

התפשטות גלי קול

מילות מפתח:

גל, פאזה (מופע), מהירות פאזה, גל עומד, נקודות צומת, נקודות טבור, גל רוחבי, גל אורכי.

הציוו הדריש: מחולל אותות, מחולל פולסים, אוסצילוסקופ, שפופרת, רמקול, מיתר, משקולות, גלגלת, שנאי וכבלים חשמליים, סרגל.

מטרות הניסוי:

- להכיר מושגים בנושא גלים.
- למדוד את מהירות הקול בשפופרת אור.
- למדוד מהירות גל רוחבי במיתר מתוח.

1. תיאוריה

1.1 גלים

גל הינו תנודה המתפשטת בתווך. ניתן להתייחס לתווך חומרי כאל אוסף של פרודות(מולקולות), כך שכל תנודה של פרודות ישפיעו על פרודות סמוכות בתווך ובצורה זו התנודה מתפשטת. לדוגמא הטלת אבן למים תגרום לגל על פני המים, גל זה יתפשט לכל הכיוונים גם לאזורים המרוחקים ממקום הטלת האבן. דוגמא נוספת, דנדוד קצה של מיתר מתוח יעורר תנודות במיתר כולו.

הפונקציה המתארת את הגל היא פונקציה שתלויה במיקום x , בזמן t ומתארת אותו בכל נקודה במרחב בכל רגע. נתמקד עתה בתנודה הרמונית בתווך חד ממדי (לדוגמא תנודות במיתר מתוח), הפונקציה המתארת את הגל תהיה

$$(1) \quad F(x,t) = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

כאשר: A - משרעת התנודה (אמפליטודה).

T - זמן המחזור (אם נתבונן בנקודה קבועה x או $F(x,t+T)=F(x,t)$)

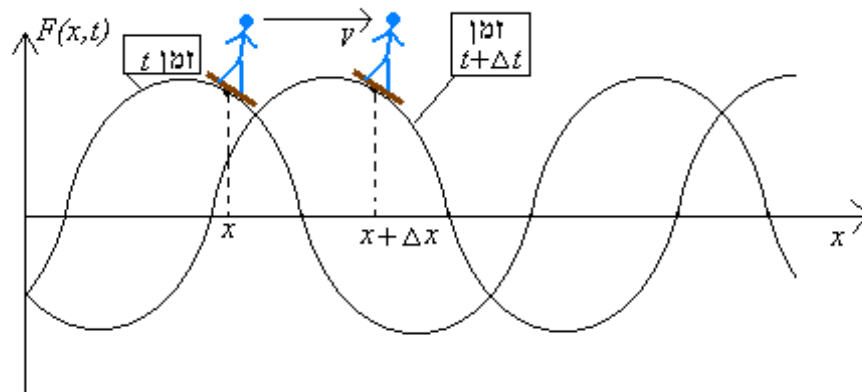
λ - אורך הגל (אם נתבונן בזמן מסוים t או $F(x+\lambda,t)=F(x,t)$).

תדירות הגל (f) היא מספר מחזורי התנודה בשנייה ומוגדרת לפי $f = \frac{1}{T}$,

התדירות נמדדת ביחידות הרץ ($Hertz$) כאשר: $1/sec = Hz$.

-התפשטות גלי קול-

הארגומנט של פונקציית הקוסינוס במשוואה (1) ידוע כמופע (פאזה) של הגל, להלן: פאזה, קביעת ערך הפאזה יקבע באיזו נקודה בתוך מחזור הקוסינוס אנו נמצאים. הגל המתואר במשוואה (1) הוא גל המתקדם בכיוון החיובי של ציר x , זאת מפני שאם נדרוש פאזה קבועה: $\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} = \text{const}$, נוכל לראות שכאשר t גדל x ידרש לגדול אף הוא על מנת שהתנאי יתקיים, כך שנקבל תנועה בכיוון x במהירות קבועה $V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$, מהירות זו נקראת מהירות הפאזה (איור 1) מהירות זו היא מאפיין של התווך.



איור 1: הגולש נע על פאזה קבועה והתקדם מרחק Δx בזמן Δt

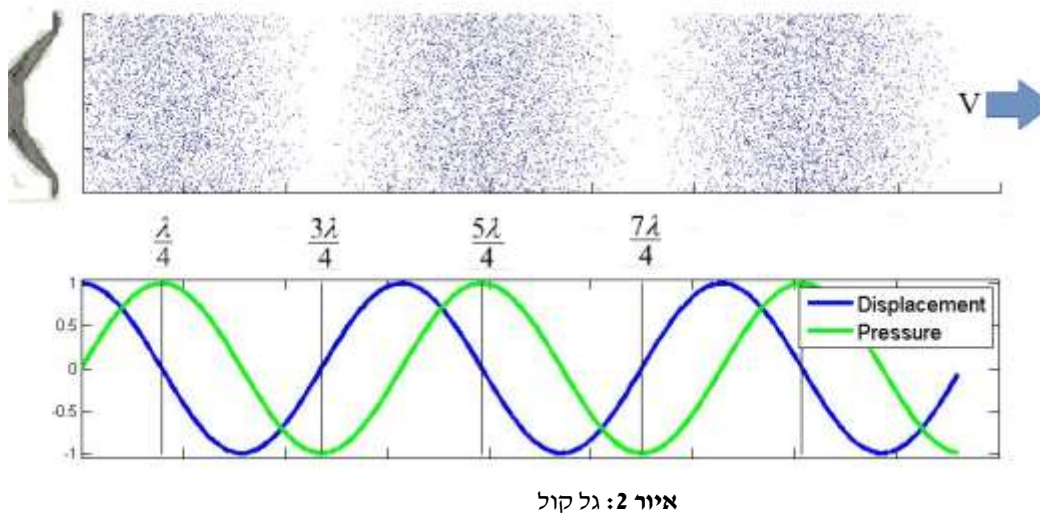
ניתן לייצר בתווך נתון גלים בעלי משרעות שונות, תדרים שונים ותנועה בכיוונים שונים. הגל הכולל הינו סכום כל הגלים בתווך - עקרון זה של חיבור הגלים נקרא עקרון הסופרפוזיציה.

