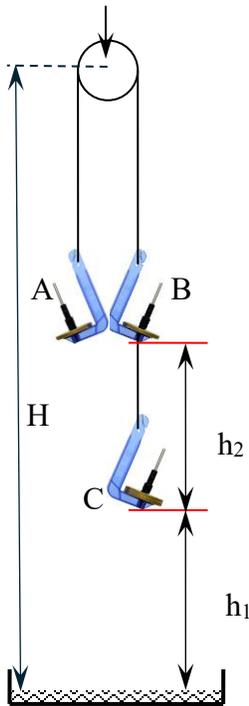


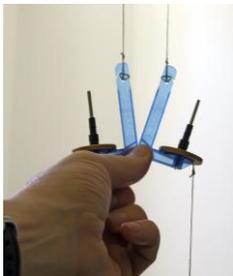
מכונת אטווד



חיישן שער אופטי
עם גלגלת



איור 1



איור 2

ציוד

- 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 מתלי PASCO (5 גר') עם מהדקי משקולות (למניעת נפילתן מהמתלים)
- 3 משקולות של 20 גר'
- חיישן שער אופטי עם גלגלת (Photogate with Pulley)
- ממשק PASCO
- מוט באורך של כ-125 ס"מ
- מעמד ריצפתי למוט
- מאזניים רגישים (0.01 g)
- מחבר זוויתי
- סרגל של 1 מ'
- מגש מרופד בספוג

מטרת הפעילות

היכרות עם מכונת אטווד.

תיאור המערכת ורקע עיוני (איור 1)

חיישן "שער אופטי עם גלגלת" מותקן על מוט בגובה H מעל הרצפה, $H > 2 \cdot (h_1 + h_2)$. שני מתלים זהים עליהם משקולות שמסתן 20 g (בהמשך – גופים A-B), תלויים על חוט ארוך הכרוך סביב גלגלת החיישן. החיישן מחובר למערכת מדידות ממוחשבת ומאפשר למדוד את מהירות המשקולות בתנועתן. מחזיקים את מתלה B ותולים עליו באמצעות חוט קצר מתלה עם משקולת שמסתה 20 g (בהמשך – גוף C). משחררים את מתלים ממנוחה ומוודים את תאוצתן ואת זמני הגעתן, t_B - t_C , ארצה. מחשבים את תאוצת הנפילה החופשית על סמך המדידות של תאוצת המשקולות.

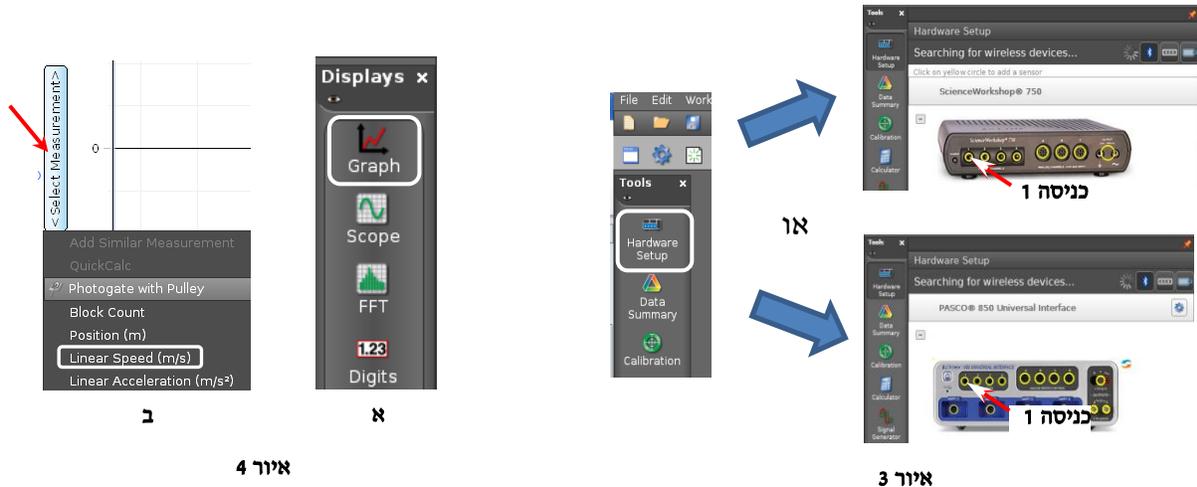
לפני ביצוע הניסוי:

1. שקלו את מסת המתלה.
2. תארו את התנועה של כל אחד מהגופים מרגע שחרורם עד הרגע בו גוף A ימצא בגובה $(2 \cdot (h_1 + h_2))$ בפעם השנייה (התייחסו לכיווני התנועה, מהירויות ותאוצות של הגופים בכל אחד מקטעי התנועה).
3. סרטטו את סקיצות הגרפים של מקום ומהירות כתלות בזמן עבור גופים A, B עד הרגע שצוין בסעיף 2.
4. בהסתמך על מסות הגופים, חשבו את תאוצתן בשלב הראשון של התנועה (עד שגוף C מגיע ארצה). פרטו את חישוביכם.
5. הניחו מגש עם ספוג מתחת לגופים. וודאו שהחוט עליו תלויים גופים A, B כרוך סביב גלגלת החיישן. משכו את גוף A כלפי מטה עד שהוא ימצא מול גוף B. אחזו במתלים של גופים אלה (איור 2), מדדו את המרחקים h_1, h_2 ושחררו את המתלים. בהסתמך על מדידותיכם ועל חישוב התאוצה, חשבו את זמני ההגעה ארצה, t_C - t_B , של גופים B, C בהתאמה.

