



החוק השני של ניוטון

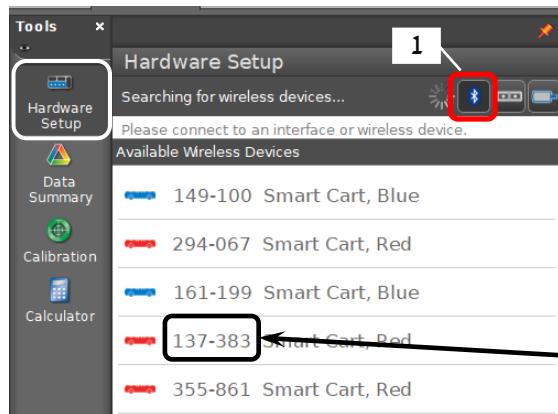
ציוד

- מסילת PASCO
- עגלת דינמיקה אלחוטית (Smart Cart) – אדומה או כחולה
- מחסום גומי
- גלגלת
- מתלה משקולות הקשור לחוט
- 4 משקולות של 20 gr, משקולת של 10 gr
- מאזניים לשקילת העגלה



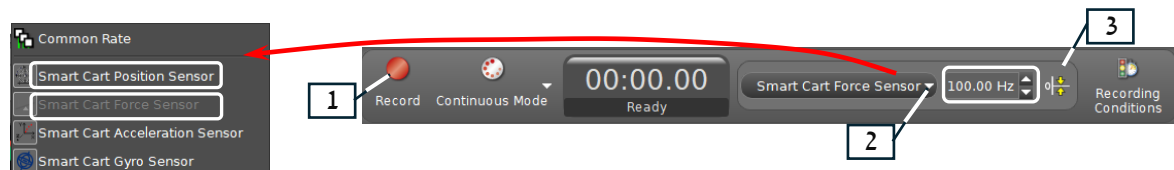
הכנת מערכת הניסוי

1. מפעילים את העגלה על ידי לחיצה קצרה על הכפתור הנמצא על הדופן הצדדית.
2. בתוכנת Capstone מקליקים על צלמית **Hardware Setup** (סרגל **Tools** בחלק השמאלי של המסך, איור 1) ומוודאים שצלמית (1) לחוצה. התוכנה תציג את רשימת העגלות המופעלות שנמצאות בסביבה. מוצאים ברשימת העגלות שורה עם המספר התואם את מספר העגלה שברשותכם ומקליקים עליה – חיישני העגלה יתחברו למערכת המדידות.

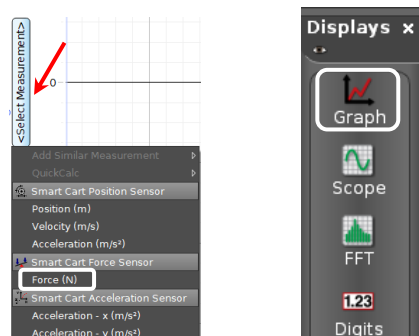


איור 1

3. סוגרים את **Hardware Setup** (מקליקים שוב על צלמית **Hardware Setup**).
4. בסרגל **Controls** (איור 2) לוחצים על צלמית המשולש (2), בוחרים ברשימה את **Smart Cart Position Sensor** וקובעים עבורו קצב דגימה של 100 Hz. חוזרים על הפעולה עבור **Smart Cart Force Sensor**. יש לפעול בדיוק בסדר פעולות זה!



איור 2



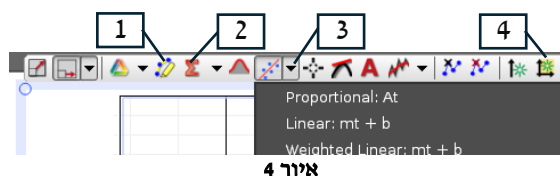
ב

א

איור 3

5. מכינים בתוכנה מערכות הצירים "כוח כתלות בזמן" ו"מהירות כתלות בזמן".
 - א. מקליקים קליק כפול על צלמית **Graph** בסרגל **Displays** מימין המסך (איור 3א) – תיפתח מערכת צירים.
 - ב. מקליקים על כותרת הציר האנכי **<Select Measurement>** ובחרים **(Force)** ברשימת המדידות (איור 3ב).
 - ג. להוספת מערכת הצירים "מהירות כתלות בזמן" לוחצים על צלמית (4) בסרגל הכלים (איור 4) ומגדירים מהירות **(Velocity)** בציר האנכי באופן דומה.
6. מגדירים חישוב כוח ממוצע – מקליקים על מקום כלשהו במערכת צירים **F(t)** ומקליקים על צלמית (2) בסרגל הכלים (איור 4).