כאשר גל מתקדם בתווך מסוים ופוגע במכשול (כמו קצה התווך, מעבר מתווך אחד לשני או כל עיוות אחר) חלקו עובר את המכשול וממשיך הלאה, וחלקו האחר מוחזר. לגלים העוברים והמוחזרים, יש תדר זהה אך תיתכנה משרעות שונות ואורכי גל שונים.

גלים בהם כיוון התנודה הוא בניצב לכיוון התקדמות הגל, כגון תנודות במיתר מתוח או גלים אלקטרומגנטיים הם גלים רוחביים (Transverse waves). גלים בהם כיוון התנודות הוא בכיוון התקדמות הגל הם גלים אורכיים (Longitudinal-waves), לדוגמא גל קול באוויר הוא גל אורכי, כאשר התנודה היא בשינוי בצפיפות התווך.

1.2 גלי קול

כשהדיאפראגמה-סרעפת של תוף, גרון, רמקול וכדומה רוטטת, נוצר גל קול המתקדם באוויר. גל הקול מורכב מתנועות קטנות של מולקולות האוויר שמתנדנדות בתדירות שבה הרמקול רוטט. תנועה זאת דומה להתקדמות של גלים במיתר. אפשר לתאר גלי קול כשרשרת של דחיסה ודילול (איור 2). כשהדיאפראגמה של רמקול נעה החוצה, האוויר שליידה נדחס ויוצר נפח קטן של אוויר בלחץ גבוה. הנפח הקטן הזה של האוויר בלחץ הגבוה יחסית דוחס את האוויר שעל ידו, שבתורו דוחס את האוויר שעל ידו, וכך הפרעה זו בלחץ מתקדמת מפני הרמקול. כשהדיאפראגמה של הרמקול נעה פנימה, נפח קטן של אוויר בלחץ נמוך יחסית נוצר ליד הדיאפראגמה. גם הדילול הזה מתקדם מפני הרמקול החוצה. באופן כללי, גל קול ממקור נקודתי מתקדם בכל הכיוונים. בניסיונות שלנו נבחן מקרה פשוט יחסית של התקדמות גלים בממד אחד.



1.2 גלים עומדים

כאשר שני גלים בעלי אותה תדירות ואותה משרעת נעים באותו התווך אך בכיוונים הפוכים נוצרת התאבכות בין הגלים, בכל נקודה הפרש הפאזה בין שני הגלים הוא קבוע כך שבנקודות מסוימות תיוצר התאבכות בונה (כאשר הפרש הפאזה יהיה כפולות שלמות של 2π) ובנקודות אחרות התאבכות הורסת. כתוצאה מכך נוצר גל עומד שהוא גל שהמשרעת שלו משתנה כתלות במיקום¹.

ניתן לתאר בצורה מתמטית גל עומד באמצעות חיבור של שני גלים :

¹ מומלץ מאוד להיכנס לשתי הסימולציות הבאות : [גלים במיתר](#), [גלים עומדים](#) לצורך המחשת הנושא.

-התפשטות גלי קול-

נבטא את שני הגלים כ y_1, y_2

$$(2) \quad \begin{aligned} y_1 &= A \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \\ y_2 &= A \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \end{aligned}$$

את תוצאת ההתאבכות ביניהם ניתן לתאר כסכום שני הגלים :

$$(3) \quad \begin{aligned} y_{(1+2)} &= A \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) + A \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \\ &\quad \Downarrow \\ y_{(1+2)} &= \underbrace{2A \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)}_{A_{x(1+2)}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \end{aligned}$$

הביטוי $2A \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ שמופיע בנוסחה (3) אינו תלוי בזמן ולכן ניתן

להתייחס אליו כאמפליטודה החדשה בעקבות חיבור הגלים. ניתן לראות שהאמפליטודה החדשה משתנה בצורה מחזורית כתלות ב x .

עבור $x = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4} \dots$ המשרעת תתאפס, נקודות אלו קרויות נקודות

צומת (nodes) ואילו כאשר $x = 0, \frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3\lambda}{2}, \dots$ המשרעת מקסימאלית

ותהיה שווה ל $2y_0$ נקודות אלו קרויות אנטי-צומת (antinodes).

1.3 גלים עומדים בשופרת ותדרי תהודה (רזוננס)

המחשה פשוטה ביותר לגל עומד מתקבלת במיתר ששני קצותיו מעוגנים בנקודות קבועות. כל גל שנוצר במיתר מוחזר משני הקצוות וכתוצאה מהתאבכות הגלים, נוצר גל עומד. גלים עומדים נוצרים גם בשופרת אויר כשגלי קול אורכיים מוחזרים מקצות שופרת אוויר.

למעשה גל הקול מוחזר פעמים רבות אחורה וקדימה מהקצוות של השופרת וההחזרות הללו מתאבכות האחת עם השנייה.

בתדירויות תנודה ספציפיות, כל הגלים המוחזרים יהיו באותה פאזה והגל העומד הנוצר יהיה בעל משרעת מכסימלית. תדירויות אלו נקראות תדירויות תהודה (רזוננס), עבור תדירויות אחרות ההחזרות יבטלו אחת את השנייה והמשרעת תדעך (זאת הסיבה שבכלי נשיפה ומיתר מתקבל גל בתדר בודד).

