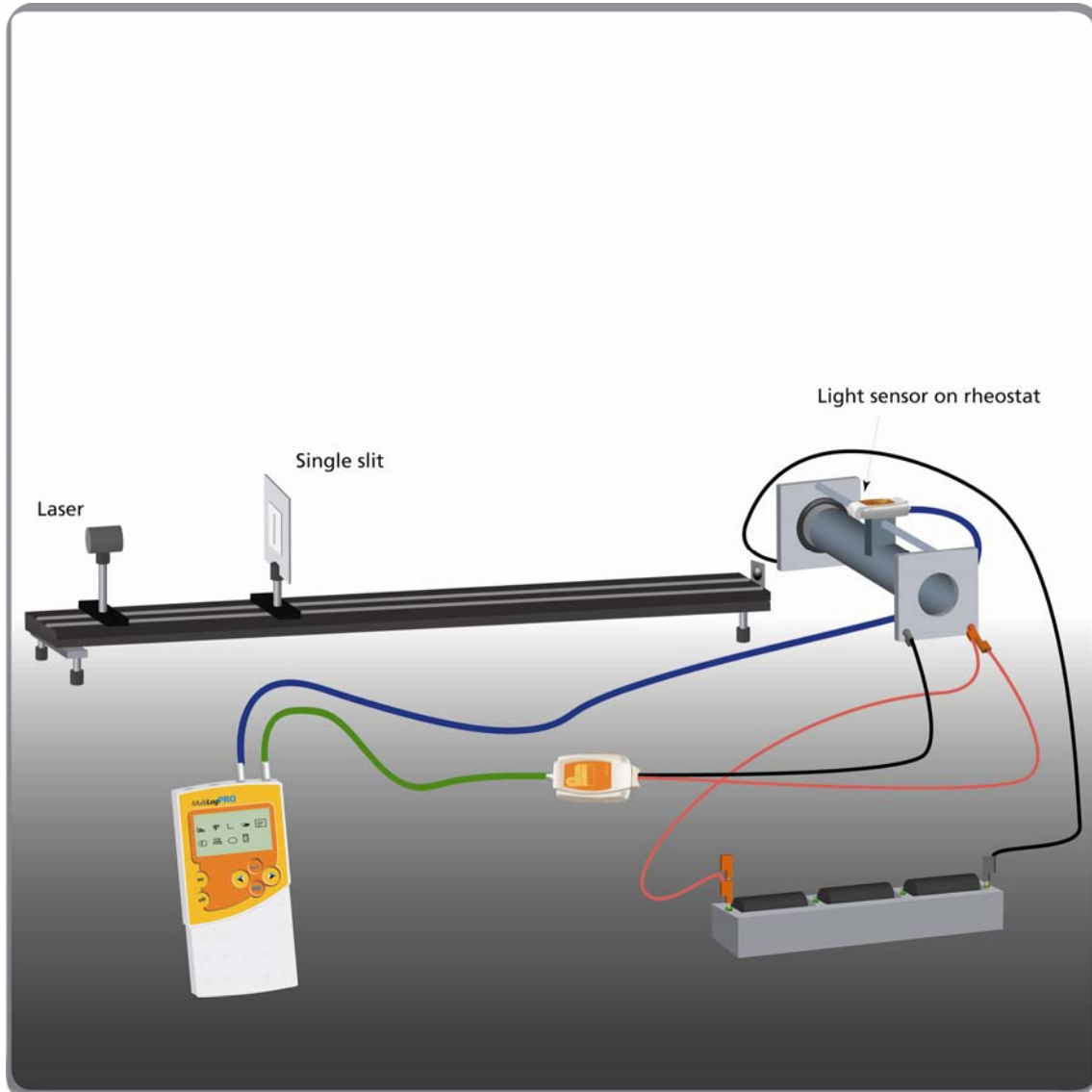


התאבכות ועקיפה באור



רשים 1

מבוא

כשאור עובר דרך סדק צר מאד מתקיימת תופעת העקיפה ועל מסך במרחק מסוים מהסדק תתקבל תבנית הכוללת אזורים מוארים ואזורים חשוכים. האזור המואר המרכזי הוא בעל רוחב כפול מכל יתר האזורים המוארים ובעל עוצמת אור יותר חזקה. עוצמת האור משתנה עם המרחק ממרכז התבנית בהתאם לנוסחה הבאה:

$$(1) \quad I = I_0 \cdot \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi\omega x}{L\lambda}\right)}{\frac{\pi\omega x}{L\lambda}} \right]^2$$

כאשר I היא עוצמת האור המשתנה, I_0 היא עוצמת האור המרבית במרכז תבנית העקיפה, w הוא רוחב הסדק, x הוא המרחק ממרכז התבנית, L הוא מרחק המסך מהסדק ו- λ הוא אורך הגל של האור. נקודות המינימום בתבנית זאת יתקבלו ב:

$$(2) \quad x_n = n \cdot \frac{\lambda L}{\omega}, n = \pm 1, \pm 2, \dots$$

כשזור עובר דרך שני סדקים צרים נוצרת תבנית התאבכות מעל תבנית העקיפה: מופיעים אזורים צרים של אור וחושך בתוך גבולות התבנית. עוצמת האור משתנה עם המרחק ממרכז התבנית בהתאם לנוסחה הבאה:

$$(3) \quad I = I_0 \cdot \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi\omega x}{L\lambda}\right)}{\frac{\pi\omega x}{L\lambda}} \right]^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi dx}{L\lambda}\right)$$

כאשר d הוא המרחק בין הסדקים.