ביצוע הניסוי



1. שקלו את העגלה.
2. פתחו גיליון Excel והכינו בו טבלה בה תזינו את כוח המתיחות ואת תאוצת העגלה שיתקבלו במדידות.
3. השחילו משקולת של 20 גרם על יתד המתלה.
4. אפסו את חיישן הכוח של העגלה: כשהחוט רפוי, הקליקו על צלמית (3) בסרגל Controls (איור 2).
5. כרכו חוט סביב הגלגלת, הרחיקו את העגלה למרחק של כ-30 ס"מ מהמחסום (אין לעבור על מרחק זה!) והחזיקו אותה. הפסיקו את תנודות המשקולות על החוט, הקליקו על צלמית הקלטה (1) **Record** (איור 2) ושחררו את העגלה. וכשהיא תגיע למחסום, עצרו את המדידות.
6. למדידת כוח המתיחות הממוצע הפועל על העגלה בתנועתה פעלו באופן הבא:

בחרו על גרף הכוח קטע המתאר את תנועת העגלה בתאוצה קבועה לפני התנגשות העגלה במחסום. לשם כך, הקליקו על צלמית כלי בחירה (1) (איור 4), גררו את מלבן הבחירה אל קטע הגרף והתאימו לקטע זה את מידות המלבן באמצעות הזזת צלעותיו. הזינו בגיליון Excel את ערכו של הכוח הממוצע.
7. מציאה של תאוצת העגלה. עברו לגרף המהירות (הקליקו עליו) ובחרו קטע המתאר את תנועת העגלה בתאוצה קבועה. התאימו פונקציה קווית לקטע זה: הקליקו על צלמית המשולש (3) בסרגל הכלים (איור 4) ובחרו **Linear** ברשימת הפונקציות. בהסתמך על משוואת הקו, מצאו את תאוצת העגלה והזינו אותה בגיליון.
8. שמרו את הפעילות.
9. בצעו 7 מדידות נוספות (סעיפים 4 – 8) כאשר בכל מדידה חדשה הגדילו את המסה הכוללת של המשקולת על המתלה ב- 10 גרם. אין לעבור על המסת המשקולות הכוללת של 90 גרם על המתלה.

ניתוח תוצאות המדידות

1. בנו ב-Excel גרף פיזור של תאוצת העגלה כתלות בכוח הפועל עליה.
2. הוסיפו לגרף קו מגמה לינארי, הציגו את משוואתו ואת הערך של R^2 .

R - מקדם המתאם, או מדד פירסון (Pearson correlation), הוא מדד של קשר ליניארי בין שני משתנים. ערכי R מקיימים: $-1 \leq R \leq 1$. ככל שערכו של R^2 קרוב יותר ל-1, התאמת הקשר בין שתי מדידות ניסיוניות (תאוצה וכוח בניסוי זה) לקשר ליניארי היא טובה יותר.

3. היעזרו במשוואת קו המגמה וחישבו את הערך הניסיוני של מסת העגלה. חישבו את הסטייה היחסית של ערך זה ממסת העגלה שמתקבלת בשקילה.

בסיום הניסוי

- כבו את העגלה על ידי לחיצה ממושכת על כפתור ההפעלה.
- כבו את המחשב.
- החזירו את כל המשקולות למתקן בו היו לפני תחילת הניסוי.

שאלות סיכום

1. הסבירו כיצד נמדדת מהירות העגלה באמצעות חיישן המקום של העגלה.
2. מהם הגורמים האפשריים של השגיאות בניסוי זה?