-התפשטות גלי קול-

הנוסחאות והדיאגרמות לעיל מהוות קירוב בלבד למצב האמיתי בעיקר בגלל שהתנהגות הגלים בקצוות השפופרת (במיוחד בקצה הפתוח) תלויה בגורמים כמו קוטר השפופרת ותדירות הגלים.

התיאור האמיתי עבור שפופרת פתוחה ניתן ע"י המשוואה הבאה:

$$(3) \quad L + 0.8d = n \frac{\lambda}{2} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

כאשר: d הוא קוטר השפופרת.

1.5 תרגיל הכנה

1. הראה שמשוואת הגל בנוסחה (1) יכולה להיות מבוטאת גם בצורה הבאה:

$$F(x, t) = A \cos\left[2\pi \cdot f \left(t - \frac{x}{V}\right)\right]$$

2. ידוע שבאוויר בטמפרטורה של 0 מעלות גלי הקול ינועו במהירות של 331 מטרים לשנייה מה יקרה אם המדידה הייתה מתבצעת בטמפרטורה גבוהה יותר?

3. באלומיניום בטמפרטורה של 20 מעלות - גלי הקול ינועו במהירות של 5090 מטרים לשנייה במים בטמפרטורה של 0 מעלות - גלי הקול ינועו במהירות של 1410 מטרים לשנייה מה ניתן להסיק מהנתונים הללו?

2. מהלך הניסוי

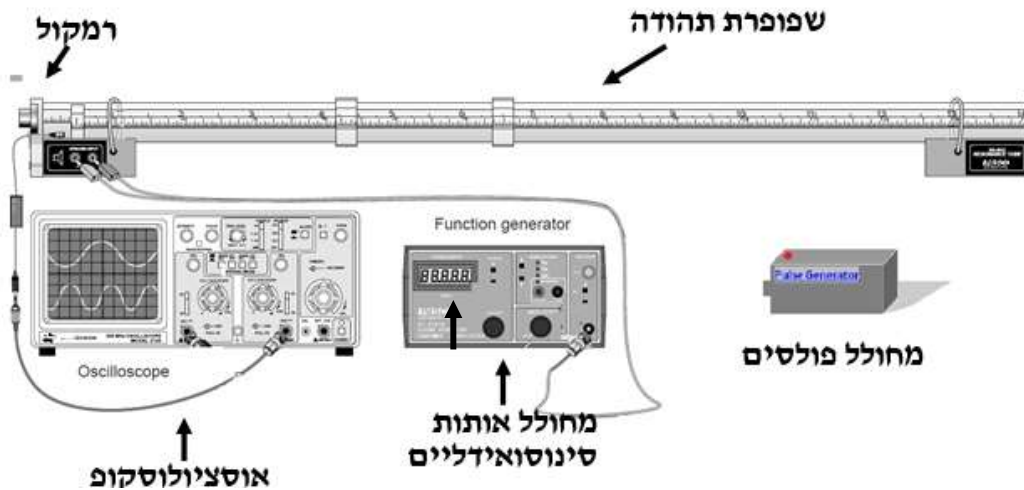
2.1 תיאור המכשור בניסוי

- שפופרת באורך 90 ס"מ עם סקלה מטרתית. שפופרת האוויר מאפשרת חקירה של התקדמות גלי קול באוויר במימד אחד וכן חקירת תבניות של גלים עומדים בשפופרת פתוחה או סגורה.
- שתי עמדות לקיבוע השפופרת, אחת מהן כוללת רמקול.
- מיקרופון זעיר עם מגבר וחיבור קואקסיאלי לאוסצילוסקופ.
- מחולל פולסים בתדר 10 Hz.
- מחולל אותות סינוסואידלי.
- אוסצילוסקופ.

הניסוי שלנו כולל שלושה שלבים :

2.2 מדידת תדירויות רזוננס בשפופרת פתוחה

1. תבנו את המערכת המתוארת באיור 3. מקמו את המיקרופון בחריץ המתאים מתחת לרמקול. ניתן להסיט את המיקרופון לאורך השפופרת.



איור 5 : המערכת הניסיונית

הערה חשובה: אם המתח לרמקול יהיה גבוה מדי אתה תקלקל את הרמקול. לכן תעלו את המתח בזהירות. הרמקול צריך להשמיע קול שניתן לשמוע אותו בברור, אבל לא בעוצמה רבה. שים לב לעובדה שמחולל האותות יעיל יותר בתדירות גבוהות, לכן ייתכן שאתה תצטרך להוריד את המתח בתדירויות גבוהות.

2. תפעילו את האוסצילוסקופ (הוראות שימוש בסקופ מדגם Hantek DSO5102P מופיעות בנספח בסוף התדריך).
3. תפעילו את המגבר של המיקרופון ואת מחולל האותות (הוראות השימוש במחולל מסוג FG1617 מופיעות בנספח).

