**דו"ח מסכם בניסוי: אופטיקה 2**

**חלק: \_\_\_\_**

שם הבודק : \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

תאריך הבדיקה: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ציון הדו"ח: **I** \_\_\_\_

**II** \_\_\_\_

שם מדריך הניסוי (שם מלא): נועם פופר

תאריך ביצוע הניסוי: 23.04.23

תאריך הגשת הדו"ח: 23.04.23

**הדו"ח מוגש על ידי:**

**I** עידו לארי 326335767 **II** מאור זילברשטיין 214547994

שם פרטי משפחה ת.ז. שם פרטי משפחה ת.ז.

חשמל פיזיקה Z

מסלול הלימוד מס' קבוצת המעבדה תת קבוצה מספר עמדה

**הערות הבודק לנושאים לקויים בדו"ח:**

***מטרות הניסוי:***

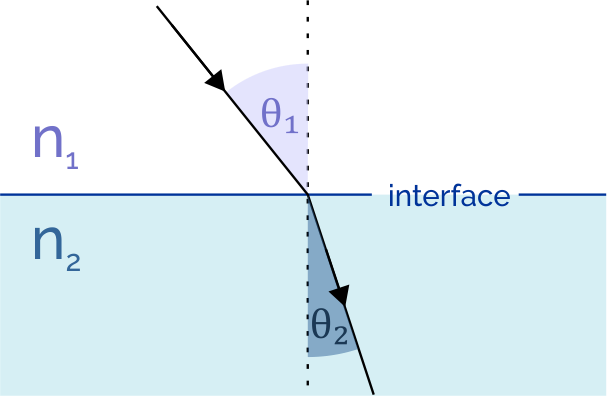
אימות חוק סנל באמצעות ארבע שיטות שונות והשוואת שיטות אלו אחת לשנייה, וחקירת מנורות פליטת גז על ידי שריג עקיפה.

***רקע תיאורטי:***

כאשר אור נע בתווך מסוים הוא נע במהירות נמוכה ממהירות האור בוואקום. לכן, ניתן להגדיר מקדם שבירה של חומר על ידי היחס בין המהירויות באופן הבא:

כאשר c היא מהירות האור בוואקום, v היא מהירות האור בתווך ו n הוא מקדם השבירה.

מעקרון פרמה הקובע כי בהינתן שתי נקודות, האור ינוע במסלול שהזמן שייקח לו לעבור אותו הוא מינימלי, ניתן לגזור שני חוקים, חוק ההחזרה וחוק סנל. כאשר קרן אור עוברת בין שני תווכים היא יכולה לחזור לתווך בו היא נמצאת, חוק ההחזרה קובע כי זווית פגיעת הקרן ביחס לאנך של המשטח וזווית ההחזרה ביחס לאנך שוות. חוק סנל קובע כי הקשר בין זווית הפגיעה של קרן אור בתווך בעל מקדם שבירה וזווית היציאה של קרן האור בתווך בעל מקדם שבירה , כמתואר באיור 1 הינו:

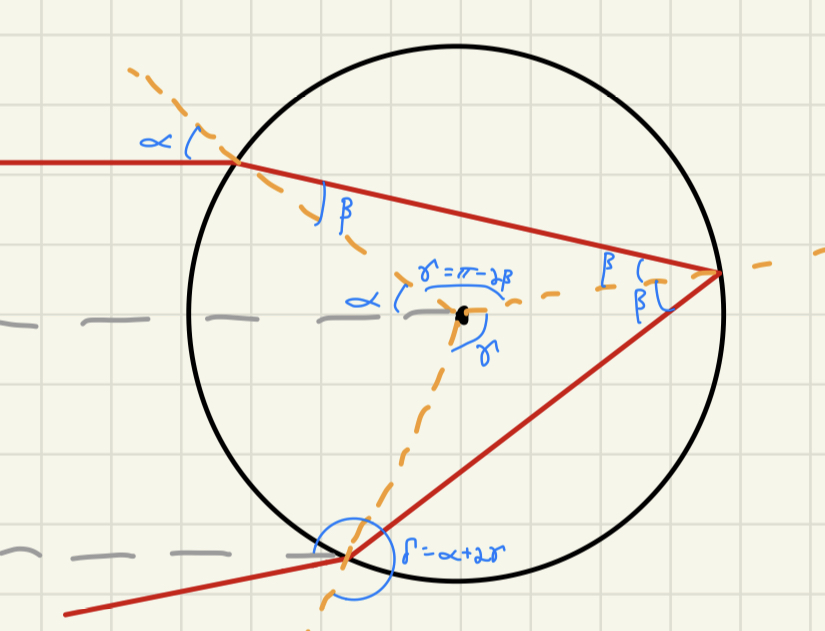


איור 1 חוק סנל

החזרות בדסקה:

עבור אוויר מתקבל מקדם שבירה 1 בדיוק של יותר מ 3 ספרות משמעותיות. לכן, עבור דסקה עם מקדם שבירה n שמסביבה אוויר מתקבל הקשר הבא מחוק סנל:

N מוגדר להיות סך הפגיעות של הקרן בדסקה, ו מוגדרת להיות *זווית היציאה עבור* N *פגיעות כמתואר באיור 2.*



איור 2 דסקה עם N=3

ניתן לראות מגיאומטריה כי

עבור תתקבל זווית עבורה תהיה מינימאלית. מהשוואת הנגזרת לפי של (4) לאפס מתקבל:

*יחושב באמצעות דיפרנציאציה ל (3):*

לאחר הצבה ב (5) מתקבל:

לאחר העברת אגפים והעלאה בריבוע:

קירוב פונקציה לפרבולה סביב נקודת מינימום:

כאשר רוצים לבצע קירוב לפונקציה סביב נקודה, ניתן להשתמש בטור טיילור הקובע כי ערך הפונקציה f סביב הנקודה הינו:

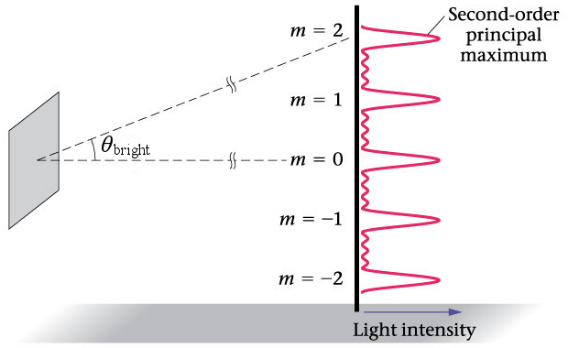
כאשר מקרבים את הפונקציה בסביבה קטנה מסביב ל ניתן להתחשב רק באיבר המשמעותי הראשון. עבור נקודת מינימום מתקבל כי האיבר  *ולכן האיבר המשמעותי הראשון יהיה הנגזרת השנייה ומתקבל:*

כלומר, עבור סביבה קטנה סביב נקודת מינימום מתקבל כי הפונקציה מתנהגת כמו פרבולה.

סריג עקיפה:

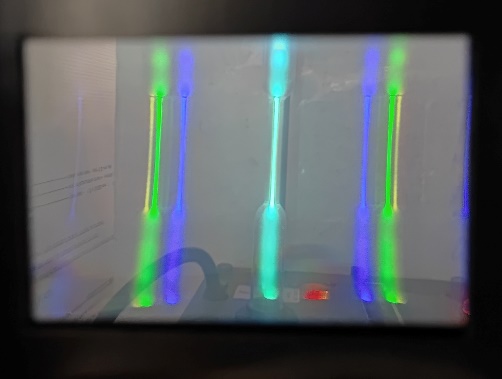
סריג עקיפה הינו רכיב המפצל קרן אור הפוגעת בו למספר קרניים בצורה מחזורית כפי שניתן לראות באיור 3. הסריג מורכב מסדקים קטנים שכאשר האור עובר דרכם נוצרות התאבכויות בונות והתאבכויות הורסות ולכן נוצרים שיאים. הסריג מפצל את קרן האור למספר שיאים כאשר הזווית של השיא ה n ביחס למרכז היא:

כאשר הוא קבוע הסריג המסמל כמות סדקים למטר ו  *זה אורך הגל הפוגע בסריג.*



איור 3 התנהגות סריג עקיפה

ניתן לראות בנוסחה כי הזווית תלויה באורך הגל ולכן כאשר עובר דרך הסריג אור המורכב ממספר אורכי גל הסריג יפצל את האור לפי גלים אלו. ניתן לראות באיור 4 כיצד הסריג מפריד את הצבעים מהמנורה כאשר .

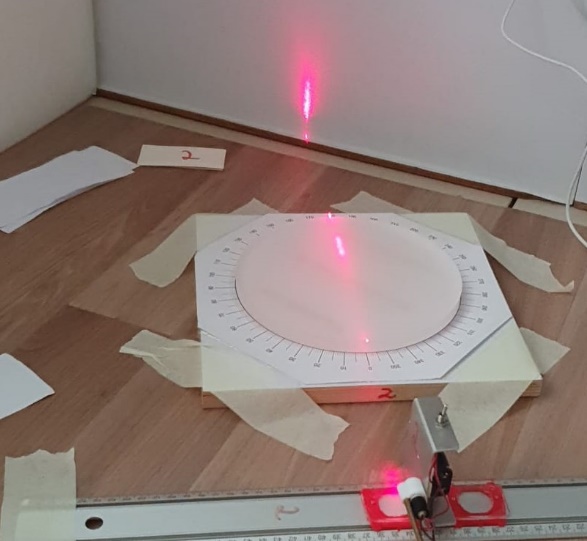


איור 4 מבט דרך סריג עקיפה

***מהלך ניסוי***

רשימת ציוד חלק א:

* לייזר
* דסקה
* מד זווית ברזולוציה של
* מסילה המובילה את הלייזר



איור 5 מערכת ניסוי חלק א

כיול המערכת:

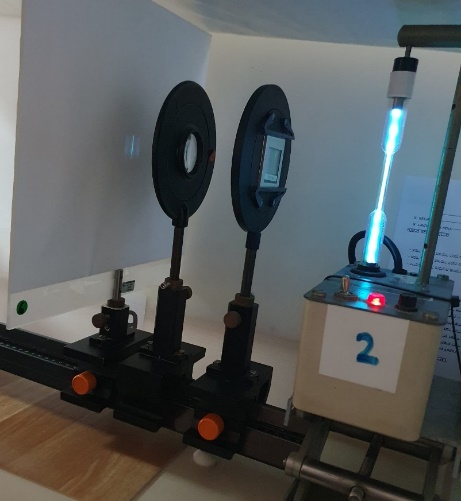
הלייזר יכוון כך שייפגע בדסקה בזווית 0 וייצא בזווית 180 מעלות לפי נוסחה (3). הערה במהלך הניסוי בשלב בו נדרשו מספר מקסימלי של החזרות בדסקה נמצא לנכון להעלות את גובה הלייזר כך שיכוון במקביל לדסקה. בשלב הכיוון ניתן היה להבחין במריחה בקרן הלייזר עליה יורחב בעיבוד הנתונים.

בחלק א' של הניסוי ערכנו מדידות מארבעה סוגים:

1. נמדדה זווית היציאה עבור זוויות פגיעה שונות כאשר זווית הפגיעה התחילה מ 0 עד ל 50. המדידות התבצעו באינטרוולים של 5 מעלות כל פעם. בוצעה התאמה לינארית בין ל ולפי נוסחה (3) השיפוע שהתקבל הינו מקדם השבירה. חושבה באמצעות נוסחה (4) עבור .
2. הלייזר מוקם כך שהתקבל עבור כל אחת מחמש ההחזרות נמדדה זווית היציאה. בוצעה התאמה לינארית בין זווית היציאה ל N - 1 והשיפוע שהתקבל הינו לפי נוסחה (4)
3. עבור נמדדה זווית הפגיעה הגורמת ללייזר להישבר כך שלאחר 2 החזרות הוא יחזור לנקודה בה נשבר לראשונה, במצב זה יתקבל משולש שווה צלעות ולכן . מקדם השבירה חולץ מנוסחה (3).
4. נערכו מדידות סביב זווית היציאה המינימלית עבור ומקדם השבירה חולץ על ידי נוסחה (6).

