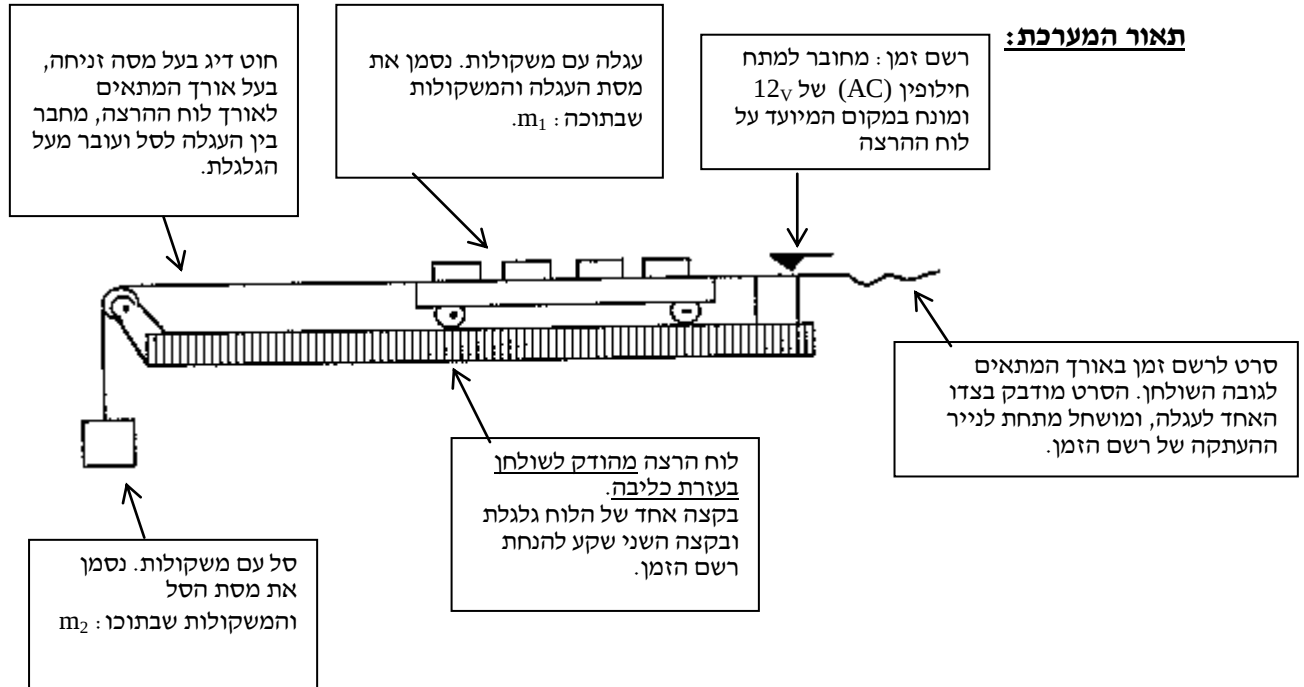


תדריך למעבדה בנושא: החוק השני של ניוטון.

מטרת הניסוי: חקירת הקשר בין תאוצתו הגוף לבין הכוחות החיצוניים הפועלים עליו.

ציוד: לוח הרצה עם גלגלת בקצהו, עגלה ובו מקום לאכסון משקולות, 6 משקולות, סל שמחובר לעגלה בעזרת חוט, כליבה, ספק, רשם זמן.



מהלך הניסוי:

בניסוי זה נחקר את התלות בין תאוצת המערכת (עגלה, סל וכל המשקולות) לבין F הכוח המושך (משקל הסל והמשקולות שבתוך הסל). נסמן את מסת המערכת באות M : $M = m_1 + m_2$.
בכל שלב נעביר שתי משקולות מהעגלה לסל. ע"י כך נגדיל את הכוח המושך ועדיין נשאיר את מסת המערכת קבועה. לכל סידור של משקולות נשחרר את העגלה ממנוחה ורשם הזמן ימדוד את ההעתק של העגלה כפונקציה של הזמן. נבנה גרף של המהירות כפונקציה של הזמן. מהגרף נמצא את תאוצת המערכת שמתאימה לכך מושך מסוים. לאחר נחזור על התהליך לכל סידורי המשקולות האפשריים. כעת נוכל לבנות גרף שמתאר את תאוצת המערכת כפונקציה של הכוח המושך.

