

ΑΣΚΗΣΗ 24

ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

Περίληψη

Η παρούσα εργαστηριακή αναφορά αφορά την εκτέλεση της Άσκησης 24 στα πλαίσια του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος Κυματικής και Κβαντικής Φυσικής. Πραγματοποιήθηκαν τα κομμάτια:

- **Πόλωση των κυμάτων.**
- **Μέτρηση μήκους μικροκυμάτων με το συμβολόμετρο του Michelson.**

ΔΕΝ πραγματοποιήθηκαν τα κομμάτια της εργασίας:

- **Περίθλαση από μία σχισμή.**
- **Συμβολή από δύο πλατιές σχισμές.**

ΟΝΟΜΑ: Ιωάννης
ΕΠΙΘΕΤΟ: Τσαντήλας
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 03120883
ΟΜΑΔΑ: Ζ3
ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ: Αναστάσης Τσεριώνης, Δαυίδ Πράσιнос
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. Δημήτρης Μεταξάς
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ: 04/04/2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

24.1 Σκοπός ... (3)

24.2 Θεωρία ... (3)

24.3 Μέθοδος ... (4)

24.3.1 Πόλωση των κυμάτων ... (4)

Σκέλος I ... (4)

Σκέλος II ... (4)

24.3.4 Μέτρηση του μήκους κύματος με το συμβολόμετρο Michelson ... (5)

24.4 Πειραματική Διάταξη ... (6)

24.5 Εκτέλεση ... (7)

24.5.1 Πόλωση των κυμάτων ... (7)

Σκέλος I ... (7)

Σκέλος II ... (7)

24.5.4 Μέτρηση του μήκους κύματος με το συμβολόμετρο Michelson ... (7)

24.6 Επεξεργασία των μετρήσεων ... (9)

24.6.1 Πόλωση των κυμάτων ... (9)

Σκέλος I ... (9)

Σκέλος II ... (9)

24.6.4 Μέτρηση του μήκους κύματος με το συμβολόμετρο Michelson ... (9)

Προειδοποίηση

Τα κομμάτια του πειράματος:

- Περίθλαση σε μία σχισμή
- Συμβολή από δύο πλατιές σχισμές

ΔΕΝ πραγματοποιήθηκαν, επομένως δεν συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα εργασία. Η καταμέτρηση, όμως έχει αφαιρεθεί ίδια με αυτή των οδηγιών (π.χ. 24.5.1 και 24.5.4) ώστε να μπορεί να γίνει η αντιστοίχιση.

24.1 Σκοπός

Θα μελετηθούν **μόνο** το φαινόμενο της πόλωσης, καθώς τα μέρη του πειράματος που αφορούν τα φαινόμενα της συμβολής και της περίθλασης **δεν** πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου. Θα προσδιοριστεί επίσης το μήκος κύματος των μικροκυμάτων με την τεχνική του συμβολόμετρου Michelson.

24.2 Θεωρία

Ορίζουμε ως μικροκύματα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος μεταξύ 0.1 και 12 cm. Τα μικροκύματα χαρακτηρίζονται από το φαινόμενο της **πόλωσης**:

- **Πόλωση (του φωτός):** το φαινόμενο κατά το οποίο το επίπεδο ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου είναι το ίδιο για όλα τα φωτόνια.

Μια διάσημη διάταξη για την μελέτη των μικροκυμάτων είναι το **συμβολόμετρο του Michelson**:

- **Συμβολόμετρο Michelson:** χρησιμοποιώντας έναν διαχωριστή δέσμης, μια πηγή φωτός χωρίζεται σε δύο βραχίονες. Κάθε μία από αυτές τις δέσμες φωτός ανακλάται πίσω προς τον διαχωριστή δέσμης ο οποίος στη συνέχεια συνδυάζει τα πλάτη τους χρησιμοποιώντας την αρχή της υπέρθεσης.

24.3 Μέθοδος

24.3.1 Πόλωση των κυμάτων

Το συγκεκριμένο μέρος του Πειράματος έχει δύο σκέλη.

