

-אופטיקה של גלים-

אופטיקה של גלים

מילות מפתח:

גל אלקטרומגנטי, קיטוב, התאבכות, עקיפה, מונוכרומטיות, קוהרנטיות.

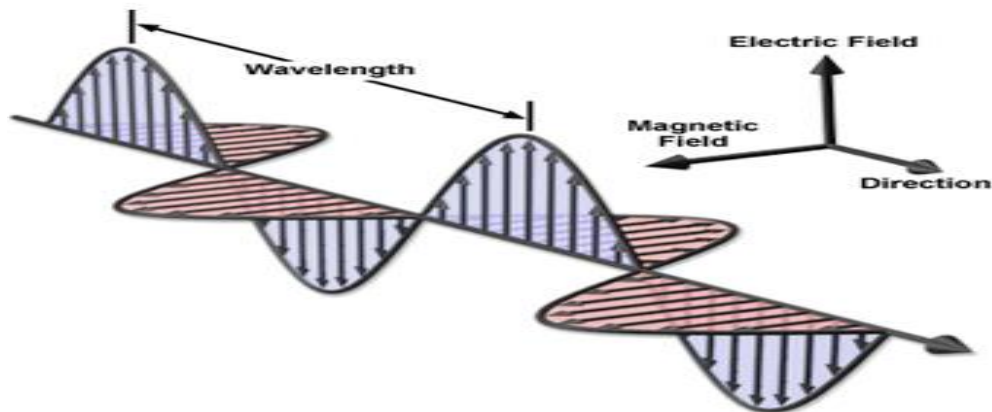
הציוד הדרוש: סרגל אופטי, מנורה + שנאי, גלאי אור, 2 מקטבים, 2 מולטימטרים. סרגל אופטי, לייזר פוינטר, מחזיק שקופיות, 2 סריגים, 2 חריצים, מסך עם נייר מילימטרי.

מטרות הניסוי:

- ללמוד על התכונות הגליות של האור.
- למדוד את חוק Malus לאור מקוטב.
- למדוד תמונת התאבכות משני סדקים.
- למדוד תמונת עקיפה מסדק יחיד.

1. תיאוריה

האור הינו גל אלקטרומגנטי המתפשט בריק במהירות קבועה $c=3 \cdot 10^8$ m/s. גל אלקטרומגנטי מתאר תנודה בשדה החשמלי ובשדה המגנטי המתפשט במרחב.



איור 1: גל אלקטרומגנטי

1.1 מושגים בנושא גלים

גל רוחבי - גל אשר ההפרעה היא בניצב לכוון התקדמות הגל, כגון: תנודות במיתר מתוח או גל אלקטרומגנטי בו וקטור השדה החשמלי ניצב לכוון התקדמות הגל.
גל מישורי - גל מישורי הינו גל המתפשט במרחב ובו כל הנקודות שוות הפאזה נמצאות במישור אחד. גל מישורי מאופיין ע"י וקטור הגל k המאונך למישור ומצביע בכוון

-אופטיקה של גלים-

התקדמות הגל, גודלו של וקטור הגל נמצא ביחס הפוך לאורך הגל. עבור גל אלקטרומגנטי מישורי יכתב השדה החשמלי כ-

$$(1) \quad \vec{E} = \vec{E}_0 \sin(kx - \omega t)$$

כאשר E_0 וקטור קבוע הניצב ל k , וכן $\omega = c|k|$.

מונוכרומטיות - (מונו=אחד, כרומו=צבע) כאשר ישנו אוסף גלים וכולם בעלי אותו אורך גל אלו נקראים גלים מונוכרומטיים, מקור המייצר גלים בעלי אורך גל יחיד נקרא מקור מונוכרומטי.

קוהרנטיות - שני גלים מונוכרומטיים אשר נמצאים בהפרש פאזה קבוע נקראים גלים קוהרנטיים. שני מקורות המייצרים גלים בהפרש פאזה קבוע נקראים מקורות קוהרנטיים.

עוצמת האור - עוצמת האור בנקודה מסוימת מתקבלת אם מסכמים את כל הגלים הפוגעים בנקודה, מעלים את הסכום בריבוע ומסתכלים על הממוצע בזמן.

