



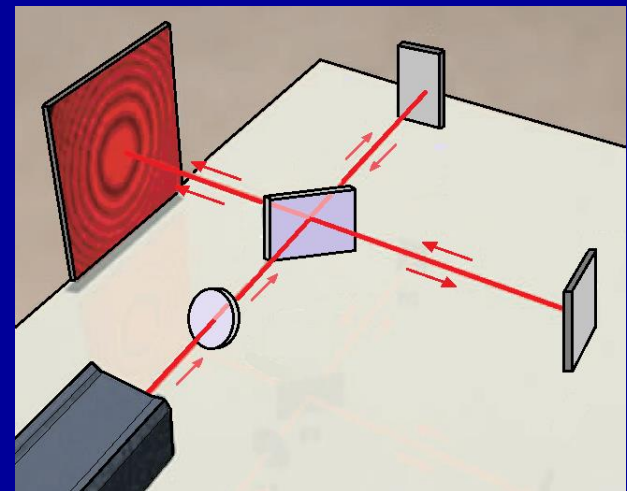
Πολυτεχνείο Κρήτης
Εργαστήριο Δομής της Ύλης & Φυσικής Λείζερ



Φυσική II (Εργαστηριακές Ασκήσεις)

Εαρινό Εξάμηνο Ακαδ. Έτους 2020 - 21

Άσκηση 9 «Συμβολόμετρο Michelson»

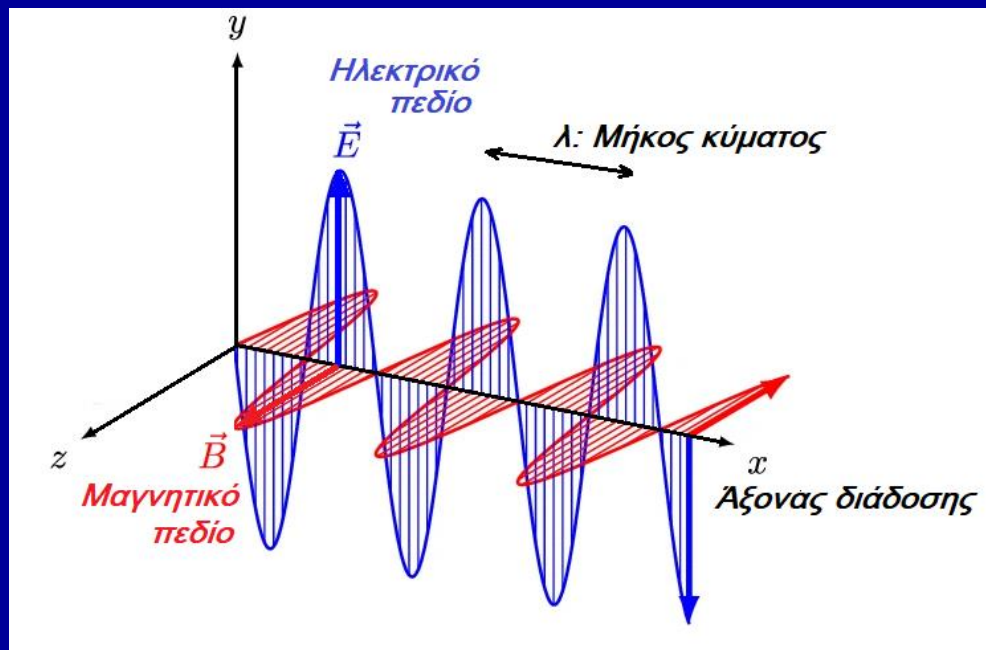


Δημιουργία παρουσίασης: Π. Πετράκης

Θεωρία

■ Φως

Το φως είναι **ηλεκτρομαγνητική** ακτινοβολία που μεταφέρει ενέργεια και αποτελείται από φωτόνια. Είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα.



Όπως φαίνεται στο σχήμα αποτελείται από ένα **ηλεκτρικό πεδίο E** και ένα **μαγνητικό πεδίο B** τα οποία είναι κάθετα μεταξύ τους.

Συμβολή κυμάτων (interference)

Ο όρος συμβολή αναφέρεται σε κάθε περίπτωση κατά την οποία δύο ή περισσότερα κύματα αλληλεπικαλύπτονται (προστίθενται) στο χώρο. Τότε η προκύπτουσα μετατόπιση σε οποιαδήποτε σημείο και οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μπορεί να βρεθεί, αν προστεθούν διανυσματικά οι στιγμιαίες μετατοπίσεις (πλάτη) που θα παράγονταν στο σημείο αυτό από τα κύματα, αν το καθένα από αυτά υφίστατο αφ' εαυτού, (αρχή της επαλληλίας ή υπέρθεσης).

Η αρχή της επαλληλίας μας λέει ότι:

Κάθε κύμα διαδίδεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα, διατηρώντας αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά του. (Σαν να μην υπάρχουν τα άλλα κύματα).

Σημείωση: Στο εξής μιλώντας για το φως, θα αναφερόμαστε στο άνυσμα **E** του ηλεκτρικού του πεδίου που προβάλλεται σε επίπεδο κάθετο στη διεύθυνση διάδοσης.

Για να **παρατηρήσουμε συμβολή** κυμάτων φωτός, θα πρέπει να έχουμε εκπομπή φωτός από πηγές για τις οποίες ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

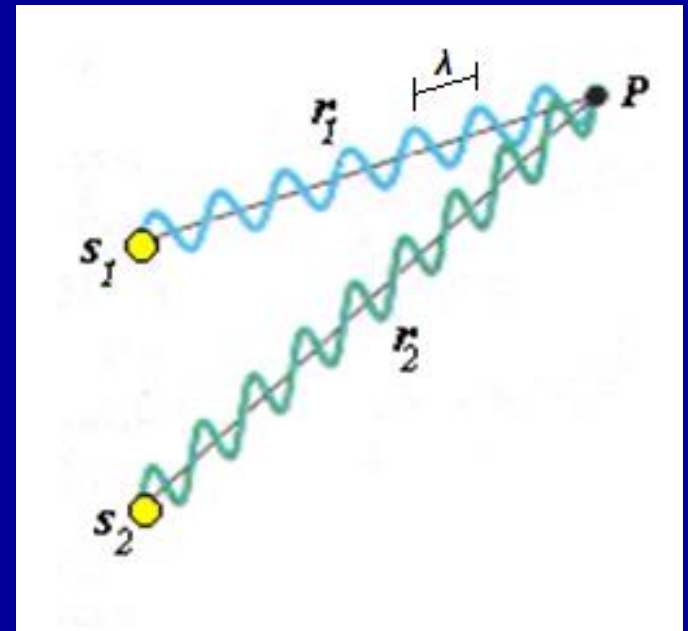
- Οι πηγές να είναι **σύμφωνες**. Δύο πηγές κυμάτων ονομάζονται σύμφωνες όταν οι ταλαντώσεις τους έχουν σταθερή διαφορά φάσης και ανεξάρτητη του χρόνου. **$\Delta\phi = \text{σταθ.}$**

Για να είναι η διαφορά φάσης των δύο ταλαντώσεων σταθερή, θα πρέπει αυτές να έχουν την ίδια συχνότητα.

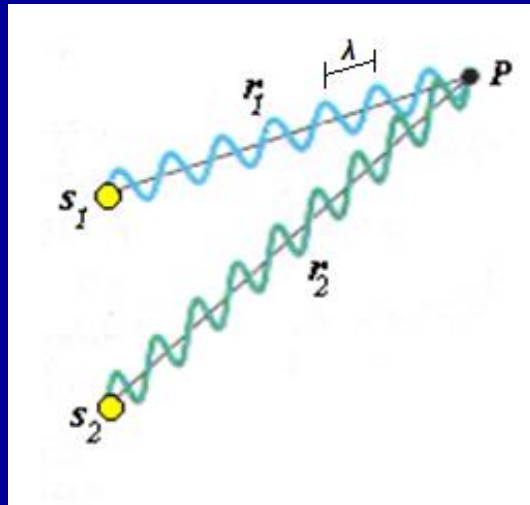
- Οι πηγές να είναι **μονοχρωματικές**. Δηλαδή να εκπέμπουν κύμα συγκεκριμένου μήκους κύματος **λ** .
 - Λέμε ότι έχουμε **ενισχυτική συμβολή**, όταν το πλάτος του συνισταμένου κύματος είναι **μεγαλύτερο** από το πλάτος των επί μέρους κυμάτων.
 - Λέμε ότι έχουμε **καταστρεπτική (αναιρετική) συμβολή**, όταν το πλάτος του συνισταμένου κύματος είναι **μικρότερο** από το πλάτος των επί μέρους κυμάτων.

