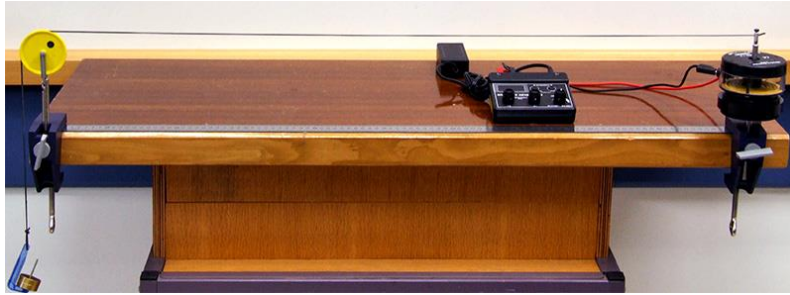




גל עומד במיתר הקשור בקצותיו



מטרת הניסוי

חקירת תנודות מיתר הקשור בקצותיו.

רשימת הציוד

- מחולל תנודות (מתנד) Frederiksen עליו מותקן מתאם לחיבור המיתר
- מוט להתקנת המחולל (מסופק עם המחולל)
- גלגלת על מוט
- מחולל גל סינוס
- 2 מחברי Phywe להתקנת האביזרים על שפת השולחן
- מיתר גומי PASCO עם לולאה בקצהו, באורך של כ-130 ס"מ אליו קשור מתלה משקולות
- משקולות של 100 גרם
- סרגל מתכת באורך של 1 מ'
- 2 תילי חיבור באורך של 50 ס"מ
- דף נייר לבן

תיאור המערכת ורקע עיוני

קצה אחד של מיתר אלסטי קשור למחולל תנודות (מתנד) המחובר למחולל אותות סינוסואידליים, ועל קצהו השני תלויה משקולת המקנה למיתר מתיחות קבועה בקירוב טוב במהלך הניסוי. תדירות מחולל האותות, מתיחות המיתר ואורכו ניתנים לשינוי מבוקר. התדירויות בהן מתקבל גל עומד במיתר זה, מקיימות את הקשר:

$$(1) \quad f_n = \frac{v}{2L} \cdot n, \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

כאשר L – אורך המיתר, v – מהירות הגל במיתר, f_n – תדירות הגל בה נוצרות n נקודות קמר לאורך המיתר. מהירות הגל בתווך חד – ממדי תלויה במתיחות המיתר T ובמסת ליחידת אורך μ :

$$(2) \quad v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

הניסוי שהינך עתיד לעשות, מכיל שני חלקים:

חלק א' – אישוש הקשר בין מספר נקודות קמר על המיתר לבין תדירות הגל העומד

משנים את תדירות מחולל האותות ומאתרים את התדירויות f_n בהן נוצר גל עומד במיתר (אורכו L ומתיחותו T של המיתר נשמרים קבועים). על סמך המדידות, בונים גרף של מספר נקודות קמר n במיתר כתלות בתדירות הגל f_n בהן נוצרות. מתוך הגרף מוצאים את מהירות הגל במיתר ובעזרתה את מסת המיתר ליחידת אורך.

חלק ב' – אישוש הקשר בין תדירות גל עומד במיתר לבין אורך המיתר

בחלק זה של הניסוי משנים את אורך המיתר L ומאתרים תדירויות f_n בהן נצפה מספר הצמתים n , הקבוע מראש, עבור אורכי מיתר שונים. במהלך המדידות שומרים על מתיחות המיתר קבועה. בונים גרף ליניארי מתאים ומוצאים בעזרתו את מהירות הגל במיתר.

לפני ביצוע הניסוי, ענה על השאלות הבאות:

1. בהסתמך על הקשר בין אורך הגל, מהירות הגל ותדירותו, ובעזרת התנאי ליצירת גל עומד במיתר, פתח את ביטוי (1) בסעיף "הרקע העיוני".
2. מהי צורת הגרף $f_n(n)$ שאמור להתקבל בחלק א' של הניסוי? נמק.
3. כיצד תוכל לחשב את מהירות הגל במיתר ואת מסת המיתר ליחידת אורך בעזרת הגרף שתבנה בחלק א' של הניסוי?
4. מהו הגרף הלינארי המתאר את הקשר בין L לבין f_n ?
5. כיצד תוכל לחשב את מהירות הגל במיתר בעזרת הגרף שתבנה בחלק ב' של הניסוי?

ביצוע הניסוי

1. תלה 2 משקולות של 50 גרם על המתלה (מסתו של המתלה – 5 גרם) וכרוך מיתר סביב הגלגלת המותקנת על שפת השולחן.
2. במצב ההתחלתי של מערכת אורך המיתר הוא 1 m, רשום אותו למחברתך.
3. וודא שהמתנד אינו נעול (המנוף עליו מצביע החץ בתרשים 1א, נמצא במצב Unlock).
4. אפס את משרעת תנודות המחולל (סובב את כפתור המשרעת (1) של המחולל נגד כיוון השעון עד הסוף – ראה תרשים 1ב') והפעל את המחולל באמצעות המתג הנמצא מאחור (תרשים 1ג'). בהפעלת המחולל, התדירות ביציאתו היא 100 Hz - כוון אותה ל- 1 Hz באמצעות כפתור (3) לכיוון גס של תדירות.



