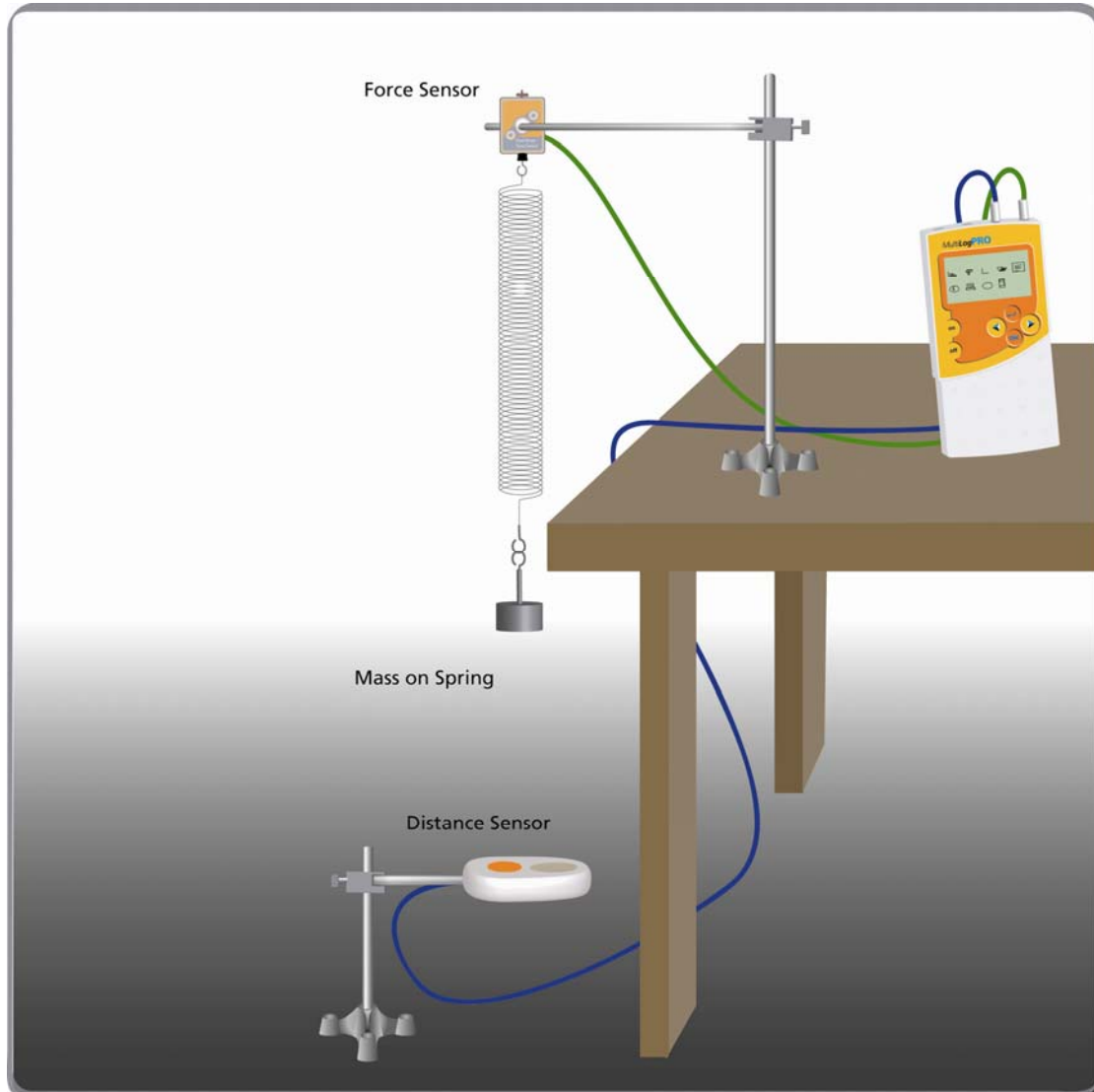


## תנועה הרמונית פשוטה



### תרשים 1

#### מבוא

גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה כאשר הוא מקיים את התנאים הבאים:

- תנועת הגוף היא מחזורית בין שני קצוות
- הכוח השקול הפועל על הגוף נמצא ביחס ישר להעתק הגוף מנקודה מרכזית נתונה (מרכז התנועה או נקודת שווי המשקל של הגוף)
- כוח זה מכונן תמיד אל אותה נקודה מרכזית



הקשר בין הכוח השקול  $F$  לבין המרחק  $x$  מנקודת שיווי המשקל הוא:

$$\sum F = -c \cdot x$$

כאשר  $c$  הוא קבוע חיובי כלשהו ו- $x$  הוא העתק הגוף מנקודת שיווי המשקל.