Έστω S_1 και S_2 δύο χωρικά και χρονικά **σύμφωνες** (πανομοιότυπες) πηγές μονοχρωματικών κυμάτων μήκους κύματος λ και οι δύο, που απέχουν απόσταση μεταξύ τους και εκπέμπουν φως σφαιρικά γύρω τους.

Έστω ένα σημείο P στο χώρο όπου βρίσκονται, στο οποίο συναντώνται δύο μέτωπα κύματος, ένα από την κάθε πηγή, και που έχουν ακολουθήσει διαφορετικό μήκος δρόμου το καθένα. Στο σημείο P προσπίπτει κύμα από την πηγή S_1 που έχει διανύσει δρόμο (απόσταση) r_1 και κύμα από την πηγή S_2 που έχει διανύσει δρόμο r_2 .



Σύμφωνα με την **αρχή της επαλληλίας**, κάθε χρονική στιγμή στο σημείο **P**, το νέο κύμα που θα δημιουργηθεί από την πρόσθεση (συμβολή) των δύο κυμάτων, θα έχει πλάτος **$y = y_1 + y_2$** (όπου y_1 και y_2 τα πλάτη των δύο επί μέρους κυμάτων την στιγμή της συμβολής).



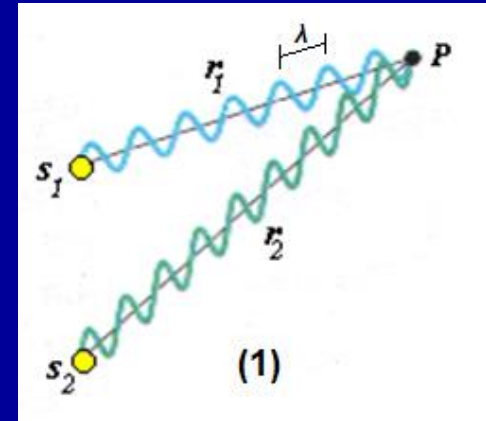
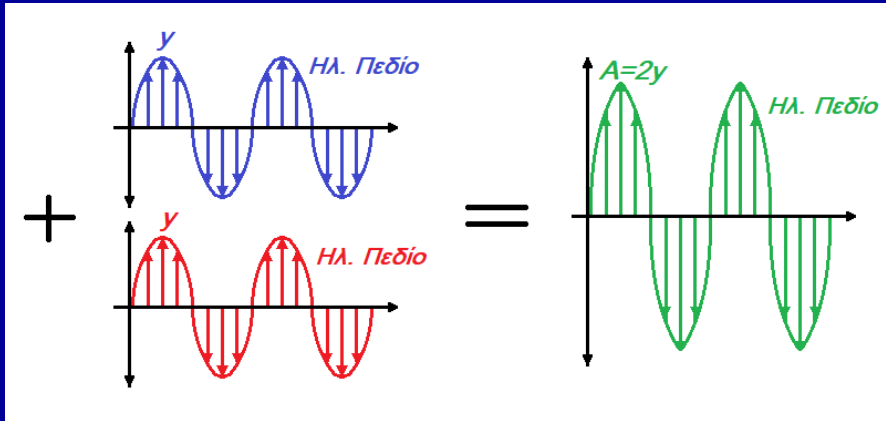
Το αποτέλεσμα της συμβολής **εξαρτάται** από την **διαφορά φάσης** που έχουν τα δύο κύματα την στιγμή που συμβάλουν.

Η διαφορά φάσης δημιουργείται λόγω της **διαφοράς δρόμου** **$r_2 - r_1$** που διανύουν τα δύο κύματα μέχρι το σημείο συμβολής.
(Όταν ξεκίνησαν από τις πηγές είχαν την ίδια φάση).

Υπάρχουν δύο ακραίες περιπτώσεις:

1. Μέγιστο ενισχυτικής συμβολής.

Τα δύο κύματα, όταν συμβάλουν, έχουν το μέγιστο πλάτος τους, y το κάθε ένα, οπότε το νέο κύμα θα έχει μέγιστο πλάτος $A = y + y = 2y$.



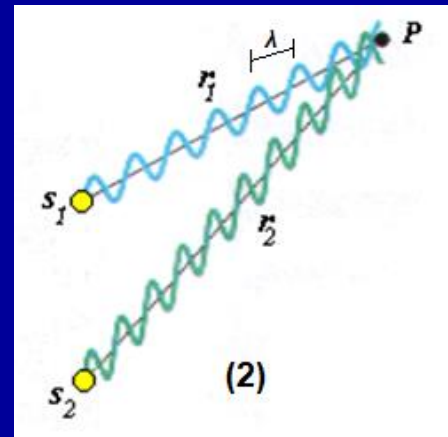
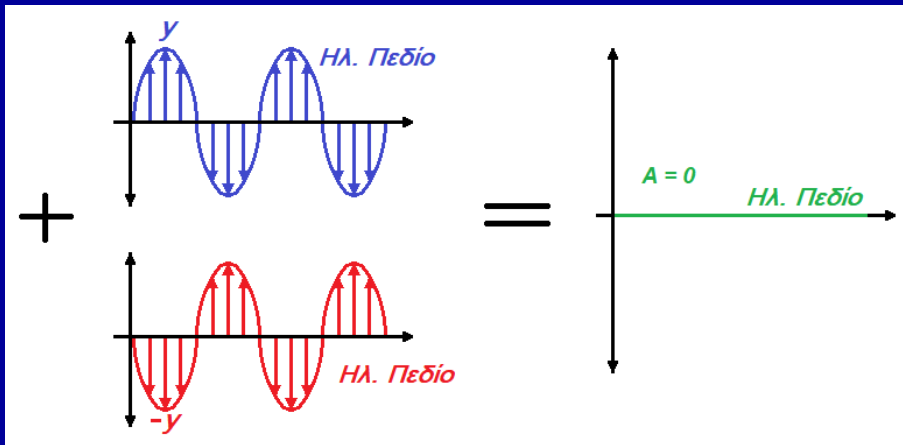
Αυτό συμβαίνει όταν η διαφορά φάσης $\Delta\varphi$ των δύο κυμάτων στο σημείο που συμβάλουν είναι **μηδέν** ή **ακέραιο πολλαπλάσιο του 2π** . (Τα κύματα είναι σε φάση).

Για να είναι τα κύματα σε φάση η διαφορά δρόμου πρέπει να είναι **ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος**.

$$r_2 - r_1 = m\lambda \quad (m = 0, +1, +2, +3, \dots)$$

2. Ελάχιστο αναιρετικής συμβολής.

Το ένα από τα δύο κύματα, όταν συμβάλουν, έχει το πλάτος y ενώ το άλλο έχει αντίθετο πλάτος $-y$ οπότε το νέο κύμα θα έχει πλάτος $A = y - y = 0$.



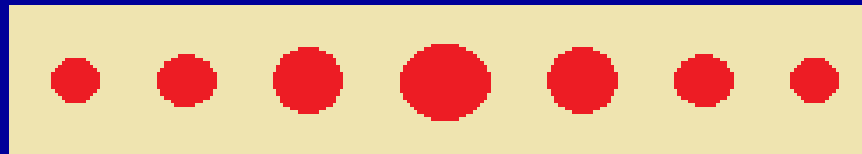
Αυτό συμβαίνει όταν η διαφορά φάσης $\Delta\phi$ των δύο κυμάτων στο σημείο που συμβάλουν είναι **περιττό πολλαπλάσιο του π** .

