



# תנועה שוות תאוצה

## רשימת הציוד

- עגלת דינמיקה
- מסילה עליה מותקן מד זווית
- מחסום מגנטי
- ממשק PASCO
- חיישן תנועה
- מגבה מעבדתי (ג'ק)

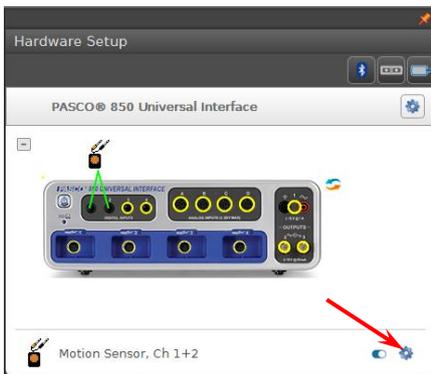


## תיאור מערכת הניסוי

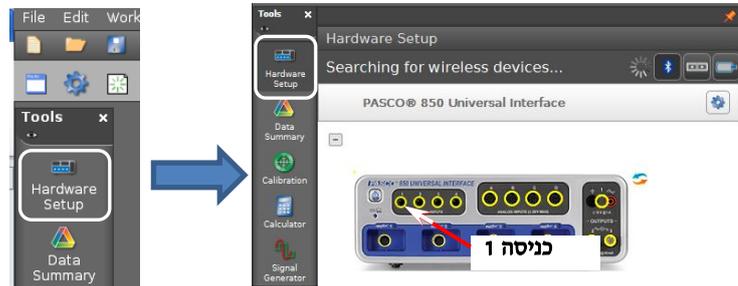
עגלת דינמיקה נעה במורד המסילה המשופעת ומתנגשת במחסום מגנטי. אחרי ההתנגשות במחסום, העגלה נרתעת ממנו ועולה במעלה המסילה (אך בגלל החיכוך אינה מגיעה למקומה ההתחלתי), שוב יורדת במורד המסילה – וכך הלאה, עד הדעיכה המוחלטת של תנועתה. מערכת מדידה ממוחשבת עוקבת אחרי תנועת העגלה.

## הכנת מערכת הניסוי

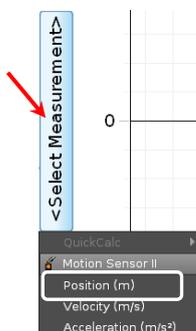
1. מניחים מגבה מעבדתי (ג'ק) במצב מקופל מתחת לקצה המסילה עליו מותקן חיישן התנועה. מכוונים באמצעות הגבהת הג'ק את זווית שיפוע המסילה לכ- $3^{\circ}$ .
2. מפעילים את ממשק PASCO ומעלים ותכנת Capstone.
3. מגדירים בתוכנה את חיישן התנועה. לשם כך, בסרגל **Tools** (משמאל) מקליקים על צלמית **Hardware Setup** (מוקפת באיור 1א), מקליקים על כניסה 1 בתמונת הממשק (איור 1א) ובוחרים ברשימת החיישנים את חיישן התנועה (**Motion Sensor**).



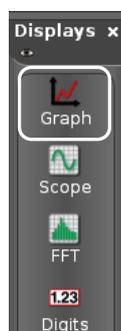
ב



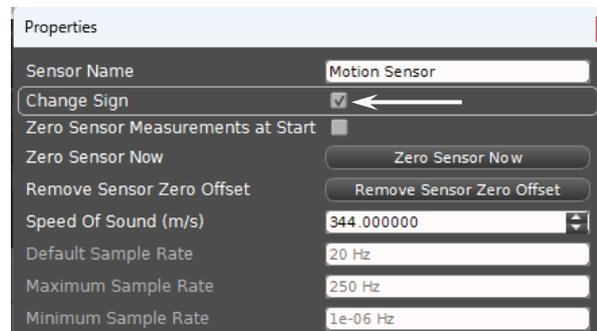
א



ה



ד



ג

איור 1

4. מחליפים את הכיוון החיובי של ציר המקום. לשם כך:
  - א. מקליקים על גלגלת שיניים עליה מצביע החץ באיור 1ב' (מאפיינים),
  - ב. בחלון שייפתח מסמנים "Change Sign" (איור 1ג).
5. סוגרים את Hardware Setup (מקליקים שוב על צלמית Hardware Setup).