1.2 קיטוב

בגל אלקטרומגנטי וקטורי השדה החשמלי והשדה המגנטי נמצאים במישור הניצב לכוון התקדמות הגל (למעשה שלשת הוקטורים k, E, B מהווים שלשה ימנית). כלומר, גם אם נתבונן באוסף גלים מונוכרומטיים המתקדמים כולם באותו כוון, עדיין ייתכן שבכל אחד מהמרכיבים וקטור השדה החשמלי יצביע בכוון שונה במישור הגל וגם ייתכן שישנם הפרשי פאזה בין המרכיבים השונים.

אור שבו כל הגלים מתקדמים באותו כוון והשדה החשמלי מצביע בכוון יחיד במישור נקרא אור מקוטב לינארית, כוון הקיטוב הינו כוון השדה החשמלי. במקורות אור רגילים בטבע, כגון השמש או נורת להט, האור נפלט ע"י אטומים ומולקולות בלתי תלויים אשר פולטים אור בכל כווני הקיטוב, ובסיכומו של דבר מתקבל אור לא מקוטב.

ניתן לקטב אור במספר דרכים: קיטוב ע"י פיזור - אם מכוונים קרן אור בניצב לפני נוזל ובו חלקיקים קטנים מאד (תרחיף), האור מתפזר לכל הכיוונים. אם מתבוננים באור המתפזר בכוון ניצב לכוון הקרן הפוגעת, אור זה יהיה מקוטב לינארית. הסיבה לכך היא שהשדה החשמלי של הקרן הפוגעת מנדנד את האלקטרונים

-אופטיקה של גלים-

בכוון השדה החשמלי ההתחלתי, האלקטרונים המתנדנדים משמשים כאנטנה המשדרת גלים מקוטבים בכוון נדנוד האלקטרונים.

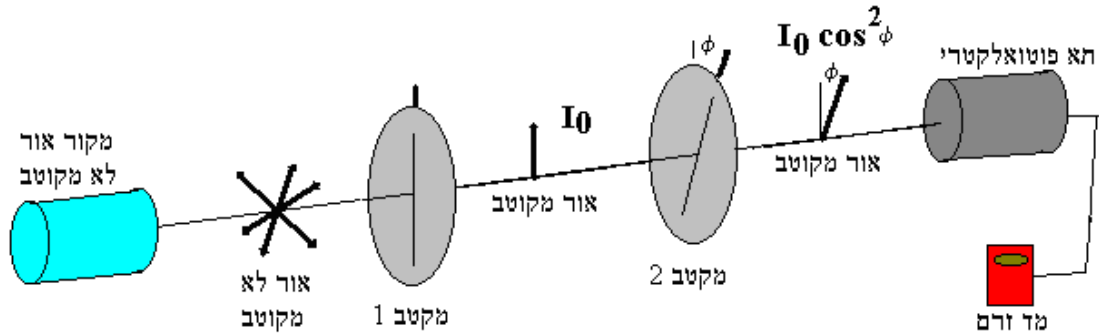
קיטוב ע"י החזרה - אור המוחזר ממשטח חלק בזווית ברוסטר הינו אור מקוטב, כוון הקיטוב מקביל למישור המחזיר את האור (ראו תדריך לניסוי אופטיקה גיאומטרית). לדוגמא האור במעבדה המוחזר מהרצפה הינו אור מקוטב וכן אור מכוניות המוחזר מכביש רטוב הינו מקוטב ברובו.

קיטוב ע"י בליעה - ישנם חומרים פלסטיים וגבישיים אשר בולעים את האור רק כאשר וקטור השדה החשמלי הינו בכוון מסוים. כלומר אור העובר דרך חומר כזה יוצא מקוטב מפני שכל רכיבי השדה החשמלי שהיו בכוון הבליעה נבלעו, והאור העובר מכיל רק רכיבים מקוטבים בניצב לכוון הבליעה. חומר כזה נקרא מקטב (Polarizer), ציר הקיטוב הינו הציר הניצב לכוון הבליעה. כאשר האור עובר דרך שני מקטבים בזה אחר זה, כל אחד מהמקטבים בולע את האור בכוון הבליעה שלו. אם צירי הקיטוב מקבילים זה לזה, למקטב השני לא נשאר לבלוע כלום ועוצמת הקרן העוברת תהיה מקסימלית. אם צירי הקיטוב ניצבים זה לזה, כל מה שיעבור את המקטב הראשון ייבלע ע"י המקטב השני, ועוצמת הקרן תהיה מינימלית. כאשר ישנה זווית ϕ בין שני צירי הקיטוב, אמפליטודת הגל העובר תהיה פרופורציונית ל $\cos\phi$, ואילו עוצמת האור פרופורציונית ל $\cos^2\phi$.

