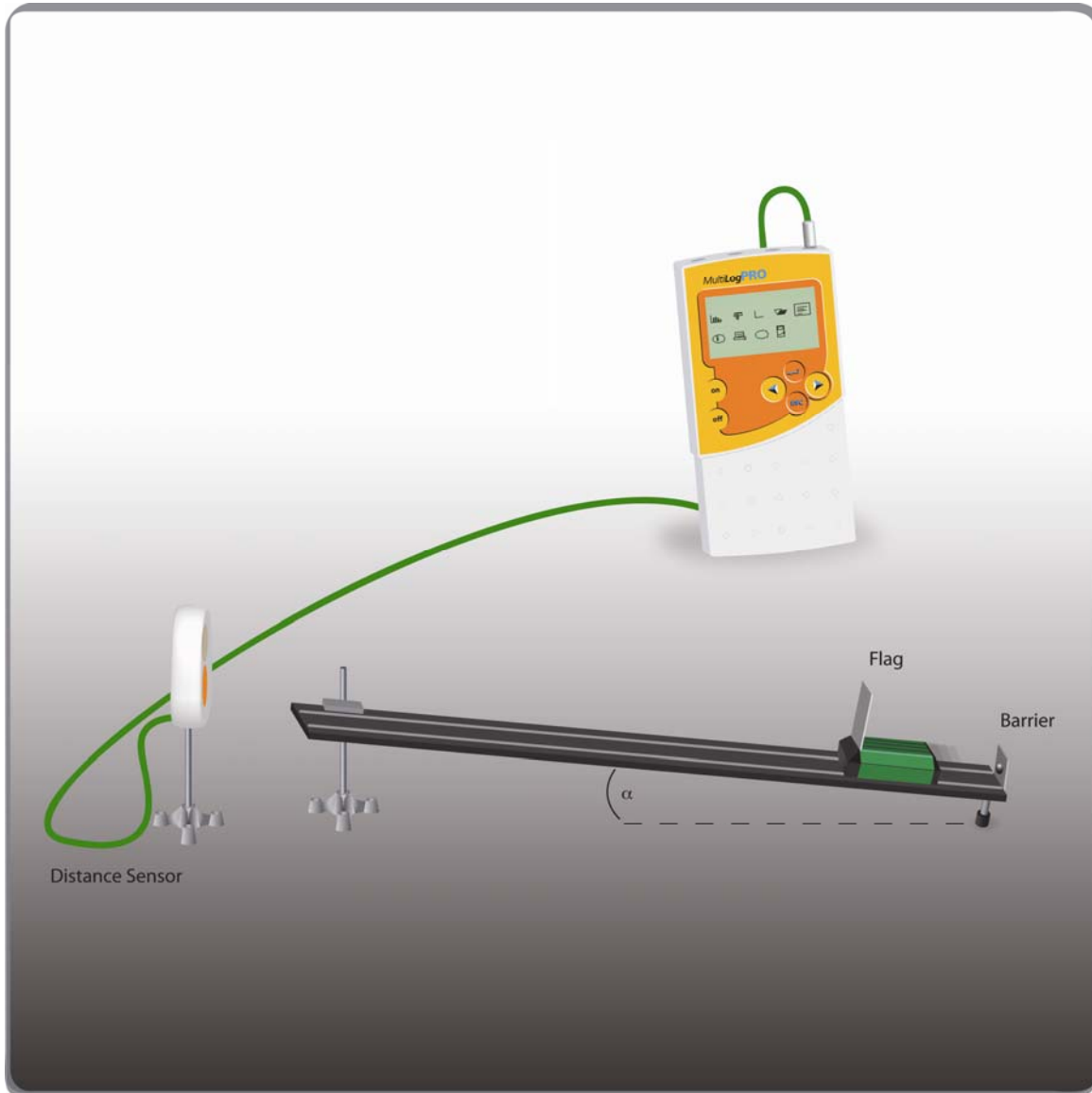


תנועה במישור משופע להחליף תמונה



תרשים 1


מבוא

גוף על מישור משופע ינוע בתאוצה קבועה. אם המישור המשופע חלק (נטול חיכוך) תאוצתו בעלייה תהיה זהה לתאוצתו בירידה.
בניסוי זה אנו מעמידים עגלה על מישור משופע וחוקרים את תנועתה.