6. מכינים מערכת צירים "מקום כתלות בזמן":

- א. מקליקים קליק כפול על צלמית Graph בסרגל Displays (איור 1) בחלק הימני של המסך.
  - ב. מקליקים על כותרת <Select Measurement> של הציר האנכי, וברשימה שתפתח בוחרים מקום (Position) (איור 1).
7. בסרגל Controls הנמצא בחלק התחתון של המסך מגדירים קצב דגימה של 40 Hz בעזרת הצלמיות (2) (איור 2).



איור 2



איור 3

## ביצוע המדידות

כברירת מחדל, ראשית ציר המקום של חיישן התנועה נמצאת על פני המשטח המשדר. בניסוי זה יש להגדיר את ראשית ציר המקום בשנת "70 ס"מ" של סרגל המסילה. לשם כך מניחים את העגלה על המסילה כך שהדופן שלה הפונה למחסום תהיה מול שנת "70 ס"מ", מחזיקים אותה במקום זה מקליקים על צלמית (3) (איור 2).

1. הניחו את העגלה על המסילה. הרחיקו אותה מהמחסום, כך שצדה הפונה אל המחסום יימצא מול שנת "70 ס"מ" של סרגל המסילה. החזיקו את העגלה באצבע (איור 3) (על מנת שהיד לא תהווה הפרעה לחיישן התנועה). הריצו מדידות (הקליקו על צלמית (1) בסרגל Controls - איור 2) ושחררו את העגלה. אחרי שתי ירידות ועלויות שלה עצרו את המדידות - הקליקו שוב על צלמית (1).
2. להתאמת קנה מידה של הצירים לגודל הגרף, לחצו על צלמית (1) בסרגל הכלים של התצוגה הגרפית (איור 4).
3. שמרו את הפעילות (נתיב התיקיה לשמירה יינתן על ידי המורה).

## ניתוח תוצאות המדידות

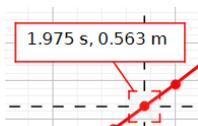
1. כתבו במחברת תיאור של תנועת העגלה בכל אחד משלביה: התייחסו לגודל מהירותה (קטן/גדל/לא משתנה) ולסימני המהירות והתאוצה ביחס לכיוון החיובי של ציר המקום.
- האם סימן שלילי של תאוצה אומר בהכרח שמהירות קטנה? נמקו את תשובתכם (כתבו הסבר במחברת).
2. בעזרת קורא הקואורדינטות אתרו את הרגעים בהם העגלה שינתה את כיוון תנועתה.

## מציאת שוערי נקודה על גרף בעזרת קורא הקואורדינטות

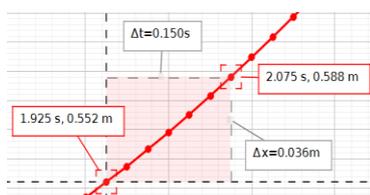
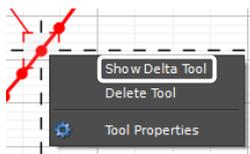
- א. מקליקים על צלמית (5) (איור 4) בסרגל הכלים ובחרים ברשימה את **Add Coordinates/Delta Tool** – יופיע ריבוע המקיף את אחת הנקודות על הגרף (קורא הקואורדינטות), כששיעורי הנקודה רשומים לידו (איור 5).
- ב. אוחזים במרכז הריבוע במקש השמאלי של העכבר וגוררים אותו לנקודת הגרף ששיעוריה רוצים למצוא.