$$(2) \quad I = I_0 \cos^2(\phi)$$

קשר זה נקרא חוק Malus. בניסוי זה נייצר אור מקוטב ע"י מעבר של קרן אור דרך מקטב ונאמת את חוק Malus. מערכת הניסוי מורכבת ממקור אור לא-מקוטב, שני מקטבים ותא פוטואלקטרי, המערכת מתוארת באיור 1. בנוסחה 2 I_0 מייצג את עוצמת האור המקוטב (לאחר שהאור הלא מקוטב עבר דרך המקטב הראשון) ולפני שהוא נכנס למקטב השני הנטוי בזווית ϕ יחסית למקטב הראשון.

-אופטיקה של גלים-



איור 1: מערכת למדידת חוק Malus לאור מקוטב.

במערכת הניסוי ניתן לשוב את המקטבים אחד ביחס לשני ולמדוד את הזווית בין צירי הקיטוב. התא הפוטואלקטרי מייצר זרם הפרופורציוני לעוצמת האור הפוגע, וכך ע"י מדידת הזרם והתאמתו ל $\cos^2 \phi$ ניתן לאמת את חוק Malus.

- ◆ סימולציה של צורות קיטוב שונות ניתן לראות באתר <http://cddemo.szilab.org>
- ◆ [הסבר](#) על האור שעובר דרך מספר מקטבים.

1.3 התאבכות

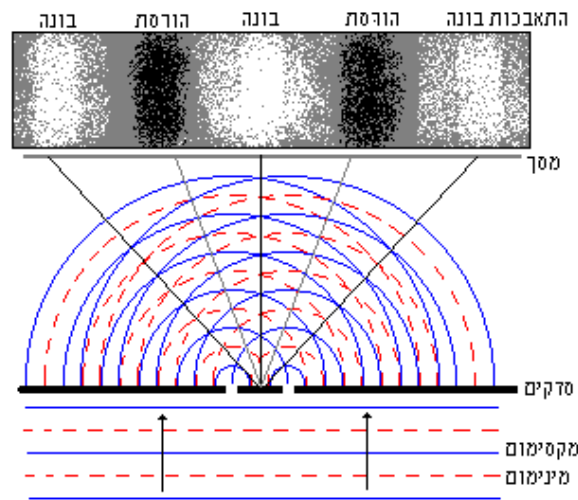
המושג התאבכות מתייחס למצב שבו עוצמה של גל הנוצר משני גלים שונה מסכום עוצמות המרכיבים. כלומר עוצמת הסכום שונה מסכום העוצמות. כיצד זה ייתכן? הדבר נובע מכך שעוצמת האור פרופורציונית לריבוע אמפליטודת הגל, ואילו כאשר שני גלים נפגשים יש לסכם את האמפליטודות ורק לאחר מכן להעלות בריבוע. התאבכות בונה מתרחשת כאשר עוצמת הסכום גדולה מסכום העוצמות ואילו התאבכות הורסת מתרחשת כאשר עוצמת הסכום קטנה מסכום העוצמות.