שאלות הכנה:

- נסחו במילים ובצורה מתמטית את החוק השני של ניוטון.
- מהם הכוחות החיצוניים שפועלים על המערכת $M = m_1 + m_2$?
- הוכיחו שתלות התאוצה בכוח המושך מקיימת את המשוואה הבאה:
$$a = \frac{1 + \mu}{M} F - \mu g$$

(μ מקדם החיכוך)
- באיזה מקדם חיכוך אנו דנים? (סטטי/קינטי הגלגלים-משטח/גלגלים-צירי הסיבוב שלהם) הסבירו.
- מה משתנה התלוי והבלתי תלוי?
- מהי היא שגיאה יחסית? ואיך ניתן לחשבה?

חלק א' - ניתוח תנועה מואצת כתלות בכוח מניע:

שלבי העבודה:

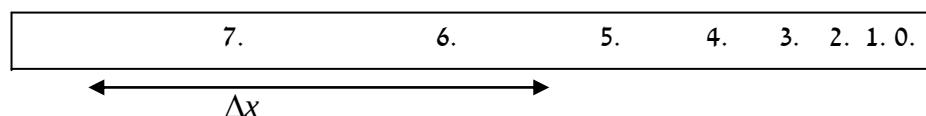
1. שיקלו את העגלה הריקה, משקולת אחת ואת הסל הריק ורשמו את המסה של כל אחד. הקפידו לעבור לק"ג.
2. הרכב את המערכת לפי השרטוט המופיע בתיאור המערכת.
3. הניחו 2 משקולות בסל, ואת 4 הנותרות בעגלה.
4. הפעילו את הספק ושחררו את העגלה (רשמו על הסרט המדידה את מספר המשקולות שהיו בסל).
5. חזרו על המדידה עם 4 משקולות בסל ו 2 בעגלה.
6. הפעילו את הספק ושחררו את העגלה (רשמו על הסרט המדידה את מספר המשקולות שהיו בסל).
7. חזרו על המדידה עם 6 משקולות בסל ו 0 בעגלה.
8. הפעילו את הספק ושחררו את העגלה (רשמו על הסרט המדידה את מספר המשקולות שהיו בסל).

עיבוד הנתונים:

כאשר מעבירים סרט דרך רשם הזמן, נקבל על הסרט אוסף נקודות. המרחק בין שתי נקודות עוקבות יהיה המרחק שהסרט עבר במשך 0.02_{sec} .

מעבר מסרט לנתונים על מהירות כפונקציה של הזמן:

על גבי הסרט מסמנים ב 0 את הנקודה הראשונה ממנה רוצים לחקור את התנועה. לא בוחרים כ- 0 את הנקודה הראשונה שיצר רשם הזמן אלא נקודה מאוחרת וברורה יותר. ממספרים את הנקודות האחרות בסדר עולה עד לקצה הסרט.



קביעת הזמנים: פרק הזמן בין כל שתי נקודות הוא 0.02_{sec} .

קביעת המהירות: חישוב המהירות הממוצעת (רגעית) בין שתי נקודות אחת לפני הנקודה המבוקשת ואחת מיד אחריה. למשל המהירות הממוצעת (רגעית) שמתאימה לנקודה 6

$$V(t = 0.12_{\text{sec}}) = V_6 = \frac{x_7 - x_5}{t_7 - t_5} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{0.04_{\text{sec}}} \quad : (t = 0.12_{\text{sec}})$$

שימו לב שאנו מודדים מהירות ממוצעת ומניחים שמצענו על פרק זמן מספיק קטן כך שבקרב זוהי המהירות הרגעית.

ניתוח תוצאות הניסוי:

1. בנו בגיליון האלקטרוני את הטבלה הבאה:

מספר המשקולות בסל: _____

מס' נקודה:	$t(\text{sec})$	$\Delta x(m)$	$V(m/\text{sec})$

2. בנו גרף של המהירות כפונקציה של הזמן.

הכותרת לגרף תהיה: " $V(t)$ מספר המשקולות בסל: _____" (מלאו בהתאם לרשום על הסרט).
הקפידו על כותרות לצירים כולל יחידות וכן שתופענה רק הנקודות אותן מדדתם, ללא קו שמחבר ביניהן.