רשימת הציוד

- MultiLogPRO או TriLink
- יש לחבר את ה- MultiLogPRO לרשת החשמל באמצעות ספק המתח AC/DC כיוון שצריכת הזרם של חיישן המרחק גבוהה
- חיישן מרחק
- עגלה (רצוי עם מגנט או סקוצ')
- "דגל": קרטון ריבועי שאורך צלעו כ- 10 ס"מ
- מישור משופע (בעל חיכוך קטן ככל האפשר) עם מחסום באחד הקצוות
- כן ואוחז

בניית מערכת הניסוי (על מנת לקבל את הגרף התואם את תרשים 2)


1. הדלק את ה- MultiLogPRO.
2. חבר את ה- MultiLogPRO ליציאה הטורית או לכניסת USB של המחשב ולמקור המתח
3. חבר את חיישן המרחק לכניסה 1 (I/O-1) של ה- MultiLogPRO.
4. הרכב את הציוד כמוראה בתרשים 1 (דאג לכך שזווית המישור המשפיע תהיה כ- $3^\circ - 1^\circ$):
5. הצב את חיישן המרחק מול הקצה העליון של המישור המשופע.
6. הצב מעצור בתחתית המישור (בדרך כלל משתמשים בעגלה ובמעצור עם מגנטים, הדוחים אחד את השני).
7. דאג לכך שהמעצור לא יסתיר את קו הראייה שבין החיישן לעגלה.
8. המרחק בין החיישן לבין העגלה צריך להיות לפחות 50 ס"מ בכל מהלך התנועה.
9. הפעל את תוכנת ה- MultiLab.
10. הנח את העגלה בתחתית המישור המשופע וקבע את מיקומה כעת כראשית הצירים, ראה אתחול תוכנת ה- MultiLogPro.
11. פתח את אשף האתחול  בסרגל הכלים העליון והגדר את מערך המדידה לפי הפרוט הבא.

אתחול תוכנת ה- MultiLogPRO

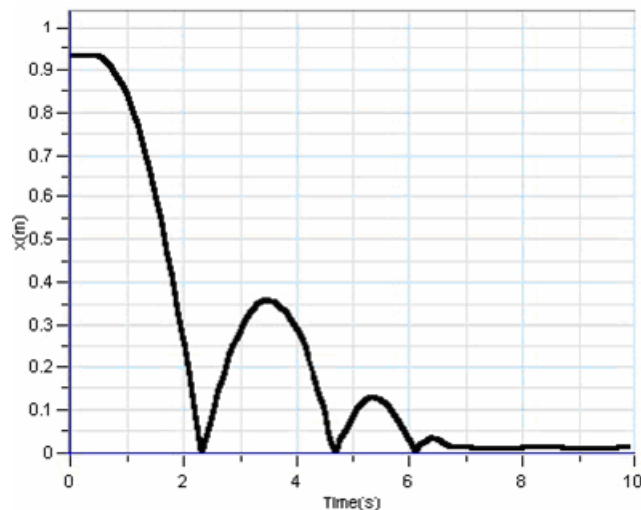
מרחק	כניסה – I/O-1	חיישן
הגדרות החיישן  : מרחק מתקרב קבע כנק' אפס < סמן אפס קריאה נוכחית		
10 דגימות לשנייה		קצב מדידה
50s (500 דגימות)		זמן דגימה

מהלך הניסוי

1. החזק את העגלה על המישור המשופע בגובה כזה שבהגיעה לתחתית המישור, היא תדחה בעדינות על ידי המעצור (ללא פגיעה בו).

2. לחץ על **התחל**  בסרגל הכלים העליון ושחרר את העגלה. גרף ההעתק כתלות בזמן יופיע בצורה אוטומטית (העגלה תגיע מספר פעמים לקצה התחתון של המישור המשופע עד לסוף המדידה).

3. לחץ על **שמור**  לשמירת תוצאות הניסוי (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ניתוח תוצאות הניסוי ושאלות

1. הגרף שהתקבל עלול לכלול "רעשי רקע" אקראיים. כדי להקטין את רעשי הרקע, מומלץ



"להחליק" את הנתונים הגולמיים: סמן את הגרף ע"י לחיצה על הצג סמן ראשון



שבסרגל הכלים התחתון ולאחר מכן על יותר החלקה שבאותו סרגל.