רשימת ציוד חלק ב:

* סריג עקיפה
* מנורת פליטת גז
* סטנד
* סרגל ברזולוציה
* מיקרומטר ברזולוציה



איור 6 מערכת חלק ב  
(העדשה מוקמה על מנת להציג את המערכת בצורה טובה יותר אך לא שומשה במדידות)

כיול המערכת:

ראשית המנורה מוקמה באמצע שדה הראייה של הסריג. אדם התבונן מבעד לסריג העקיפה לעבר המנורה ומיקם את הסריג כך שהצבעים יהיו ברורים כמה שיותר. לאחר מכן, נמדד קוטר המנורה באמצעות מיקרומטר ומוקם סרגל בניצב לציר המנורה כך ששנתותיו מכוונות לעבר הסריג.

בעת המדידות אדם התבונן דרך הסריג ומדד את המרחק של כל צבע ממרכז המנורה באמצעות הסרגל. לאחר מכן הזווית חושבה בעזרת טאנגנס של המרחק מהמרכז חלקי המרחק של הסריג מהמנורה והוצבה בנוסחה (9). אורכי הגל המרכיבים את האור הנפלט מהמנורה חולצו מהנוסחה ובעזרת אורכי גל אלו נמצא החומר ממנו מורכבת המנורה.

***תכנון עיבוד נתונים:***

עבור מדידת זווית, השגיאה מורכבת משגיאת מריחה ושגיאת רזולוציה ולכן[[1]](#footnote-3):

כאשר מחושבים באמצעות נוסחה 3.3 בחוברת עיבוד נתונים. זו השגיאה במעלות, השגיאה ברדיאנים מחושבת על ידי הכפלת שגיאה זו ב .

שגיאת סינוס הזווית[[2]](#footnote-4):

השגיאה של זווית השבירה בהינתן זווית יציאה כאשר תחושב בעזרת נוסחה (4)4:

חישוב השגיאה של n כאשר מחלצים אותה מנוסחה (3) הוא4:

השגיאה של n כאשר מחלצים אותה מנוסחה (6) הינה4:

מחלצים את מחישוב נקודת מינימום לפרבולה,  *ולכן*4*:*

*שגיאת אורך הגל מנוסחה (9) הינה*4*:*

שגיאת הזווית אשר חושבה כ 4:

x חושב באמצעות חיבור של הרדיוס והמרחק מקצה המנורה ולכן שגיאתו4:

s הוא המרחק מקצה המנורה והוא חושב באמצעות סרגל אך הייתה לו מריחה על הסרגל לכן שגיאתו תחושב באופן זהה לנוסחה (10).

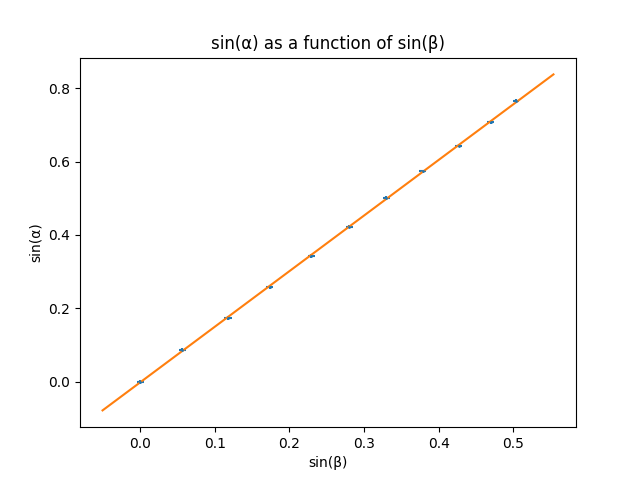
השגיאות של חושבו באמצעות נוסחה 3.3 בחוברת עיבוד הנתונים עם הרזולוציה של המכשירים שמדדו אותם.

