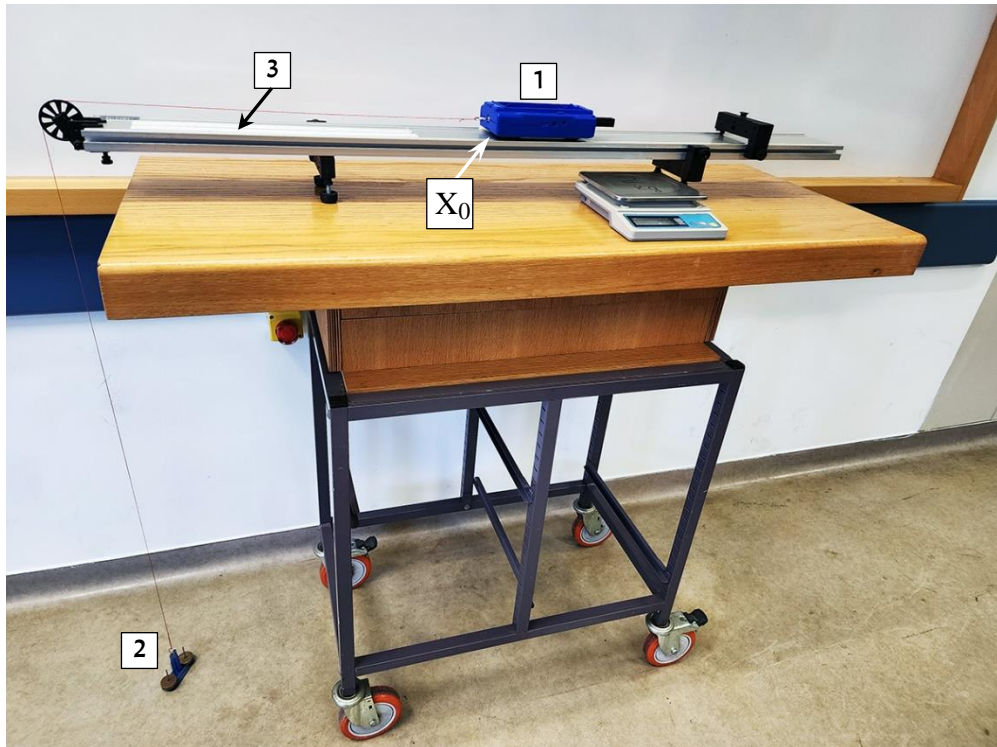




עבודה ואנרגיה

רשימת הציוד

- מסילת PASCO עם 2 פסי ולקרו ומד זווית מוצמד
- מחסום PASCO למסילה
- עגלת דינמיקה אלחוטית עם וו על חיישן הכוח
- מתלה דו-צדדי
- 2 משקולות של 50 גרם
- גלגלת עם תפס למסילה
- מאזניים



איור 1

תיאור המערכת (איור 1)

עגלת דינמיקה (1) עם חיישן תנועה מובנה מונחת על מסילה מאוזנת. חוט עם מתלה עליו משקולות (2), כרוך סביב גלגלת המותקנת על קצה המסילה, וקשור לעגלה. בסמוך לגלגלת, על המסילה מודבקים פסים מחוספסים (3) ("מסלול האטה") שבולמים את העגלה בסוף תנועתה.

מרחיקים את העגלה ממסלול ההאטה כך שהמתלה עם המשקולות יתרומם, ומשחררים אותה. בתחילת התנועה, האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של המתלה עם המשקולות מומרת לאנרגיה קינטית של המערכת (העגלה והמתלה עם המשקולות). אחרי שהמתלה מגיע לרצפה, העגלה ממשיכה לנוע במהירות כמעט קבועה (החיכוך בצירי העגלה קטן מאד). בשלבים הנ"ל של תנועת העגלה, מהירותה נמדדת באמצעות חיישן העגלה. בהמשך תנועתה העגלה עולה על מסלול האטה, עוברת מרחק מסוים ועוצרת עקב חיכוך מוגבר בינה לבין מסלול ההאטה.