Για να είναι τα κύματα σε φάση η διαφορά δρόμου πρέπει να είναι **ακέραιο πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος**.

$$r_2 - r_1 = (m + 1/2)\lambda \quad (m = 0, +1, +2, +3, \dots)$$

Τα σημεία που συμβαίνει **μέγιστο ενισχυτικής συμβολής** του φωτός είναι φωτεινά και λέμε ότι σχηματίζονται «**Φωτεινοί κροσσοί συμβολής**».

Τα σημεία που συμβαίνει **ελάχιστο αναιρετικής συμβολής** δεν εμφανίζεται φως (**είναι σκοτινά**).



Εικόνα φωτεινών κροσσών συμβολής

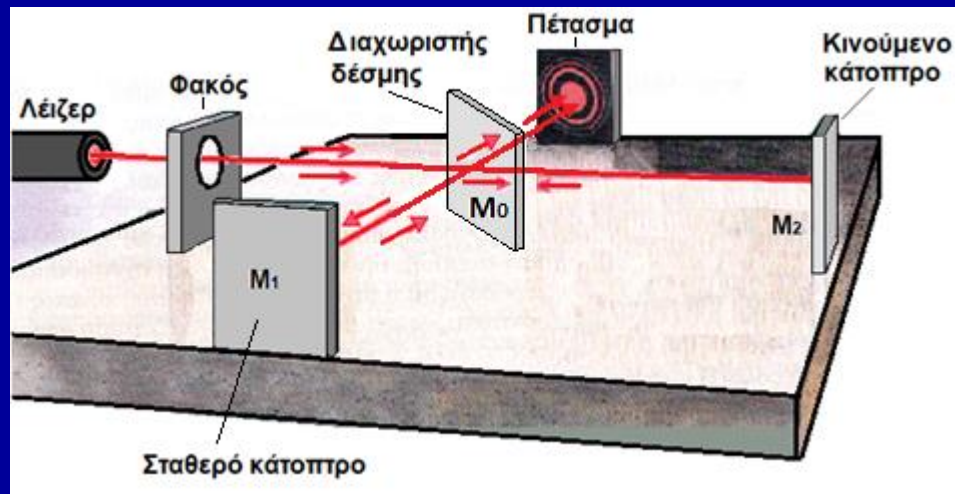
Συμβολόμετρα

Τα συμβολόμετρα είναι όργανα που χρησιμοποιούνται για μελέτη φαινομένων συμβολής και για τη μέτρηση μεγεθών όπως: μήκος, όγκος, τραχύτητα, επιπεδότητα, κ.α.

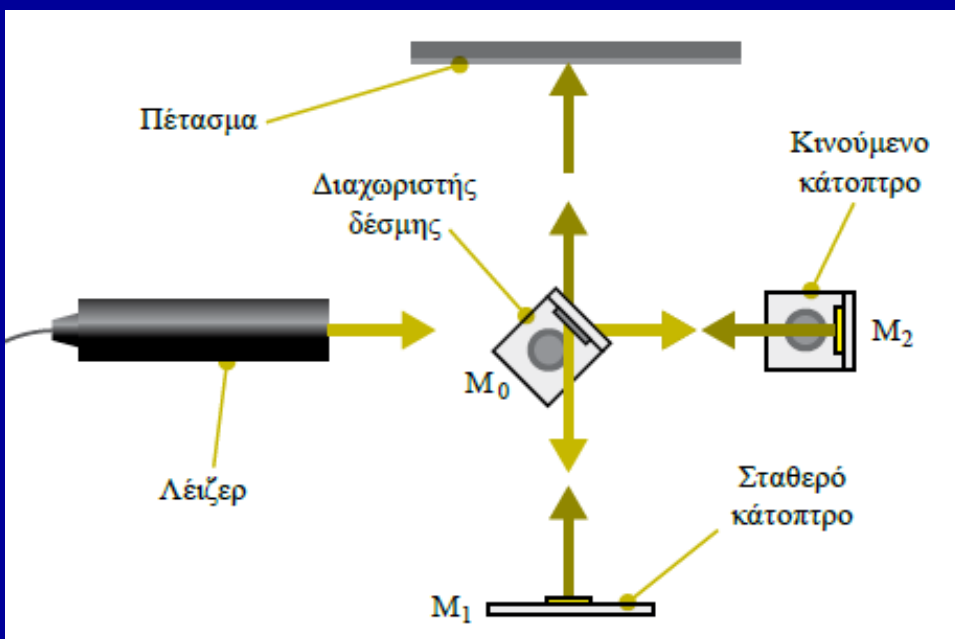
Συμβολόμετρο Michelson

Το συμβολόμετρο Michelson επινοήθηκε από τον Albert Abraham Michelson και έγινε ένα ευρέως διαδεδομένο όργανο για μετρήσεις μηκών κύματος ή αντίστροφα, γνωρίζοντας το μήκος κύματος μιας γνωστής φωτεινής πηγής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις εξαιρετικά μικρών αποστάσεων, π.χ. τάξης 10^{-6} m.

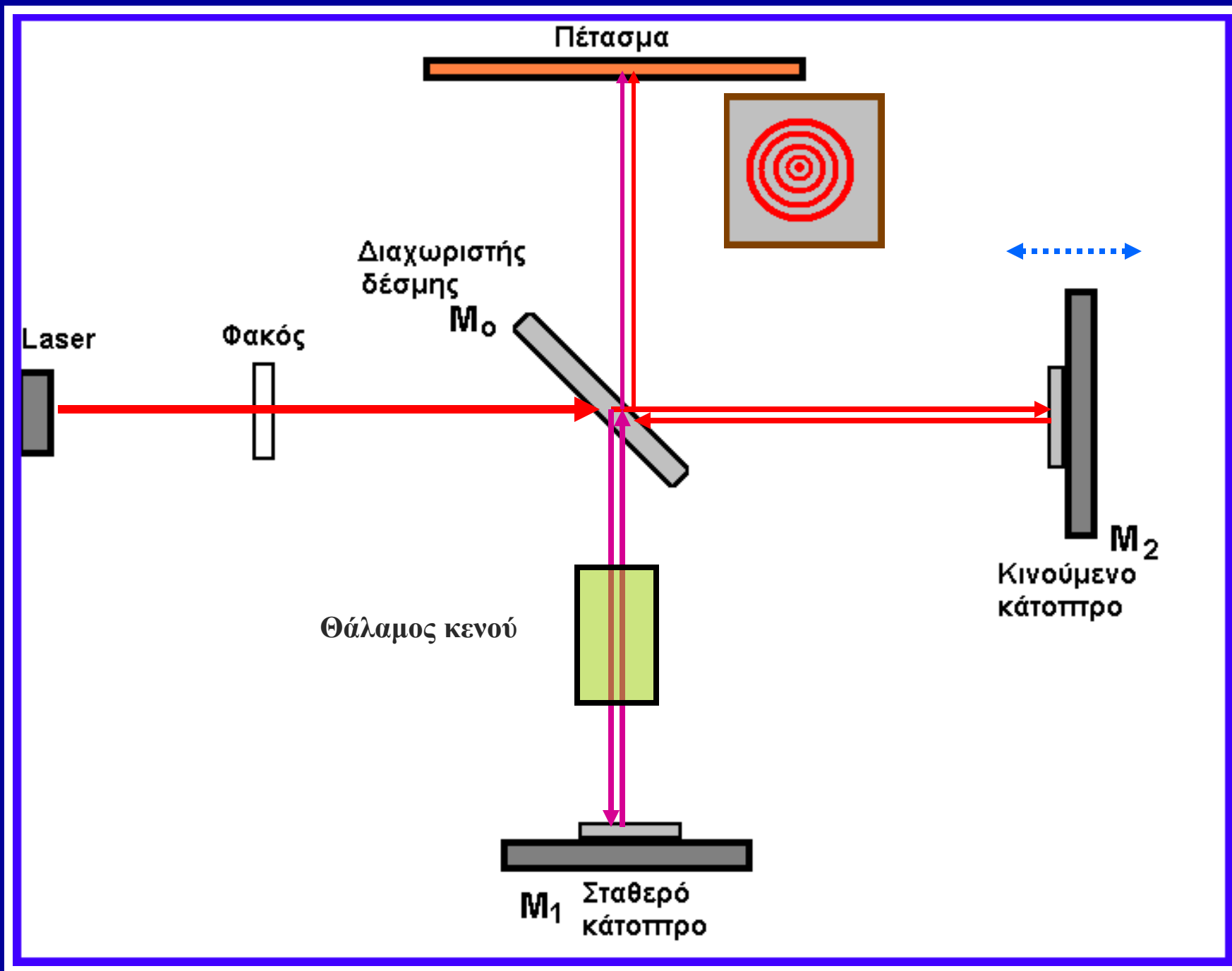
Ο Άλμπερτ Αβραάμ Μάικελσον ήταν Αμερικανός φυσικός γνωστός για το έργο του πάνω στην μέτρηση της ταχύτητας του φωτός και κυριότερα για το Πείραμα Μάικελσον - Μόρλεϋ. Το 1907 τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ Φυσικής και έγινε ο πρώτος Αμερικανός που παίρνει το βραβείο Νόμπελ στη Φυσική.