ג

ב

א

תרשים 1

חלק א' – אישוש הקשר בין מספר נקודות קמר על המיתר לבין תדירות הגל העומד

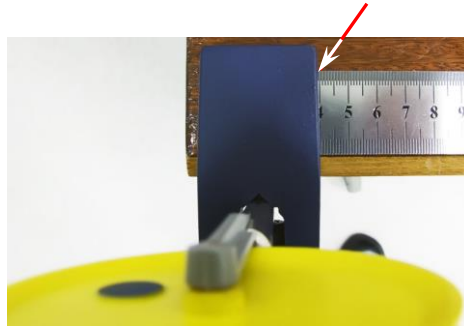
1. הכן במחברתך טבלה עם שתי עמודות, בה תרשום את מספר נקודות קמר n על המיתר ואת תדירות המתנד f_n . בעמודה של מספר נקודות קמר רשום מספרים שלמים בין 1 ל- 6 (כולל).
 2. הגדל את משרעת תנודות המתנד - סובב את הכפתור 1 (תרשים 1ב') בערך למצב כמו בתרשים משמאל. אם בשלב כלשהו תשמע נקישות במתנד, הקטן מיידיית את המשרעת!
 3. סובב באיטיות את כפתור התדירות 3 עד שתבחין בהיווצרות גל עומד במיתר.
 4. כעת הגדל בהדרגה את תדירות המתנד באמצעות סיבוב כפתור 2 לכיוון עדין של התדירות (תרשים 1ב'). סיבוב כפתור זה הינו מדורג ומתבצע בקפיצות קבועות המלוות ב"קליק". אחרי כל "קליק" המתן כ-5 שניות להתייצבות התנודות במיתר. כשתבחין שב"קליק" הבא משרעת התנודות קטנה, החזר את הכפתור למצבו הקודם ורשום בטבלה, מול ה- n המתאים, את תדירות המתנד המופיעה על צג המחולל.
- לצפיה נוחה בתנודות המיתר, החזק מאחוריו דף נייר לבן באזור נקודות קמר.
5. חזור ובצע את הסעיפים 2, 3 תוך כדי הגדלת מספר נקודות קמר בגל העומד ב-1 בכל פעם; סה"כ עליך להגיע ל- 6 מדידות.



חלק ב' – אישוש הקשר בין תדירות גל עומד במיתר לבין אורך המיתר

1. הכן במחברתך טבלה בה תרשום את אורך המיתר, L , ואת תדירות המתנד, f_2 , בה מתקבלים 2 נקודות קמר על המיתר.

2. רשום בטבלה את הערכים שהתקבלו במדידה המתאימה שביצעת בחלק א' עבור אורך המיתר של 1 מ'.
 3. שחרר את בורג המחבר המחזיק את הגלגלת, קרב את הגלגלת ב- 5 ס"מ למתנד (במידת המרחקים, התייחס לשפה הפנימית של המחבר – בתרשים 2 מוצג מבט מלמעלה) והדק את הבורג.



תרשים 2

4. באמצעות כפתור 2 לכיוון העדין של התדירות (תרשים ב'), אתר את תדירות המחולל בה מתקבלות במיתר 2 נקודות קמר במשרעת המקסימלית האפשרית - פעל לפי ההנחיות בחלק א' של ביצוע הניסוי (סעיף 4). רשום בטבלה את התדירות ואת אורך המיתר.
 5. חזור על הסעיפים 2, 3 חמש פעמים נוספות (סה"כ יש להגיע ל-7 מדידות).

בסיום הניסוי

- אפס את משרעת המחולל, כבה אותו והוציא את תקע השנאי מהחשמל.
- הנח את המתלה עם המשקולות על השולחן.

עיבוד תוצאות המדידות

חלק א'

1. פתח גליון Excel והעתק לתוכו את הטבלה שמילאת בחלק א של הניסוי.
2. בנה גרף $n(f_n)$ והוסף קו מגמה יחד עם משוואתו. בהסתמך על אורך המיתר שמדדת, מצא בעזרת משוואת הגרף את מהירות התפשטות הגל במיתר.
3. בהסתמך על מהירות הגל במיתר ועל מתיחות המיתר (חשב אותה!), מצא את מסת המיתר ליחידת אורכו.
4. מסת המיתר ליחידת אורכו היא $3.12 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}$ כשעליו תלויה המשקולת בה השתמשת בניסוי. מצא את אחוז השגיאה היחסית במציאת המסה הנ"ל בדרך הניסויית.

חלק ב'

1. העתק לגליון ה- Excel את הטבלה שמילאת בחלק ב' של הניסוי.
2. בנה גרף ליניארי המתאר את הקשר בין L לבין f_n , בהתאם לתשובתך על השאלות עליהן ענית לפני ביצוע הניסוי. הוסף קו מגמה יחד עם משוואתו. מהי המשמעות של שיפוע הגרף בניסוי שביצעת ($n=2$)?
3. מצא בעזרת שיפוע הגרף את מהירות התפשטות הגל במיתר. האם ערך המהירות שהתקבל קרוב לזה שקיבלת בחלק א של הניסוי? אם לא – ציין את הסיבות האפשריות להבדל.

שאלות סיכום

1. מהו גל עומד?
2. פריטת מיתר גיטרה גורמת לצליל שמקורו בהיווצרות גלים עומדים במיתר. בניסוי שביצעת קיבלת גלים עומדים במיתר, אבל לא שמעת צלילים כשמספר נקודות הקמר היה קטן מ-5. מדוע?