תנועתו של גוף התלוי על קפיץ אנכי ומתנדנד, היא תנועה הרמונית פשוטה ובמקרה זה קבוע הפרופורציה  $c$  במשוואת הכוח השקול הוא  $k$ , קבוע הקפיץ:

$$\sum F = -k \cdot x$$

בתנועה הרמונית פשוטה, משוואת התנועה של הגוף היא:

$$x(t) = A \cdot \cos(2\pi ft + \varphi)$$

כאשר  $A$  היא משרעת התנודה (העתק המקסימאלי של הגוף מנקודת שיווי המשקל, אמפליטודה),  $f$  היא תדירות התנודה ו- $\varphi$  זווית המופע.

זמן המחזור של התנודה נתון על ידי:

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

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ותדירותה:}$$


בניסוי זה נחקר את תנועתה של מסה התלויה בקצהו של קפיץ ומתנדנדת אנכית. הכוח המופעל על ידי הקפיץ ומיקום המסה נמדדים בו-זמנית.

## רשימת הציוד

- MultiLogPRO או TriLink
- (יש לחבר את ה-MultiLogPRO לרשת החשמל באמצעות ספק המתח AC/DC כיוון שצריכת הזרם של חיישן המרחק גבוהה)
- מסה התלויה על קפיץ כך שתדירות התנודה תהיה בין 0.5 ל-2 הרץ (מומלץ להשתמש במסות שבין 300 ל-800 גרם וקפיץ שקבוע הכוח שלו הוא כ-30 ניוטון/מטר), ומשרעת התנודה תהיה בין 5 ל-20 ס"מ.
- מאזניים למדידת המסה
- חיישן כוח

- חיישן מרחק
- 2 כנים
- כליבה
- אוחז לאחזקת חיישן הכוח
- אוחז לאחזקת חיישן המרחק

## בניית מערכת הניסוי



1. חבר את ה-MultiLogPRO ליציאה הטורית או לכניסת USB של המחשב ולמקור המתח.
2. הדלק את ה-MultiLogPRO.
3. חבר את חיישן המרחק לכניסה 1 (I/O-1) של ה-MultiLogPRO.
4. חבר את חיישן הכוח לכניסה 2 (I/O-2) של ה-MultiLogPRO.
5. סדר את הציוד כמוראה בתרשים 1:
  - א. תלה את הקפיץ על חיישן הכוח.
  - ב. תלה את המסה לקצה השני של הקפיץ ודאג שתישאר במנוחה.
  - ג. הצב את חיישן המרחק מתחת למסה התלויה, כך שבמשך כל מהלך התנודה המרחק המינימאלי ביניהם יהיה 50 ס"מ.
6. הפעל את תוכנת ה-MultiLab.
7. פתח את **אשף האתחול**  בסרגל הכלים העליון והגדר את מערך המדידה לפי הפרוט הבא.

## אתחול תוכנת ה- MultiLogPRO


מרחק	כניסה – I/O-1	חיישן
הגדרות החיישן  : מרחק (מתרחק) קבע נק' אפס < סמן אפס קריאה נוכחית		
כוח $\pm 10\text{ N}$	כניסה – I/O-2	קצב מדידה
הגדרות החיישן  : דחיפה – חיובי קבע נק' אפס < סמן אפס קריאה נוכחית		
50 דגימות לשנייה		זמן דגימה
40 שניות (2000 דגימות)		

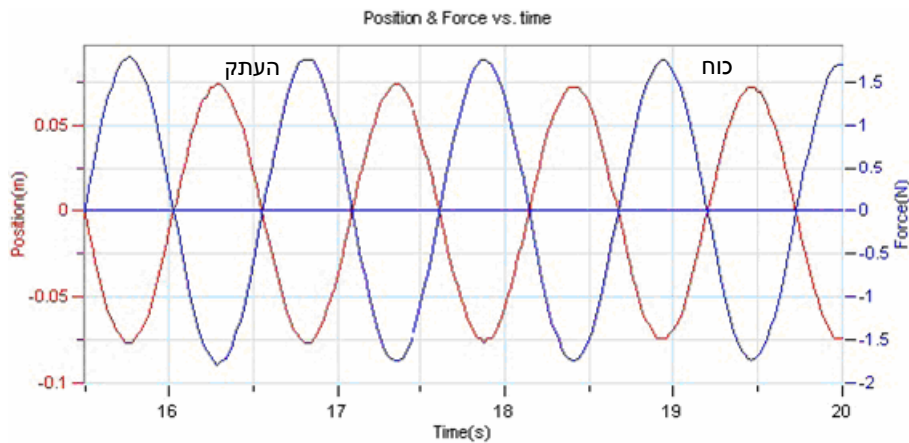
**הערה:** במצב הזה הראשית הצירים הוא בנקודת שיווי המשקל של הקפיץ לפני תחילת התנודה והכיוון מעלה הוא חיובי.

