פרק 19

התאבכות גלי אור- גלים תלת ממדיים

התאבכות אור מ2- סדקים 1
התאבכות אור במספר סדקים, וסריג עקיפה 3
התאבכות אור בסדק יחיד + סיכום נושא 5
התאבכות אור- בגרויות 6

התאבכות אור מ-2 סדקים:

שאלות:

1) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2mm$.
במרחק $L = 3m$ נמצא מסך.

א. מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזויות קטנות?
ב. מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
ג. מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
ד. מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

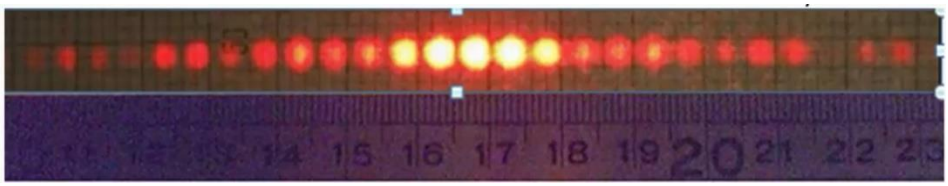
2) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ״מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1m$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

א. מה אורך הגל של הלייזר?
ב. מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
ג. כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
ד. אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

3) התאבכות אור תרגיל 3

לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ״מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית.
על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.



א. מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
ב. איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
ג. לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
ד. לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
ה. מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

תשובות סופיות:

1) א. $7.5\,nm$ ב. 3 ס"מ. ג. $\theta = 0.93°$ ד. $x_{200} = 1.73$

2) א. 524 נ"מ. ב. 4.72 ס"מ. ג. 94 קווי חושך. ד. 573 פסי מקסימום.

3) א. 5 מ"מ. ב. $\lambda = 694$ ג. 3λ ד. 4.5λ ה. ראה סרטון.

התאבכות אור במספר סדקים וסריג עקיפה:

שאלות:

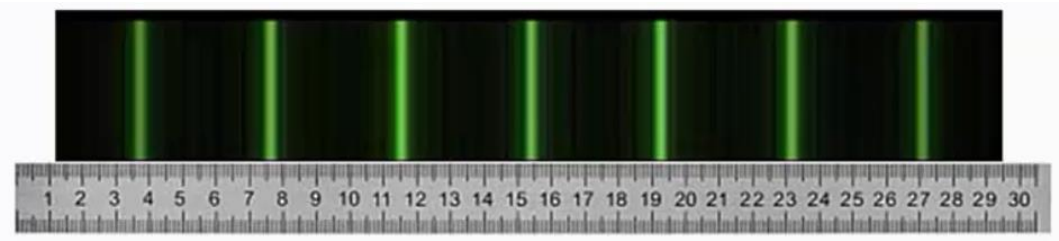
1) התאבכות אור בסריג – תרגיל 4

מאירים בלייזר בעל אורך גל לא ידוע על סריג בעל קבוע של 100 חריצים למ״מ.
מציבים מסך במרחק 1 מטר מהסריג כך שמרכזו מול מרכז הסריג ומול קרן הלייזר.
אורך המסך 4 מטר.
מיקומו של קו המקסימום הראשון נמדד ושווה ל-6.5 ס״מ ממרכז המסך.

א. מהו אורך הגל של הלייזר?
ב. מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
ג. מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
ד. כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
ה. בהנחה שמחליפים מסך זה במסך ארוך מאוד באותו המיקום, כמה קווי מקסימום יתקבלו עליו?

2) התאבכות אור בסריג – תרגיל 5

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל 550 ננומטר על סריג בעל קבוע לא ידוע, ומציבים מסך במרחק 2.5 מטר מהסריג.
על המסך שעליו מודבק סרגל מתקבלת התמונה הבאה:



א. מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
ב. באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
ג. מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

3) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6

אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ״מ.
מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.

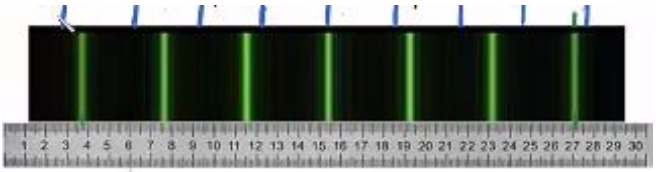
א. מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
ב. מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
ג. הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

תשובות סופיות:

1) א. 649 נ״מ. ב. 13 ס״מ. ג. 34.3 ס״מ. ד. 27 קווים. ה. 31 קווים.

2) א. $282\frac{\text{haritsim}}{\text{cm}}$ ב. $18.1°$

ג.



3) א. 0.188 מ׳. ב. $10.9°$ ג. הוכחה.

התאבכות אור בסדק יחיד + סיכום נושא:

שאלות:

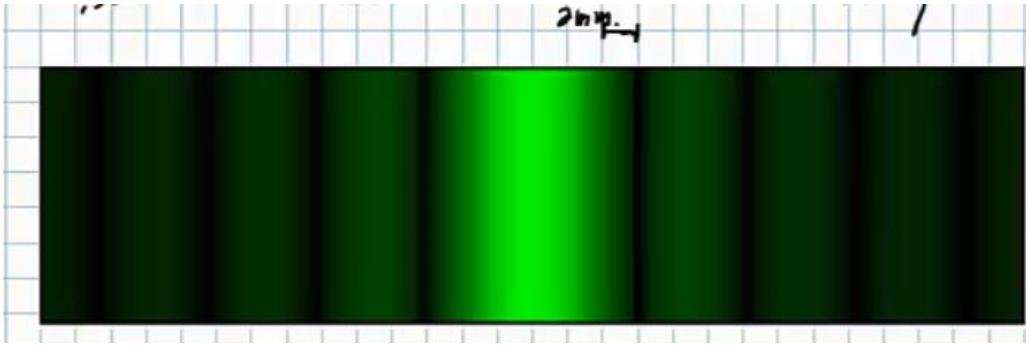
1) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 1

תלמיד מאיר בלייזר אדום בעל אורך גל 670 ננומטר סדק שרוחבו 0.3 מ״מ.
תבנית עקיפה מתקבלת על מסך במרחק 1.5 מטר.

