



## תנועה של כדור מנתר

### ציוד

- ממשק PASCO
- חיישן התנועה
- 2 מוטות באורך של כ-0.5 מטר
- מחבר שולחני
- מחבר  $90^\circ$
- מגש עם קרש בפנים
- כדור פינג-פונג

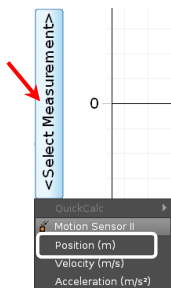


### מטרות הניסוי

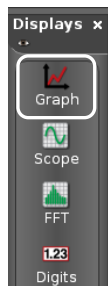
1. הערכה של תאוצת הנפילה החופשית
2. בדיקה של השפעת התנגדות האוויר על תנועת הכדור

### הכנת מערכת הניסוי

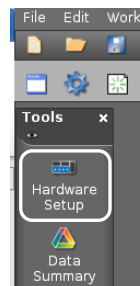
1. מכוונים את הטיית חיישן התנועה ל- $90^\circ$ . מעבירים את המחלק בראש החיישן למצב "אלומה רחבה" (בסוגים שונים של חיישני תנועה מצב "אלומה רחבה" מסומן כ- או כ- ).
2. מפעילים את ממשק המערכת ומעלים תוכנת Capstone.
3. מגדירים בתוכנה את חיישן התנועה. לשם כך, מקליקים על צלמית **Hardware Setup** (מוקפת באיור 1) בסרגל **Tools**, מקליקים על ערוץ דיגיטלי 1 בתמונת הממשק (איור 1) ובוחרים ברשימת החיישנים את **Motion Sensor** (חיישן התנועה). סוגרים את **Hardware Setup** (מקליקים שוב על צלמית **Hardware Setup**).
4. מכינים מערכת צירים "מקום כתלות בזמן":
  - א. מקליקים קליק כפול על צלמית **Graph** בסרגל **Displays** בחלק הימני של המסך (איור 2).
  - ב. מקליקים על כותרת **<Select Measurement>** של הציר האנכי, וברשימה שתפתח בוחרים במקום **(Position)**. (איור 2).



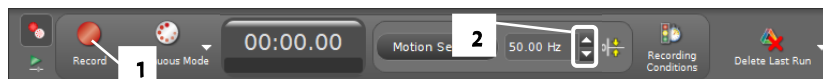
איור 2



איור 1



5. מוסיפים מערכת צירים של מהירות כתלות בזמן: מקליקים על צלמית (4) בסרגל הכלים של התצוגה הגרפית (איור 4) ומגדירים מהירות **(Velocity)** בציר האנכי בדומה לסעיף ב'.
6. בסרגל **Controls** הנמצא בחלק התחתון של המסך מגדירים קצב דיגיטל של 50 Hz באמצעות החיצים (2) (איור 3).



איור 3

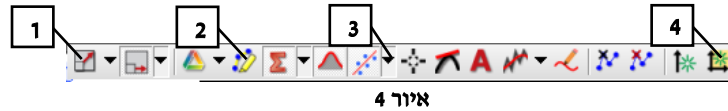
### ביצוע הניסוי

1. הרחקו מאזור המדידה כל חפצים (תיקים, כסאות וכו') והשתדלו לעמוד רחוק ככל האפשר מחיישן התנועה. החזיקו כדור ביד מושטת בדיוק מתחת לחיישן במרחק של כ-20 ס"מ ממנו. הריצו מדידות (הקליקו על צלמית (1) בסרגל **Controls** - איור 3) ושחררו את הכדור. אחרי מספר ניתורים, עצרו את המדידות (הקליקו שוב על צלמית (1)). אם יש הפרעות בגרף בשלושה ניתורי הכדור הראשונים, חזרו על המדידות.
2. להתאמת גודל הגרף לקנה מידה של מערכת הצירים, הקליקו על צלמית (1) בסרגל הכלים של התצוגה הגרפית (איור 4).

## ניתוח תוצאות המדידות

התמקדו בגרף המהירות כתלות בזמן (הקליקו עליו).

1. סמנו קטע הגרף המתאר את תנועת הכדור כלפי מעלה אחרי הניתור הראשון. לבחירת הקטע הקליקו על הצלמית של כלי בחירה (2) בסרגל הכלים של התצוגה הגרפית – באזור הגרף יופיע מלבן בחירה. גררו את המלבן אל הגרף כך שיכיל את קטע הגרף הרצוי והתאימו את מידות המלבן אל הקטע על ידי הזזת צלעותיו של המלבן.



2. מצאו את שיפוע הקטע. לשם כך, הקליקו על המשולש הקטן (3) הנמצא מימין מכפתור  בסרגל הכלים (איור (4)) ובחרו Linear ברשימת הפונקציות. במקרא קו המגמה מופיעים מאפייני הקו, כאשר m הוא השיפוע.
3. מצאו את שיפוע הקטע המתאר את תנועת הכדור כלפי מעלה אחרי הניתור השני של הכדור.
4. חישוב את הערך הממוצע של השיפועים שמצאתם. מה הוא מייצג?
5. חזרו על הפעולות שתוארו בסעיפים 1-4 עבור תנועת הכדור כלפי מטה (אחרי שהוא מגיע לשיא הגובה בפעמים הראשונה והשנייה).
6. חישוב את תאוצת הנפילה החופשית (g) על סמך המדידות שביצעתם. חפשו באינטרנט את הערך של (g) בישראל וחישוב את הסטייה היחסית של ערך תאוצת הנפילה החופשית שהתקבל במדידותיכם, מהערך שמצאתם.

## שאלות

1. הסבירו מדוע תאוצת הכדור בתנועתו כלפי מעלה שונה מתאוצתו בתנועה כלפי מטה.
2. העריכו באופן כמותי את ערך הכוח החיכוך הממוצע שפעל על הכדור במשך תנועתו. מסת הכדור היא כ- 2.6 gr.
3. קבעו את הכיוון חיובי של ציר המקום כלפי מעלה ואת ראשית הציר – על הרצפה. במערכת זו בנו במחברת בקנה מידה גרף  $x(t)$  עבור הנפילה והעליה הראשונות של הכדור (היעזרו בנותני המדידות שהופקו על ידי המערכת הממוחשבת בגרף המקום כתלות בזמן). סמנו בגרף את הנקודות בהן:
  - א. הכדור נותר מהרצפה,
  - ב. הכדור הגיע לשיא הגובה.
4. הוסיפו לגרף שבניתם את ציר המהירות (v) ובנו גרף  $v(t)$  כך שיהיה מסונכרן בזמן עם גרף המקום.