***עיבוד תוצאות:***

ההתאמה הראשונה היא התאמה לינארית בין ל :

כאשר מצופה כי  *יהיה שווה אפס.*

*לאורך המדידות ל הייתה מריחה של מעלה ולזווית היציאה הייתה מריחה של מעלה וחצי.*

**

איור 7 התאמה בין סינוס זווית הכניסה לסינוס זווית השבירה

הערכים שהתקבלו עבור ההתאמה באמצעות תוכנת אדינגטון:

התקבל ערך קרוב לאפס עבור  *כמצופה. השגיאה היחסית של :*

*השגיאה היחסית נמוכה מה שמראה על דיוק מדידה גבוה.* בגרף השארים יש התפזרות תוצאות סביב האפס בצורה אקראית דבר המראה על התאמה טובה. אולם, המדדים הסטטיסטים הינם:

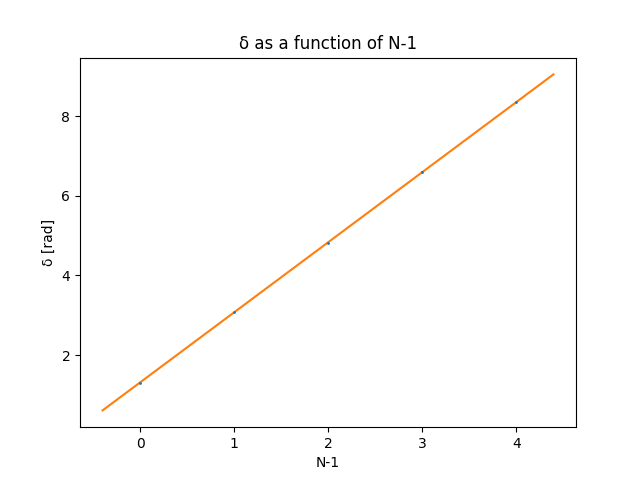
המדד אמור להיות קרוב לאחד אך הוא יצא יחסית נמוך דבר שיכול להראות על שגיאות גבוהות מידי שכן בחישובו מחלקים בשגיאות. הטווח הרצוי עבור הינו 0.05-0.95. דבר זה מצביע גם כן על כך שהערך נמוך.

עבור התאמה זו התקבל:

נשווה תוצאה זו עם ההתאמות הבאות.

ההתאמה השנייה היא התאמה לינארית בין זווית היציאה ל N-1 לפי נוסחה (19) כאשר מצופה כי  *יהיה שווה .*

המדידות בוצעו עבור זווית כניסה קבועה שהיא *, לזווית היציאה הייתה מריחה של 2 מעלות.*

**

איור 8 זווית היציאה כפונקציה של N-1

הערכים שהתקבלו עבור ההתאמה באמצעות תוכנת אדינגטון:

התקבל ערך מאוד קרוב ל עבור  *כמצופה. השגיאה היחסית של :*

*השגיאה היחסית נמוכה מה שמראה על דיוק מדידה גבוה.* בגרף השארים יש התפזרות תוצאות סביב האפס בצורה אקראית דבר המעיד על התאמה טובה. המדדים הסטטיסטים הינם:

המדד קרוב לאחד ו הינו בטווח הרצוי. דבר זה מצביע על התאמה טובה.

עבור התאמה זו התקבל:

נשווה תוצאה זו עם ההתאמות הבאות.

1. נוסחה 2.19 בחוברת עיבוד נתונים [↑](#footnote-ref-3)
2. נוסחה 4.17 בחוברת עיבוד נתונים [↑](#footnote-ref-4)