Το συμβολόμετρο Michelson αποτελείται από μια **πηγή φωτός** (λείζερ), έναν **διαχωριστή δέσμης** M_0 , **δυο ανακλαστήρες** (κάτοπτρα) M_1 (το οποίο είναι **σταθερό**) και M_2 (το οποίο **μπορεί να κινηθεί** μπρος – πίσω) και από ένα **πέτασμα** Π , στο οποίο γίνεται παρατήρηση των φαινομένων της συμβολής. Ανάμεσα στην πηγή λείζερ και στον διαχωριστή δέσμης τοποθετείται **φακός**, ώστε η δέσμη λείζερ να «ανοίγει».



Ο διαχωριστής δέσμης M_0 είναι ένα ημιεπαργυρωμένο κάτοπτρο, που σχηματίζει γωνία **45°** σε σχέση με την προσπίπτουσα δέσμη και **ανακλά το 50%** της δέσμης, ενώ το υπόλοιπο **50%** διέρχεται μέσα από αυτό.

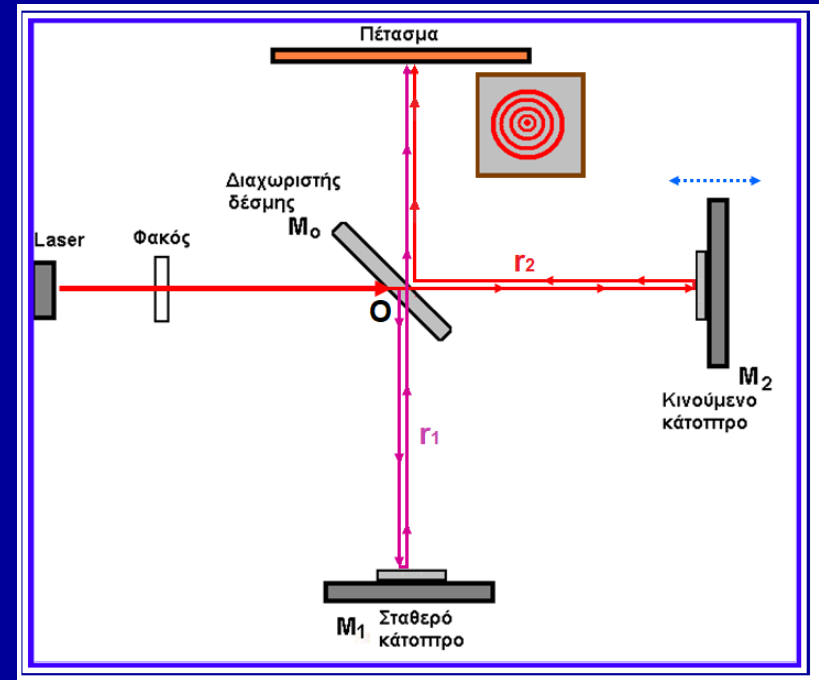


Υπολογισμός του μήκους κύματος του λέιζερ

Μετά την δημιουργία των δύο κυμάτων στον διαχωριστή δέσμης (σημείο O), τό ένα κύμα ακολουθεί τον δρόμο r_1 (μωβ διαδρομή) ενώ το άλλο ακολουθεί τον δρόμο r_2 (κόκκινη διαδρομή).

Μετακινώντας το κινούμενο κάτοπτρο μπρος ή πίσω μεταβάλλεται ο δρόμος r_2 ενώ ο δρόμος r_1 παραμένει σταθερός.

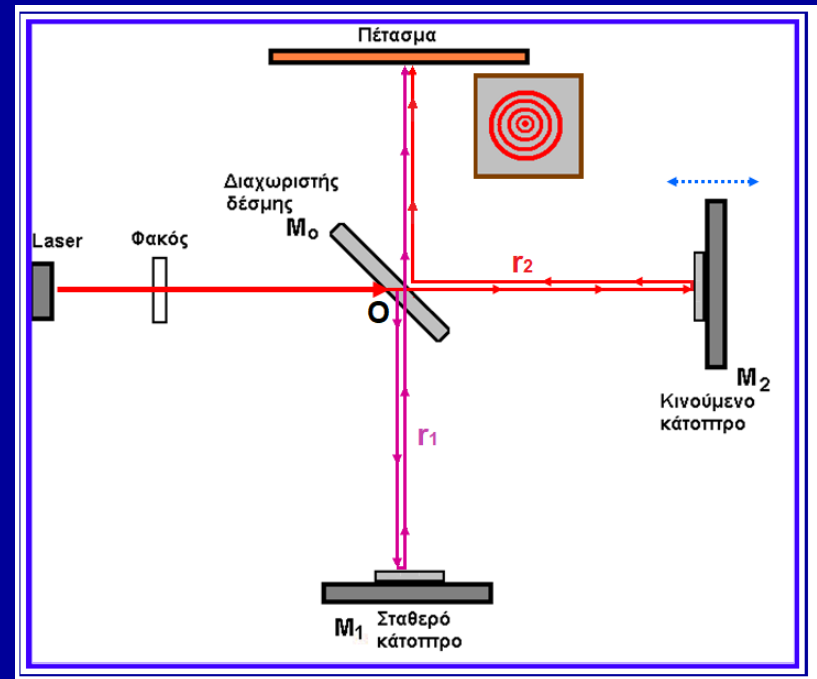
Επομένως μεταβάλλεται η διαφορά δρόμων $r_2 - r_1$ και επομένως και η διαφορά φάσης $\Delta\varphi$ μεταξύ των δύο κυμάτων τα οποία συμβάλουν πάνω στο πέτασμα.



Στην περίπτωση που τα συμβαλλόμενα μέτωπα κύματος έχουν διαφορά φάσης 0° ή **ακέραιο πολλαπλάσιο των 360°** , τότε στο σημείο παρατήρησης του πετάσματος θα παρατηρηθεί **έντονο φως (μέγιστο συμβολής)**.