- ❖ הערה: החוטים והכבלים בניסוי רגישים לתזוזות, השתדלו לא למשוך את החוטים בחוזקה ולהיזהר איתם בעת הזזת המיקרופון לאורך השפופרת.
 - ❖ במידה ומתקבל בסקופ אות מאוד רועש (עם הרבה הפרעות) ניתן להחליק אותו באמצעות דגימת מספר אותות בזמן ומיצוע. לשם כך, לאחר קבלת האות על המסך, לחצו על הלחצן Acquire, בתת תפריט של (F2) Mode בחרו Average ו-4 דגימות.
4. תלחצו על הלחצן Autoset בסקופ הדיגיטלי לסנכרון הסקופ עם אות הכניסה. הלחצן קובע באופן אוטומטי את המצב האופטימלי להצגת האות ומציג את האות בצורה ברורה. ניתן להשתמש בלחצן ברגע שלא מצליחים להסתנכרן על האות באופן ידני.
 5. מקמו את המיקרופון באמצע השפופרת וצרו אות סינוס בתדר 100 Hz בעזרת המחולל. העלו את העוצמה באיטיות עד שתשמעו קול מהרמקול (אסור שהעוצמה תעבור את מחסום ה-5 וולט אחרת תקלקל את הרמקול).
 6. תעלו את התדירות של גלי הקול והקשיבו בזהירות. באופן כללי עוצמת הקול תהיה גבוהה יותר עם העלאת התדירות מאחר והרמקול יעיל יותר בתדירויות גבוהות. עם זאת שימו לב בסקופ (בתדירויות גבוהות גם בשמיעה) למקסימום יחסי ברמת הקול- כאשר תעלו את התדירות. בתדירות מסוימת תגיעו למקסימום המצביע על מוד תהודה בשפופרת.
 7. תמצאו את תדירות התהודה הנמוכה ביותר, ורישמו את הערך שלה.
 8. תמשיכו לעלות את התדירות ותמצאו חמש תדירויות תהודה נוספות.
 9. התקדמו עם המיקרופון מתחילת השפופרת עד סופה, ותבדקו את מספר "נקודות הטבור" המתקבלות עבור כל תדר תהודה שמצאתם קודם.

-התפשטות גלי קול-

10. התנאי לתדירות תהודה בשפופרת פתוחה הנתון במשוואה 2 ניתן גם לניסוח בצורה הבאה :

$$\begin{aligned}v &= f \lambda \\L &= n \frac{v}{2f} \\n &= \frac{2L}{v} f\end{aligned}\quad (4)$$

כאשר: L - אורך השפופרת, λ - אורך הגל, f - התדירות, v מהירות הקול ו- n מספר המוד.

11. ציירו גרף המתאר את מספר נקודות הטבור כפונקציה של תדירות הרזוננס וחשבו בעזרתו את מהירות הקול בשפופרת. תבדקו אם התוצאה שקיבלתם קרובה למהירות המקובלת של הקול $v = 331.5 \frac{m}{sec} + 0.607T$ כאשר T היא הטמפרטורה במעלות צלזיוס.

12. הציגו את תדרי התהודה שמצאתם כאשר הם מחולקים בתדר הבסיס

$$? \quad \frac{f_1}{f_1}; \frac{f_2}{f_1}; \frac{f_3}{f_1} \dots$$

2.3 מדידת מהירות הקול באמצעות הדים

1. עבור מדידה זו תחליפו את מחולל הפונקציות במחולל הפולסים. מקמו את המיקרופון בתחילת השפופרת בצמוד לרמקול.
2. תפעילו את האוסצילוסקופ.
3. תפעילו את מגבר המיקרופון ואת מחולל הפולסים (אותות צרים בתדירות קבועה של 10 Hz במדויק).
4. תלחצו על הלחצן Autoset בסקופ הדיגיטלי לסנכרון הסקופ עם אות הכניסה. על המסך תתקבל תמונה הדומה לאיור 6.
5. בצעו כיוון צירים בצורה ידנית באוסצילוסקופ עד שאתם רואים את ההדים בצורה ברורה על המסך. אתה תראה סדרה של הדים המוחזרים מספר פעמים מהקצה של שפופרת התהודה, בדומה לנראה באיור 6.
6. מדדו את הזמן בין ההד הראשון לשני ולשלישי. (ניתן להיעזר בלחצן cursor אשר מאפשר למקם סמנים על האות ולבצע מדידות בתחום המסומן)

-התפשטות גלי קול-

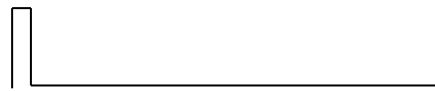
7. המרחק שעבר הקול מההד הראשון ועד להד השני הוא פעמיים אורך השופרת. ולכן מהירות הקול היא:

$$v = \frac{2l}{t}$$

כאשר t הוא הזמן בין ההדים עוקבים.

8. תחשבו את מהירות הקול לפי הנתונים שקיבלת בניסוי זה. הגדלת דיוק המדידה של מהירות הקול יכולה להתקבל כאשר אתם מודדים את הזמן שבין הפולס הראשון לשלישי ($4L$).

אות התחלתי



ההדים



Time from initial pulse until echo

איור 6: עקבה של האוסצילוסקופ המתארת את האות התחלתי (למעלה) ואת ההדים של הקול שהוחזרו מהקצה השני של השופרת. המיקרופון מודד את השינוי בלחץ.

הערה: בתום הניסוי העבירו את המתג של מגבר המיקרופון למצב off.