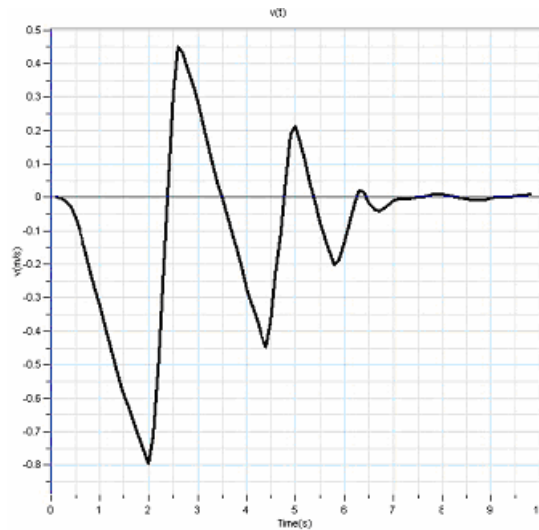
2. המהירות היא נגזרת ההעתק כפונקציה של הזמן. לחץ על נגזרת



שבסרגל הכלים העליון על מנת לקבל גרף של המהירות כפונקציה של הזמן (ראה תרשים 3). אם הגרף


שהתקבל אינו מספיק חלק, החלק אותו (כפי שמתואר בסעיף הקודם). העובדה שהגרף


מורכב מקווים ישרים מצביעה על כך שהתאוצה קבועה.



תרשים 3

3. בהנחה שהמישור חלק, סמן שתי נקודות מרוחקות בקטע הירידה הראשון של העגלה בעזרת

הצג סמן ראשון  והצג סמן שני  שבסרגל הכלים התחתון. לאחר מכן התאם לקטע

הזה קירוב ליניארי על ידי לחיצה על קירוב קו ישר  שבסרגל הכלים העליון. גרף

הקירוב הליניארי יופיע על גרף המהירות והנוסחה שלו בתחתית חלון הגרף. שיפוע הקו

הישר המופיע בנוסחה, היא תאוצת העגלה. העזר בתאוצה שמצאת וחשב את זווית השיפוע

של המישור המשופע.

4. חזור על אותו תהליך באחד הקטעים האחרים של תנועת העגלה כדי לבדוק אם התאוצה

קבועה.

5. מדוד את אורך המסילה ואת גובה המישור המשופע וחשב את זווית השיפוע של המישור. השווה בין השיפוע שחישבת בסעיף 3 לבין הזווית שחישבת בסעיף זה.
6. האם האנרגיה המכאנית קבועה לאורך התנועה. אם לא - הסבר באילו אופנים "אובדת" אנרגיה מכאנית במהלך תנועת העגלה מרגע עזיבתה במעלה המדרון ועד להגעתה למטה (לפני הפגיעה).
7. התחל את תנועת העגלה בנקודות שונות לאורך המישור המשופע ובכוונים שונים ונסה לשרטט את גרפי ההעתק והמהירות כפונקציה של הזמן. בדוק את עצמך בעזרת מערכת הניסוי.
8. הצב את חיישן המרחק מול הקצה התחתון של המישור המשופע ונסה לשרטט את גרפי ההעתק והמהירות כפונקציה של הזמן. בדוק את עצמך בעזרת מערכת הניסוי.

הצעות נוספות

1. בדוק האם גרף ההעתק הוא פרבולה:
 סמן שתי נקודות, אחת בסוף הירידה הראשונה של העגלה ואחת בסוף הירידה השנייה שלה, בעזרת הצג סמן ראשון  והצג סמן שני  שבסרגל הכלים התחתון.
 לחץ על אשף עיבוד נתונים , בחר "פולינום", סמן $\sqrt{\quad}$ במשבצת הצג משוואת קירוב ולחץ על אישור. נוסחת הפרבולה תופיע בתחתית חלון הגרף. העזר בנוסחת הפרבולה שקיבלת וחשב את התאוצה הנפילה החופשית.
2. במערכות רבות החיכוך בין העגלה לבין המישור המשופע אינו זניח, על כן התאוצה בעלייה תהיה שונה מהתאוצה בירידה. הסבר מדוע!
3. במקרה שהחיכוך בין העגלה למשטח אינו זניח, מדוד את התאוצה בעליה, את התאוצה בירידה ואת זווית המישור המשופע α . חשב את התאוצה הנפילה החופשית ואת מקדם החיכוך של המסילה בעזרת התאוצה בעליה, התאוצה בירידה וזווית השיפוע של המישור תוך שימוש בנוסחה:

$$g = \frac{(a_{down} + a_{up})}{2 \cdot \sin \alpha}$$

$$\mu = \frac{\tan \alpha \cdot (a_{up} - a_{down})}{(a_{up} + a_{down})}$$

הוכח נוסחאות אלו כאשר: a_{down} - גודל התאוצה בתנועה כלפי מטה (ערך מוחלט)

a_{up} - גודל התאוצה בתנועה כלפי מעלה (ערך מוחלט)


μ - מקדם חיכוך

α - זווית השיפוע של המישור


מהי השגיאה היחסית בחישוב תאוצת הנפילה החופשית?