רקע עיוני

1. רשמו את חוק שימור האנרגיה עבור המערכת בשלב בו העגלה נעה בהשפעת המשקולות. הביעו קשר בין מהירות העגלה לבין גובה המתלה מעל הרצפה.
2. רשמו את משפט עבודה - אנרגיה עבור הקשר בין אנרגיה קינטית של העגלה לבין עבודת כוח חיכוך במסלול ההאטה. בטאו את העתק העגלה L על מסלול ההאטה בעזרת מהירותה v בכניסת העגלה אל המסלול, מקדם החיכוך μ ותאוצת הנפילה החופשית g .
3. פיתחו ביטוי למקדם החיכוך הסטטי עבור גוף המונח על משור משופע כתלות בזווית השיפוע של המישור.

הכנת המערכת למדידות

1. מפעילים את העגלה על ידי לחיצה קצרה על כפתור (1) הנמצא על דופנה הצדדית (איור 2).
2. בתוכנת Capstone לוחצים על צלמית **Hardware Setup** (2) בסרגל **Tools** (איור 2) - התוכנה תציג את רשימת העגלות המופעלות הנמצאות בסביבה. עליכם לאתר ברשימה את השורה עם המספר התואם את מספר העגלה הנמצאת במערכת שלכם, ולהקליק עליה. אחרי זה סוגרים את **Hardware Setup** (לוחצים שנית על צלמית (2)).



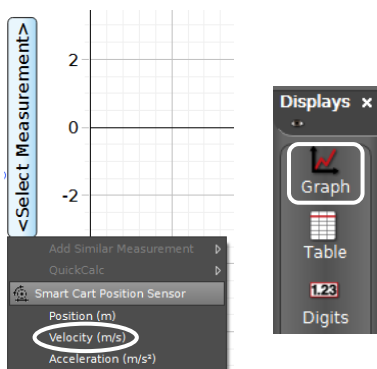
איור 2

3. מכינים מערכת צירים "מהירות כתלות בזמן":

א. מקליקים פעמיים על כותרת תצוגה **Graph** בסרגל **Displays** (איור 4א) – בדף חוברת העבודה תיפתח תצוגה גרפית.

ב. מקליקים על כותרת הציר האנכי **<Select Measurement>** של מערכת הצירים ובחרים ברשימה מהירות **Velocity** (איור 4ב).

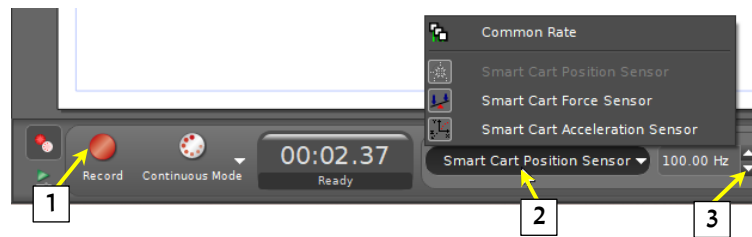
ג. מקליקים על רשימת החיישנים (שדה 2, איור 3), בוחרים את חיישן המקום (**Smart Cart Position Sensor**) ומגדירים עבורו קצב דגימה של 100 Hz באמצעות חצים (3).



ב'

א'

איור 4



איור 3

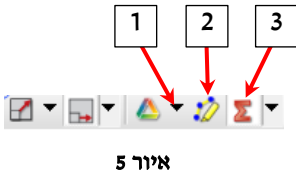
ביצוע מדידות

לפני תחילת ביצוע הניסוי:

1. שוקלים את העגלה עם המתלה.
2. משחילים על כל צד המתלה משקולת של 50 גרם. מניחים את המתלה על הרצפה מתחת לגלגלת המסילה וכורכים את החוט סביב הגלגלת.
3. מרחיקים את העגלה ממסלול ההאטה עד שהמתלה יהיה על סף ההתנתקות מהרצפה. רושמים את שנת סרגל המסילה מולה נמצאת חזית העגלה (x_0 - איור 1).
4. כעת מזיזים את העגלה באיטיות לעבר מסלול ההאטה עד שמרגישים שהעגלה נתקלת בו. רושמים את שנת סרגל המסילה מולה נמצאת חזית העגלה כעת. חוזרים על הפעולה 3 פעמים ורושמים את הערך הממוצע של y_0 .