א. מה רוחבו של המקסימום המרכזי?
ב. מה רוחבו של מקסימום משני, מסדר נמוך?

2) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 2

לוקחים לייזר ירוק בעל אורך גל 530 ננומטר. מציבים אותו לפני סדק בעל רוחב לא ידוע, ועל מסך משבצות במרחק 3 מטר מהסדק מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:



נתון שרוחב משבצת על הלוח הוא 2 מ״מ.

א. מה רוחב הסדק?
ב. כמה קווי צומת יתקבלו על מסך ארוך מאוד?
ג. מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נגדיל את רוחב הסדק?

תשובות סופיות:

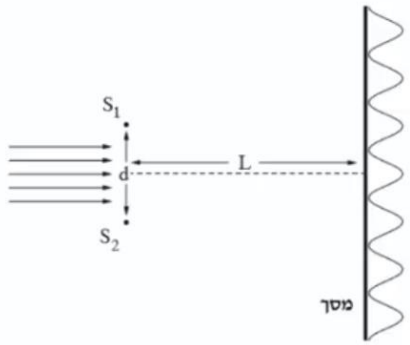
1) א. 6.7 מ״מ. ב. 3.35 מ״מ.
2) א. 0.265 מ״מ. ב. 1,000 קווי צומת בתבנית.
ג. האור ינוע בקווים ישרים ולא מבצע עקיפה.

התאבכות אור - בגרויות:

שאלות:

1) בגרות 2020

תלמידים ערכו ניסוי במעבדה באמצעות מערכת המתוארת בתרשים שלפניך. אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בלוחית שבה זוג סדקים צרים במרחק d זה מזה. כיוון האור הפוגע ניצב למישור הסדקים. במרחק L מן הסדקים מוצב מסך במקביל ללוחית. על המסך מתקבלת תבנית התאבכות.



באמצעות החלפת לוחיות שינו התלמידים את המרחק d בין הסדקים, ובעקבות זאת השתנה רווחב פס האור, Δx. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הניסוי:

$d(cm)$	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
$\Delta x(cm)$	0.61	0.29	0.20	0.17	0.12	0.10
המשתנה החדש						

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. רשום ביטוי של רווחב פס האור, Δx, כפונקציה של המרחק בין הסדקים, d.

ii. החליפו את המשתנה d במשתנה חדש, שהקשר בינו לבין Δx הוא קשר לינארי. מהו המשתנה החדש?

ב. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף בה את הערכים של המשתנה החדש ואת היחידות המתאימות.

ג. סרטט גרף (דיאגרמת פיזור) של Δx כפונקציה של המשתנה החדש, והוסף בו קו מגמה ליניארי.

נתון: $L = 120cm$.

ד. חשב את אורך הגל באמצעות השיפוע של קו המגמה.

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. העתק למחברתך (בקירוב) את התרשים שבפתיח, וסמן בו את המרחק בין המקסימום המרכזי ($n=0$) לבין המקסימום מסדר 2 ($n=2$).

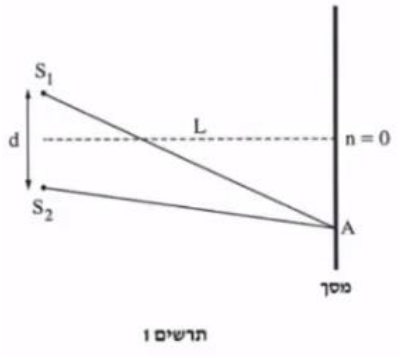
ii. חשב את המרחק הזה עבור: $d=0.015cm$, באמצעות נקודה מקו המגמה.

2) בגרות 2019

תלמידים עורכים שלושה ניסויים.

בניסוי הראשון, אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי בעל אורך גל: $\lambda_1=600nm$

פוגעת בניצב בלוחית שבה שני חריצים, S_1 ו- S_2. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק d שביניהם. על מסך המקביל ללוחית מתקבלת תבנית התאבכות. המסך נמצא במרחק L מן הלוחית (ראה תרשים 1).



תרשים 1

הנח כי מתקיים קירוב של זוויות קטנות.

א. קבע אם בנקודה שבה הפרש הדרכים משני החריצים שווה 18 חצאי אורך גל מתקיימת התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעתך.

נתון שהמרחק בין מרכז המקסימום מסדר $n=0$ לבין מרכז המקסימום מסדר $n=8$ שווה $12cm$.

ב. חשב את הרוחב של פס האור, Δx.

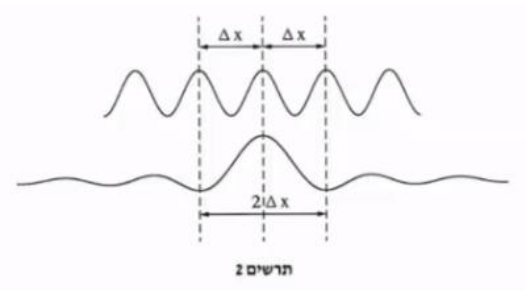
בניסוי השני, מאירים את החריצים S_1 ו- S_2 באלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שאורך הגל שלו הוא λ_2. במקרה זה רוחב פס האור קטן פי 1.2.

ג. חשב את אורך הגל λ_2.

הנקודה A נמצאת במרחק של $3.75cm$ ממרכז המקסימום מסדר $n=0$.

