



סופרפוזיציה והתאבכות באור

מבוא

יש תינוקות שהמלה הראשונה שלהם היתה "אמא" יש שאמרו קודם "אבא" ויש שאומרים "במבה". המילים הראשונות של האלוהים היו "יהי אור"...

אחת השאלות המהותיות בהתהוותה של הפיסיקה בת זמננו היתה מה הוא אור? האם האור הוא סוג של גל או סוג של אלומת חלקיקים. כריסטיאן הויחנס - התומך הגדול של האור הגלי במאה ה-17 (1600-1700), לא הצליח למרות מאמציו הרבים למצוא ניסוי שיגרום לאור להתנהג בהתאם לתיאור המתמטי שהוא מצא להתנהגות גלים. היה זה אייזיק ניוטון שתמך בתורה החלקיקית שכבש את דעת הרוב. דווקא תגליתו של ניוטון שהאור הלבן ניתן לפיצול לכל צבעי הקשת באמצעות מנסרה, היא זו שאפשרה ב-1800 לתומאס יאנג להפריד מתוך אור לבן קרן אור חד צבעית שבעזרתה התחיל האור סוף סוף לקבל צורה של גל. בניסוי זה נשחזר באמצעות לייזר הליום - ניאון חד צבעי בצבע אדום את הניסוי החשוב של יאנג וננסה להבין את התופעה באמצעות עיקרון סופר פוזיציה הנובע מהתיאור הגלי של האור.

גל מחזורי: שינוי מחזורי במרחב ובזמן של תכונה כל שהיא של התווך.

אמפליטודת הגל: מידת השינוי המקסימאלית של אותה תכונה.

עקרון הסופרפוזיציה: האמפליטודה במקום/זמן בו שני גלים נפגשים תהיה הסכום

המקומי/זמני של האמפליטודה של שני הגלים.



סופר פוזיציה והתאבכות באור - הסבר תיאורטי

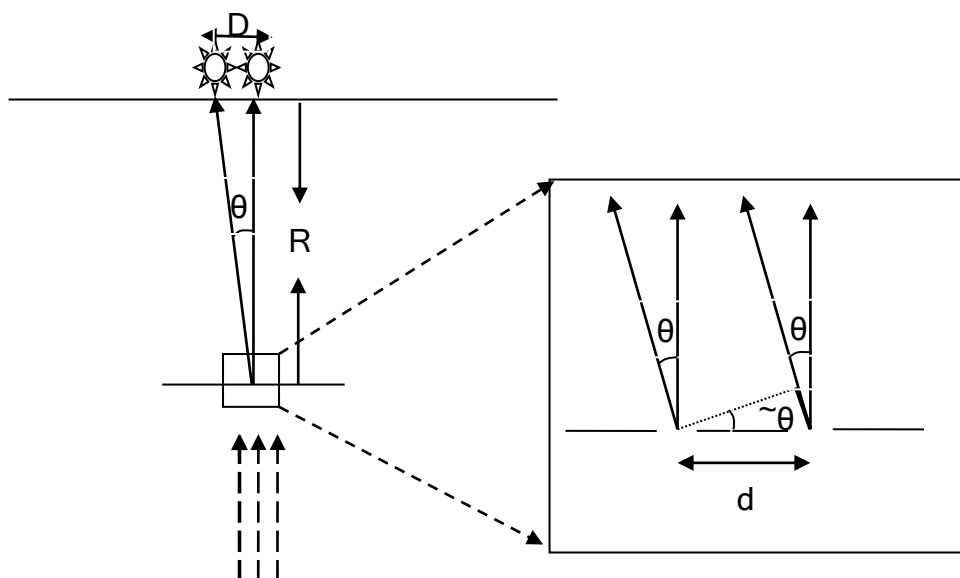
התלמידים יגיעו אלינו לאחר שכבר קראו עם המורה את החלק הראשון. העבודה שלנו תהיה להסביר להם את אופן העבודה עם אור השומר על פאזה. הסבר מהי פאזה של גל.

-שלב

Phase

נראה על הלוח איך מגיעים לנוסחה ממנה נקבל את אורך הגל אחר כך נציג הסבר לדיפרקציה כסוג של התאבכות.

