

## החוק השני של ניוטון במערכת דו-גופית



### מטרת הניסוי

לחקור את הקשר שבין תאוצת הגוף, הכוח השקול הפועל עליו ומסתו ע"פ

החוק השני של ניוטון:  $\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{M}$  במערכת דו-גופית.

1. כאשר מסת המערכת קבועה (התאוצה משתנה כפונקציה של הכוח השקול)
2. כאשר שקול הכוחות קבוע (התאוצה משתנה כפונקציה של המסה הכוללת)

### ציוד נדרש

- 200PS2103 חיישן תנועה +PASPORT 200PS3200 מתאם Airlink

או

200PS3219 חיישן תנועה wireless

- 200ME5712 מערכת דינמיקה של פסקו

חלקי מערכת הדינמיקה הנדרשים: מסילה, עגלת דינמיקה, זוג משקולות 250 גר', מעצור קצה נייד, גלגלת עם תפסנית.

- 200SE8050 חוט לניסויים

- 200ME8979 סט מתלים ומסות או סט משקולות על וו תליה עד 100 גר'

- סט משקולות על וו תליה עד 500 גר'

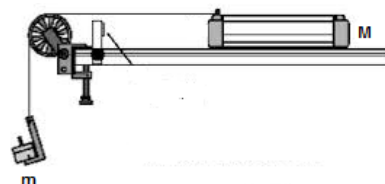
### רקע תיאורטי

משוואות החוק השני של ניוטון במערכת דו-גופית עם מסות M ו-m, הקשורות זו לזו בחוט:

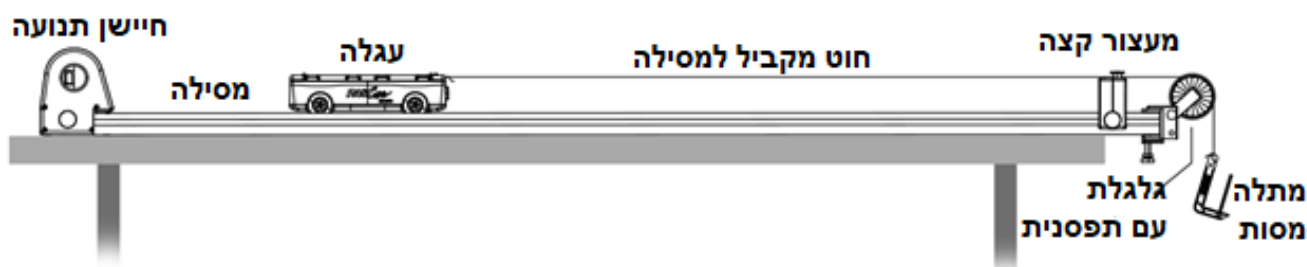
$$\begin{cases} I \quad T = M \cdot a \\ II \quad m \cdot g - T = m \cdot a \end{cases}$$

$$mg = (M + m) \cdot a \rightarrow a = \frac{mg}{(M + m)}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{net}}{M + m}$$

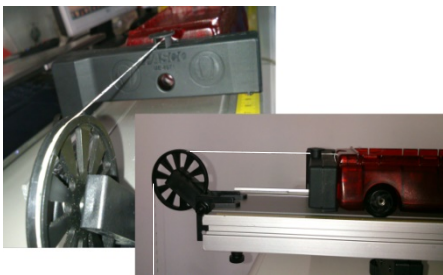


### הרכבת מערכת הניסוי



תמונה 1

- התקן את הגלגלת בקצה המסילה, כשמעצור הקצה מותקן בסמוך אליה, למניעת התנגשות של העגלה בגלגלת. את מעצור הקצה יש להתקין, כך שהמגנטים פונים אל הגלגלת ולא אל העגלה.
- יש לוודא שמשדר החיישן (העיגול הזהוב) מקביל לעגלה באמצעות המד-זווית בצד החיישן (לכונן ל-0°).
- בחיישן PASPORT יש לכונן את המתג בראש החיישן לאלומה צרה (מסומן ב"עגלה").
- בחיישן WIRELESS יש להגדיר במאפייני החיישן (גלגל שיניים כחול ב"Hardware Setup") מדידה בטווח קצר (short).
- קשור את החוט לניסויים לעגלת הדינמיקה בצד אליו מותקנים הסקוטשים (בכדי למנוע אינטרקציה בין העגלה למגנטים המותקנים במעצור הקצה). השחל את החוט דרך החור בראש מעצור הקצה, וחבר למתלה המסות, כך שכשהעגלה צמודה למעצור הקצה, תחתית מתלה המסות כמעט נוגעת ברצפה.
- יש לכונן את מיקום וגובה הגלגלת, כך שהחוט יעבור במקביל למסילה, ודרך מרכז החור במעצור הקצה (ראה תמונה 2 משמאל).
- חבר את חיישן התנועה למחשב.