נקודות המינימום בתבנית זאת יתקבלו ב:

$$(4) \quad x_n = n \cdot \frac{\lambda L}{d}, n = \pm 1, \pm 2, \dots$$

בניסוי זה אנו משתמשים בקרן לייזר כמקור אור ובחיישן אור למדידת עוצמת האור כתלות במרחק ממרכז תבנית העקיפה. מזיזים חיישן אור לאורך תבנית העקיפה. מיקומו של החיישן נמדד ע"י הצבתו על הגררה של נגד משתנה.

רשימת הציוד

- MultiLogPRO או TriLink
- חיישן אור (שלושה תחומי מדידה)
- חיישן מתח (0 – 5 V)


- מקור לייזר
- שקופית עם סדק יחיד
- שקופית עם שני סדקים צרים (מומלץ, לא חובה)
- מחזיק שקופיות
- נגד משתנה ליניארי (ריאוסטט). כדאי להשתמש בריאוסטט בו המתח משתנה בצורה חלקה וללא "קפיצות"
- 3 סוללות של 1.5 וולט
- מחזיק סוללות
- מסך

בניית מערכת הניסוי

1. חבר את ה-MultiLogPRO ליציאה הטורית או לכניסת USB של המחשב.
2. הדלק את ה-MultiLogPRO.
3. חבר את חיישן האור לכניסה 1 (I/O-1) של ה-MultiLogPRO.
4. חבר את חיישן המתח לכניסה 2 (I/O-2) של ה-MultiLogPRO.
5. בנה את המערכת על פי תרשים 1. עליך להתאים את המרחקים בהתאם לציוד שברשותך: אורך הגל של מקור הלייזר, רוחב הסדקים ואורך הריאוסטט.
6. כסה את פתח חיישן האור עם חתיכת קרטון אטום, כשאתה משאיר רק סדק צר פתוח של כ- 0.3 – 0.4 מ"מ. סדק זה חייב להיות צר יותר מהרוחב המינימאלי הצפוי של פס העקיפה.
7. הצמד את חיישן האור לגררה של הריאוסטט.
8. הצב את מחזיק השקופיות עם השקופית בעלת סדק אחד מול הלייזר.
9. הצב מסך במרחק של כ- 4 מטר מהסדק. מישור המסך חייב להיות מאונך לכיוון קרן הלייזר. כוון את מרחק המסך ממקור הלייזר כך שרוחב תבנית העקיפה קטן במקצת מאורך הריאוסטט.
10. החלף את המסך בריאוסטט. כוון את גובה הריאוסטט כך שחיישן האור ימצא בגובה בה מתקבלת תבנית העקיפה.
11. חבר את הסוללות לקצוות של הריאוסטט.

12. חבר את חיישן המתח לאחד מהקצוות של הריאוסטט ולגררה.

13. הפעל את תוכנת ה-MultiLab.

14. פתח את אשף האתחול  בסרגל הכלים העליון והגדר את מערך המדידה לפי הפרוט המפורט בהמשך.

הערה: האור הבוקע ממסך המחשב עלולה לשבש את הניסוי. ניתן לאסוף את הנתונים כש ה-



MultiLogPRO איננו מחובר למחשב, ולאחר מכן להשתמש בכלי הורד נתונים


בסרגל הכלים העליון כדי להעביר את הנתונים למחשב.

אתחול תוכנת ה-MultiLogPRO

חיישן מתח 0 – 5 V	כניסה – I/O-1	חיישן
חיישן אור (שלושה תחומי מדידה)	כניסה – I/O-2	
100 דגימות לשנייה		קצב מדידה
5 שניות (500 דגימות)		זמן דגימה

מהלך הניסוי


1. הצב את גררת הריאוסטט (ביחד עם חיישן האור) באחד מקצותיו.


2. לחץ על התחל  בסרגל הכלים העליון כדי להתחיל את המדידות.

3. הזז את הגררה של הריאוסטט עם חיישן האור לאורך הריאוסטט. הסריקה צריכה לארוך פחות מ- 5 שניות. על המסך יופיע אוטומטית גרף עם תוצאות המדידה של שני החיישנים (אם ביצעת את הניסוי מבלי להיות מחובר למחשב, חבר את ה-MultiLogPRO ולחץ על

הורד נתונים  בסרגל הכלים העליון).