3. בעזרת הגיליון (קו מגמה) העבירו את הישר האופטימאלי בין הנקודות. הציגו בגרף גם את משוואת הישר ואת מידת ההתאמה של הנקודות בניסוי לישר זה (R^2).

4. בעזרת המשוואה שקיבלתם מצאו את תאוצת המערכת שמתאימה לכוח מושך מסוים (לפי מספר המשקולות בסל).

5. חיזרו על התהליך (סעיפים 1-4) עבור כל הסרטים.

הצגת התאוצה כפונקציה של הכוח המניע וחישוב מסת המערכת M:

6. בנו בגיליון את הטבלה הבאה:

$a(m/\text{sec}^2)$	$F(N)$	מספר השקולות בסל
---------------------	--------	------------------

מלאו את העמודות הראשונה והשלישית לכל סרט. העמודה השניה תחושב בעזרת הגיליון ע"י מכפלת מסת הסל והמשקולות שבתוכו בתאוצת הכובד: $g = 10 \frac{m}{\text{sec}^2}$.

7. בנו גרף של התאוצה כפונקציה של הכוח המניע.

הכותרת לגרף תהיה: " $a(F)$ כאש מסת המערכת: _____ ק"ג". הקפידו על כותרות לצירים כולל יחידות וכן שתופענה רק הנקודות אותן מדדתם, ללא קו שמחבר ביניהן.

9. בעזרת הגיליון (קו מגמה) העבירו את הישר האופטימאלי בין הנקודות. הציגו בגרף גם את משוואת הישר.

חלק ב' - ניתוח תנועה מואצת כתלות במסה הכוללת של המערכת:

שלבי העבודה:

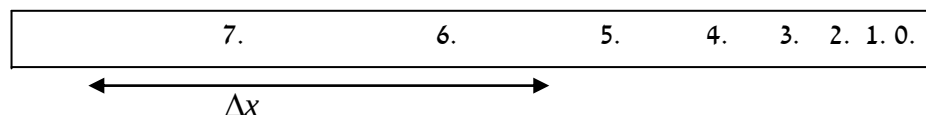
1. שיקלו את העגלה הריקה, משקולת אחת ואת הסל הריק ורשמו את המסה של כל אחד. הקפידו לעבור לק"ג.
2. הרכב את המערכת לפי השרטוט המופיע בתיאור המערכת.
3. הניחו 2 משקולות בסל, ואת 4 הנותרות בעגלה.
4. הפעילו את הספק ושחררו את העגלה (רשמו על הסרט המדידה את מספר המשקולות שהיו בסל).
5. חזרו על המדידה עם 2 משקולות בסל ו 2 בעגלה.
6. הפעילו את הספק ושחררו את העגלה (רשמו על הסרט המדידה את מספר המשקולות שהיו בסל).
7. חזרו על המדידה עם 2 שקולות בסל ו 0 בעגלה.
8. הפעילו את הספק ושחררו את העגלה (רשמו על הסרט המדידה את מספר המשקולות שהיו בסל).

עיבוד הנתונים:

כאשר מעבירים סרט דרך רשם הזמן, נקבל על הסרט אוסף נקודות. המרחק בין שתי נקודות עוקבות יהיה המרחק שהסרט עבר במשך 0.02_{sec} .

מעבר מסרט לנתונים על מהירות כפונקציה של הזמן:

על גבי הסרט מסמנים ב 0 את הנקודה הראשונה ממנה רוצים לחקור את התנועה. לא בוחרים כ- 0 את הנקודה הראשונה שיצר רשם הזמן אלא נקודה מאוחרת וברורה יותר. ממספרים את הנקודות האחרות בסדר עולה עד לקצה הסרט.



קביעת הזמנים: פרק הזמן בין כל שתי נקודות הוא 0.02_{sec} .

קביעת המהירות: חישוב המהירות הממוצעת (רגעית) בין שתי נקודות אחת לפני הנקודה המבוקשת ואחת מיד אחריה. למשל המהירות הממוצעת (רגעית) שמתאימה לנקודה 6

$$V(t = 0.12_{\text{sec}}) = V_6 = \frac{x_7 - x_5}{t_7 - t_5} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{0.04_{\text{sec}}} \quad : (t = 0.12_{\text{sec}})$$

שימו לב שאנו מודדים מהירות ממוצעת ומניחים שמצענו על פרק זמן מספיק קטן כך שבקרב זוהי המהירות הרגעית.