ד. עבור כל אחד מאורכי הגל λ_1 ו- λ_2, קבע אם בנקודה A תיווצר התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעותיך.

בניסוי השלישי, האלומה המקבילה של אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו: $\lambda_1 = 600nm$, פוגעת בניצב בלוחית שבה יש חריץ אחד בלבד, ברוחב w.
על מסך המקביל ללוחית נוצר מקסימום מרכזי, שרוחבו פי 2 מרוחב פס האור שהתקבל משני החריצים S_1 ו- S_2 בניסוי הראשון (ראה תרשים 2).
המרחק בין הלוחית למסך בניסוי השלישי שווה למרחק L שבין הלוחית למסך בניסוי הראשון.



תרשים 2

ה. הוכח שבניסוי זה, רוחב החריץ w שווה למרחק d בין S_1 ו- S_2.

נתון כי המרחק בין הלוחית למסך הוא: $L = 1.5m$.
ו. חשב את רוחב החריץ, w.

3) בגרות 2018

בתרשים שלפניך מוצג סרטוט של תבנית התאבכות. התבנית נוצרה על ידי אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שעברה דרך זוג חריצים מקבילים בלוחית אטומה. אורך הגל של האלומה הוא λ.
האלומה פגעה בלוחית בכיוון ניצב למישור החריצים, והתבנית התקבלה על מסך המקביל למישור החריצים. פסי האור שהתקבלו מסומנים באותיות א-ט.
פס האור ה הוא הפס המרכזי.

א. קבע לאיזה פס אור (או לאילו פסי אור) מבין הפסים א-ט הגיע אור מאחד החריצים. במסלול שהוא ארוך בשלושה אורכי גל מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. נמק את תשובתך.
ב. קבע לאיזה מקום (או לאילו מקומות) הגיע אור מאחד החריצים, במסלול שהוא ארוך באורך גל וחצי מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. בתשובתך השתמש באותיות המציינות את פסי האור.

המרחק בין החריצים הוא: $d = 0.2mm$, ומרחק המסך ממישור החריצים הוא: $1.2m$.
בתחתית הסרטוט של תבנית ההתאבכות הוסיפו סרגל. הערכים של הסרגל נתונים ביחידה סנטימטר.

ג. חשב את הרוחב של פס האור בדרך שבה השגיאה היחסית במדידה תהיה קטנה ככל האפשר. פרט את תשובתך.

ד. חשב את אורך הגל של אלומת האור.

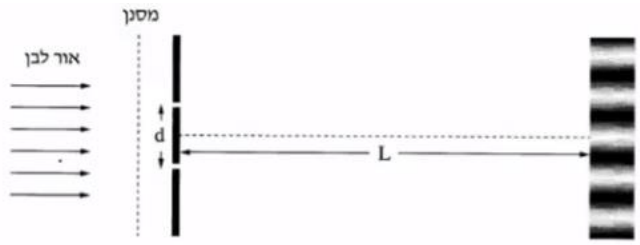
ה. הסבר מדוע עדיף להשתמש בסריג עקיפה במקום בזוג חריצים, כדי למדוד בצורה מדויקת ככל האפשר את אורך הגל.

נתון סריג עקיפה שבו המרחק בין כל זוג חריצים סמוכים שווה למרחק d שבין זוג החריצים המוצג בשאלה.

ו. קבע אם המרחק שבין נקודות המקסימום שבתבנית המתקבלת מזוג החריצים גדול מן המרחק שבין נקודות המקסימום הראשיות שבתבנית המתקבלת מסריג העקיפה, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

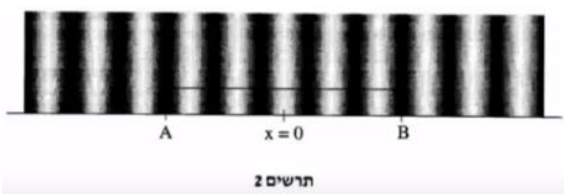
4) בגרות 2017

בניסוי דמוי יאנג מקרינים אור לבן דרך מסנן המעביר אור באורך גל מסוים. לאחר שהאור דרך המסנן, הוא עובר דרך שני סדקים זהים שהמרחק ביניהם הוא d. האור מגיע למסך שנמצא במרחק L מן הסדקים ועל המסך מתקבלת תבנית התאבכות (ראה תרשים 1).
חוזרים על הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם משתמשים במסנן המעביר אור באורך גל אחר.



תרשים 1

בתבנית ההתאבכות המתקבלת בכל אחד מאורכי הגל מודדים את הרוחב של 5 פסי אור הקרובים למרכז התבנית (קטע AB). $x = 0$ מסמן את מרכז התבנית (ראה תרשים 2).



תרשים 2

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות:

$\lambda(\mu m)$	0.47	0.52	0.58	0.61	0.65
$AB(mm)$	14	15.8	17.4	18.1	19.5

א. בלי להסתמך על תוצאות המדידות שבטבלה, בטא את המרחק AB באמצעות הפרמטרים: λ , d , L.

ב. לפי תוצאות המדידות סרטט במחברתך גרף של המרחק AB כפונקציה של אורך הגל.

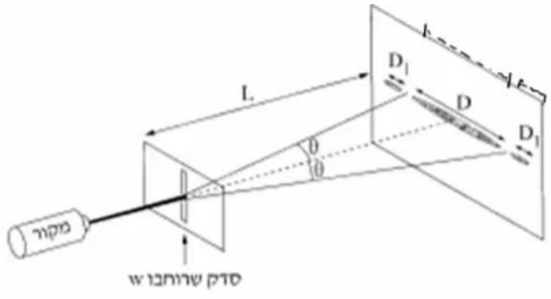
נתון: $L = 3m$.

ג. היעזר בביטוי שפיתחת בסעיף א' ובגרף שסרטטת בסעיף ב', וחשב את המרחק d בין הסדקים.