איור 4



איור 5



איור 6

3. מדדו בסרגל את המרחק בין שנת "70 ס"מ" לבין המחסום ורשמו את תוצאת המדידה. קעת היעזרו ב-Delta Tool ומצאו בעזרת הגרף  $x(t)$  את העתק העגלה בירידתה הראשונה.

## מציאת הפרשי שיעורים של שתי נקודות באמצעות Delta tool (איור 6)

- א. גוררים את קורא הקואורדינטות לאחת הנקודות מבין השתיים.
- ב. מקליקים עליו במקש הימני של העכבר ובחרים **Show Delta Tool** – יופיע מלבן הכלי כאשר אחת הפינות שלו נמצאת בקורא הקואורדינטות, והפינה הנגדית - על אחת הנקודות של הגרף.
- ג. גוררים את הפינה הנגדית לנקודה השנייה מבין השתיים - הפרשים של שיעורי הנקודות (אופקיים ואנכיים) יוצגו ליד צלעות המלבן.

מדוע, לדעתכם, המדידות בסרגל וב-Delta Tool אינן תואמות זו לזו?

4. אתרו בגרף  $x(t)$  את הרגעים בהם מהירות העגלה הייתה מקסימלית ומינימלית במהלך תנועתה (היעזרו בקורא הקואורדינטות). נמקו את תשובתכם וכתבו אותה במחברת.
5. העתיקו במחברת את גרף המקום כתלות בזמן שהתקבל במדידות, עבור שני מחזורי התנועה (ירידה ועליה) הראשונים של העגלה. סרטטו מתחת למערכת

צירים זו שתי מערכות צירים נוספות -  $v(t)$  ,  $a(t)$ . הקפידו לסנכרן בין צירי הזמן של כל מערכות הצירים: כל השנתות המתאימות של צירי הזמן צריכות להיות אחת מתחת לשנייה (למשל, שנתות של 2 שניות של כל מערכות הצירים צריכות להיות אחת מתחת לשנייה). בנו גרפים של מהירות ותאוצה כתלות בזמן.

6. על מנת לאמת את הגרף  $v(t)$  שבניתם, הפיקו בתוכנה את גרף המהירות כתלות בזמן שהתקבל במהלך המדידות.

**להוספת מערכת צירים לדף עבודה ב- Capstone מקליקים על צלמית (6) (איור 4).**

7. באמצעות הגרף  $v(t)$  שהופק בתוכנה, מצאו את תאוצת העגלה בירידתה הראשונה במסילה.

**מציאת שיפוע קטע הגרף (איור 4)**

א. מפעילים את מלבן הבחירה באמצעות הקשה על צלמית (2) וגוררים אותו אל הגרף כך שיכיל את קטע הגרף הרצוי. מתאימים את רוחב המלבן לקטע הגרף על ידי הזזת צלעותיו של המלבן.

ב. מוצאים את שיפוע קטע הגרף: מקליקים על צלמית (4) (המשולש ההפוך) וברשימה שתיפתח בוחרים **Linear** - תוצג משוואה של קו ישר.

רשמו את משוואות המקום והמהירות של העגלה כתלות בזמן עבור ירידת העגלה הנ"ל. למציאת המהירות ההתחלתית והמקום ההתלתי של העגלה היעזרו בקורא הקואורדינטות.

8. מצאו באמצעות הגרף  $v(t)$  את העתק העגלה בירידתה הראשונה במסילה.

**מציאת שטח הכלוא בין גרף לבין הציר האופקי של מערכת הצירים**

א. גוררים את מלבן הבחירה שנפתח לפניכן לקטע מתחתיו רוצים למצוא את השטח. מתאימים את המלבן לרוחב הקטע בעזרת הזזת צלעות המלבן.

ב. מקליקים על צלמית (3) (איור 4) - יוצג ערכו המספרי של השטח.

הישוו את התוצאה עם זו שהתקבלה במדידה ב- **Delta Tool** בגרף  $x(t)$ .

### בסיום הניסוי

- כבו את ממשק ה- PASCO,
- כבו את המחשב.