2.4 מדידת מהירות גל רוחבי במיתר מתוח

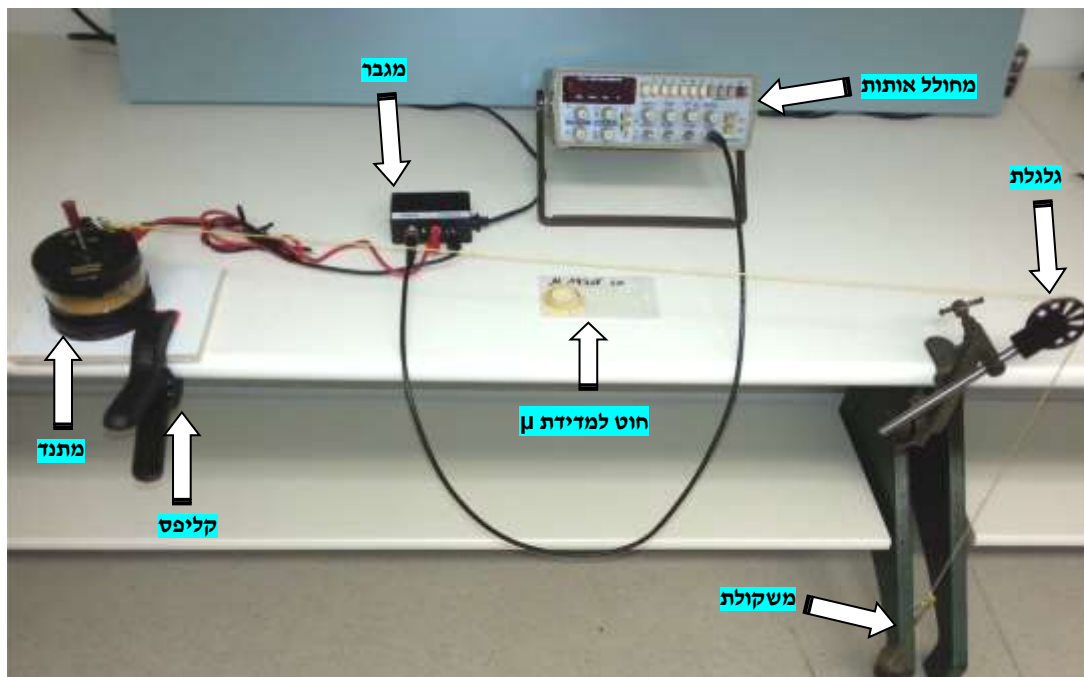
2.4.1. אורך קבוע, מסה ותדר משתנים

במיתר מתוח ניתן לעורר גל רוחבי המתאר את תזוזת המיתר ממצב שיווי משקל. מהירות הפאזה במיתר נתונה ע"י

$$V = \lambda f = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{mg}{\mu}} \quad (5)$$

כאשר F המתוחות במיתר, μ צפיפות המסה ליחידת אורך (m/L), f תדירות התנודות. במיתר מתוח המוחזק בשני קצותיו ניתן לעורר גלים עומדים, כאשר הקצוות משמשים נקודות צומת. המרחק בין שתי נקודות צומת סמוכות הוא מחצית אורך הגל, לכן, המיתר חייב להכיל כפולה שלמה של חצאי אורך גל.

1. תבנו את המערכת המתוארת באיור 7.



איור 7: מיתר מתוח ע"י משקולת. המיתר מתנודד בתנועה רוחבית, במיתר נוצר גל עומד.

-התפשטות גלי קול-

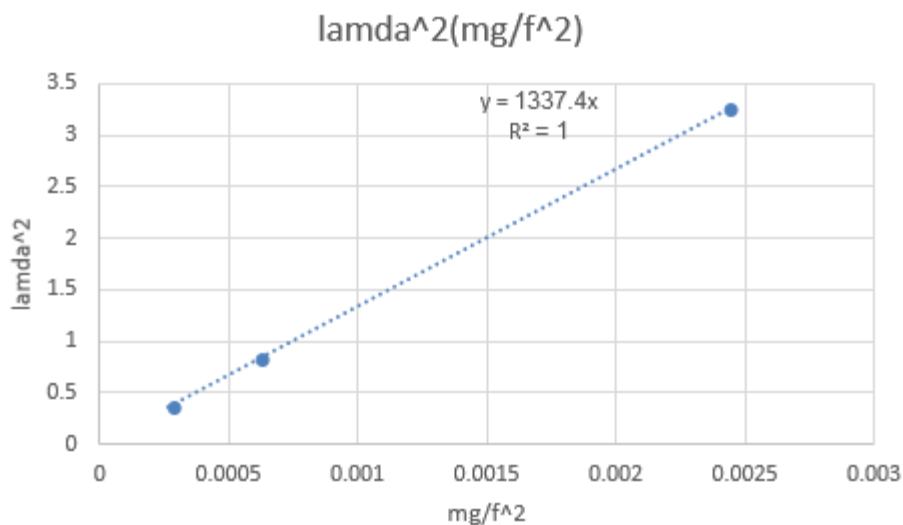
2. וודאו שהלחצן "20dB-" (אם קיים) לחוץ במחולל האותות. חברו את יציאת ה-BNC של המחולל (Output) לכניסת המגבר (Input) להגברת אות המחולל.
3. חברו את היציאה של המגבר (Output) לכניסת המתנד בעזרת שתי כבלי בננה בננה. חברו את המגבר לחשמל.
4. תתלו מחזיק משקולות בקצה של החוט.
5. תמדדו את אורך החוט בין המתנד לגלגלת.
6. תפעילו את המחולל בתדר 0 וכוונו את האמפליטודה של המחולל לחצי עוצמתו.
7. עבור אורך חוט קבוע (וודאו שהמתנד מקובע ולא יזוז במהלך פעולתו), תעלו באיטיות את תדר המחולל עד שתתקבל תבנית טובה של גלים עומדים (רזוננס).
8. תמדדו את המרחק בין שתי נקודות צומת סמוכות.
9. רישמו במחברתכם את התדר, בו התקבל הרזוננס ואורך הגל שקיבלתם עבור תדר זה.
10. תמשיכו לעלות את התדר ותמצאו שני תדרי תהודה נוספים.
11. רישמו את אורכי גל שקיבלתם עבור תדרים אלו.
12. תחזרו על סעיפים 6-11 פעמיים נוספות תוך הוספת משקולות של 50 גר' כל פעם.
13. תשקלו את חתיכת החוט למדידת μ ותמדדו את אורכו. תחשבו את צפיפות המסה ליחידת אורך- μ של החוט ($\mu = m/L$). החוט שבניסוי בעל μ זהה לחוט שמדדתם.
14. ניתן לסדר את המשוואה 5 בצורה הבאה:

$$\lambda^2 = \frac{mg}{f^2} \cdot \frac{1}{\mu} \quad (6)$$

- ניתן לבנות גרף לינארי כמו שמתואר באיור 6 ולמצוא את μ מתוך שיפוע הגרף.
15. תבנו גרף לינארי המתאר את משוואה 6 ותמצאו את μ מתוך שיפוע הגרף.
 16. תחזרו על סעיף 15 עבור 2 מסות נוספות שבדקתם בסעיף 12 ותמצאו μ ממוצע מתוך שלושת הגרפים.