## מהלך הניסוי



1. מדוד את המסה התלויה בקצה הקפיץ.
2. במצב מנוחה של המסה התלויה (בנקודת שווי המשקל שלה), לחץ על **התחל**  בסרגל הכלים העליון כדי להתחיל את המדידה וחכה מספר שניות.
3. משוך את המסה כלפי מטה ועזוב אותה כך שהיא תתנווד בצורה אנכית וחכה עד לסוף המדידה.
4. שמור את התוצאה בלחיצה על **שמור**  בסרגל הכלים העליון.

## ניתוח תוצאות הניסוי ושאלות

1. מדידת זמן המחזור של התנועה וקבוע הקפיץ
- לחץ על **התקרב לאזור נבחר**  שבסרגל הכלים התחתון על מנת להתמקד בארבעת או חמשת המחזורים האחרונים (ראה תרשים 2).




## תרשים 2

בעזרת **הצג סמן ראשון**  ו**הצג סמן שני**  שבסרגל הכלים התחתון, מדוד את הזמן של 5 תנודות וחשב את זמן המחזור T של תנודה אחת.

העזר בנוסחה  $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ , בזמן המחזור שמדדת ובמסת הגוף וחשב את קבוע הקפיץ.

5. בדוק את הקשר שבין הכוח השקול הפועל על המסה התלויה לבין ההעתק שלה

**שים לב:** איפסת את קריאת חיישן המרחק וחיישן הכוח בנקודת שיווי המשקל. לכן חיישן המרחק מודד את העתק הגוף התלוי מנקודת שיווי המשקל כאשר כיוון התנועה החיובי הוא מעלה וחיישן הכוח מודד את הכוח השקול הפועל על הגוף המתנדנד.

א. לחץ על התקרב לאזור נבחר  שבסרגל הכלים התחתון על מנת להתמקד בארבעת או חמשת המחזורים האחרונים (ראה תרשים 2).

ב. הצג את גרף הכוח השקול כפונקציה של העתק:



I. לחץ על **עריכת גרף**  שבסרגל הכלים התחתון.

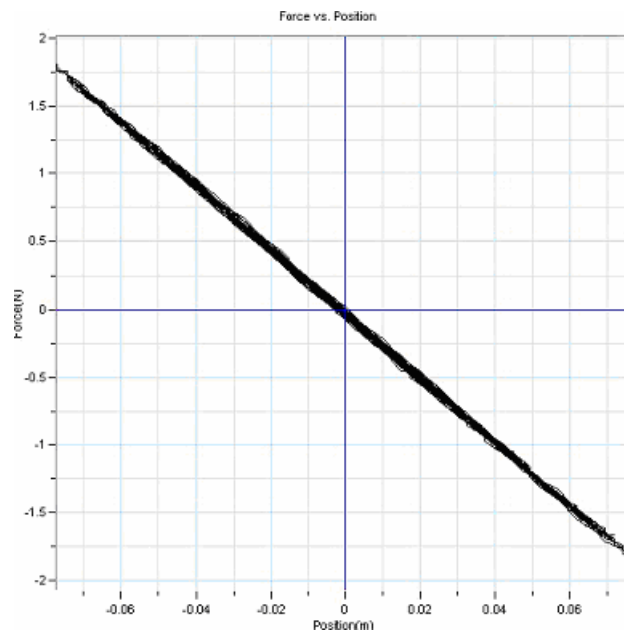
II. כתוב כותרת לגרף.