ניתוח תוצאות הניסוי:

4. בנו בגיליון האלקטרוני את הטבלה הבאה:

מספר המשקולות בסל: _____

מס' נקודה:	$t(\text{sec})$	$\Delta x(m)$	$V(m/\text{sec})$

5. בנו גרף של המהירות כפונקציה של הזמן.

הכותרת לגרף תהיה: " $V(t)$ מספר המשקולות בסל: _____" (מלאו בהתאם לרשום על הסרט).
הקפידו על כותרות לצירים כולל יחידות וכן שתופענה רק הנקודות אותן מדדתם, ללא קו שמחבר ביניהן.
3. בעזרת הגיליון (קו מגמה) העבירו את הישר האופטימאלי בין הנקודות. הציגו בגרף גם את משוואת הישר.
4. בעזרת המשוואה שקיבלתם מצאו את תאוצת המערכת שמתאימה לכוח מושך מסוים (לפי מספר המשקולות בסל).
5. חזרו על התהליך (סעיפים 1-4) עבור כל הסרטים.

הצגת התאוצה כפונקציה של מסת המערכת M וחישוב כוח מניע:

6. בנו בגיליון את הטבלה הבאה:

$M(kg)$	$a(m/\text{sec}^2)$
---------	---------------------

מלאו את העמודות הראשונה והשלישית לכל סרט. העמודה השניה תחושב בעזרת הגיליון ע"י מכפלת מסת הסל והמשקולות שבתוכו בתאוצת הכובד: $g = 10 m/\text{sec}^2$.
7. בנו גרף של התאוצה כפונקציה של הכוח המניע.

הכותרת לגרף תהיה: " $a(F)$ כאשר מסת המערכת: _____ ק"ג". הקפידו על כותרות לצירים כולל יחידות וכן שתופענה רק הנקודות אותן מדדתם, ללא קו שמחבר ביניהן.

9. בעזרת הגיליון (קו מגמה) העבירו את הישר האופטימאלי בין הנקודות. הציגו בגרף גם את משוואת הישר ואת מידת ההתאמה של הנקודות בניסוי לישר זה (R^2).

שאלות לסיכום:

1. התבוננו באחד הגרפים של המהירות כפונקציה של הזמן. מהו סוג התנועה שחקרתם? הסבירו כיצד הגעתם למסקנה זו. מה משמעות השיפוע של הגרף? מה משמעות נקודת החיתוך עם ציר ה Y?

2. בשאלת הכנה מס' 3 הוכחתם שתלות התאוצה בכוח המושך מקיימת את המשוואה הבאה:

$$a = \frac{1+\mu}{M} F - \mu g \quad (\mu \text{ מקדם החיכוך})$$

מה המשמעות של נקודת החיתוך של הגרף $a(F)$ עם ציר ה X?

3. מצאו בעזרת משוואת הישר $a(F)$ שקיבלתם את מסת המערכת. השוו בין המסה שחישבתם עפ"י הניסוי לזו שקיבלתם ע"י השקילה. מהו % הסטייה?

5. העריכו את שגיאת המדידה היחסית שלכם. האם % הסטייה מתאים?

6. הסברו מדוע מסת המערכת מכונה גם מידת ההתמדה של המערכת?

7. האם המתוחות בחוט גדולה/קטנה/שווה לכוח הכובד שפועל על הסל והמשקולות שבתוכו? נמקו.

8. הראו באמצעות סקיצה גראפית איך יראה הישר $a(F)$ אם תחזרו על הניסוי עם מסת מערכת גדולה יותר? (לעומת הישר במערכת שלנו).

9. מהם הפרמטרים עליהם יש לכם שליטה בניסוי? מיהו המשתנה התלוי בניסוי? האם הניסוי מהווה הוכחה שלמה לחוק השני של ניוטון או שמא חסר לניסוי חלק. אם ההוכחה שלמה הסבירו מדוע. אם חסר לניסוי חלק – הציעו את ניסוי ההמשך.

10. מהי מסקנתכם לגבי הקשר בין תאוצת המערכת לבין הכוח שמקנה אותה?