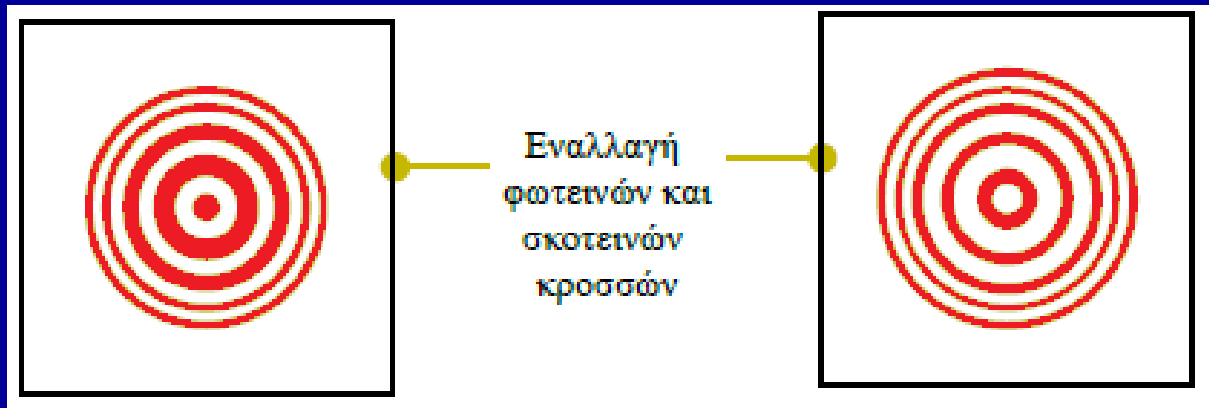
Αν, στην συνέχεια, το κινητό κάτοπτρο M_2 μετακινηθεί κατά απόσταση μήκους $\lambda/4$, τότε, επειδή το κύμα διανύει δυο φορές αυτή την απόσταση (απόσταση μεταξύ των M_0 και M_2), η συνολική μεταβολή του δρόμου του είναι $2(\lambda/4) = \lambda/2$. Επομένως η φάση του ενός κύματος ως προς το άλλο θα μεταβληθεί κατά 180° , οπότε στο ίδιο σημείο του πετάσματος θα παρατηρηθεί **σκοτάδι (ελάχιστο συμβολής)**.

Αν το κάτοπτρο M_2 μετακινηθεί εκ νέου κατά μήκος $\lambda/4$, τότε στο ίδιο σημείο θα παρατηρηθεί εκ νέου **φως (μέγιστο συμβολής)**.



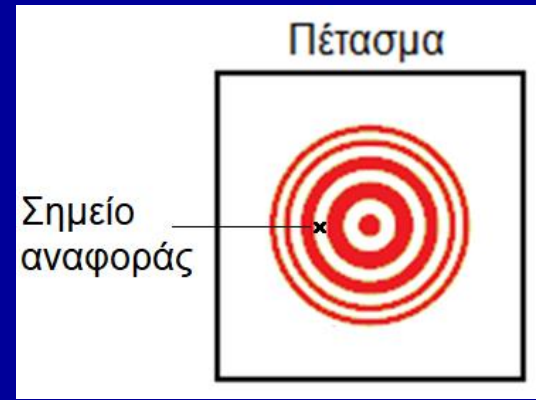
Αν μετακινούμε με συνεχή τρόπο το κινητό κάτοπτρο M_2 , στο σημείο συμβολής πάνω στο πέτασμα εμφανίζεται μία διαδοχική εναλλαγή **των φωτεινών και σκοτεινών** κροσσών (μέγιστα και ελάχιστα συμβολής). Δηλαδή διαδοχικά, όπου βλέπουμε σκοτάδι θα βλέπουμε φως και στην συνέχεια πάλι σκοτάδι και ούτω καθεξής.

Έτσι μας δημιουργείται η ψευδαίσθηση ότι οι φωτεινοί κροσσοί ολισθαίνουν κατά μήκος της ακτίνας ενός κύκλου.



Μετακινώντας το κάτοπτρο M_2 αργά κατά διάστημα dm και μετρώντας τον αριθμό m των φωτεινών δακτυλίων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο (σημείο αναφοράς) της εικόνας συμβολής πάνω στο πέτασμα, μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος κύματος λ της οπτικής ακτινοβολίας με τη βοήθεια της σχέσης:

$$\lambda = \frac{2d_m}{m}$$



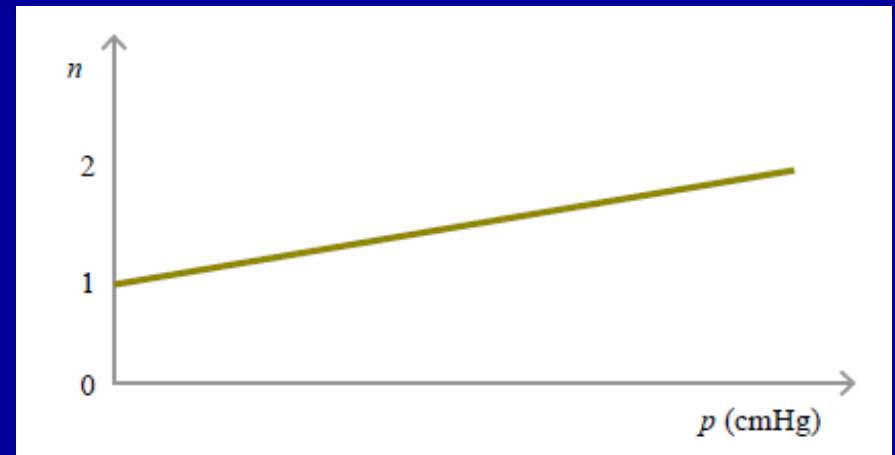
Υπολογισμός του δείκτη διαθλασης του αέρα.

Γνωρίζουμε από την οπτική ότι, όταν το φως διαδίδεται από ένα μέσο σε ένα άλλο, τότε **αλλάζει** το **μήκος κύματος** του και η **ταχύτητά** του, ενώ η συχνότητά του παραμένει ίδια. Για διάδοση από το κενό σε ένα άλλο υλικό, ισχύει η σχέση:

$$n = c_0 / c = \lambda_0 / \lambda$$

όπου **c_0** είναι η ταχύτητα του κύματος του φωτός στο κενό, **c** η ταχύτητα του κύματος μέσα στο μέσο που φως διαδίδεται, **λ_0** είναι το μήκος κύματος του φωτός στο κενό, **λ** είναι το μήκος κύματος του φωτός στο μέσο και **n** δείκτης διάθλασης του υλικού του μέσου.

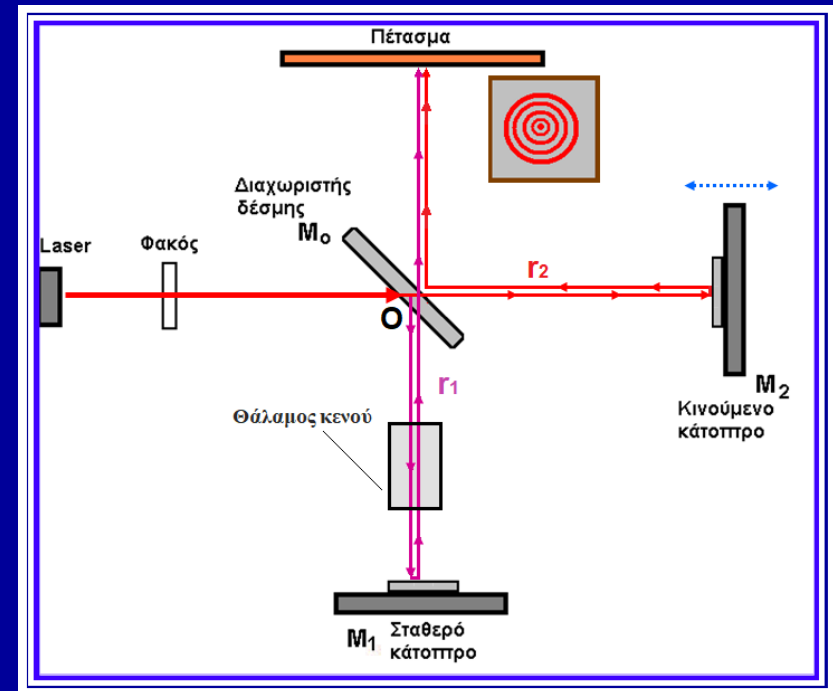
Η γραφική παράσταση του δείκτη διάθλασης του αέρα σε συνάρτηση με την πίεση του, φαίνεται στο δίπλα σχήμα



Όπως ήδη αναφέρθηκε στην περιγραφή της διάταξης του Michelson, ο διαχωριστής δέσμης παράγει δύο σύμφωνες δέσμες φωτός (κύματα). Ένας **άλλος τρόπος**, για να δημιουργήσουμε **διαφορά φάσης** ανάμεσα στα δύο κύματα στο σημείο που συμβάλουν, είναι να παρεμβάλλουμε στο δρόμο της ένα οπτικό μέσο με **διαφορετικό δείκτη διάθλασης**, **διατηρώντας σταθερές** τις θέσεις των δύο κατόπτρων, δηλαδή τους δρόμους των δύο κυμάτων.