ד. בערכת הניסוי היה מסנן נוסף שמעביר אור באורך גל לא ידוע.
כאשר משתמשים בו מתקבל: $AB = 15mm$.
מצא את אורך הגל שמסנן זה מעביר. פרט את שיקוליך.

5) בגרות 2016

תופעת העקיפה באור ניתנת להסבר רק באמצעות המודל הגלי של האור.
כשאלומה דקה של אור מונוכרומטי עוברת דרך סדק מלבני (ראה תרשים) מתקבלת על מסך תבנית עקיפה אופיינית.
שים לב: התרשים שלפניך אינו מסורטט בקנה מידה מדויק (L>>D).



א. ציין שלושה פרמטרים המשפעים על הרוחב D של כתם האור המרכזי הנראה על המסך.

במעבדה לפיזיקה ערכו תלמידים סדרת ניסויים לחקירת תופעת העקיפה.
נתון: המרחק בין הסדק למסך: $L = 1.7m$.
בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות:

0.15	0.10	0.08	0.04	$w(mm)$
14	24	26	54	$D(mm)$
6.7	10	12.5	25	$\frac{1}{w}\left(\frac{1}{mm}\right)$

ב. סרטט במחברתך גרף של $\frac{1}{w}$ כפונקציה של D.

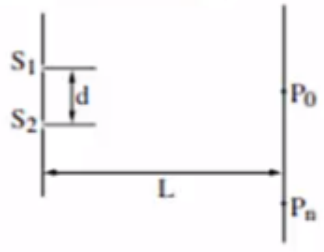
ג. הנח שהזווית θ קטנה $(\sin\theta \approx \tan\theta)$. היעזר בגרף וחשב את אורך הגל λ שנפלט ממקור האור.

ד. חשב את הרוחב של כתם האור מסדר ראשון, D_1, כאשר רוחב הסדק: $w = 0.04mm$.

ה. ציין שני שינויים שיחולו בכתם האור המרכזי, אם מקור האור המונוכרומטי יוחלף במקור אור לבן. נמק את תשובתך.

6) בגרות 2015

בתרשים שלפניך מתוארת לוחית אטומה שבה שני חריצים צרים ומקבילים זה לזה: S_1 ו- S_2. המרחק בין החריצים הוא d. אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור צהוב פוגעת בניצב ללוחית. אורך הגל של האור הצהוב מסומן ב- λ_{yellow}.
על מסך המקביל ללוחית, הנמצא במרחק L ממנה, מתקבלת תבנית התאבכות של האלומה. P_0 היא מרכז תבנית ההתאבכות, ו- P_n היא נקודת מקסימום מסדר n של התבנית.



א. בטא את הפרש המרחקים: $S_1P_n - S_2P_n$ באמצעות הפרמטרים שבפתיח (או באמצעות חלק מהם).
שים לב: $S_1P_n > S_2P_n$.

ב. בניסויים של התאבכות אור (אור נראה) משני חריצים מקבילים מוצאים את אורך הגל באמצעות נוסחה מקורבת. הסבר מדוע אין משתמשים בסרגל למדידות של: S_1P_n ו- S_2P_n ובביטוי שמצאת בסעיף א', אף על פי שביטוי זה אינו מקורב.

מחליפים את האלומה של האור הצהוב באלומה של אור כחול, שאורך הגל שלו : λ_{blue} , מקיים : $\lambda_{blue} < \lambda_{yellow}$. גם אלומה זו מונוכרומטית, מקבילה ופוגעת בניצב ללוחית.

ג. האם המרחק בין מרכז תבנית ההתאבכות, P_0 , ובין נקודת המקסימום מסדר n באור כחול גדול מן המרחק בין הנקודות האלה באור צהוב, קטן ממנו או שווה לו? נמק.

ד. נתון : $d = 0.06mm$, $\lambda_{blue} = 440nm$ ו- $L = 0.8m$.
חשב את הרוחב של פס מקסימום בתבנית ההתאבכות שהתקבלה באור כחול.

ה. מחליפים את אלומת האור הכחול באלומה מקבילה של אור לבן.
כיצד ייראה פס המקסימום מסדר אפס? הסבר מדוע.

7) בגרות 2014

המודל הגלי של האור התבסס במאה ה-19, בעקבות תוצאות ניסויים שנמצא בהם כי לאור יש מאפיינים של גלים מכניים. הפיזיקאי הצרפתי אוגוסטין פרנל שחקר את תופעת העקיפה השתמש בניסוייו באור השמש ובתילי מתכת.
פרנל מצא שכאשר אלומה מקבילה של אור פוגעת בתיל שקוטרו קטן, מתקבלת על מסך תבנית עקיפה הדומה לתבנית המתקבלת כאשר אלומת האור עוברת מבעד לסדק. כלומר שאשפר להתייחס אל התיל כאל סדק שרוחבו שווה לקוטר התיל.

א. תלמידים עורכים שלושה ניסויים i-iii, ובכל אחד מהם מוקרנת אלומת אור שאורך הגל שלה הוא λ על תילים בעלי קטרים שונים. לאחר פגיעת האור בתילים הוא ממשיך להתקדם ופוגע במסך.
לפניך קוטרי התילים בשלושת הניסויים :

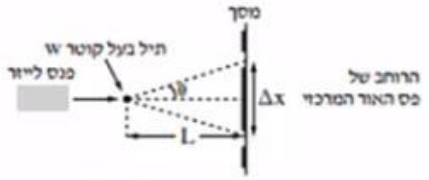
i. $W = 10\lambda$.

ii. $W = 100\lambda$.

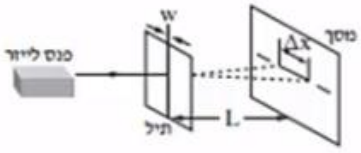
iii. $W = 1,000\lambda$.