-התפשטות גלי קול-

17. תשוו את μ הממוצע מתוך הגרפים ל- μ שמדדתם בצורה ישירה בסעיף 13.



איור 6: גרף לדוגמה של λ^2 כפונקציה של $\frac{mg}{f^2}$ (מסה קבועה)

הרחבה לניסוי 2.4 . (יבוצע על פי דרישת המדריך)

2.4.2. תדר קבוע, מסה ואורך החוט משתנים

1. תתלו מחזיק משקולות בקצה של החוט.
2. תפעילו את המתנד בתדר $f = 50\text{Hz}$, והזיזו אותו קדימה או אחורה עד שתתקבל תבנית טובה של גלים עומדים.
3. תמדדו את המרחק בין שתי נקודות צומת סמוכות ותחשבו את אורך הגל.
4. תחזרו על סעיפים 2 ו-3 שלוש פעמים נוספות תוך הוספת משקולת של 50 gr כל פעם.
5. תבנו גרף לינארי המתאר את משוואה 6 ותמצאו את μ מתוך שיפוע הגרף.
6. תחשבו מתוך הגרף את μ ותשוו לערך שמדדתם בצורה ישירה.

2.4.3. מסה קבועה, תדר קבוע, אורך החוט משתנה

1. וודאו שאורך החוט מהמתנד עד למחזיק משקולות לא עולה על 125cm.
2. תתלו מחזיק משקולות בקצה של החוט.
3. הרחיקו את המתנד מהגלגלת למרחק המקסימאלי האפשרי.

-התפשטות גלי קול-

4. תפעילו את המתנד בתדר $f = 50\text{Hz}$, והזיזו אותו לאט קדימה עד שתתקבל תבנית טובה של גלים עומדים.
5. תמדדו את המרחק בין שתי נקודות צומת סמוכות ותחשבו את אורך הגל.
6. תמשיכו לקרב את המתנד לגלגלת עד לקבלת הרזוננס הבא ותחזרו על סעיף 5.
7. תמשיכו לקרב את המתנד לגלגלת עד לקבלת הרזוננס השלישי ותחזרו על סעיף 5.
8. בצעו ממוצע בין שלושת אורכי הגל שהתקבלו והשתמשו בנוסחה 5 לחישוב ה- μ .
9. תשוו את ה- μ שקיבלת בסעיף 8 לערך שמדדתם וחישבתם בצורה ישירה.
10. בצעם סיכום ומסקנות לניסוי.