Σκέλος Ι

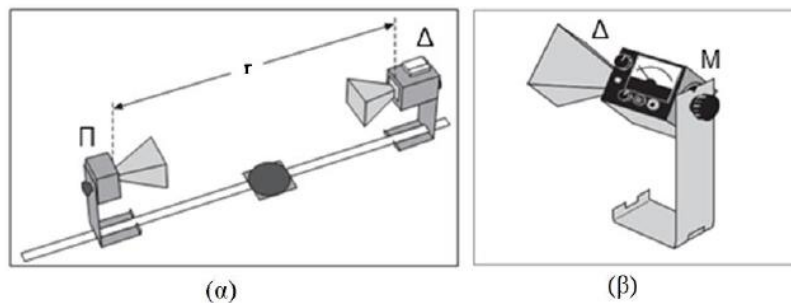
Προκειμένου να μελετήσουμε το φαινόμενο της πόλωσης θα χρησιμοποιήσουμε μια δέσμη μικροκυμάτων που θα παράγονται από έναν πομπό Π και θα αναλύονται από έναν δέκτη Δ , συντονισμένος στη συχνότητα του παραγόμενου κύματος, 10.525 GHz.

Με σκοπό να βρούμε την κατάσταση πόλωσης των μικροκυμάτων, στρέφουμε αργά τον Δ και παρατηρούμε την αντίστοιχη μεταβολή της εξόδου ως συνάρτηση της γωνίας στροφής θ .

Θεωρητικά, εάν η δέσμη είναι πράγματι πολωμένη, τότε η ένταση I της εξόδου θα μεταβάλλεται σύμφωνα με τον **νόμο του Malus**:

$$I = I_0 \cos^2(\theta)$$

όπου θ είναι η γωνία μεταξύ του επιπέδου πόλωσης και του Δ . Παραθέτουμε παρακάτω το σχηματικό της διάταξης:

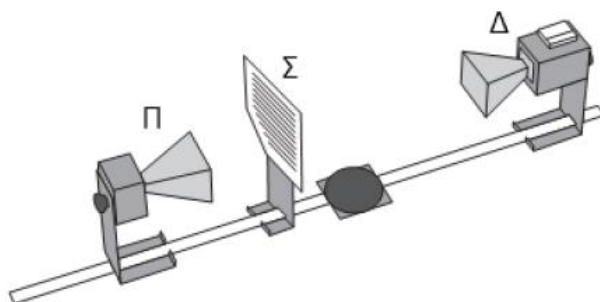


Σκέλος ΙΙ

Η πόλωση μπορεί να παρατηρηθεί επίσης τοποθετώντας μια μεταλλική σχάρα Σ με παράλληλες σχισμές ανάμεσα στον Π και Δ . Τα χαρακτηριστικά τους επίπεδα τοποθετούνται κατακόρυφα και παράλληλα μεταξύ τους (επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο το μέγιστο σήμα εξόδου).

Θεωρητικά, εάν οι σχισμές είναι κατακόρυφες (και άρα παράλληλες στο πεδίο) το σήμα εξόδου θα είναι σχεδόν μηδέν, ενώ εάν είναι οριζόντιες (και άρα κάθετες στο πεδίο), τότε το σήμα εξόδου παραμένει σχεδόν αναλλοίωτο.

Έτσι, η διεύθυνση πόλωσης της πλάκας προσδιορίζεται να είναι κάθετη στη διεύθυνση των σχισμών. Παραθέτουμε παρακάτω το σχηματικό της διάταξης:



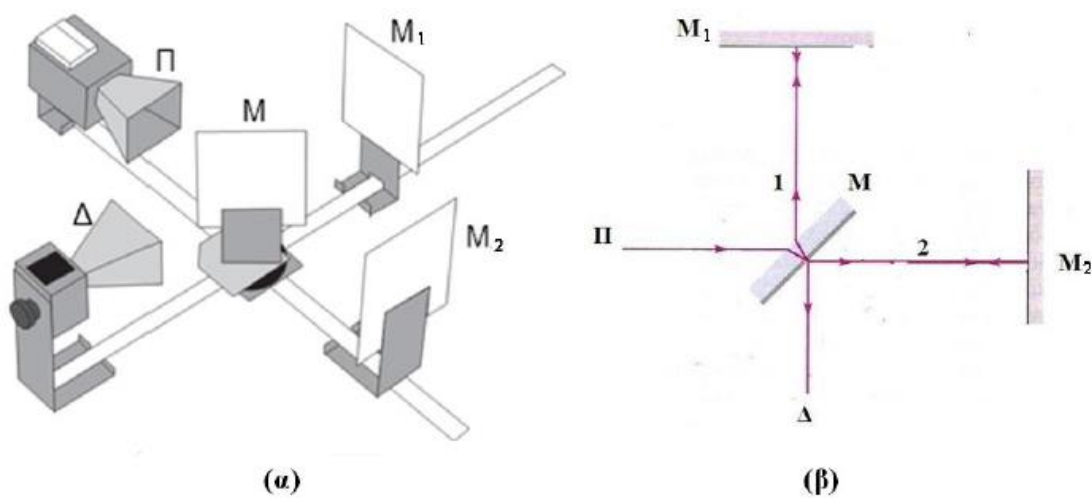
24.3.4 Μέτρηση του μήκους κύματος με το συμβολόμετρο Michelson

Μία δέσμη μικροκυμάτων από τον πομπό Π προσπίπτει πάνω στη μία όψη επίπεδης ημιπερατής πλάκας M , που τοποθετείται υπό γωνία 45 μοιρών ως προς το προσπίπτον κύμα. Η M επιτρέπει τη μερική διάδοση και μερική ανάκλαση του κύματος.

Έτσι, στη M χωρίζονται τα μικροκύματα σε δύο κύματα ίσης έντασης, τα οποία αντανακλούν στις πλάκες M_1 και M_2 , πίσω στην M . Το αποτέλεσμα της συμβολής ανιχνεύεται από τον Δ και εξαρτάται από τη διαφορά φάσης των δύο δρόμων.

Μετακινώντας επομένως βαθμιαία μία από τις δύο πλάκες, π.χ. την M_2 , αναζητούμε θέσεις που αντιστοιχούν σε μέγιστη ένδειξη του Δ . Μετρώντας την απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές θέσεις ενισχυτικής συμβολής, που αντιστοιχεί σε $\lambda/2$, μπορούμε να βρούμε το μήκος κύματος της εκπομπής του Π .

Παραθέτουμε παρακάτω το σχηματικό της διάταξης:



24.4 Πειραματική Διάταξη

Το πείραμα αποτελείται:

- **Έναν πομπό μικροκυμάτων (Π):** του τύπου διόδου Gunn, που εκπέμπει σε συχνότητα 10.525 GHz, μικροκύματα μήκους κύματος 2.85 cm και ισχύος 15 mW, σύμφωνη και γραμμικά πολωμένη με τον άξονα της διόδου.
- **Έναν δέκτη / ανιχνευτή (Δ):** ο οποίος οδηγεί το κύμα σε μία δίοδο Schottky, συχνότητας 10.525 GHz. Η δίοδος ανταποκρίνεται μόνο στην συνιστώσα του κύματος που είναι πολωμένη κατά τον άξονα της διόδου (κάθετη στον μεγάλο άξονα της χοάνης που διαθέτει ο Δ). Διαθέτει και έναν μετρητή έντασης I.
- **Ράγες στήριξης.**
- **Μία σχάρα πόλωσης.**
- **Δύο μεταλλικές ανακλαστικές πλάκες.**
- **Μία ημιπερατή πλάκα.**
- **Χάρακες για την μέτρηση των αποστάσεων.**

24.5 Εκτέλεση

24.5.1 Πόλωση των κυμάτων

Το συγκεκριμένο μέρος του Πειράματος έχει δύο σκέλη.

Σκέλος I

Πραγματοποιούμε την απαιτούμενη διάταξη και ευθυγραμμίζουμε τους Π, Δ ($\theta = 0^\circ$). Μεταβάλλοντας την γωνία του Δ, προκύπτει ο εξής πίνακας:

Μέγεθος	θ	$I(\theta)$	$\cos\theta$	$I_{\text{θεωρ}}(\theta) = I_0 \cos^2\theta$	Σφάλμα δθ	Σφάλμα δI
Μονάδα	° μοίρες	mA	-	mA	° μοίρες	mA
Μέτρηση 1	0	10	1	10	0.5	0.2
2	10	9.8	0.98	9.7	0.5	0.2
3	20	8.4	0.94	8.83	0.5	0.2
4	30	6.8	0.87	7.5	0.5	0.2
5	40	5.2	0.77	5.87	0.5	0.2
6	50	3.4	0.64	4.13	0.5	0.2
7	60	0.6	0.5	2.5	0.5	0.02
8	70	0	0.34	1.17	0.5	0.02
9	80	0	0.17	0.3	0.5	0.02
10	90	0	0	0	0.5	0.02
11	-10	9.8	0.98	9.7	0.5	0.2
12	-20	8.2	0.94	8.83	0.5	0.2
13	-30	6.4	0.87	7.5	0.5	0.2
14	-40	4.4	0.77	5.87	0.5	0.2
15	-50	2.0	0.64	4.13	0.5	0.2
16	-60	0.4	0.5	2.5	0.5	0.02
17	-70	0	0.34	1.17	0.5	0.02
18	-80	0	0.17	0.3	0.5	0.02
19	-90	0	0	0	0.5	0.02

Σκέλος II

Πραγματοποιούμε την απαιτούμενη διάταξη και παρατηρούμε πως, πράγματι, εάν οι σχισμές είναι κατακόρυφες το σήμα εξόδου είναι μηδέν, ενώ εάν είναι οριζόντιες, τότε το σήμα εξόδου παραμένει σχεδόν αναλλοίωτο.

24.5.4 Μέτρηση του μήκους κύματος με το συμβολόμετρο Michelson

Πραγματοποιούμε την απαιτούμενη διάταξη και απομακρύνουμε βαθμιαία την πλάκα M_2 κατά μήκος του άξονα του πομπού, αναζητούμε διαδοχικές θέσεις που αντιστοιχούν σε μέγιστες ενδείξεις του μικροαμπερόμετρου και μετρούμε τις αποστάσεις τους l_i από την αρχική θέση. Έτσι, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Μέγεθος	l_i	$\Delta l_i = l_i - l_{i+1}$	$\lambda_i = 2\Delta l_i$	Σφάλμα Δl_i	Σφάλμα $\delta \lambda$
<i>Μονάδα μέτρησης</i>	cm	cm	cm	cm	cm
<i>Μέτρηση 1</i>	128.1	-	-	0.05	0.1
2	129.6	9.8	0.98	0.05	0.1
3	131	8.4	0.94	0.05	0.1
4	132.4	6.8	0.87	0.05	0.1
5	133.8	5.2	0.77	0.05	0.1
6	135.3	3.4	0.64	0.05	0.1
7	136.8	0.6	0.5	0.05	0.1
8	138.2	0	0.34	0.05	0.1
9	139.6	0	0.17	0.05	0.1
10	141	0	0	0.05	0.1
11	142.5	9.8	0.98	0.05	0.1