קבע באיזה משלושת הניסויים רוחב פס האור המרכזי שמתקבל על המסך הוא הגדול ביותר. נמק את קביעתך.

התלמידים משחזרים את ניסוי פרנל באמצעות המערכת שמוצגת בתרשימים 1, 2 שלפניך :



תרשים 1 : מבט מלמעלה



תרשים 2 : מבט מן הצד

הזווית θ מגדירה את הרוחב של פס האור המרכזי (ראה תרשים 1).

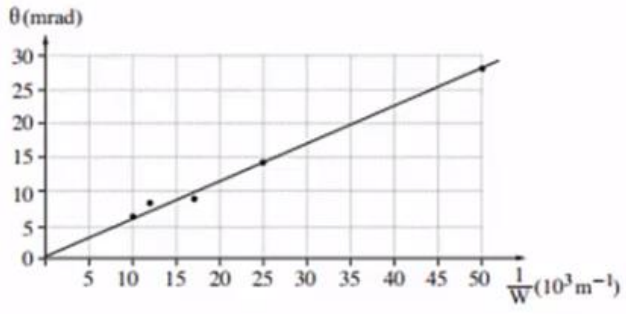
λ - אורך הגל של מקור האור (הלייזר).
L - מרחק התיל מן המסך.
W - קוטר התיל.
Δx - הרוחב של פס האור המרכזי.
נתון כי בתנאי הניסוי $\sin\theta \approx \tan\theta$.

ב. הוכח שבמערכת הניסוי מתקיים הקשר: $\Delta x = 2\frac{\lambda L}{W}$.

התלמידים משתמשים בתילים בעלי קטרים שונים, ומודדים עבור כל תיל את הזווית θ שעבורה מתקבלת על המסך נקודת הצומת הראשונה. את תוצאות המדידות הם מציגים בגרף של הזווית θ (במילי-רדיאן, mrad) כפונקציה של $\frac{1}{W}$.

קוטר התיל W נמדד במילימטרים (10^{-3}m).

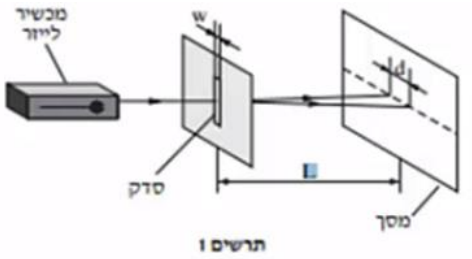
שים לב: בזוויות קטנות הנמדדות ברדיאנים $\sin\theta \approx \theta$.



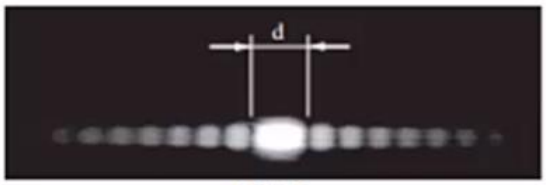
ג. הסבר מדוע העקומה היא קו ישר.
ד. חשב את אורך הגל של האור הנפלט מן הלייזר, ואת תדירותו.
ה. בסוף הניסוי אמר אחד התלמידים: "פרנל השתמש בניסוי שלו באור השמש, ולכן על המסך שלו התקבלה תבנית שאינה זהה לתבנית שאנחנו קיבלנו". האם צדק התלמיד? נמק את תשובתך.

8) בגרות 2013

לצורך חקירה של קרינת לייזר (מקור אור קוהרנטי) משתמשים במערכת המוצגת בתרשים 1, שבה קרינת הלייזר פוגעת בניצב ללוחית עם סדק יחיד. על המסך מתקבלת התמונה שבתרשים 2.



תרשים 1



תרשים 1

א. כאשר מעבירים אור באורך גל נתון דרך סדק, לא תמיד אפשר להבחין בתופעת העקיפה (גם אם המסך מספיק רחב).
איזה תנאי צריך להתקיים כדי שיהיה אפשר להבחין בתופעת העקיפה?

ערכו ניסוי ששינו בו את המרחק בין הסדק למסך, L, ומדדו את הרוחב של כתם האור המרכזי שהתקבל, d. ראה תרשים 1.
תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך:

2.00	1.70	1.50	1.00	0.50	$L(m)$
24.6	21	19	13	6.5	$d(mm)$

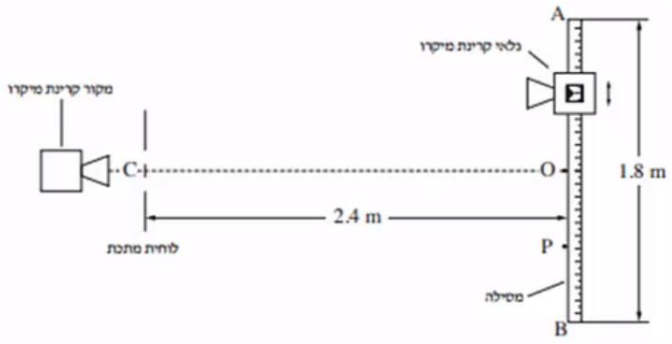
ב. סרטט גרף המתאר את הרוחב של הכתם המרכזי, d, כפונקציה של המרחק בין הסדק למסך, L.

ג. בעזרת הגרף שסרטטת מצא את אורך הגל כאשר רוחב הסדק הוא: $w=100\mu m$ $\left(100\times10^{-6}m\right)$. פרט את חישוביך.

ד. היעזר בגרף וחשב את הזווית בין האנך המרכזי לבין קו הצומת השני (מינימום מסדר שני). שמתקבל כאשר הרוחב של כתם האור המרכזי הוא: $d=20mm$. פרט את חישוביך.

