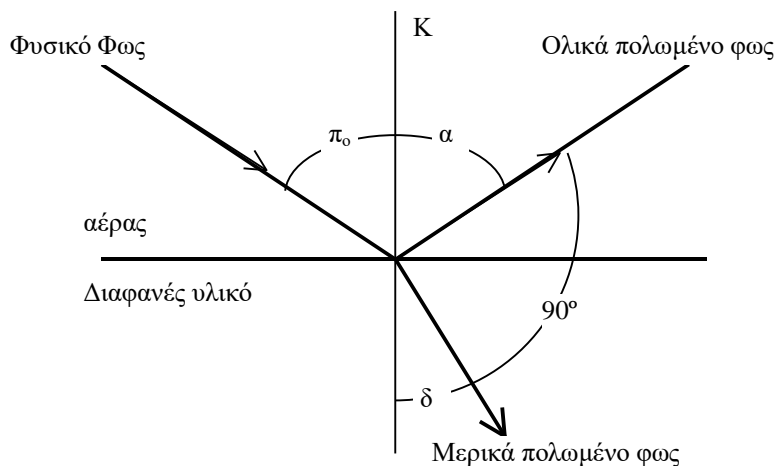
Ανάλογο πείραμα με το σχοινί μπορούμε να πραγματοποιήσουμε με το φως. Στο σχήμα 3, στο δρόμο μιας φωτεινής δέσμης παρεμβάλλουμε δύο πλακίδια Polaroid εκ των οποίων το ένα αποτελεί τον πολωτή και το δεύτερο τον αναλύτη.



Σχήμα 3. Πόλωση του φωτός με πλακίδια Polaroid

1.2. ΠΟΛΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΚΛΑΣΗ.

Το φως είναι δυνατόν να υποστεί πόλωση όταν υποστεί ανάκλαση επί μη μεταλλικών επιφανειών.

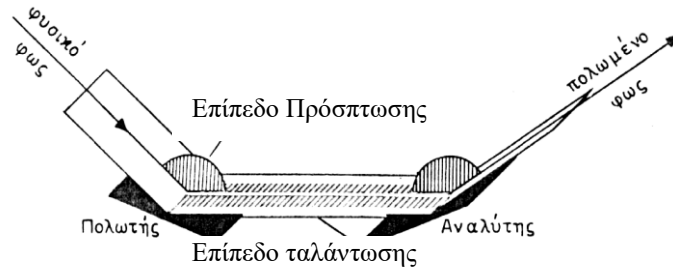


Σχήμα 4. Ολική πόλωση του φωτός από ανάκλαση

Η ανακλώμενη είναι ολικά πολωμένη και η διαθλωμένη μερικά πολωμένη με τα επίπεδα πολώσεώς τους κάθετα μεταξύ τους (Σχ. 4). Για να είναι η ανακλώμενη ολικά πολωμένη πρέπει να ισχύει ο νόμος του Brewster (εξ. 1).

$$\text{εφ}\pi_0 = \eta_2/\eta_1 \quad (1)$$

Κατά την πόλωση του φυσικού φωτός από ανάκλαση, η επιτρεπόμενη διεύθυνση ταλάντωσης είναι εκείνη που είναι κάθετη στο επίπεδο πρόσπτωσης (Σχ. 5). Έτσι όταν τα επίπεδα πρόσπτωσης του πολωτή και του αναλύτη συμπίπτουν, ο αναλύτης δίνει ανακλώμενη εικόνα του πολωμένου φωτός.



Σχήμα 5. Το επίπεδο ταλάντωσης είναι κάθετο στο επίπεδο πρόσπτωσης

1.3. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ MALUS.

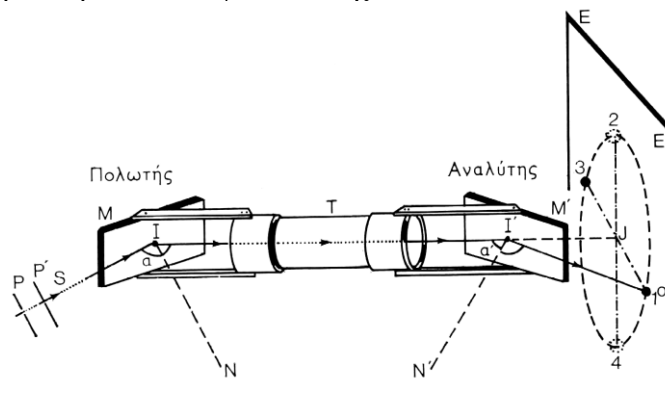
Αν η ένταση του φωτός που κατευθύνεται στον αναλύτη είναι I_0 , τότε η ένταση του φωτός που επιτρέπει ο αναλύτης να συνεχιστεί η διάδοσή του είναι I και η μεταξύ τους σχέση εκφράζεται με την εξίσωση 2.

$$I = I_0 \sin^2 \varphi \quad (2)$$

Η σχέση (2) αποτελεί το νόμο του Malus, όπου φ η γωνία που σχηματίζουν μεταξύ τους τα δυο επίπεδα ταλαντώσεως (επομένως και τα επίπεδα πρόσπτωσης).