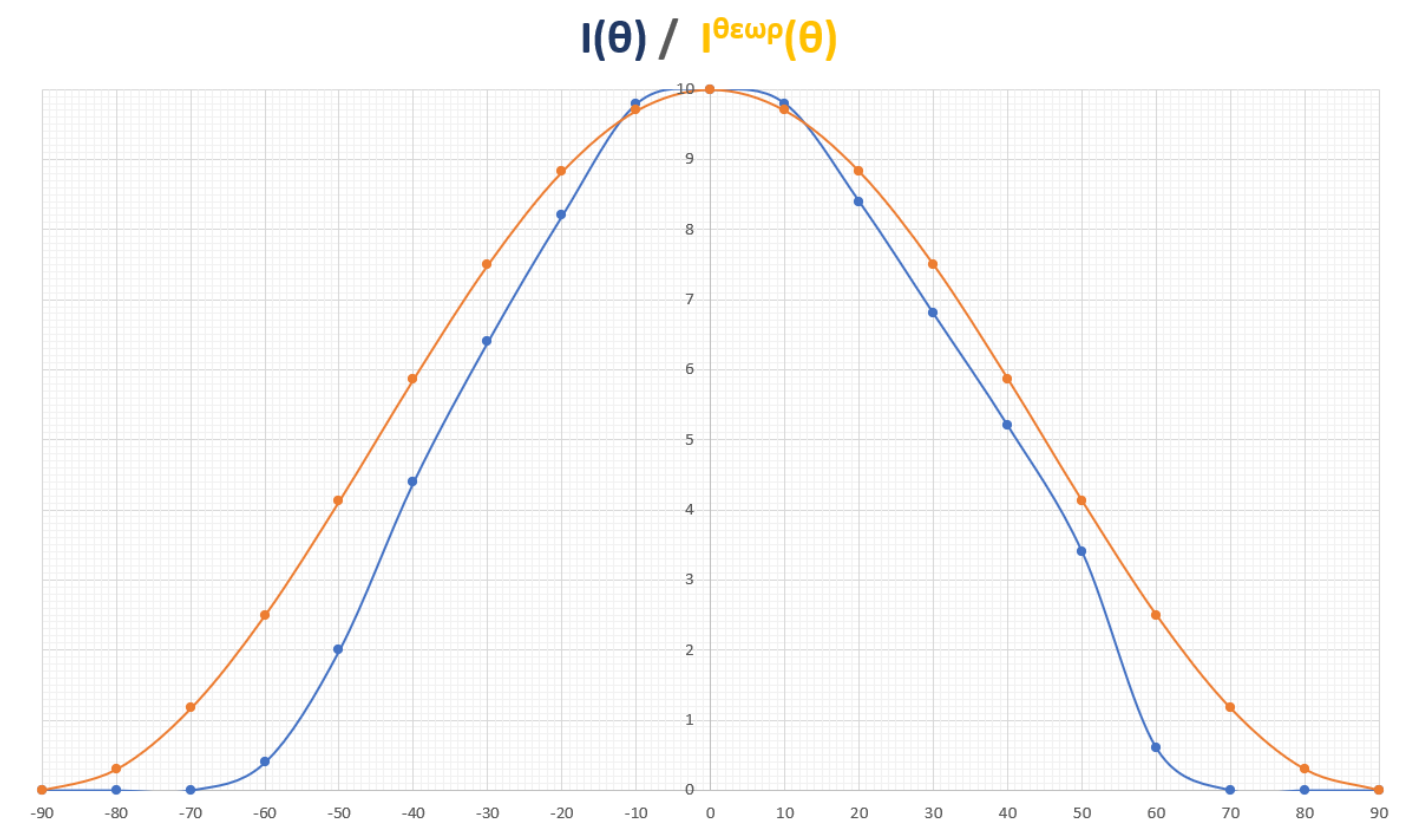
24.6 Επεξεργασία των μετρήσεων

24.6.1 Πόλωση των κυμάτων

Το συγκεκριμένο μέρος του Πειράματος έχει δύο σκέλη.

Σκέλος I

Συμπληρώνουμε τον πίνακα των μετρήσεων με τις θεωρητικές τιμές της έντασης, σύμφωνα με τον νόμο του Malus και χαράζουμε τις γραφικές παραστάσεις των $I(\theta)$, $I_{\text{θεωρ}}(\theta)$. Οι δύο παραστάσεις έχουν μια μικρή απόκλιση, η οποία οφείλεται στην κατάσταση των οργάνων, καθώς τα εργαλεία μας δεν είναι ιδανικά.



Σκέλος II

Συνοπτικά, εάν οι σχισμές είναι κατακόρυφες το σήμα εξόδου είναι μηδέν, καθώς το πεδίο εξαναγκάζει τα ηλεκτρόνια αγωγιμότητας σε ταλάντωση κατά μήκος των λωρίδων. Έτσι, μέρος της ενέργειας τους μεταβιβάζεται στο πλέγμα του μετάλλου και επιπλέον ακτινοβολούν αναιρετικά την προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Όταν οι σχισμές είναι οριζόντιες, το σήμα εξόδου δεν αλλοιώνεται, αφού τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να κινηθούν κατά μήκος των λωρίδων.

24.6.4 Μέτρηση του μήκους κύματος με το συμβολόμετρο Michelson

Προσθέτουμε στον πίνακα την διαφορά $\Delta I_i = I_{i+1} - I_i$ που αντιστοιχεί σε δύο διαδοχικά μέγιστα της έντασης και τις αντίστοιχες τιμές του μήκους κύματος λ_i . Η μέση τιμή των μετρήσεων του λ προκύπτει ότι είναι περίπου 0.562 cm.