ביצוע הניסוי

1. מרחיקים את העגלה ממסלול ההאטה עד שחזית העגלה תימצא (בערך) מול שנת סרגל המסילה "65 ס"מ". מפסיקים את תנודות המתלה.
2. מריצים מדידות במערכת הממוחשבת (כפתור (1) באיור 3), משחררים את העגלה וכשהיא תעצור - מפסיקים אותן.
3. רושמים את גובה המתלה מעל הרצפה (אין למדוד את הגובה ישירות, כיצד מחשבים אותו?).
4. רושמים את ערך השנת (של סרגל המסילה) מולה נמצאת חזית העגלה אחרי עצירתה ומחשבים את העתק העגלה על מסלול ההאטה (הכיצד?).
5. מודדים בגרף המהירות את המהירות הממוצעת של העגלה בקטע בו שקול הכוחות הפועלים עליה שווה ל-0. לשם כך:
 - א. מפעילים כלי בחירה (2) (איור 5) וגוררים אותו לקטע הגרף המתאר תנועה קצובה של העגלה.
 - ב. מפעילים כלי סטטיסטי (לוחצים על צלמית (3)) ורושמים את ערך המהירות הממוצעת המוצגת.
6. חוזרים על הפעולות המתוארות בסעיפים 1 – 5 תשע פעמים נוספות, כאשר בכל פעם מגדילים את המרחק בין חזית העגלה לבין מסלול ההאטה ב-1 ס"מ.
7. מעריכים מקדם החיכוך בין העגלה לבין מסלול ההאטה. לשם כך, מניחים את העגלה בתחילת מסלול ההאטה (העגלה כולה צריכה לעמוד עליו). מעלים לאט את קצה המסילה אליו מוצמד מד הזווית ורושמים את הזווית בה העגלה מתחילה להחליק.


בסיום המדידות יש לכבות את העגלה באמצעות לחיצה ארוכה על כפתור ההפעלה
ניתוח תוצאות המדידות**חקירת גלגולי אנרגיה מפוטנציאלית כובדית לקינטית**

1. על סמך תוצאות המדידות, בנו ב-Excel גרף המביע את הקשר בין מהירות העגלה לבין האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של המתלה עם המשקולות. אילו משתנים צריך לבחור על מנת שהקשר יהיה ליניארי?
2. בהיעזר בגרף, מצאו את המסה הכוללת של העגלה והמתלה עם המשקולות. חישובו את אחוז הסטייה מהמסה שהתקבלה בשקילה בתחילת הניסוי.

אישוש משפט "עבודה – אנרגיה"

- כעת תחקרו את הקשר בין שינוי באנרגיה הקינטית של העגלה לבין עבודת כוח חיכוך על מסלול ההאטה.
1. בחלק העיוני פיתחתם ביטוי עבור הקשר בין העתק העגלה L במסלול ההאטה לבין מהירותה v בכניסה למסלול. איזה משתנה הבלתי תלוי צריך לבחור על מנת שהקשר בין העתק העגלה L לבין משתנה זה יהיה ליניארי?
 2. בנו גרף של העתק העגלה L כתלות במשתנה עליו דובר בסעיף הקודם, והוסיפו לגרף קו מגמה יחד עם משוואתו.
 3. בהיעזר במשוואת קו המגמה, מצאו את מקדם החיכוך הקינטי μ בין העגלה לבין מסלול ההאטה. השוו את התוצאה עם ערך המקדם החיכוך הסטטי שמצאתם במדידה הישירה (עבור החומר ממנו עשוי מסלול ההאטה, מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי קרובים). חישובו את אחוז הסטייה בניסוי.