תמונה 2

### חלק א': מסת המערכת קבועה

בחלק זה של הניסוי זה נשמור על המסה הכוללת  $m+M$  קבועה, ונחקור את הקשר שבין תאוצת המערכת  $a$ , הנמדדת ע"י חיישן התנועה, לכוח המושך השקול-  $mg$ .

### מהלך הניסוי

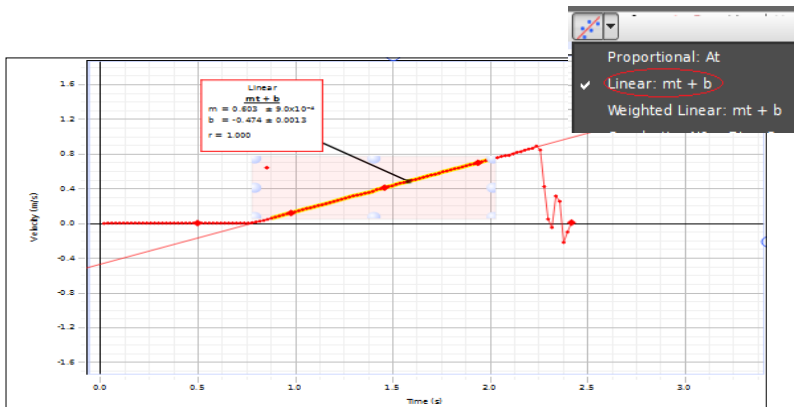
1. פתח את קובץ capstone של הניסוי: "החוק השני של ניוטון 1" (בחר בקובץ המתאים לחיישנים שברשותך- "PASPORT" או "wireless").  
 בקובץ זה קצב הדגימה של חיישן התנועה מוגדר ל- 50Hz.
- בדף הניסוי הראשון (לשונית "חלק א- מדידות") יש גרף המציג את מהירות העגלה כפונקציה של הזמן, וטבלה להקלדה ידנית של מסת המשקולת התלויה והתאוצה בכל הרצה (בעמודה האמצעית יופיע חישוב הכוח השקול המושך כמכפלת מסת המשקולת התלויה ב-g). בפינה הימנית התחתונה יש תקציר הוראות ביצוע הניסוי.
2. העמס את העגלה במשקולת 250 גר', כך שמסתה הכוללת תהיה כ-500 גר'.
3. מדוד את מסת העגלה עם המשקולת:  $M = \underline{\hspace{2cm}}$
4. הוסף לעגלה את המשקולות המחורצות, שתעביר בהמשך הניסוי ממנה למתלה (4-5 משקולות בנות 10 גר').
5. העמס את מתלה המשקולות, כך שמסתו הכוללת תהיה 40 גר'.
6. גרור את העגלה לנקודת התחלת התנועה, שבה וו המשקולות סמוך, אך לא נוגע בגלגלת. יש לוודא שהמרחק בנקודה זו בין העגלה והחיישן עולה על 15 ס"מ.
7. וודא לפני תחילת המדידה שהחוט מקביל למסילה, אינו במגע עם מעצור הקצה וכרוך על הגלגלת.
8. לחץ על כפתור ההקלטה בתוכנה, ושחרר את העגלה.





9. כשהעגלה פוגעת במעצור הקצה, עצור את המדידה בלחיצה על .
10. רשום בטבלה את מסת המתלה עם המשקולות- m.
11. הכוח שמפעילה מסה זו מחושב באופן אוטומטי ויופיע בעמודת הכוח (F).
12. מדידת תאוצת העגלה:

- לחץ על כפתור בסרגל הכלים של הגרף להצגת גרף מדידת v(t) בצורה אופטימלית, ואם יש צורך שנה את קנה המידה של הצירים ידנית ע"י העכבר כדי לראות בבירור את מדידת שינוי המהירות במהלך התנועה.
- לחץ על כפתור בסרגל הכלים של הגרף, והתאם את גודל תיבת התחום ומיקומה, כך שיודגשו בצורה הנקודות הרלוונטיות של מדידת מהירות העגלה במהלך התנועה.



תמונה 3



- לחץ על חץ הגלילה מימין לכפתור קווי המגמה , ובחר מרשימת קווי המגמה ב"קו מגמה לינארי".
- הקלק על שטח הגרף, ותראה את משוואת קו המגמה עבור הנקודות המודגשות לצד גרף המהירות (ראה תמונה 3).
- רשום בטבלה את תאוצת העגלה בהתאם לפרמטרים של קו המגמה.

