



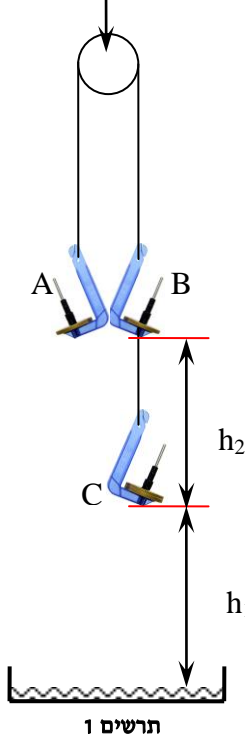
מכונת אטווד

רשימת הציוד

- חוט עם לולאות בקצותיו, באורך של כ-118 ס"מ (כולל הלולאות)
- חוט עם לולאות בקצותיו, באורך של כ-15 ס"מ (כולל הלולאות)
- 3 מתלים PASCO (5 גר') עם מעצורי גומי למניעת נפילת המשקולות
- 3 משקולות של 20 גר'
- PASCO Smart Pulley
- ממשק PASCO
- מוט באורך של כ-125 ס"מ
- מעמד ריצפתי למוט
- מחבר זוויתי
- סרגל של 1 מ'
- מגש מרופד בספוג

תיאור המערכת ורקע עיוני

"גלגלת חכמה"
המחוברת למערכת
ממוחשבת



שני גופים זהים, A ו-B (מתלה ומשקולת עליו) שמסתם $M_A = M_B = 25\text{gr}$ תלויים על חוט ארוך הכרוך סביב גלגלת הנמצאת בשער אופטי. השער האופטי המחובר למערכת מדידה ממוחשבת מאפשר למדוד את מהירותה הזוויתית של הגלגלת, ולפיכך את מהירות המשקולות (רדיוס הגלגלת ידוע). תולים גוף נוסף C שמסתו $M_C = 25\text{gr}$ גם כן, על מתלה גוף B באמצעות חוט קצר ומשחררים את הגופים ממנוחה – הם מתחילים לנוע.

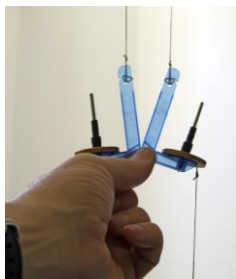
מסות הגופים שצוינו כוללות את מסות המשקולות והמתלים.

לפני ביצוע הניסוי, ענה על השאלות הבאות:

1. תאר את תנועת כל אחד מהגופים מרגע שחרורם עד הרגע בו גוף A יימצא בגובה $2 \cdot (h_1 + h_2)$ בפעם השנייה (התייחס לכיווני התנועה, מהירויות ותאוצות של הגופים בכל אחד מקטעי התנועה).
2. סרטט את סקיצות הגרפים של מקום ומהירות כתלות בזמן עבור גופים A, B עד הרגע שצוין בסעיף 1.
3. בהסתמך על מסות הגופים, חשב את תאוצתם בשלב הראשון של התנועה – עד שגוף C פוגע במגש (פרט חישוביך).

מדידות עזר. הנח מגש עם ספוג מתחת לגופים. וודא שהחוט עליו תלויים גופים A, B כרוך סביב גלגלת. משוך את גוף A כלפי מטה עד שהוא יימצא מול גוף B. אחוז במתלים של גופים אלה (תרשים 2) ומדוד את המרחקים h_1, h_2 (תרשים 1). הרפה מהמתלים.

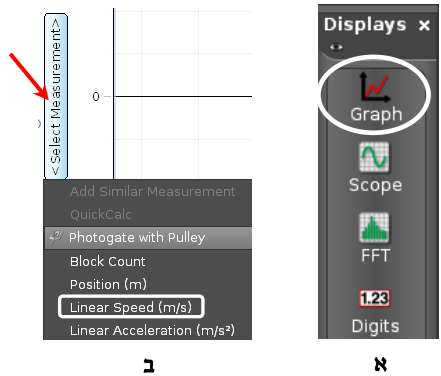
4. בהסתמך על מדידותיך ועל חישוב התאוצה, חשב במחברתך את זמני ההגעה ארצה, t_C ו- t_B , של הגופים C, B בהתאמה.



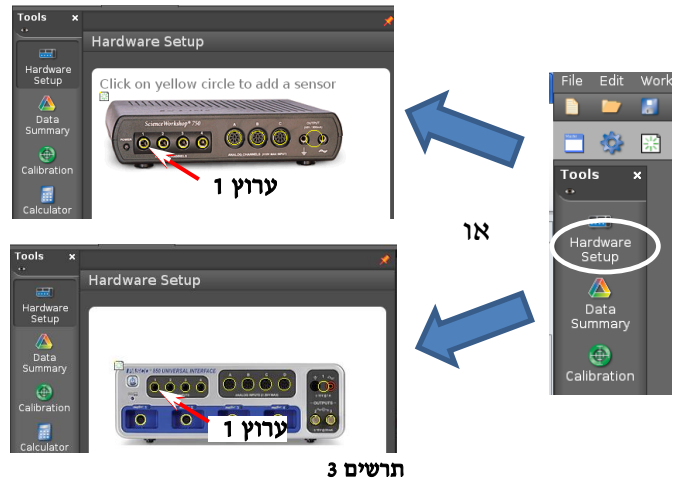
תרשים 2

הכנת המערכת

1. חבר את השער אופטי עם גלגלת לערוץ הדיגיטלי הראשון של ממשק PASCO, הפעל את הממשק.
2. העלה את תכנת Capstone ולחץ על כפתור **Hardware Setup** (סרגל Tools, בחלק השמאלי של המסך). הקלק על ערוץ דיגיטלי 1 בתמונת הממשק (תרשים 3) ובחר את שער אופטי עם גלגלת (Photogate with pulley).