Κατά την διάρκεια που το ένα κύμα διαδίδεται μέσα από το νέο οπτικό μέσο, **θα αλλάζει η ταχύτητα του**.

Τοποθετώντας στην πορεία του ενός κύματος έναν θάλαμο (κυψελίδα) αέρα με **διαφορετική πίεση από την ατμοσφαιρική** (με μια αντλία αντλούμε το περιεχόμενο στο δοχείο αέρα), όπως φαίνεται στο σχήμα αναγκάζουμε τη δέσμη λέιζερ να διέρχεται **δύο φορές** μέσα από αυτόν το θάλαμο κενού και τότε **να αλλάζει η ταχύτητα διάδοσης** του κύματος ανάλογα με την πυκνότητα του αέρα μέσα σε αυτόν.



Αφαιρώντας αέρα από τον θάλαμο, ο δείκτης διάθλασης μειώνεται (τείνει προς το 1), οπότε αυξάνεται η ταχύτητα και το μήκος κύματος του φωτός, ενώ η συχνότητά του παραμένει σταθερή.

Η συνεχής αλλαγή της πυκνότητας του αέρα, σημαίνει συνεχή αλλαγή του μέσου, δηλαδή του δείκτη διάθλασης, της ταχύτητας του φωτός και επομένως και της διαφοράς φάσης $\Delta\phi$ των δύο κυμάτων στο σημείο συμβολής. Αν αντλούμε αέρα από τον θάλαμο (δηλαδή αλλαζουμε την πυκνότητα του αέρα) με συνεχή τρόπο, και πάλι στο σημείο συμβολής πάνω στο πέτασματο εμφανίζεται μία διαδοχική εναλλαγή των φωτεινών και σκοτεινών κροσσών (μέγιστα και ελάχιστα συμβολής). Δηλαδή διαδοχικά, όπου βλέπουμε σκοτάδι θα βλέπουμε φως και στην συνέχεια πάλι σκοτάδι και ούτω καθεξής.

Έτσι μας δημιουργείται και εδώ, η ψευδαίσθηση ότι οι φωτεινοί κροσσοί ολισθαίνουν κατά μήκος της ακτίνας ενός κύκλου.

Αν για μία μεταβολή της πίεσης του αέρα μέσα στον θάλαμο ίση με $p_i - p_f$, μετρήσουμε Δm διαδοχικές αλλαγές φωτεινών- σκοτεινών κροσσών, θα ισχύει ότι η κλίση k διαγράμματος του δείκτη διάθλασης του αέρα n ως συνάρτηση της πίεσης του p υπολογίζεται από τη σχέση:

$$k = \frac{n_i - n_f}{p_i - p_f} = \frac{\Delta m \lambda_0}{2L}$$

όπου p_i = αρχική πίεση, p_f = τελική πίεση, n_i = δείκτης διάθλασης του αέρα (σε πίεση p_i), n_f = δείκτης διάθλασης του αέρα (σε πίεση p_f), Δm = το πλήθος των κυκλικών κροσσών που διέρχονται από το σημείο αναφοράς κατά τη διάρκεια της άντλησης, λ_0 = το μήκος κύματος του λέιζερ στο κενό και L = μήκος του θαλάμου κενού.



Σκοπός της άσκησης

Πείραμα 1

Μέτρηση του μήκους κύματος φωτός λέιζερ.

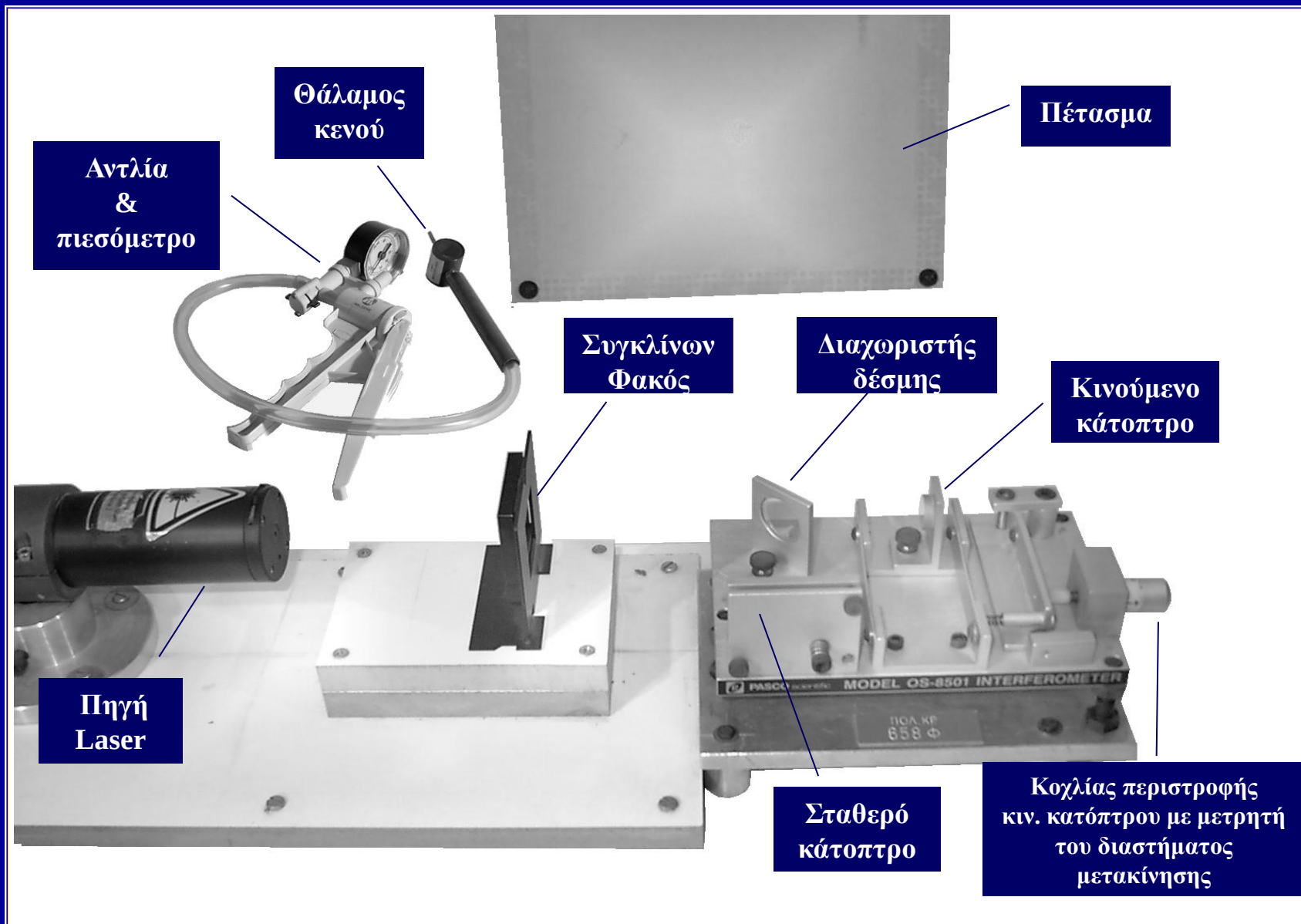
Πείραμα 2

Υπολογισμός του δείκτη διάθλασης του αέρα.

