



## תנועה הרמונית עם כוח מאלץ קבוע (גרביטציה)

### מטרות:

1. מדידת קבוע קפיץ - מתוך חוק הוק (שיטה סטטית).
2. מדידת קבוע הקפיץ בשיטה דינאמית מתוך השינוי בכוח ובאורך הקפיץ במהלך המדידה.
3. מציאת התלות בין זמן המחזור למסה המתנדנדת בתנועה הרמונית.

**ציוד:** סונאר (Motion Sensor) המודד את ההעתק, ומד כוח (Force Sensor) הנשלט ע"י מחשב, קפיץ, ומשקולות שונות.

### מהלך הניסוי:

#### חלק א: מדידת קבוע הקפיץ בשיטה סטטית:

1. חוק הוק:  $\vec{F} = -k(\Delta\vec{L})$ . כאשר  $\Delta L$  היא מידת התארכותו של הקפיץ ממצב רפוי. (סימן ה" - " מסמן שהכוח פועל בכיוון ההפוך לכיוון מתיחת הקפיץ).
  2. מדדו את אורך הקפיץ כשהוא תלוי במצב רפוי  $L_0 = \underline{\hspace{2cm}}$
  3. מדדו עבור קפיץ עליו משקולת בודדת  $m = \underline{\hspace{2cm}}$   $L ( ) = \underline{\hspace{2cm}}$
  4. אילו כוחות פועלים כשתולים משקולת על הקפיץ? ציירו אותם בתרשים כוחות.
  4. תלו משקולות נוספות של 50g על הקפיץ ומדוד את ההתארכות שלו. מלאו את הטבלה
- force - displacement** בחלון Hooke's Law:

$$\Delta L = L - L_0 \quad \text{שימו לב:}$$

Table: force - displacement

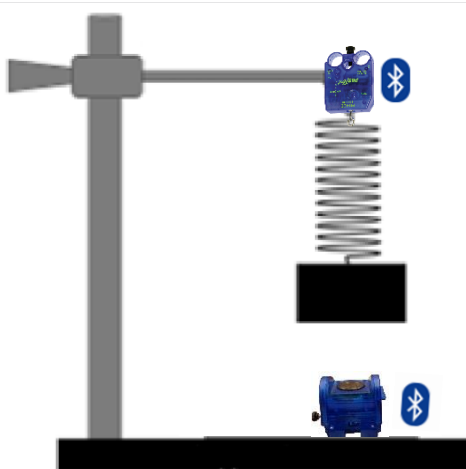
$\Delta L$ ההתארכות (m)	<b>F</b> כוח (N)	<b>m</b> מסה (Kg)



6 העתיקו את הטבלה לאקסל והציגו את גרף הכוח כתלות בהתארכות. בעזרת הגרף חשבו את קבוע הקפיץ:

$$K = \text{-----} \text{ (N/m)}$$

חלק ב: האם חוק הוק מתקיים גם בקפיץ נע? :



כדי לבחון שאלה זו, נציג את הכוח כפונקציה של ההתארכות כאשר הגוף מבצע תנועת הרמונית.

1. תלו משקולת של 100 גרם על הקפיץ.
2. כוונו את הסונר לקליטת תנועתו של הגוף (משקולת) ואפסו את מד הכוח.
3. בתוכנת Capstone בחרו בחלון Simple Harmonic Motion, מופיעים בו גרפים של: העתק, מהירות, תאוצה וכוח כנגד זמן.
4. העלו את המשקולת מחוץ לשיווי משקל ושחרר כדי שהגוף יבצע תנועה הרמונית ולחצו



על "Record"

5. לחצו על "Stop" כדי לעצור את המדידה, (אם קיבלת גרף עם הרבה רעש יש





לחזור על הניסוי). לחצו על "Scale axis" להתאמת הצירים Data.

6. מהן התלויות של ההעתק, המהירות, התאוצה והכוח כפונקציה של הזמן?

תארו את תנועת הגוף ומיקומו לאורך השלבים השונים במחזור. הסבירו את הפרשי המופע (פאזה) שביניהם.



7. כדי לצייר גרף של כוח מול ההתארכות, עברו לחלון "Force vs Time". לחצו על כותרת הציר של הציר האנכי, תחת הכותרת של "Force Sensor" בחרו ב- "Force(inverted)", ולאחר מכן לחצו על הציר האופקי ותחת הכותרת Equations בחרו ב-  $\Delta x$ .
8. האם חוק הוק מתקיים גם בקפיץ נע? -----
9. חשבו את קבוע הקפיץ מתוך המדידה. לחץ על "Data Highlighter"  וסמנו את הקטע הרצוי בגרף (באמצעות המלבן המופיע, ניתן להזיז אותו ולשנות את גודלו בהתאם לקטע הרצוי).
10. לחצו על "Curve Fit Tool"  ובחרו ב linear לקבלת משוואת קו ישר של הקטע הנבחר.
11. הציגו את הכוח כפונקציה של המהירות, נסו להסביר כל שלב בתנועה על גבי הגרף שקיבלתם.
12. מה יקרה לצורת הגרף המתקבלת עם חלוף הזמן?

חלק ג: מדידת התלות של זמן המחזור במסה:

הניחו כי ההעתק מתאפס בתחילת התנועה ומתוך החוק השני של ניוטון הסיקו את הנוסחה הבאה:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$



13. חזרו לדף Simple Harmonic Motion.
14. מדדו את זמן המחזור של 3 מחזורים ( $\Delta T = T_3 - T_0$ ) (בדיוק מרבי) וחשבו את זמן המחזור הממוצע ( $\bar{T} = \frac{\Delta T}{3}$ ). לשם כך לחצו על נקודה מסוימת באחד מהגרפים. מעליה יופיעו כמה אייקונים, בחרו ב "Add Coordinates" , עכשיו יופיעו אייקונים נוספים, בחרו ב- "Delta Tool"  וגררו את המלבן (שמופיע) כך שיסתיים בנקודה המתאימה לאחר שלושה מחזורים. מלאו בתוכנה את השורה הראשונה בטבלה
- Squared Period vs. mass**



Table: Squared Period vs. mass

$\bar{T}^2$ : ( sec <sup>2</sup> )	$\bar{T}$ : זמן המחזור הממוצע ( sec )	m : מסה (Kg)



15. מחקו את הנתונים מהניסוי הקודם בלחיצה על Delete

16. חזרו על מדידה זו מספר פעמים כאשר אתם משנים את המסה התלויה ע"י הוספת משקולות. רשמו את התוצאות בטבלה.

17. העתיקו את הטבלה לאקסל והציגו את הגרף של זמן המחזור בריבוע כתלות במסה.

18. חשבו את קבוע הקפיץ k משיפוע הגרף.

$$K = \text{-----} \text{ (N/m)}$$

בעזרת חוק שימור האנרגיה בדקו את היחס בין האנרגיה בשלב של מקסימום המהירות לעומת האנרגיה במקסימום ההתארכות של הקפיץ. הציבו את הגדלים שקיבלתם בניסוי כדי לוודא שהיחס מתקיים בניסוי.