בדרך כלל במקורות אור רגילים אין אנו חשים בהתאבכות כלל מכיוון שבחלק מהזמן מתרחשת התאבכות בונה ובחלק מהזמן התאבכות הורסת כך שבמוצע עוצמת הסכום שווה לסכום העוצמות. כיצד ניתן לראות תמונת התאבכות? ובכן כאשר ישנם שני מקורות מונוכרומטיים וקוהרנטיים, הפרש הפאזה בין הגלים קבוע ולכן ההתאבכות מתרחשת לאורך זמן וניתן להבחין בה. אחת השיטות לייצר מקורות קוהרנטיים היא להעביר אור מונוכרומטי דרך שני סדקים סמוכים. במצב זה כל אחד מהסדקים מתפקד כמקור אור המקרין לכל הכיוונים, אבל, מכיוון ששניהם מוארים

-אופטיקה של גלים-

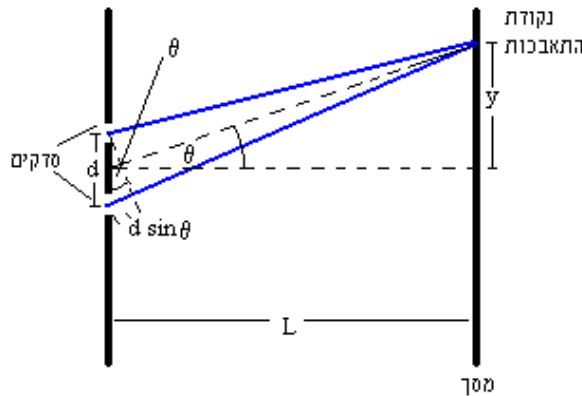
ע"י מקור אחד, הגלים היוצאים מהסדקים הינם קוהרנטיים. בכל נקודה במרחב אליה מגיעים גלים משני הסדקים ישנו הפרש פאזה קבוע בין שני הגלים, אך הפרש זה שונה מנקודה לנקודה. נקודות שבהן הפרש הפאזה הוא אפס (או כפולה שלמה של 2π) שני הגלים מקבלים מקסימום ומינימום ביחד ולכן נוצרת התאבכות בונה, ואילו בנקודות שבהן הפרש הפאזה הוא π תיווצר התאבכות הורסת כלומר נקודה חשוכה.

באיור 2 מופיעה סכמה של אור מונוכרומטי העובר דרך שני סדקים סמוכים, קו רציף מציין את המקסימום ואילו קו מקווקו את המינימום. התאבכות בונה מתקבלת במקומות שבהם מקסימום פוגש מקסימום ומינימום פוגש מינימום. בנקודות בהן מקסימום פוגש מינימום מתקבלת התאבכות הורסת.



איור 2 : תבנית התאבכות משני סדקים.

על מנת לחשב במדויק את המקום בו תיווצר התאבכות בונה והורסת, נתבונן בהפרש הדרכים האופטיות בין הגלים היוצאים משני סדקים סמוכים כמתואר באיור 3.



איור 3 : שני גלים היוצאים מסדקים סמוכים ומגיעים לנקודה על גבי מסך רחוק

-אופטיקה של גלים-

כאשר המסך רחוק יחסית למרחק בין הסדקים $(L \gg d)$ הפרש הדרכים שווה ל $d \cdot \sin \theta$. ולכן התאבכות בונה תתקבל כאשר הפרש הדרכים האופטיות שווה לכפולה שלמה של אורך הגל:

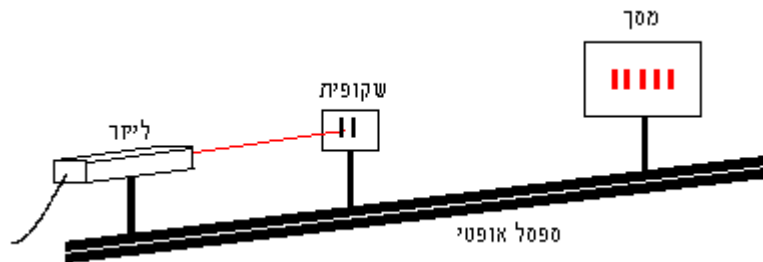
$$(3) \quad d \sin \theta = \frac{yd}{L} = n\lambda \quad n=0, \pm 1, \pm 2$$

ואילו התאבכות הורסת תתקבל כאשר הפרש הדרכים האופטיות הוא כפולה אי זוגית של מחצית אורך הגל.

$$(4) \quad d \sin \theta = \frac{yd}{L} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad n=0, \pm 1, \pm 2$$

נשים לב שתמונת ההתאבכות של פסים בהירים וכהים מתקבלת רק כאשר המרחק בין הסדקים ואורך הגל הם מאותו סדר גודל. אם המרחק בין הסדקים קטן מאד ביחס לאורך הגל $(d \ll \lambda)$, למשוואות (3) (4) קיים פתרון אך ורק עבור $m=0$ כלומר ישנו רק פס אור במרכז ללא פסי חושך. לעומת זאת, המרחק בין הסדקים גדול מאד ביחס לאורך הגל $(d \gg \lambda)$, קווי האור והחושך צפופים כל כך עד שלא ניתן להבחין ביניהם.