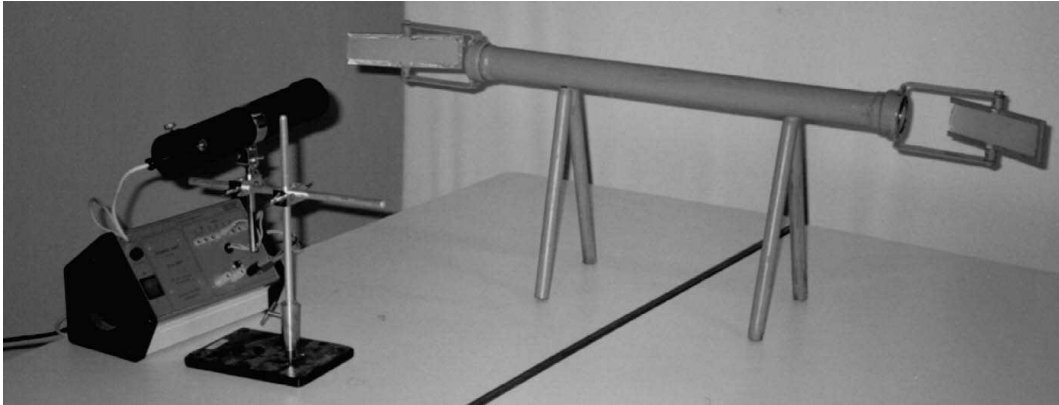
1.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

Ο Νόμος του Malus επαληθεύεται πειραματικά αν με ένα φωτοκύτταρο παρακολουθήσουμε την μεταβολή του φωτισμού της κηλίδας Σ κατά την περιστροφή του αναλύτη (Σχ. 6). Το πολωσίμετρο ανάκλασης που κατασκευάσαμε για την πόλωση του φωτός και την επαλήθευση του νόμου του Malus φαίνεται στο σχέδιο του σχήματος 6. Τα M και M' αποτελούν γυάλινες πλάκες, των οποίων η πίσω επιφάνεια έχει υποστεί επεξεργασία με αμμοβολή, ώστε να μην είναι πλέον λεία επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο η διαθλωμένη ακτίνα όταν συναντήσει την πίσω επιφάνεια διαχέεται και δεν ανακλάται.



Σχήμα 6. Σχηματική παράσταση της προτεινόμενης πειραματικής συσκευής

Οι οδηγίες που δίνονται στη βιβλιογραφία, ομιλούν για αιθάλωση της πίσω επιφάνειας. Επανειλημμένες δικές μας προσπάθειες για πραγματοποίηση του πειράματος με αιθαλωμένη την πίσω επιφάνεια, απέβησαν άκαρπες αφού παρά την αιθάλωσή της, η πίσω πλευρά της πλάκας εξακολουθούσε να ανακλά την διαθλωμένη ακτίνα και έτσι παίρναμε δύο δέσμες. Ένας άλλος τρόπος απορρόφησης της διαθλωμένης ακτίνας είναι με επικόλληση στην πίσω πλευρά της πλάκας πλαστικής μονωτικής ταινίας, όπως εκείνη με την οποία οι τεχνικοί μονώνουν συνδέσεις καλωδίων. Στην εικόνα 1 φαίνεται φωτογραφία της πειραματικής συσκευής που κατασκευάσαμε.



Εικόνα 1. Το πρώτο δείγμα που κατασκευάσαμε.

Αν σκοπός του πειράματος είναι η λεπτομερειακή προσέγγιση του θέματος, οι τιμές του I μέσω φωτοκύτταρου μπορεί να εισαχθούν σε Η/Υ και να γίνει επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

Αν σκοπός του πειράματος είναι η ποιοτική προσέγγιση του θέματος, προτιμότερο για μαθητές Λυκείου, μπορεί να παραληφθεί το φωτοκύτταρο, αφού οι μεταβολές της έντασης του φωτός γίνονται αντιληπτές και με γυμνό μάτι.

Ευχαριστίες

Από της θέσεως αυτής θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους συνεργάτες μας στην προσπάθειά μας:

Γ. Γαρούφη Φυσικό του 8^{ου} Ε.Λ. Ιωαννίνων, για τη βοήθειά του στις δοκιμές.

Κ. Γιώτη οικονομολόγο, για τη βοήθειά του στα σχήματα.

Δ. Σταμοβλάση, Χημικό του Ε.Λ. Θεσπρωτικού, για τη λήψη των φωτογραφιών.

Μ. Γιώτη Δ/ντή του ΣΕΚ Ιωαννίνων, για τη συνεργασία του μαζί μας.

Σ. Αρμενόπουλο, εργοδηγό - μηχανολόγο του ΣΕΚ Ιωαννίνων, που με μεράκι επιμελήθηκε της κατασκευής της πειραματικής διάταξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κ. Α. Αλεξόπουλου, Γ. Δ. Μπίλλη, Στοιχεία Φυσικής – Τόμος 2^{ος}, Αθήνα 1960.
2. Ηλία Κουγιουμτζόπουλου, Φυσική Τόμος 4^{ος}, Gutenberg, Αθήνα 1975.
3. Βαγγέλη Φωτεινόπουλου, Φυσική Τόμος 4^{ος}, Βλάση Αθήνα 1975.
4. Ι. Πουλάκη, Οπτική, Αθήνα 1971.
5. Θεοδώρου Α. Παπαευθυμίου, Οπτική, Θεσ/νίκη 1974.
6. Α.Ε. Μάζη, Φυσική Γ' Λυκείου Συμπλήρωμα, ΟΕΔΒ, Αθήνα 1979.
7. Π. Γεωργακάκος, Ν. Σφαρνάς, Α. Σκαλωμένος, Ι. Χριστακόπουλος, Φυσική Γενικής Παιδείας Γ' τάξης Ε.Λ. ΟΕΔΒ, Αθήνα 1999.
8. Serway, Saunders Colleg Publishing, Philadelphia, Ελληνική μετάφραση Λεωνίδα Ρεσβάνη, Αθήνα 1990.
9. Halliday-Resnick, Ελληνική μετάφραση Γ. Α. Πνευματικού, Αθήνα 1976.
10. Εκπαιδευτική Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια, Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα 1991.

Πρακτικά του 9^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής, Χίος 2001