9) בגרות 2012

אלומה צרה של קרינת מיקרו עוברת דרך לוחית מתכת ובה שני סדקים זהים.
המרחק בין מרכזי הסדקים הוא: 4cm. גלאי של קרינת מיקרו מוזז לאורך מסילה ישרה AB שאורכה: 1.8m ונקודת האמצע שלה O. המסילה מקבילה ללוחית ומרחקה ממנה: 2.4m (ראה תרשים).



OC הוא אנך אמצעי לישר המחבר בין הסדקים. כאשר הגלאי מוזז מנקודה O לעבר הקצה B, הנקודה P היא הנקודה השנייה שבה נקלטת בגלאי עוצמת קרינה מינימלית. המרחק OP הוא: $45cm$.

א. הוכח שהתדירות של מקור קרינת המיקרו היא בקירוב: $6\cdot10^{10}Hz$.

ב. חשב בכמה נקודות בין A ל-B יקלוט הגלאי עוצמת קרינה מקסימלית.

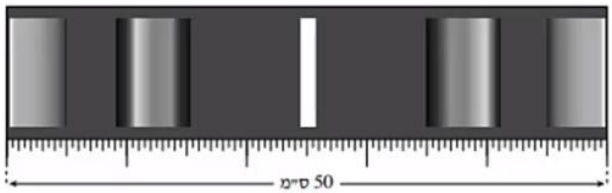
ג. מה צריך להיות המרחק המינימלי בין המסילה ללוחית (OC), כדי שהגלאי יקלוט עוצמת קרינה מקסימלית (התאבכות בונה) בין A ל-B רק בנקודה O? הסבר.

נתון כי רוחב הסדקים הוא: $2cm$ והמרחק בין הלוחית למסילה: $2.4m$.
מכסים את הסדק התחתון (הסדק שנמצא מול הקטע OB שבמסילה).
מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מהנקודה O אל הנקודה A.

ד. חשב באיזה מרחק מהנקודה O יקלוט הגלאי לראשונה עוצמת קרינה מינימלית.

10) בגרות 2011

כדי למצא את תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מנורת להט, משתמשים בסריג עקיפה בעל 80 חריצים למ"מ. מקרינים אלומה מקבילה של האור על סריג העקיפה במאונך לו. במרחק: $L=3m$ מהסריג, ובמקביל לו, נמצא מסך לבן שרוחבו 50 ס"מ.
באמצע המסך מתקבל פס אור מרכזי לבן. בכל אחד מצדי פס האור המרכזי רואים שני אזורי ספקטרום רציף, כמתואר בתרשים שלפניך (צילום בשחור-לבן).



א. קצה אחד של הספקטרום הרציף מהסדר הראשון הוא אדום, וקצהו השני הוא סגול. ידוע שתדירות האור האדום קטנה מתדירות האור הסגול. האם הפס האדום הוא בקצה הספקטרום הרחוק מאמצע המסך או הקרוב אליו? הסבר.

ב. היעזר בתרשים וקבע את הגבולות של תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מהנורה.

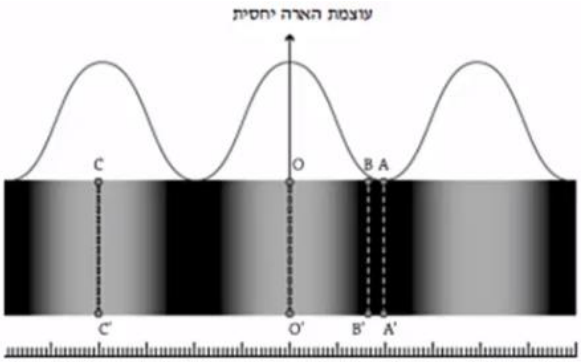
ג. הקצה הימני והקצה השמאלי של המסך נראים ירוקים.
חשב את התדירות של אור ירוק זה.

ד. מחליפים את הסריג בסריג אחר, בלי לשנות את מרחק הסריג מהמסך. כעת, בכל אחד מצדי פס האור המרכזי הלבן מתקבל על המסך אזור ספקטרום רציף אחד בלבד.
האם קבוע הסריג החדש גדול מקבוע הסריג הקודם, קטן ממנו או שווה לו? נמק.

ה. אפשר לקבל הפרדה לצבעים של אור הנורה גם על ידי העברת האור דרך מנסרת זכוכית משולשת. הסבר מדוע המעבר של האור דרך המנסרה גורם להפרדתו לצבעים.

11) בגרות 2009

מבצעים ניסוי שבו אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בניצב ללוחית שבה שני חריצים מלבניים מקבילים. המרחק בין שני החריצים הוא: $d = 0.02mm$. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק ביניהם. תבנית ההתאבכות של האור שעובר דרך החריצים מתקבלת על מסך המקביל ללוחית, ונמצא במרחק: $L = 1.5m$ ממנה. בתרשים שלפניך מתואר חלק מתבנית ההתאבכות שמתקבלת על המסך – פס אור מסדר אפס ושני פסי אור מסדר ראשון. (אזורי האור מסומנים בתרשים בלבן, אף על פי שאין מדובר באור לבן אלא באור מונוכרומטי). מעל התבנית מוצג גרף המתאר את עוצמת ההארה היחסית לאורך תבנית ההתאבכות שהתקבלה על המסך. מתחת לתבנית ההתאבכות מוצג סרגל שבו המרחק בין כל שתי שנתות סמוכות הוא 1 מ״מ.



א. מצא את רוחב פס האור מסדר אפס.

ב. חשב את אורך הגל של האור.

ג. עבור כל אחד מהקווים בתת-הסעיפים i-iv, ציין אם בנקודות שעל הקו מתרחשת התאבכות בונה או התאבכות הורסת, או אם הנקודות שעל הקו הן נקודות ביניים. הסבר את תשובותיך באמצעות המרחקים של הנקודות על הקו משני החריצים.

i. הקו OO'.

ii. הקו CC'.