בניסוי נשתמש בלייזר כמקור אור, מנורת לייזר מאופיינת בכך שהאור היוצא ממנה הוא מונוכרומטי. נשתמש בסדק כפול ונמדוד את תמונת ההתאבכות, באמצעות תמונת ההתאבכות נוכל לחשב גם את אורך הגל. מערכת המדידה מתוארת באיור 4.



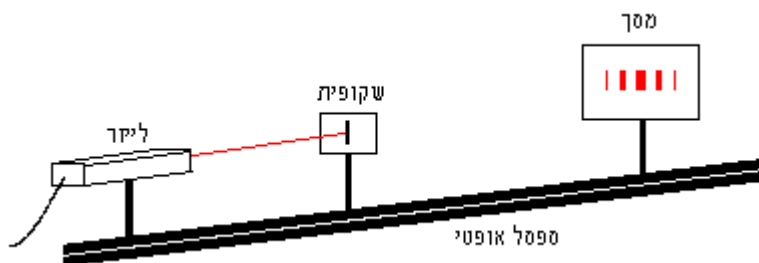
איור 4: מערכת למדידת תמונת ההתאבכות מסדק כפול.

-אופטיקה של גלים-

מערכת המכילה הרבה סדקים מקבילים במרווחים קבועים נקראת שריג. אם מקרינים אור מונוכרומטי על שריג, כל הסדקים בשריג משמשים כמקורות אור קוהרנטיים ותמונת ההתאבכות המתקבלת הינה חדה יותר, כלומר הפסים המוארים הינם צרים מאוד ובהירים מאוד. שימוש בשריג הינו יעיל יותר למדידה מדויקת של אורך הגל, או לחילופין אם אורך הגל ידוע למדידת המרווח בין הסדקים בשריג.

1.4 עקיפה

עקיפה מוגדרת כ"התעקמות האור סביב מעצור". כלומר, בניגוד לאופטיקה גיאומטרית, שם מתקדם האור בקרניים ישרות וכאשר מגיע למחסום נוצר צל מאחורי המחסום, כאשר לוקחים בחשבון את התכונות הגליות של האור ישנם איזורים מוארים גם מאחורי המחסום. לדוגמא, כאשר קרן לייזר עוברת דרך סדק יחיד שרוחבו a , תתקבל על המסך הנמצא במרחק גדול L תמונת עקיפה אשר בדומה לתמונת ההתאבכות מורכבת מפסים כהים ובהירים. המאפיין העיקרי של תמונת העקיפה מסדק יחיד הוא הימצאותו של פס רחב ובהיר מאוד (עוצמת אור חזקה) במרכז המסך, ומסביבו פסים כהים ובהירים במרווחים קבועים אשר עוצמתם הולכת ופוחתת.

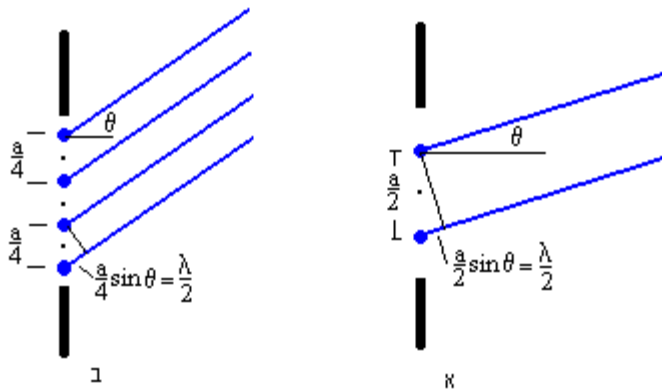


איור 5 : עקיפה מסדק יחיד

ניתן להבין את תמונת העקיפה מסדק יחיד אם מתייחסים לכל נקודה בסדק כמקור אור עצמאי הקורן לכל הכיוונים, מקורות אלו הינם מונוכרומטיים וקוהרנטיים. פסי החושך יתקבלו בנקודות שבהן לכל קרן יש בת-זוג בהפרש פאזה של π וכך כל הקרניים עוברות התאבכות הורסת. פס החושך הראשון יתקבל, אם כן, אם נתייחס לסדק כאל שני מקורות הנמצאים במרחק של $\frac{a}{2}$ הפרש הדרכים האופטיות של