III. ב- **ציר X** – בחר ב- ניסוי#: מרחק (מתרחק 1/O-1)

IV. ב- **ציר Y** – בחר ניסוי#: כוח (דחיפה חיובי 2/O-2).



V. לחץ על **אישור**. שים לב שהגרף עובר דרך הראשית (ראה תרשים 3).

- ג. סמן בעזרת הסמן  את הגרף של הכוח השקול כתלות במרחק. התאם לגרף הזה קירוב ליניארי על ידי לחיצה על קירוב קו ישר  שבסרגל הכלים העליון. גרף הקירוב הליניארי יופיע על גרף הכוח כפונקציה של ההעתק והנוסחה שלו בתחתית חלון הגרף. רשום את הנוסחה במחברתך. מה משמעות שיפוע הגרף?
- ד. השווה את ערך הקבוע שקיבלת לערך קבוע הקפיץ שקיבלת בסעיף 1 לבין קבוע הקפיץ המתקבל מגרף הכוח השקול כתלות בהעתק הגוף מנקודת שיווי המשקל. בתרשים 3 דוגמא לגרף הכוח כתלות בהעתק בניסוי.




תרשים 3

## הצעות נוספות

- חקירת הקשר שבין ההעתק לבין מהירותו של גוף המתנדנד בתנועה הרמונית פשוטה:
1. לחץ פעמיים על נתוני הכוח **במפת הנתונים** כדי להסתיר את גרף הכוח כתלות בהעתק.
  2. הצג את גרף ההעתק כתלות בזמן בלבד. הגרף שהתקבל עלול לכלול "רעשי רקע" אקראיים. כדי להקטין את רעשי הרקע, מומלץ "להחליק" את הנתונים הגולמיים: סמן את הגרף ע"י לחיצה על **הצג סמן ראשון**  שבסרגל הכלים התחתון ולאחר מכן על **יותר החלקה**  שבאותו סרגל.


3. המהירות היא הנגזרת של ההעתק כפונקציה של הזמן. על מנת לקבל גרף של המהירות


כפונקציה של הזמן לחץ על **נגזרת**  שבסרגל הכלים העליון. אם הגרף שהתקבל אינו מספיק חלק, החלק אותו כמתואר בסעיף הקודם.

4. מדוד את הפרש המופע בין גרף ההעתק כתלות בזמן לגרף המהירות כתלות בזמן. האם הפרש זה תואם את הידוע לך על תנועה הרמונית פשוטה.

5. השווה בין המשרעת A שנמדדת בגרף ההעתק כתלות בזמן לבין ערך המשרעת כפי שניתנת לחישוב בעזרת גרף המהירות כתלות בזמן. העזר בנוסחה למהירות המרבית של

$$v_{\max} = \frac{2\pi A}{T}$$


6. השתמש בעריכת גרף  שבסרגל הכלים התחתון על מנת להציג גרף של המהירות הגוף המתנדנד כפונקציה של ההעתק שלו (הינך אמור לראות אליפסה, למה?)


7. ניתן להשתמש באשף עיבוד נתונים  שבסרגל הכלים העליון כדי להגדיר פונקציות כגון אנרגיה קינטית, אנרגיה פוטנציאלית אלסטית ואנרגיה כוללת, ולחקור את הקשרים ביניהן.


הסמן: ניתן להציג, לכל היותר, שני סמנים על הגרף בו-זמנית.


ניתן להשתמש בסמן הראשון כדי להציג ערכים בודדים שנמדדו, או כדי לבחור גרף מסוים.

ניתן להשתמש בשני סמנים כדי להציג את ההפרש בין שני ערכים של קואורדינטות, או כדי לבחור טווח מסוים של מדידות.

הצגת הסמן הראשון: לחץ פעמיים על ערך מסוים בגרף או לחץ על הצג סמן ראשון  שבסרגל הכלים התחתון. ניתן לגרור את הסמן, בעזרת העכבר, לערך אחר בגרף או לגרף אחר. לגרירה עדינה יותר ניתן להשתמש במקשי החיצים (ימינה ושמאלה) אשר במקלדת. ערכי הקואורדינטות של הנקודה הנבחרת יופיעו בתחתית חלון הגרף.

הצגת הסמן השני: לחץ פעמיים במקום כלשהו באזור הגרף או לחץ על הצג סמן שני  שבסרגל הכלים התחתון. המידע שיופיע יהיה ההפרש שבין שני ערכי קואורדינטות.

הסרת הסמנים: לחץ פעמיים במקום כלשהו באזור הגרף, או לחץ על הצג סמן ראשון  שבסרגל הכלים התחתון פעם שנייה.

הסרת הסמן השני: לחץ על הצג סמן שני  שבסרגל הכלים התחתון פעם שנייה