נספחים

הוספת אות חיצוני

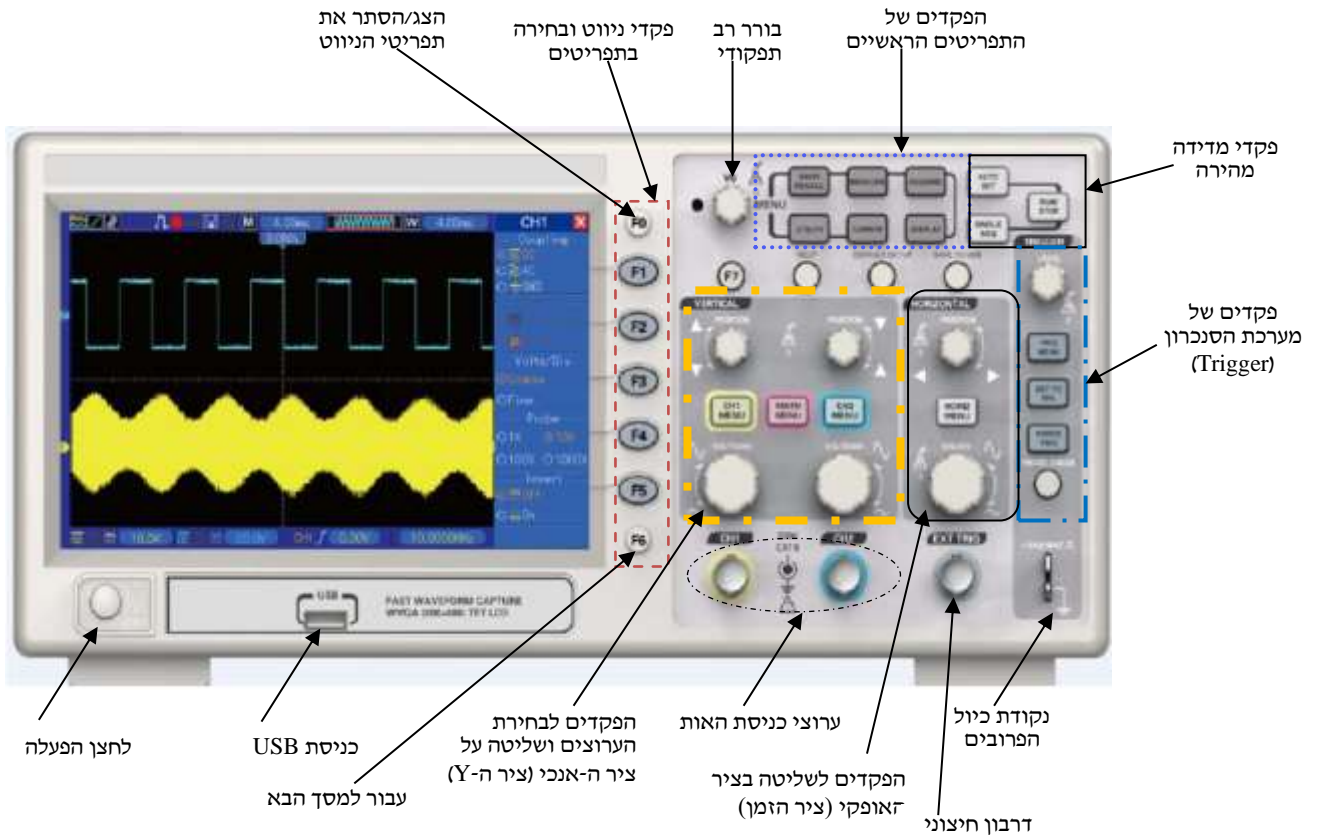


איור 7: מחולל האותות

- חבר את מחולל האותות לרשת החשמל.
- תפעילו את המחולל ותמצאו את שקע היציאה Output. חבר כבל קואקסיאלי - BNC בין יציאת המתח של המחולל (Output) לכניסת המכשיר שדורש הכנסת אות חיצוני.
- בניסוי "גלים בשפורפרת" משתמשים בכבל BNC-Banana המתחבר לרמקול שבתחילת השפורפרת.
- בניסוי "גלים עומדים במיתר" מתחברים עם כבל BNC-BNC לכניסת המגבר (Input).
- באמצעות כפתור - Amplitude מכוונים את משרעת האות היוצא מהמחולל.
- באמצעות כפתור - FREQ מכוונים את תדר האות היוצא מהמחולל.
- באמצעות כפתור - FINE מבצעים כיוון עדין של התדר.

Scope Hantek DSO5102P manual

א. התבונן בחזית הסקופ ובאיור 1. שים לב שפני הסקופ מחולקים לתחומים המוקפים בצבעים שונים.



איור 1: תיאור חזיתי של האוסצילוסקופ.

פירוט הפקדים:

Vertical controls



Vertical position knob: בורר זה שולט על המיקום האנכי של הגל המופיע על המסך. לחיצה על הבורר תחזיר את הגל למרכז המסך.

Menu (CH1, CH2): מציג תפריט אפשרויות פעולה אנכית עבור כל ערוץ. מספר לחיצות על הלחצן תציג או תסתיר את הערוץ הנבחר על המסך.

Math menu: לחצן זה מאפשר לבצע פעולות מתמטיות על האותות המופיעים על המסך

Volt/Div: בורר זה שולט על קנה המידה של עוצמת המתח (ציר Y) של האות המופיע על המסך. בעזרת הבורר ניתן לשנות את קנה המידה האנכי של האות. מדידת עוצמת המתח תבצע באמצעות שנתות המופיעות על המסך.

Horizontal controls



Horizontal position knob: בורר זה שולט על מיקום ה-trigger לאורך ציר ה-X, ניתן להזיז את הגל המופיע לאורך ציר האופקי על המסך. לחיצה על הבורר תחזיר את האות למרכז המסך.

Horiz menu: אופציות שליטה נוספות על ציר האופקי. מאפשר פיצול המסך והתבוננות בקטע נבחר של האות.

Sec/Div: בורר זה שולט על קנה המידה של ציר הזמן. ניתן לכווץ או להרחיב את האות לאורך ציר האופקי.

Menu functions controls



Save/Recall: תפריט המאפשר שמירה של האות המוצג על גבי המסך בצורת תמונה או בצורת קובץ נתונים (csv). ניתן לשמור בזיכרון המכשיר או בכונן USB.

Measure: מציג מדידות אוטומטיות של ערכים שונים באות המוצג.

Acquire: אפשרויות שונות של לכידת האות מהערוץ והצגתו על המסך.

Utility: הגדרות וכיולים שונים של המכשיר.

Cursor: מאפשר למקם סמנים על האות ולבצע מדידות בתחום המסומן.

Display: אופציות שונות להצגת האות, בין היתר ניתן לבחור תצוגת מצב XY.

Fast Action Buttons



Auto Set: קובע באופן אוטומטי את המצב האופטימלי להצגת האות ומציג את האות בצורה ברורה. ניתן להשתמש בלחצן ברגע שלא מצליחים להסתנכרן על האות באופן ידני.

Single Seq: לוכד את האות באופן חד פעמי ועוצר את הלכידה.

Run/Stop: מאפשר לכידת האות באופן רציף או לעצור את הלכידה.

Help: קבלת מידע ועזרה מהירה.