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{(ראו איור 6) ולכן פס החושך יתקבל כאשר}$$

-אופטיקה של גלים-



איור 6: התאבכות הורסת בעקיפה מסדק יחיד. א- כאשר מתייחסים לסדק כשני מקורות. ב- כאשר מתייחסים לסדק כאל ארבעה מקורות.

באופן דומה פס החושך השני יתקבל אם נחלק את הסדק לארבעה מקורות שהמרחק

בין כל שניים סמוכים הוא $\frac{a}{4}$, אם כל שני מקורות סמוכים מבטלים זה את זה, התנאי

להתאבכות הורסת הוא $\frac{a}{4} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$. באופן כללי ניתן לחלק את הסדק למספר זוגי

של מקורות ולקבל את **התנאי להתאבכות הורסת** (פס חושך) אם $\frac{a}{2n} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$.

נתייחס למרחק בין הפסים על המסך y נוכל לרשום

$$(5) \quad a \sin \theta = \frac{ay}{L} = n\lambda \quad n = \pm 1, \pm 2$$

גם כאן ברור שניתן לראות את תופעת העקיפה רק אם אורך הגל הוא מאותו סדר גודל של רוחב הסדק.

בניסוי זה נשתמש במערכת המתוארת באיור 5 על מנת למדוד את תמונת העקיפה מסדק יחיד.

[סרטון](#) נחמד המסביר את תופעת ההתאבכות.

1.5 עבודת הכנה

1. עוצמת הגל פרופורציונית לריבוע האמפליטודה. הראו שכאשר מחברים שני גלים כל אחד בעוצמה I_0 אשר יש ביניהם הפרש פאזה של מחזור שלם, העוצמה המתקבלת היא $4I_0$. וכאשר יש הפרש פאזה של חצי מחזור העוצמה המתקבלת היא 0.
2. מהי תמונת העקיפה שתתקבל מסדק יחיד כאשר $\lambda \ll a$, $\lambda \gg a$. הסבר.
3. בניסוי של יאנג נתון סריג עם שני סדקים שהמרחק ביניהם 0.1 מ"מ והמסך נמצא במרחק של 1.2 מ' מהסריג. אור בעל אורך גל יחיד (מונוכרומטי) של 500 ננו-מטר מוקרן על הסריג, מה יהיה המרחק של נק' ההתאבכות הראשונה והשנייה על המסך יחסית לנקודת מהמרכז ?
4. אור מקוטב לאורך ציר Y ובעוצמה של I_0 עובר דרך 2 מקטבים. הראשון נטוי ב- 15° והשני ב- 30° (שניהם יחסית לציר ה-Y). מה תהיה העוצמת האור לאחר המקטב הראשון ולאחר המקטב השני?

2. מהלך הניסוי

2.1 מדידת חוק Malus

- הרכיבו על גבי הספסל האופטי את המערכת המתוארת באיור 1. כוונו את מקור האור, המקטבים והתא הפוטואלקטרי באותו גובה כך שקרן היוצאת מהמקור תעבור דרך המקטבים ותגיע לתא הפוטואלקטרי.
- תסובבו את המקטבים כך שעוצמת האור המגיעה לתא הפוטואלקטרי תהיה מינימלית, במצב זה הזווית בין המקטבים היא 90° . תמדדו את הזרם.
- ❖ במידה ובמהלך סיבוב המקטב לא מתקבל שינוי משמעות בזרם, ניתן להוסיף הגברה לזרם ע"י הרמת המפסק על תא הפוטואלקטרי וסיבוב הבורר של *bias adjust*.
- תסובבו את המקטבים בהפרשים של 5° מ 90° ועד 180° ותמדדו את הזרם עבור כל זווית, תעריכו את השגיאה בזווית ובזרם.
- החסירו מכל קריאת זרם את הקריאה המינימלית (זווית של 90° בין המקטבים), תחלקו את התוצאות בהפרש בין קריאת הזרם המקסימלית (זווית 0°