13. צלם את הדף עם התוצאות וניתוחן בלחיצה על המצלמה .
14. העבר משקולת בת 10 גר' מהעגלה למתלה המסות, וחזור על המדידה וניתוח התוצאות, המתוארים בסעיפים 6-13. כ"ס 5 מדידות.
15. עבור לדף הניסוי השני (לשונית "חלק א- ניתוח תוצאות").
16. בדף זה יש גרף ריק. הגדר את הצירים לקבלת a כפונקציה של F (הכוח השקול) שרשמת בטבלה הנתונים בדף הניסוי הקודם.
17. לחץ על כפתור בסרגל הכלים של הגרף כדי לקבל קנה מידה אופטימלי של הצירים עבור הנקודות שרשמת.
18. מה תוכל לומר על הקשר בין התאוצה והכוח השקול המושך? \_\_\_\_\_
19. מה המשמעות הפיזיקלית של שיפוע הגרף ע"פ החוק השני של ניוטון? \_\_\_\_\_
20. העבר את קו המגמה המתאים, רשום את משוואת הקו ומקדם המתאם: \_\_\_\_\_





21. חשב מתוך קו המגמה את המסה הכוללת של המערכת:  $M+m=$  \_\_\_\_\_

22. חשב את השגיאה יחסית לערך שמדדת ע"י המאזניים:  $\left| \frac{M+m_{\text{ניסוי}} - M+m_{\text{מדד}}}{M+m_{\text{מדד}}} \right| * 100\% =$  \_\_\_\_\_

**חלק ב': הכוח המושך קבוע**

בחלק זה של הניסוי זה נשמור על הכוח המושך-  $mg$ , קבוע, נשנה את מסת העגלה, ונחקור את הקשר שבין תאוצת המערכת  $a$ , הנמדדת ע"י חיישן התנועה, למסת המערכת הכוללת  $m+M$ .

**מהלך הניסוי**

1. עבור לדף הניסוי השלישי בקובץ הניסוי (לשונית "חלק ב'- מדידות")
- בדף ניסוי זה יש גרף המציג את מהירות העגלה כפונקציה של הזמן, וטבלה להקלדה ידנית של מסת העגלה, המסה הכוללת והתאוצה בכל הרצה (בעמודה השלישית יופיע חישוב הפכי המסה הכוללת של המערכת). בפינה הימנית התחתונה יש תקציר הוראות ביצוע הניסוי.
2. העמס את העגלה במשקולת 250 גר', כך שמסתה הכוללת תהיה כ-500 גר'.
3. מדוד את מסת העגלה עם המשקולת:  $M = \underline{\hspace{2cm}}$
4. העמס את מתלה המשקולות כך שמסתו הכוללת תהיה 100 גר'.
5. מדוד את המסה המושכת:  $m = \underline{\hspace{2cm}}$
6. גרור את העגלה לנקודת התחלת התנועה, שבה וו המשקולות סמוך, אך לא נוגע בגלגלת. יש לוודא שהמרחק בנקודה זו בין העגלה והחיישן עולה על 15 ס"מ.
7. וודא לפני תחילת המדידה שהחוט מקביל למסילה, אינו במגע עם מעצור הקצה וכרוך על הגלגלת.
8. לחץ על כפתור ההקלטה בתוכנה-  , ושחרר את העגלה.
9. כשהעגלה פוגעת במעצור הקצה, עצור את המדידה בלחיצה על  .
10. רשום בטבלה את מסת העגלה עם המשקולת-  $M$ , ואת מסת המערכת הכוללת  $M+m$ .
11. הופכי המסה הכוללת  $1/M+m$  מחושב באופן אוטומטי ויופיע בעמודה "1/M+m".
12. מדוד את תאוצת העגלה כפי שמוסבר בסעיף 12 בחלק הקודם, ורשום את הערך הנמדד בטבלה בעמודה "a2".
13. צלם את הדף עם התוצאות וניתוחן בלחיצה על המצלמה .
14. העמס על העגלה 200 גר' נוספים, וחזור על המדידה וניתוח התוצאות, המתוארים בסעיפים 13-6. סה"כ 5 מדידות.
15. עבור לדף הניסוי הרביעי (לשונית "חלק ב- ניתוח תוצאות").
16. בדף זה יש גרף ריק. הגדר את הצירים לקבלת  $a2$  כפונקציה של  $1/M+m$  שרשמת בטבלה בחלק הקודם.
17. לחץ על כפתור  בסרגל הכלים של הגרף כדי לקבל קנה מידה אופטימלי של הצירים עבור הנקודות שרשמת.
18. מה תוכל לומר על הקשר בין התאוצה והפכי המסה הכוללת?  $\underline{\hspace{2cm}}$
19. מה המשמעות הפיזיקלית של שיפוע הגרף ע"פ החוק השני של ניוטון?  $\underline{\hspace{2cm}}$
20. העבר את קו המגמה המתאים, רשום את משוואת הקו ומקדם המתאם:  $\underline{\hspace{2cm}}$

21. חשב מתוך קו המגמה את הכוח השקול המושך:  $\sum F = \underline{\hspace{2cm}}$

22. חשב את השגיאה יחסית לערך מכפלת המסה המושכת ב- $g$ :  $\left| \frac{\sum F_{ניסוי} - m g_{מדד}}{m g_{מדד}} \right| * 100\% = \underline{\hspace{2cm}}$