Απαραίτητα όργανα

- Συμβολόμετρο Michelson
- Πηγή φωτός λείζερ.
- Πέτασμα.
- Θάλαμος (κυψελίδα) κενού αέρα.
- Αντλία και μετρητής πίεσης.
- Συγκλίνων φακός.

Πειραματική διάταξη

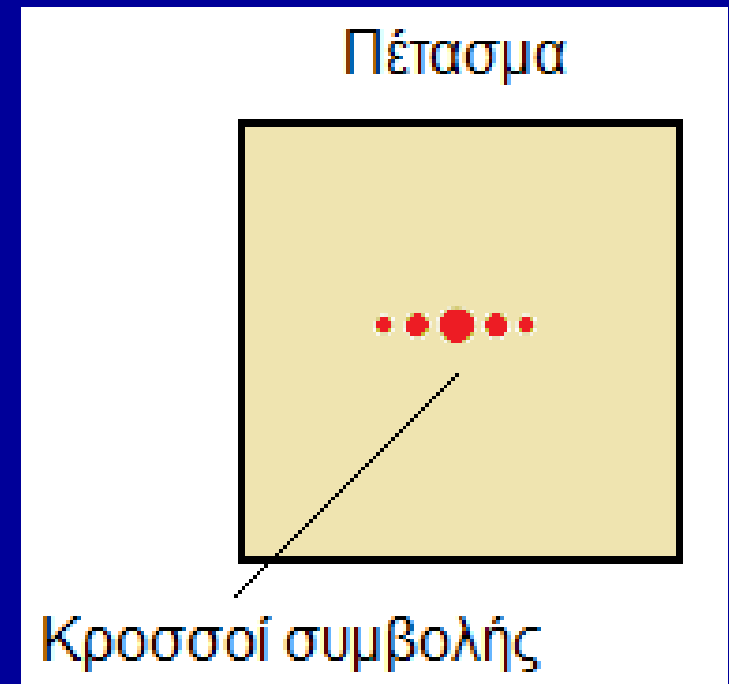
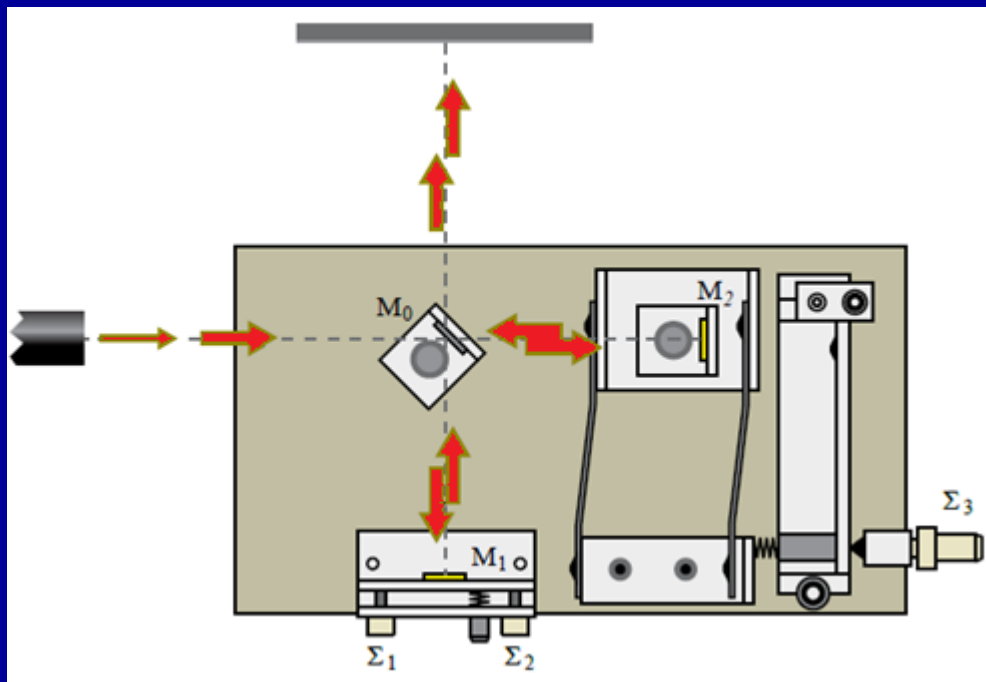


9.3.3. Εκτέλεση Πειράματος 1

(Υπολογισμός του μήκους κύματος του λέιζερ)

Βήμα 1 και βήμα 2

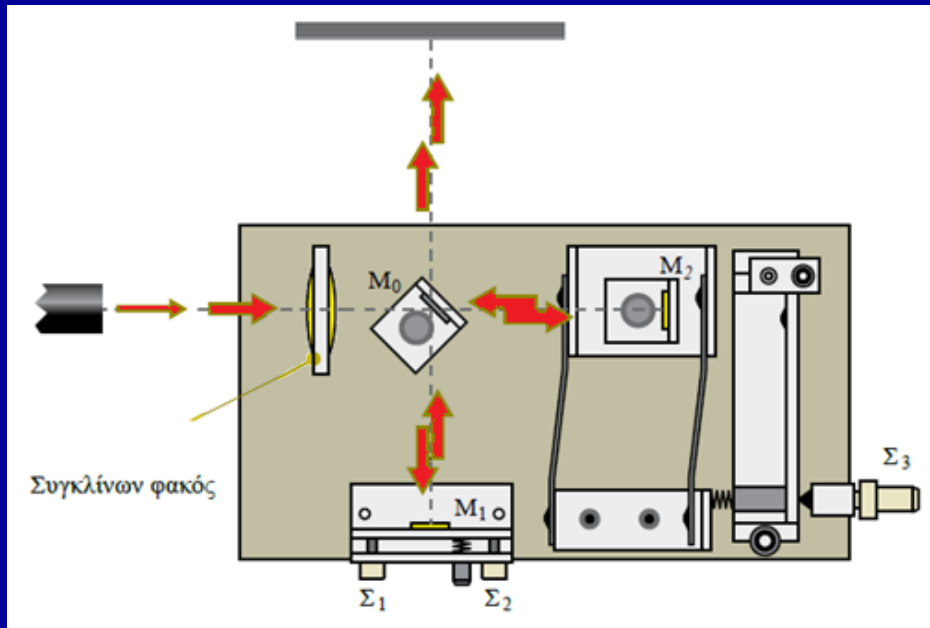
Έχουν γίνει οι κατάλληλες ρυθμίσεις έτσι ώστε το συμβολόμετρο να ευθυγραμμιστεί και πάνω στο πέτασμα να φαίνεται καθαρά η εικόνα των φωτεινών κροσσών συμβολής.



Βήμα 3

Τοποθετούμε το φακό που ανοίγει τη δέσμη λέιζερ, μεταξύ της συσκευής λέιζερ και του διαχωριστή της φωτεινής δέσμης, στη διάταξη του συμβολόμετρου Michelson.

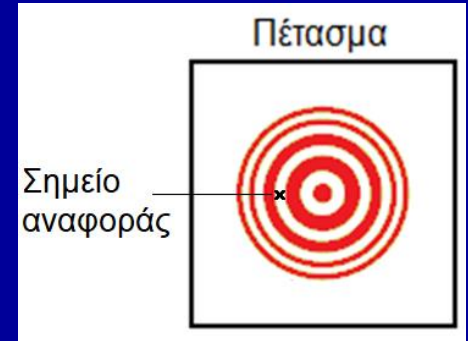
1. Ο φακός ανοίγει την δέσμη του φωτός και πάνω στο πέτασμα θα φαίνονται ομόκεντροι κυκλικοί κροσσοί συμβολής. Σημειώνουμε ένα σημείο, ανάμεσα σε δύο κροσσούς πάνω στο πέτασμα, το οποίο θα θεωρείται σαν σημείο αναφοράς.