הכנת המערכת

1. מחברים את השער האופטי לכניסה 1 של ממשק PASCO ומפעילים את הממשק.
2. מעלים את תוכנת Capstone במחשב. מקליקים על צלמית **Hardware Setup** (סרגל Tools, בחלק השמאלי של המסך). מקליקים על כניסה 1 בתמונת הממשק בתוכנה (איור 3) ובוחרים ברשימת החיישנים **Photogate with pulley** (שער אופטי עם גלגלת). סוגרים את **Hardware Setup** (מקליקים שוב על צלמית **Hardware Setup**).
1. מכינים את מערכת הצירים "מהירות כתלות בזמן" (איור 4):
 - א. מקליקים קליק כפול על צלמית **Graph** בסרגל **Displays** – תיפתח מערכת צירים.

ב. מקליקים על כותרת הציר האנכי (<Select Measurement>) ובחרים מהירות (Linear Speed) ברשימה.



ביצוע הפעילות

1. תלו גוף C על המתלה של גוף B. וודאו שהחוט עליו תלויים גופים A, B כרוך סביב גלגלת החיישן. משכו את גוף A כלפי מטה כך שיימצא מול גוף B ואחזו במתלים של גופים A, B (איור 2). הפסיקו תנועות של גוף C, הריצו מדידות (הקליקו על צלמית Record בסרגל Controls) והפרו מהמתלים. אחרי נפילת גוף B למגש עצרו את המדידות (לחצו שוב על אותה הצלמית).

2. חזרו 4 פעמים נוספות על המדידות הנ"ל.

ניתוח תוצאות המדידות

1. למציאת הזמנים t_B ו- t_C היעזרו בגרף המהירות כתלות בזמן שהופק על ידי המערכת הממוחשבת.

במדידות המהירות באמצעות חיישן השער האופטי עם גלגלת, המדידות אינן מתחילות מייד עם תחילת התנועה (הביטו בגרף $v(t)$ שהפיקה המערכת). לפיכך, למדידת הזמנים יש להעריך מתי התחילה התנועה. משום שתנועת הגופים היא שווה תאוצה (כלומר, גרף המהירות כתלות בזמן הוא ליניארי), להערכת הרגע בו התחילה התנועה אפשר להיעזר בקו מגמה של קטע הגרף המתאר את תנועת השוות תאוצה.

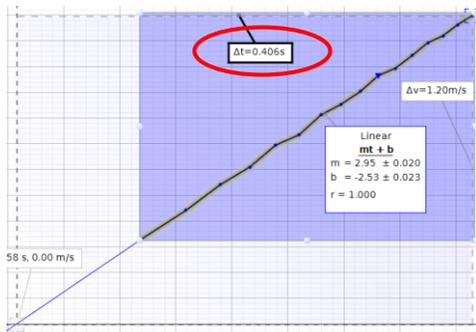
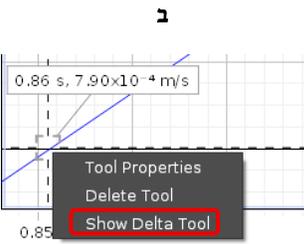
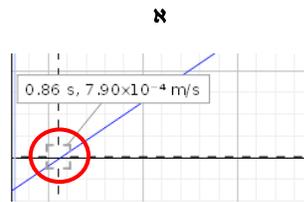
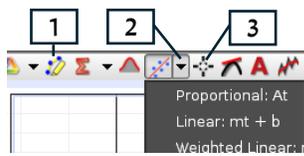
למציאת הזמנים הנ"ל, פעלו באופן הבא עבור כל אחת מהמדידות:

א. בנו קו מגמה של קטע הגרף המתאים:

- הקליקו על צלמית כלי בחירה (1) בסרגל כלים (איור א5) – יופיע מלבן הבחירה. גררו את מלבן הבחירה אל קטע הגרף והתאימו לקטע זה את מידות המלבן באמצעות הזזת צלעותיו.
- התאימו לקטע הגרף שבחרתם פונקציה קווית: הקליקו על צלמית (2) (איור א5) ובחרו Linear ברשימת הפונקציות.

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

- הפעילו "קורא הקואורדינטות" (צלמית (3) באיור א5) וגררו אותו לנקודת החיתוך של קו המגמה עם ציר הזמן (נקודת החיתוך צריכה להיות באמצע "קורא הקואורדינטות" - איור ב5).
- הקליקו על קורא הקואורדינטות במקש הימני של העכבר ובחרו בתפריט את Show Delta Tool - כלי המאפשר למדוד הפרשים בין שעורי הנקודות במערכת צירים (איור ג5); יפתח מלבן שבאחד מקודקודיו נמצא קורא הקואורדינטות.



תרשים 5

- גררו את פינת המלבן הנגדית לקורא הקואורדינאטות, לנקודת הגרף שמתאימה לנפילת הגוף C למגש - זמן t_C יוצג בחלון הגרף כ- Δt (תרשים ד5).
 - מצאו, באופן דומה, את הזמן t_B : גררו את קורא הקואורדינאטות לתחילת קטע הגרף המתאר את השלב השני בתנועת הגופים, ואת הפינה הנגדית של **Delta Tool** - לסוף הקטע.
- ג. בהסתמך על חמש המדידות, חשבו את הערכים הממוצעים של הזמנים, $\overline{t_C}$ ו- $\overline{t_B}$. התייחסו לזמנים שחישבתם לפני ביצוע הפעילות, ומצאו את הסטייה היחסית של הזמנים שנמדדו מהערכים התיאורטי שחישבתם לפני הפעילות.
2. מצאו בעזרת הגרפים את תאוצות הגופים בשלב הראשון של תנועתם, חשבו את התאוצה הממוצעת ומצאו בעזרתה את תאוצת הנפילה החופשית g . חשבו את הסטייה היחסית במדידת g בדרך זו.