1. ניסוי שני הסדקים :



נקבל את המרחק בין שתי נקודות מקסימום מתוך המרחק בין המקסימום המרכזי לזה שליידו. מקסימום מתקבל כאשר הפאזה המגיעה למסך משני הסדקים זהה וזה מוביל לתנודה מקסימאלי של השדות האלקטרומגנטיים. כאשר הזווית הקטנה θ נמדדת בראדיאנים (רדיאן - הזווית המתאימה לאורך הקשת במעגל השווה לראדיוס $\approx 57^\circ$) מתקבל היחס :

$$(1) \quad \tan(\theta) \approx \theta = D/R$$

נעשה זום על שני הסדקים - הציור מימין. הקרנים הכמעט אנכיות מתחברות במקסימום המרכזי. אלו בזווית מתחברות במרחק D ממנו (בשרטוט הגדול). המרכזיות, הן בעלות אורך זהה מטעמי סימטריה, כלומר אותו מספר של אורכי גל. אלו בזווית בעלות הפרש אורך השווה לקטע המודגש (בשרטוט הקטן). בשביל שיהיה מקסימום בזווית θ , אורך הקטע המודגש חייב להיות אורך גל אחד שלם כדי שהקרניים יפגשו שוב באותה פאזה. במקסימום הבא הפרש של שני אורכי גל וכו'. אורך הקטע המודגש בין שתי נקודות מקסימום הוא λ :

$$(1) \quad \lambda = d \cdot \sin(\theta) \approx d \cdot \theta$$

המשולש ישר זווית ולכן הגדרת הסינוס תקפה ושוב θ מאוד קטנה. נציב את המשואה 1 ב - 2 ונקבל :

$$\lambda = d \cdot D/R$$



הסדק הבודד יתנהג לפי אותה משוואה כי מקסימום יתקבל כאשר שני קצוות הסדק באותה פאזה ומינימום כשהם בפאזה הפוכה. במצב של פאזה הפוכה (כדאי לצייר על הלוח שני סינוסים עם פאזה הפוכה) לכל נקודה כשאנו מתקדמים מקצה הסדק למרכז יש נקודה סימטרית מהקצה השני של הסדק לכיוון מרכז הסדק שהאמפליטודה שלה בהיפוך סימן ולכן כל ההתאבכויות תהיינה הורסות. שהדיפרקציה היא גם תופעת התאבכות.

מהלך הניסוי

שני סדקים :

1. בעזרת דבק צלופן תלה דף נייר על הקיר כך שקרן הלייזר תפגע במרכז הנייר.
2. הנח שקופית שני סדקים כך שכתם אור הלייזר הפוגע בשקופית נח על שני סדקים.
3. סמן קווים על הנייר מעל 10 הנקודות הקרובות למרכז בהן עוצמת האור מקסימאלית. שים לב שיש ירידה בעוצמת הנקודות ואחריה שוב עליה בעוצמה וחוזר חלילה במחזור ארוך יותר. מתחת לפס המואר, סמן את נקודות המינימום אור של המחזוריות הארוכה לדיון מאוחר יותר.
4. בצע זאת עבור שני זוגות סדקים במרחקים שונים בין הסדקים ורשום את פירוט הסדקים והמרחק ביניהם עבור כל מדידה.
5. חשב את D המרחק הממוצע בין הנקודות.
6. מדוד את המרחק R בין השקופית לדף הנייר.
7. תוך שימוש בנוסחה שמתקבלת מתוך עקרון הסופר פוזיציה של הגל $\lambda \approx d * D / R$ – המרחק בין הסדקים, D – המרחק בין נקודות מקסימום אור, R – המרחק בין השקופית לדף הנייר) חשב את אורך הגל λ של הלייזר משתי המדידות. השווה עם נתוני הלייזר. השווה עם קבוצות אחרות את אורכי הגל שהם קיבלו

סדק בודד :

1. החלף את שקופית שני הסדקים בשקופית בעלת סדק בודד כך שהכתם פוגע ב – B pattern עם סדקים באותם עוביים כמו הסדקים שמדדתם כזוג.
2. כעת סמן את כל מקומות המינימום של האור מתחת לתפזורת האור.
3. והשווה עם המחזוריות הארוכה בניסוי שני הסדקים בעלי אותו רוחב. (תופעה זו זכתה בהיסטוריה לשם דיפרקציה או בעברית עקיפה אבל אנחנו כבר מבינים שגם זו היא תבנית של התאבכות של שני סדקים כהים בעלי רוחב אינסופי שהמרחק ביניהן הוא רוחב הסדק.)



4. מתוך המרחק בין נקודות מינימום סמוכות באחד הצדדים חשב את רוחב הסדק והשווה עם המפרט של השקופית. במקרה זה משתמשים באותה נוסחה אלא ש- d הוא רוחב הסדק. שים לב לכך שרוחב המקסימום המרכזי כפול.

סריג עקיפה :

1. החלף את שקופית הסדק הבודד בסריג ובעזרת נוסחת הסריג :

$$\frac{D}{R} = \tan \theta \approx \sin \theta = n \frac{\lambda}{d}$$

חשב את קבוע הסריג d .