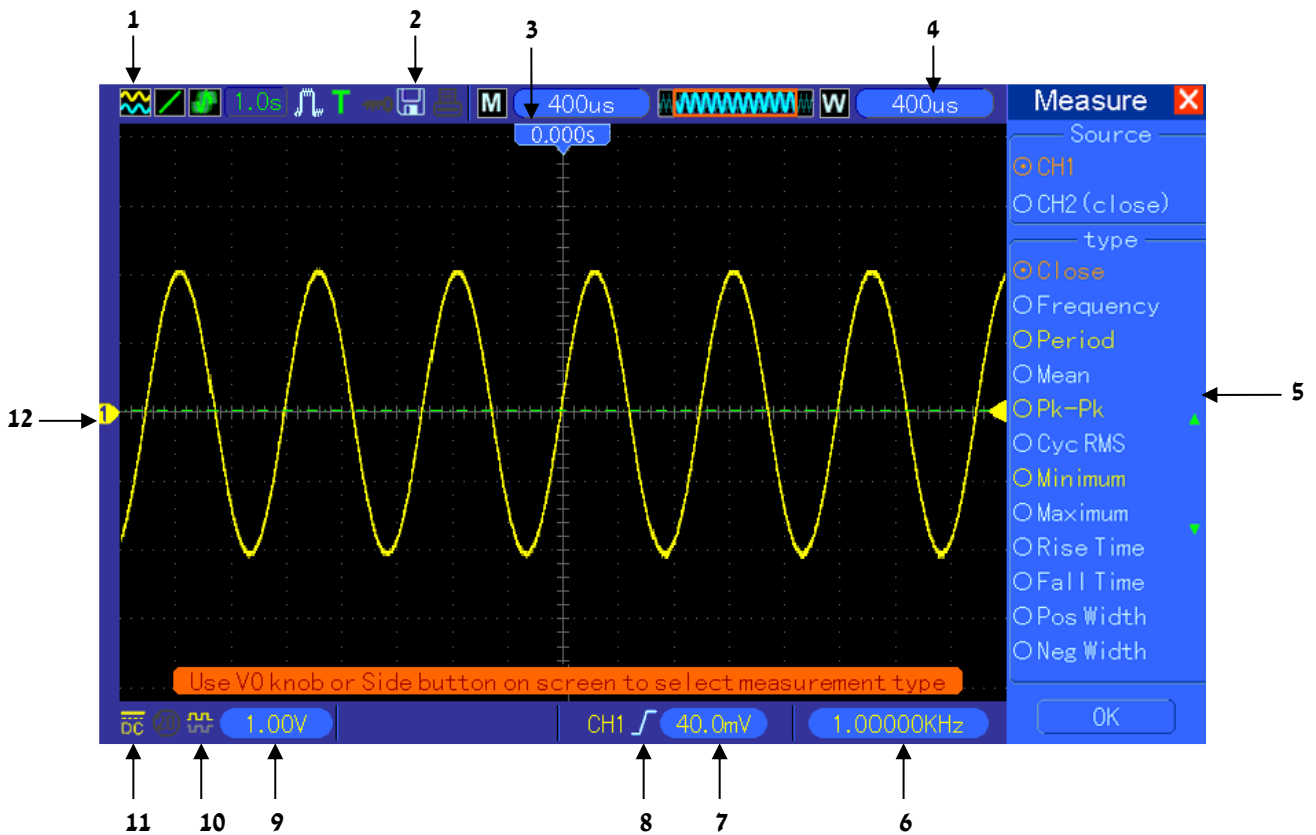
Default Setup: מחזיר את הגדרות ברירת המחדל של המכשיר. **שימו לב**: לאחר הלחיצה יש להחזיר את הנחתת הערוץ למצב x1, אחרת מתח של אות הכניסה יונחת פי 10.






Ch1/2 menu → F4 → 1x

-התפשטות גלי קול-

Save To Usb: מבצע צילום מסך ושומר אותו בכונן USB בקובץ תמונה.

צג המשתמש של ה-Scope הדיגיטלי:



1. מציין את צורת הצגת האות: מצב Y/T  (עוצמת המתח כתלות בזמן) או מצב XY  (הצגת עקומת ליסגיו).
2. מופיע סימן של דיסקט  - המשמעות היא שהוכנס דיסקט און קי.
סימון זה מצביע על חיבור המכשיר למחשב. 
3. מיקום האות על ציר הזמן יחסית למרכז המסך.
4. בסיס הזמן של המכשיר. מדידת הזמן מתבצעת באמצעות המשבצות האופקיות. למשל אם הערך המופיע הוא 1ms, ואורך הצג הוא 10 משבצות, אז נראה 10ms של הסיגנל על הצג.
5. תפריטי פעולה. ניתן לבחור ולנווט בין התפריטים השונים באמצעות הלחצנים F1-F6.
6. התדר של האות.
7. מציין את המיקום האנכי של ה-trigger.
8. סוג ה-trigger (בעליה , בירידה  וכו')

-התפשטות גלי קול-

9. רזולוציית עוצמת המתח, למשל אם הערך המופיע הוא 1v וגובה האות הוא 5 משבצות, אז עוצמת המתח של הסיגנל הנכנס הוא 5V.
10. מציג האם הגל הוא הפוך או לא.
11. צורת הצימוד של האות (DC, AC, Ground coupling) – מציג את האות כפי שהוא מתקבל. AC – מציג את האות ללא רכיב DC. Ground – מציג את רמת ה-DC של האות.
12. סימון הערוץ.

הערות כלליות

- א. בתפריט המשנה (בצד ימין) של המסך, האופציה שנבחרה מסומנת בצבע אדום.
- ב. לפני ביצוע המדידות נא לוודא את הגדרת ההנחתה של כל ערוץ. לקבלת ערכים אמתיים של עוצמת המתח יש ללחוץ על כפתור ה-ch1/2 menu ותחת התפריט probe לשנות את ההנחתה ל-1x ע"י לחיצה על F4.
- ג. בתחילת ביצוע המדידה או במקרה טעות כלשהיא תמיד ניתן ללחוץ על כפתור Autoset ולהביא את תצוגת האות למצב האופטימאלי.
- ד. הבקרה על ציר האנכי (אמפליטודה) של כל ערוץ מתבצעת בנפרד, אך בסיס הזמן לשני הערוצים הוא משותף.
- ה. בצדו הימני של המסך, ליד חמשת הלחצנים (F1-F5) מופיעה כתובית המתארת את תפקידו הנוכחי של הלחצן.
- ו. במהלך הניסוי ניתן לשמור את התמונה או המידע המוצג על גבי המסך. על מנת לשמור את המידע, Disk on key חייב להיות בפורמט FAT32, רצוי לוודא לפני עזיבת המעבדה שהמידע נשמר.