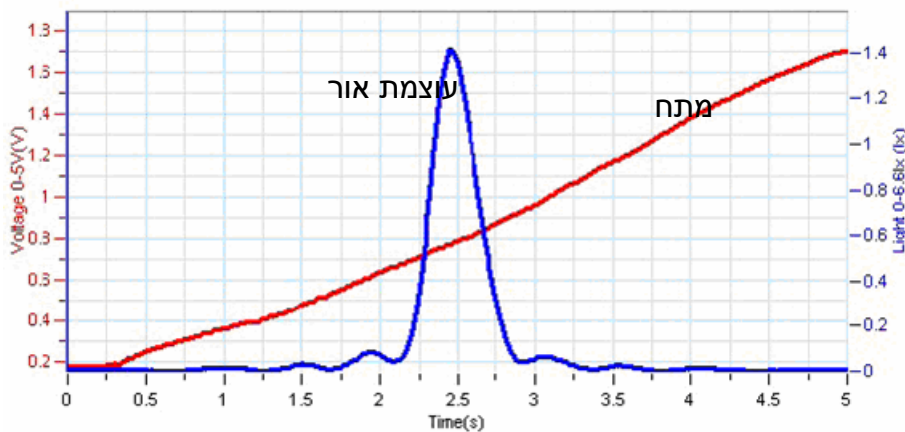
4. אחרי שהמדידות הסתיימו, לחץ על הוסף גרף לפרויקט  בסרגל הכלים התחתון.

הערה: MultiLab יוצר שמות "ברירת מחדל" לכל גרף המתווסף לפרויקט. כדי לשנות את שם הגרף יש ללחוץ על עריכת גרף  בסרגל הכלים התחתון, לכתוב שם חדש בתיבת כותרת הגרף וללחוץ על אישור.

5. שמור את הנתונים שלך על ידי לחיצה על שמור  בסרגל הכלים העליון.
6. חזור על השלבים 1 עד 4 עם שני סדקים.
7. מדוד את המרחק L שבין מחזיק השקופיות לבין הריאוסטט ורשום זאת במחברתך.
8. מדוד את המרחק l_0 שבין שתי הנקודות הקיצוניות של חיישן האור ורשום זאת במחברתך.

ניתוח תוצאות הניסוי ושאלות


1. הצג את הגרף העקיפה ששמרת.
2. דוגמא לתוצאות המתקבלות בניסוי זה מוצגת בתרשים 2.




תרשים 2

2. הסבר כיצד בעזרת גרף המתח נוכל למדוד את מיקום החיישן.
3. כדי לכייל את ערכי המתח שמדדת כך שהם יוכלו להוות מדד למרחקים בצע את הפעולות הבאות:
 - א. השתמש בסמנים כדי לקבוע את ערכו של המתח המרבי, V_0 המתאים לעוצמת האור המרבית ואת ערכו של הפרש המתחים הקיצוניים ΔV .
 - ב. המרחק x ממרכז תבנית ההתאבכות נתונה על ידי:

$$x = \frac{I_0}{\Delta V} \cdot (V - V_0) = -\frac{I_0 V_0}{\Delta V} + \frac{I_0}{\Delta V} \cdot V$$

4. לחץ על אשף עיבוד נתונים  שבסרגל הכלים העליון, ולאחר מכן לחץ על פונקציות.
5. בחלון הפונקציות, לחץ על החץ השמאלי ובחר Linear. בחלון G1 בחר את כניסה 1: מתח לאחר מכן בחלונות A ו-B כתוב:

$$A = -\frac{I_0 V_0}{\Delta V}, B = \frac{I_0}{\Delta V} \quad .7$$

6. בחלון השם כתוב x, בחלון יחידות כתוב m, ולחץ אישור.
7. הצג גרף של עוצמת האור כפונקציה של המיקום.
8. לחץ על עריכת גרף  שבסרגל הכלים התחתון.
9. בציר X – בחר את הפונקציה x, בציר Y בחר ניסוי #: עוצמת האור 2 – I/O ולחץ אישור.
10. מדוד את מיקום נקודות המינימום של התבנית על ידי שימוש בסמנים והשווה אותם עם הנקודות התיאורטיות המצופות.

הצעות נוספות

- ניתן להציג את הגרף של העקיפה ואת הגרף של ההתאבכות, בתנאי שהסדקים בעלי אותו רוחב ליצירת שתי התבניות, ולהשוות ביניהם.
- ניתן להשתמש בפונקציה Envelope (upper) מתוך אשף עיבוד הנתונים עבור גרף התאבכות ולבחון את הדמיון שבין שתי התבניות.
- ניתן ליצור את הגרף התיאורטי בגיליון אלקטרוני במבנה של "ערכים מופרדים על ידי פסיק" (CSV), לייבא את הגרף ל-MultiLab (השתמש בפקודת ייבוא קובץ CSV מתפריט קובץ) ולהציג אותו ביחד עם התוצאה הניסויית על מנת להשוות ביניהם.
- ניתן לבצע את הניסוי גם ללא הריאוסטט. במקרה זה ניתן לראות את עוצמת האור (תבנית ההתאבכות) כתלות בזמן. הזמן המייצג את המקום.