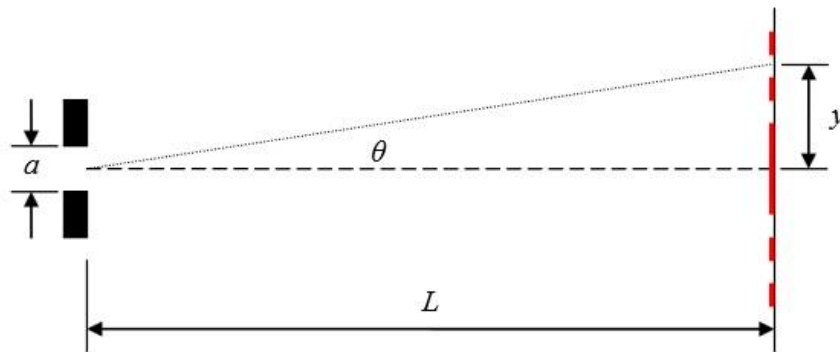
-אופטיקה של גלים-

בין המקטבים) לבין המינימלית (זווית 90° בין המקטבים). בצורה זו קריאות הזרם מנורמלות בין 0 ל 1.

- שרטטו גרף של עוצמת הזרם המנורמלת כפונקציה של ϕ .
- שרטטו גרף של עוצמת הזרם המנורמלת כפונקציה של $\cos^2 \phi$ ותבדקו את ההתאמה לחוק Malus. האם יש הבדלים? הסבירו.

2.2 מדידת אורך הגל מתוך תמונת עקיפה מסדק יחיד

- הרכיבו את המערכת המתוארת באיור 4, כאשר המרחק בין הלייזר לשקופית 20cm והמרחק בין השקופית למסך 220cm. תמדדו את המרחק בין השקופית למסך, תעריכו את השגיאה.
- נתונה לכם שקופית ובה שלשה סדקים, רוחב הסדקים $a=0.12, 0.24, 0.48 \text{ mm} \pm 5\%$.
- הדליקו את הלייזר, מקדו את האלומה וכוונו את אור הלייזר לעבר הסדק הצר, מתקבלת תמונת עקיפה. תמדדו את המרחק בין פסי החושך משני צידי פס האור המרכזי ($2y$), וכן את המרחקים בין פסי החושך מסדר שני ושלישי. דוגמה למרחק y של פס החושך מסדר שני מופיעה באיור 7.
- חישובו בעזרת משוואה (5) את אורך הגל של הלייזר, תעריכו את השגיאה.
- חזרו על המדידה עבור שני הסדקים הנוספים באיזה מהסדקים המדידה נוחה ומדויקת יותר? תתארו את תמונות העקיפה עבור כל אחד מהסדקים והסבירו את ההבדלים.



איור 7: התאבכות הורסת בעקיפה מסדק יחיד. מרחק y של הסדר השני $n=2$

2.3 מדידת אורך הגל מתוך תמונת התאבכות משני סדקים

- הרכיבו את המערכת המתוארת באיור 4, כאשר המרחק בין הלייזר לשקופית עם הסדקים 20cm והמרחק בין השקופית למסך 220cm. תמדדו את המרחק בין השקופית למסך, תעריכו את השגיאה.
- נתונות לכם שקופית ובה שלשה סדקים כפולים, כל צמד סדקים מאופיין במרחק בין הסדקים d וברוחב הסדקים a (השגיאה ב- a ו- b היא 5%).
 $A(d = 0.6mm, a = 0.12mm)$, $B(d = 0.6mm, a = 0.24mm)$, $C(d = 1.2mm, a = 0.24mm)$
כוונו את אלומת הלייזר לעבר צמד הסדקים הדקים והצמודים ביותר (A), מתקבלת תמונת עקיפה ובתוכה קווי התאבכות עדינים (כמו מסרק). על מנת לזהות את קווי החושך מתמונת העקיפה מסדק יחיד ואלו הנובעים מההתאבכות בין שני הסדקים, תנסו להסתיר סדק אחד ואח"כ לחשוף אותו. תתארו את התמונות השונות.
- תמדדו את המרחק בין פסי ההתאבכות הדקים (על מנת לשפר את הדיוק, תמדדו את המרחק בין שמונה פסים וחלק בשמונה).
- חישבו בעזרת משוואה (3) את אורך הגל, תעריכו את השגיאה.
- חזרו על המדידה עבור הצמדים הנוספים (C,B), תתארו את תמונת ההתאבכות עבור כל אחד מהצמדים והסבירו את ההבדלים. מהי ההשפעה של שינוי רוחב הסדקים על התמונה ומהי ההשפעה של שינוי המרחק בין הסדקים על התמונה.