2. Ρυθμίζουμε την ένδειξη του μικρομετρικού κοχλία που κινεί το κινητό κάτοπτρο, ώστε να βρίσκεται σε ένα ακέραιο νούμερο, βολικό για τις μετρήσεις μας.

Αρχίζουμε να στρέφουμε το μικρομετρικό κοχλία αργά δεξιόστροφα, μετρώντας τον αριθμό των

κροσσών που περνάνε από ένα σημείο αναφοράς που έχουμε σημειώσει πάνω στο πέτασμα. Σταματάμε την καταμέτρηση, όταν έχουμε μετρήσει $m = 20$ (κροσσούς).



3. Διαβάζουμε τη νέα ένδειξη στον μικρομετρικό κοχλία και καταγράφουμε την απόσταση dm στην οποία μετακινήθηκε το κινητό κάτοπτρο προς το μέρος του ημιεπαργυρωμένου κατόπτρου, καθώς περιστρέφατε το μικρομετρικό κοχλία.

4. Επαναλαμβάνουμε την ίδια μέτρηση για $m = 20$, άλλες δύο φορές.

5. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία (βήματα 2, 3) δύο ακόμη φορές, για δύο ακόμη διαφορετικούς αριθμούς κροσσών, όπως $m = 30$ και $m = 40$.

Καταγράφουμε τα αποτελέσματά μας σε ένα πίνακα.

Πίνακας 9.1

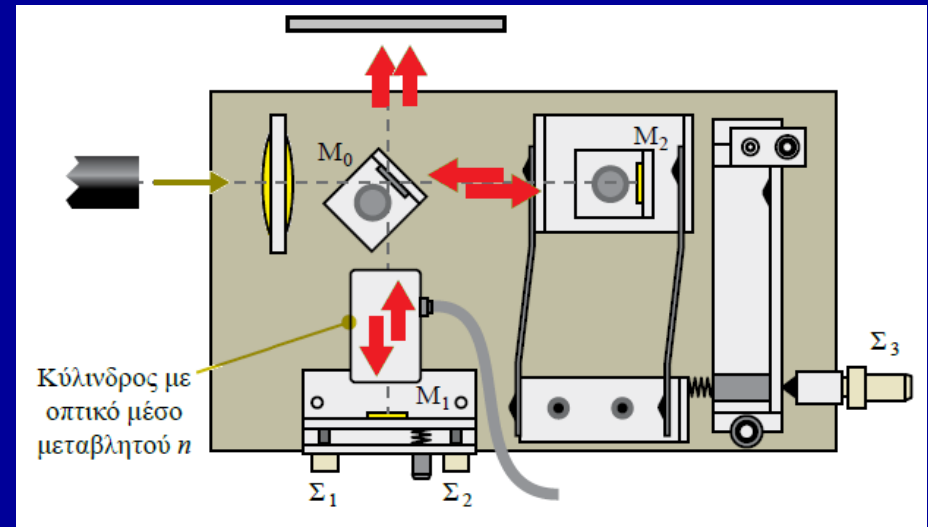
Αριθμός κροσσών που πέρασαν από το σημείο αναφοράς, n	Μήκος μετακίνησης κινητού κατόπτρου, dm (μm)		
	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	3 ^η μέτρηση
20			
30			
40			

Δείτε τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στο Εργαστηριακό Τμήμα σας, στο φάκελο “ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ II” μέσα στον φάκελο «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ II (Ακ. Έτους 2020 - 21)», στο Eclass.

9.4.3. Εκτέλεση Πειράματος 2.

Υπολογισμός του δείκτη διάθλασης του αέρα.

1. Τοποθετούμε στη πειραματική διάταξη, όπως φαίνεται στο σχήμα, το σύστημα που αποτελείται από το θάλαμο κενού, το σωλήνα του αέρα και την αντλία κενού, η οποία φέρει πάνω της πιεσόμετρο.



2. Ρυθμίζουμε ώστε η εικόνα των κυκλικών κροσσών να είναι ευκρινώς ορατή πάνω στο πέτασμα (η εικόνα των κροσσών συμβολής θα είναι κάπως παραμορφωμένη λόγω των ανωμαλιών πάνω στις γυάλινες επιφάνειες του θαλάμου κενού. Για ακριβείς μετρήσεις, σημειώστε ότι οι διαφανείς βάσεις του θαλάμου κενού θα πρέπει να είναι κάθετες στη δέσμη του λέιζερ.

3. Ρυθμίζουμε, ώστε ο αέρας μέσα στο θάλαμο κενού να βρίσκεται σε **ατμοσφαιρική πίεση**, (ένας διακόπτης που βρίσκεται πάνω στην αντλία κενού, κάτω από το πιεσόμετρο, πρέπει να είναι ανοικτός).

Μέτρηση της πίεσης με το πιεσόμετρο του Εργαστηρίου:

Το πιεσόμετρο της άσκησης που θα χρησιμοποιηούμε μετράει πιέσεις σε συνάρτηση με την ατμοσφαιρική πίεση σε μονάδες **cm Hg**.

Όταν το πιεσόμετρο δείχνει π.χ. **34 cm Hg**, αυτό σημαίνει ότι η πίεση είναι **34 cm Hg** λιγότερη από την ατμοσφαιρική πίεση. Η **απόλυτη πίεση** πρέπει να υπολογίζεται με τη σχέση:

$$p_{\alpha\pi\omicron\lambda} = 76\text{cmHg} - p_{\pi\iota\epsilon\sigma}$$

όπου **$p_{\pi\iota\epsilon\sigma}$** είναι η αναγραφόμενη τιμή στο πιεσόμετρο.

4. Η αρχική πίεση **p_i** που δείχνει το πιεσόμετρο είναι:

$$p_i = 76\text{cmHg} - p_{\pi\iota\epsilon\sigma} = 76\text{cmHg} - 0 = 76\text{cmHg}$$

5. Σημειώνουμε ένα σημείο, ανάμεσα σε δύο κροσσούς πάνω στο πέτασμα, το οποίο θα θεωρείται σαν σημείο αναφοράς.

Αργά, αρχίζουμε να αντλούμε αέρα έξω από το θάλαμο και, κατά τη διάρκεια της άντλησης, μετράμε, μέχρι να περάσουν τουλάχιστον **10 κροσσοί** από το σημείο αναφοράς. Καταγράφουμε σε πίνακα τον αριθμό των κροσσών που «περνάνε» από το σημείο αναφοράς **Δm** και την τελική πίεση **p_f** .

Επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση για τέσσερις ακόμα φορές, για διαφορετικό αριθμό κροσσών, π.χ. για **$\Delta m = 20$** και **25**, ξεκινώντας κάθε μέτρηση από αρχική πίεση ίση με την ατμοσφαιρική πίεση **$p_i = 76cmHg$** , (πριν από κάθε νέα μέτρηση, πρέπει να γεμίζουμε το θάλαμο με αέρα).

Καταγράφουμε τα αποτελέσματά μας σε ένα πίνακα.

Πίνακας 9.2

Αρχική πίεση: $p_i = 76 \text{ cm Hg}$	
Αριθμός σκοτεινών κροσσών που πέρασαν από σημείο αναφοράς (Δm)	Τελική πίεση θαλάμου: p_f (cm Hg)
....	
....	
....	

Δείτε τις μετρήσεις που αντιστοιχούν στο Εργαστηριακό Τμήμα σας, στο φάκελο “ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ II” μέσα στον φάκελο «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ II (Ακ. Έτους 2020 - 21)», στο Eclass.

Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ) ΚΑΙ ΣΤΑ
ΔΥΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ 9, ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΛΟΜΕΤΡΟΥ
MICHELSON, ΘΑ ΓΙΝΕΙ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΟΔΗΓΙΕΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΒΙΒΛΙΟ ΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΙ ΚΑΙ ΑΚΟΛΟΥΘΩΝΤΑΣ
ΤΙΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΟΥ
ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΟΝ ΦΑΚΕΛΟ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΙ, ΣΤΟ
ECLASS ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