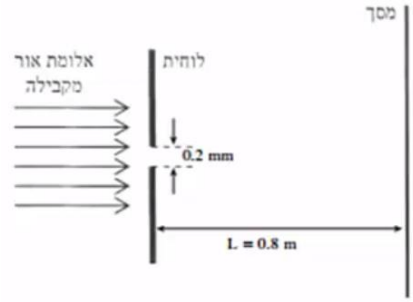
iii. הקו AA'.

iv. הקו BB'.

ד. חוזרים על ניסוי ההתאבכות עם אור בעל אורך גל קצר יותר.
ציין הבדל אחד (מלבד הצבע) בין תבנית ההתאבכות שתתקבל ובין התבנית המוצגת בתרשים.

12) בגרות 2008 שאלה 3

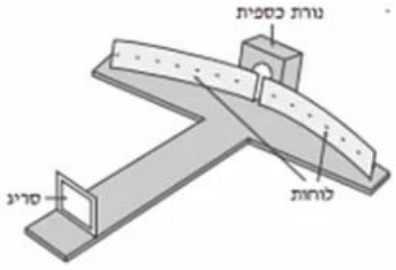
אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור שאורך הגל שלו : $\lambda = 500nm$ $(5000A)$
מוקרנת לעבר לוחית שבה חריץ מלבני שרוחבו : $w = 0.2mm$. האלומה עוברת דרך החריץ ופוגעת במסך המקביל למישור החריץ ונמצא במרחק : $L = 0.8m$ ממנו (ראה תרשים).



א. חשב את הרוחב (על המסך) של פס המקסימום המרכזי.
ב. חשב את הרוחב (על המסך) של פס מקסימום משני.
ג. מה ההבדל בין תבנית עקיבה זו ובין תבנית העקיבה שהייתה מתקבלת, אילו היו מחליפים את אלומת האור באלומה מקבילה של קרינה שאורך הגל שלה $0.2mm$ (0.2 מילימטר)? הסבר.
ד. הסבר מדוע גלי רדיו – בניגוד לגלי אור – עוקפים בניינים.

13) בגרות 2008 שאלה 2

בתרשים שלפניך מוצג ספקטרומטר סריג, המורכב משני לוחות קשתיים שביניהם רווח צר, וסריג עקיפה שחריציו אנכיים והקבוע שלו 5000 חריצים לס״מ. כל חלקי הספקטרומטר צבועים בשחור.
תלמיד מפעיל נורת כספית ורואה (ישירות, ולא דרך הספקטרומטר) שצבע הנורה סגול. התלמיד מציב את נורת הכספית מאחורי הרווח שבין שני הלוחות הקשתיים (ראה תרשים), ומתבונן דרך הסריג בתבנית העקיפה שהסריג יוצר.
בסדר הראשון הוא מבחין בארבעה קווים ספקטרליים.
זוויות הסטייה של קווים אלה מהקו המחבר את אמצע הסריג עם אמצע הרווח שבין הלוחות הן : $17.9°$, $16.9°$, $13.2°$, $12.3°$.



א. חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטרליים.
ב. מהו צבע האור בסדר אפס (פס המקסימום המרכזי) שהתלמיד רואה דרך הסריג? נמק.

ג. התלמיד מחליף את נורת הכספית בנורת להט (הפולטת אור לבן) ומתבונן דרך הסריג בספקטרום שמתקבל.

i. איזה שינוי יחול בסדר אפס לעומת סדר האפס שהתקבל בניסוי עם נורת הכספית?

ii. האם אופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת להט שונה מאופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת כספית? אם כן – תאר את השוני. אם לא – הסבר מדוע.

ד. ציין שימוש אחד בקרינה על-סגולה בחיי היום-יום.

14) בגרות 2007

גלי מיקרו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים, והתדירות שלהם היא בין: $1\cdot10^9\,Hz$ ל- $300\cdot10^9\,Hz$.

א. מהו אורך הגל המינימלי של גלי מיקרו בריק, ומהו אורך הגל המקסימלי של גלים אלה בריק?

ב. לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע לכל היגד אם הוא נכון או לא נכון:

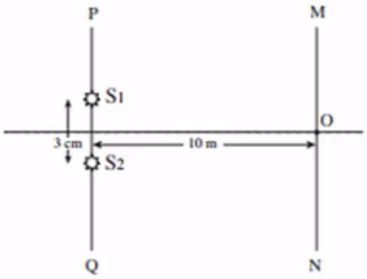
i. המהירות של גלים אלקטרומגנטיים בריק תלויה בתדירות שלהם.

ii. גלים אלקטרומגנטיים הם גלי אורך.

iii. גלי רדיו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

iv. גלים מחזוריים באמבט גלים נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

בניסוי בגלי מיקרו משתמשים בשני מקורות נקודתיים, S_1 ו- S_2, שפולטים גלי מיקרו שווי-מופע ושווי-משרעת. אורך הגל של כל אחד משני הגלים הוא: $1.2cm$. שני המקורות נמצאים על ישר PQ, במרחק: $3cm$ זה מזה. גלאי יכול לנוע לאורך מסילה MN, שמקבילה לישר PQ (ראה תרשים). המרחק בין המסילה MN לישר PQ הוא: $10m$. נקודה O, שעל המסילה MN, נמצאת במרחקים שווים משני המקורות.



ג. כשהגלאי נמצא בנקודה O הוא קולט עוצמת גל מקסימלית. הסבר מדוע.

ד. מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מנקודה O לעבר הנקודה M, עד שעוצמת הגל הנקלט היא שוב מקסימלית. חשב את המרחק שהגלאי עובר.

ה. הגלאי הוזז מהנקודה M אל הנקודה N לאורך המסילה MN, שהיא ארוכה מאוד. בכמה נקודות לאורך המסילה נקלטה עוצמת גל מקסימלית? הסבר.