תרשים 4

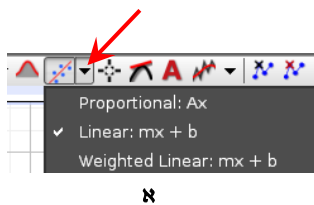


תרשים 3

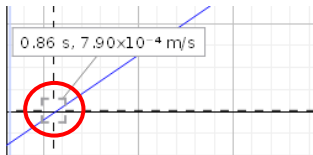
3. סגור את Hardware Setup (לחץ שוב על כפתור Hardware Setup).

4. הכן מערכת צירים "מהירות כתלות בזמן". פעל באופן הבא:

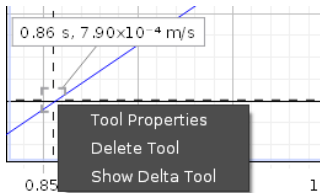
- הקלק פעמיים על כותרת תצוגה Graph בסרגל Displays (תרשים 4א) – בדף חוברת העבודה תיפתח תצוגה גרפית (מערכת צירים).
- הקלק על כותרת הציר האנכי <Select Measurement> ובחר מהירות (Linear Speed) מתוך הרשימה (תרשים 4ב).



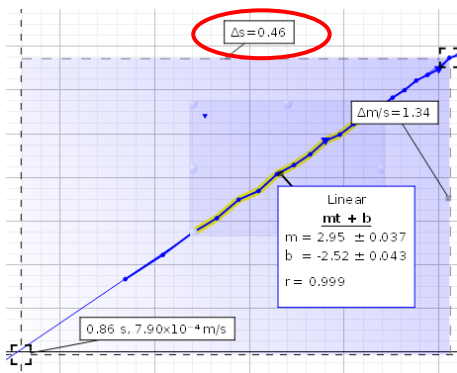
א



ב



ג



ד

תרשים 5

ביצוע הניסוי

- וודא שהחוט עליו תלויים גופים A, B כרוך סביב הגלגלת. משוך את גוף A כלפי מטה כך שיימצא מול גוף B. אחוז במתלים של גופים A, B (תרשים 2). הפסק את תנודות גוף C, הרץ מדידה (לחץ על כפתור Record בסרגל Controls למטה) והרפה מהמתלים. אחרי הגעת גוף B ארצה, עצור את המדידות (לחץ שוב על אותו הכפתור).

2. חזור 4 פעמים נוספות על המדידה שביצעת.

ניתוח תוצאות המדידות

- מציאת הזמנים $t_C - 1$ לפי גרף המהירות כתלות בזמן שמופק על ידי המערכת הממוחשבת.

במדידת המהירות באמצעות ה"גלגלת החכמה" של מערכת PASCO, המדידות אינן מתחילות מייד עם תחילת התנועה (הבט על גרף $v(t)$ שהפיקה המערכת). לפיכך, לשם מדידת הזמנים יש להעריך מתי התחילה התנועה. משום שתנועת גופים היא שוות תאוצה (כלומר, גרף המהירות כתלות בזמן הוא ליניארי), להערכת הרגע בו התחילה התנועה אפשר להיעזר בקו מגמה של קטע הגרף המתאר את התנועה המואצת.

למציאת הזמנים הנ"ל, פעל באופן הבא עבור כל אחת מהמדידות:

- בנה קו מגמה של קטע הגרף המתאים:
 - הקלק על כלי בחירה בסרגל הכלים של התצוגה – יופיע מלבן הבחירה. גרור אותו לקטע הנדרש והתאם את גודלו לקטע באמצעות הזזת צלעותיו.
 - התאם פונקציה קווית לקטע שבחרת: לחץ על המשולש הקטן הנמצא מימין לכפתור (תרשים 5א) ובחר Linear מתוך רשימת הפונקציות.

ב. למדידת זמני התנועה של הגופים, t_C ו- t_B , פעל באופן הבא:

- הפעל את כלי "קורא הקואורדינאטות" (כפתור ✦ בסרגל הכלים של התצוגה) וגרור אותו לנקודת החיתוך של קו המגמה עם ציר הזמן (נקודת החיתוך צריכה להיות באמצע הכלי - תרשים ב'5).
 - הקלק על קורא הקואורדינאטות עם המקש הימני של העכבר ובחר מתוך הרשימה את **Show Delta Tool** - כלי המאפשר למדוד הפרשים בין שעורי הנקודות במערכת צירים (תרשים ג'5). הלחיצה תפתח מלבן שבאחד מקודקודיו נמצא קורא הקואורדינאטות.
 - גרור את פינת המלבן הנגדית לקורא הקואורדינאטות, לנקודות הגרף המתאימות להגעה ארצה של הגופים C ו-B, כל אחת בתורה. ההפרשים של שעורי הזמנים (t_C ו- t_B בהתאמה) יוצגו בחלון הגרף כ- Δs (תרשים ד'5).
- ג. רשום את ערכי t_C ו- t_B למחברתך.
2. בהסתמך על 5 מדידותיך, חשב את הערכים הממוצעים של הזמנים, \bar{t}_C ו- \bar{t}_B . התייחס לזמנים שחישבת לפני ביצוע הניסוי, ומצא את השגיאה היחסית של המדידות.
3. מצא מתוך הגרפים את תאוצות הגופים בשלב הראשון של תנועתם, חשב את התאוצה הממוצעת ומצא בעזרתה את תאוצת הנפילה החופשית g. חשב את השגיאה היחסית במדידת g בדרך זו.