4. חקירת היבטים אנרגטיים בתנועה על מישור משופע.

א. מדוד את מסת העגלה במאזניים: $m = \text{_____ kg}$.

ב. בעזרת הסמן הראשון  עקוב אחר מהירות העגלה בגרף המהירות כפונקציה של הזמן מתחילתה ורשום את המהירות בשלבים השונים של התנועה כמצוין בטבלה הבאה. מהירות בשיא היא אפס או הערך הקרוב ביותר אליו.

ג. רשום בטבלה את ההעתיקים של העגלה באותם זמנים בהם רשמת את מהירותה. לשם

כך העזר בסמן הראשון  וגרף ההעתק כפונקציה של הזמן. חשב את הגובה h [ביחס לנקודה התחתונה (פגיעה) שתוגדר כ- $x = 0$ או $h = 0$ מישור הייחוס].

ד. ניתן להשתמש באשף עיבוד נתונים  שבסרגל הכלים העליון כדי להגדיר פונקציות כגון אנרגיה קינטית, אנרגיה פוטנציאלית ואנרגיה כוללת, ולרשום את הערכים שלהן בטבלה.



E (J)	$E_k (J)$ = $\frac{1}{2}mv^2$	$E_p (J)$ = $mg\Delta h$	גובה $\Delta h (m)$	העתק ביחס למישור הייחוס $\Delta X (m)$	העתק $X (m)$	מהירות $V(m/s)$	זמן $t (sec)$	
								עזיבה
								פגיעה 1 (לפני)
								פגיעה 1 (אחרי)
								שיא 1

הערות דידקטיות

1. ניתן לקבוע את כיוון החיובי של התנועה ואת ראשית מערכת הצירים בכל נקודה לאורך

המסילה. כמובן שבהתאם לקביעות אלה הגרף שבתרשים 2 משתנה.


לקביעת כיוון הציר: אשף האתחול  < הגדרות החיישן  < מתקרב או מתרחק.


לקביעת הראשית: שים את העגלה בנקודת הרשאית הרצויה, **אשף האתחול**  <
הגדרות החיישן  < **קבע כנק' אפס** < **סמן אפס קריאה נוכחית** .


2. ניתן לקבוע את ראשית הצירים בנקודות שונות לאורך המסילה ואת הכיוון החיובי של התנועה במורד המסילה או במעלה המסילה, ולבקש מהתלמידים לנבא בכל מצב כיצד יראה גרף מיקום הגוף או גרף מהירות הגוף כתלות בזמן ולנמק קביעתם. לאחר מכן ניתן להדגים את התנועה ולהסביר את הגרף שהתקבל ואת ההבדל בינו לבין הניבוי (אם יש הבדל).


ניתן להציג, לכל היותר, שני סמנים על הגרף בו-זמנית.

ניתן להשתמש בסמן הראשון כדי להציג ערכים בודדים שנמדדו, או כדי לבחור גרף מסוים.
 ניתן להשתמש בשני סמנים כדי להציג את ההפרש בין שני ערכים של קואורדינטות, או כדי לבחור טווח מסוים של מדידות.

הצגת הסמן הראשון: לחץ פעמיים על ערך מסוים בגרף או לחץ על הצג סמן ראשון  שבסרגל הכלים התחתון. ניתן לגרור את הסמן, בעזרת העכבר, לערך אחר בגרף או לגרף אחר. לגרירה עדינה יותר ניתן להשתמש במקשי החיצים (ימינה ושמאלה) אשר במקלדת. ערכי הקואורדינטות של הנקודה הנבחרת יופיעו בתחתית חלון הגרף.

הצגת הסמן השני: לחץ פעמיים במקום כלשהו באזור הגרף או לחץ על הצג סמן שני  שבסרגל הכלים התחתון. המידע שיופיע יהיה ההפרש שבין שני ערכי קואורדינטות.

הסרת הסמנים: לחץ פעמיים במקום כלשהו באזור הגרף, או לחץ על הצג סמן ראשון  שבסרגל הכלים התחתון פעם שנייה.

הסרת הסמן השני: לחץ על הצג סמן שני  שבסרגל הכלים התחתון פעם שנייה.