ו. ציין שני שימושים טכנולוגיים בגלי מיקרו.

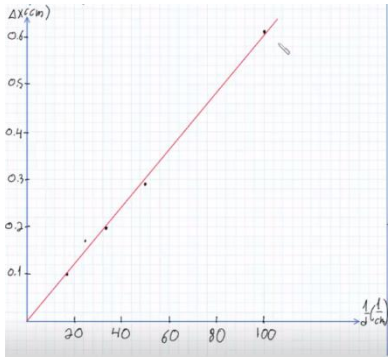
תשובות סופיות:

1) א.i. $\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d}$. ii. $\frac{1}{d}$.

ב.

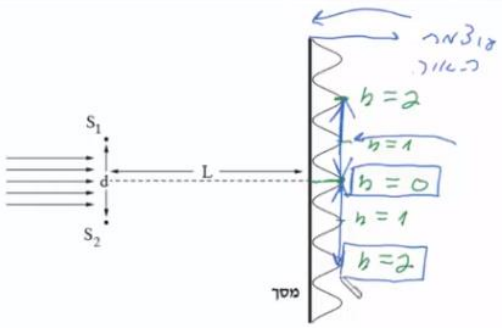
$\Delta x\,(cm)$	0.61	0.29	0.20	0.17	0.12	0.10
$\frac{1}{d}\left(\frac{1}{m}\right)$	100	50	33.3	25	20	16.7

ג.



ד. $\lambda = 500nm$.

ה.i.



ii. $h = 0.82cm$.

2) א. התאבכות בונה. ב. $\Delta x = 1.5cm$. ג. $\lambda_2 = 500nm$.

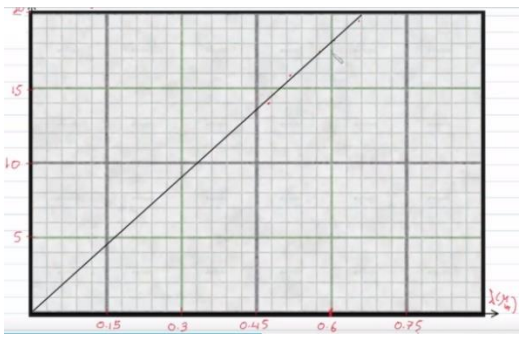
ד. λ_1 : התאבכות הורסת , λ_2 : התאבכות בונה. ה. הוכחה.

ו. $w = 0.06mm$.

3) א. ב + ח. ב. ג ↔ ד , ו ↔ ז. ג. $x = 0.355cm$. ד. $\lambda = 5.93 \cdot 10^{-7} m$.

ה. ראה סרטון. ו. שווה.

4) א. $AB = \frac{5\lambda \cdot L}{d}$. ב.

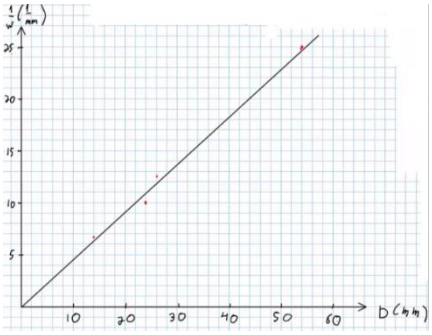


ג. $d = 0.5mm$.

ד. $\lambda = 500nm$.

5) א. λ , L , w .

ב.



ג. $\lambda = 648nm$.

ד. $D_1 = 27.5mm$.

ה. ראה סרטון.

6) א. $S_1P - S_2P = n \cdot \lambda$. ב. ראה סרטון. ג. קטן. ד. $\Delta x = 5.87mm$.

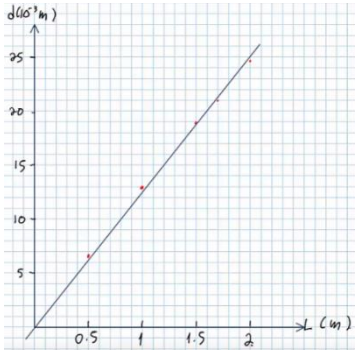
ה.

7) א. ניסוי i. ב. הוכחה. ג. ראה סרטון. ד. $\lambda = 571nm$.

ה. כן.

8) א. $\lambda \cong w$.

ב.



ג. $\lambda = 625nm$.

ד. $\theta_2 = 0.716°$.

9) א. הוכחה. ב. $n_{max} = 2$. ג. $L \geq 7.29m$. ד. $0.626m$.

10) א. רחוק. ב. $4.51 \cdot 10^{14} Hz \leq f \leq 7.2 \cdot 10^{14} Hz$. ג. $f = 5.78 \cdot 10^{14} Hz$.

ד. גדול. ה. ראה סרטון.

11) א. $\Delta x = 0.04m$. ב. $\lambda = 533nm$. ג.i. בונה. ii. בונה.

iii. הורסת. iv. נקודת ביניים. ד. פסי אור צרים וצופים יותר.

12) א. $\Delta x = 4mm$. ב. $\Delta x = 2mm$. ג. ראה סרטון. ד. ראה סרטון.

13) א. $\lambda_{17.9°} = 615nm$, $\lambda_{16.9°} = 581nm$, $\lambda_{13.2°} = 457nm$, $\lambda_{12.3°} = 426nm$.

ב. סגול (תערובת של הצבעים). ג.i. אור לבן. ii. שונה.

ד. טיהור מזון ומים.

14) א. $0.3m \geq \lambda \geq 1mm$. ב.i. לא נכון. ii. לא נכון. iii. נכון.

iv. לא נכון. ג. ראה סרטון. ד. $x_1 = 4.36m$. ה. $n_{max} = 2$.

ו. חימום מזון במיקרו , מכ"מ.