2.4 מדידת אורך הגל ע"י סריג מדויק

- הציבו סריג מדויק במקום השקופית (מספר החריצים 300/mm), תקרבו את המסך למרחק של כ 40cm מהסריג.
- תמדדו את המרחק בין הסריג למסך, תעריכו את השגיאה.
- כוונו את אלומת הלייזר, מתקבלת תמונת פסים חדה. תזהו את הקו המרכזי ($n=0$) ואת הקווים מסדרים גבוהים. תסובבו מעט את השריג סביב צירו, תתארו כיצד סיבוב הסריג משפיע על התמונה, הסבירו.

-אופטיקה של גלים-

- תמדדו את המרחק בין קווי אור מסדר ראשון לקו האמצעי ותעריכו את השגיאה. (תבצעו את המדידה משני הצדדים וחישוב את הממוצע). חישוב את אורך הגל של הלייזר בעזרת משוואה (3), תעריכו את השגיאה.
- תמדדו את המרחק בין קווי אור מסדר שני לקו האמצעי ותעריכו את השגיאה. (תבצעו את המדידה משני הצדדים וחישוב את הממוצע). חישוב את אורך הגל של הלייזר בעזרת משוואה (3), תעריכו את השגיאה.
- השוו בין הערכים שקיבלתם עבור אורך הגל של הלייזר בניסויים השונים, (עקיפה מסדק יחיד, התאבכות משני סדקים, שריג מדויק). איזו מדידה הינה מדויקת יותר? מדוע? הסבירו את ההבדלים אם ישנם.

2.5 מדידת קבוע שריג

- הציבו את השריג השני (שאינך יודע את המרווח בין הסדקים) במקום השריג הקודם.
- כוונו את אלומת הלייזר, מתקבלת תמונת פסים. תמדדו את המרחק בין קווי אור מסדר ראשון לקו האמצעי ותעריכו את השגיאה. (תבצעו את המדידה משני הצדדים וחישוב את הממוצע).
- תמדדו את המרחק בין השריג למסך, תעריכו את השגיאה.
- השתמש באורך הגל שמצאת בסעיף הקודם, חישוב את קבוע השריג בעזרת משוואה (3), תעריכו את השגיאה.

2.6 ניסויים נוספים – "כחוט השערה"

- מסתבר שכאשר ישנו מכשול דק בלתי עביר מתקבלת תמונת התאבכות זהה לתמונת ההתאבכות מסדק יחיד בעל אותו רוחב. חשבו והסבירו מדוע. בעזרת עקרון זה ננסה למדוד עובי של שערה.
- כוונו את אלומת הלייזר, הציבו במקום השקופיות שערה מראשכם כך שתמצא בתוך אלומת הלייזר. תתארו את התמונה המתקבלת.
- שימו לב שבניגוד למה שהיה מצופה על פי האופטיקה הגיאומטרית אין צל מרכזי מאחורי השערה כי אם תמונת התאבכות כמו מסדק יחיד.

-אופטיקה של גלים-

- תמדדו את המרחק בין קווי החושך וחישובו באמצעות משוואה (5) את עובי השערה.
- תנסו למדוד באופן זה את עוביין של שערות שונות (שיער חלק, מסולסל וכד') האם יש הבדל ?

ניתן לראות באינטרנט סמולציה של התאבכות באתר :

<http://vsg.quasihome.com/interfer.htm>