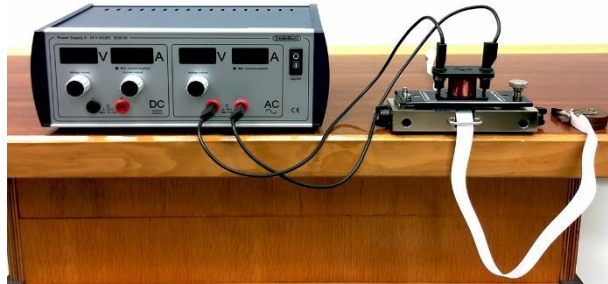




נפילה חופשית

רשימת הציוד

- רשם זמן מחובר לספק AC
- משקולת עם תפסן לסרט הנייר
- ספק מתח AC של $6 \div 8 \text{ V}$
- 2 תילים
- סרט נייר
- סרגל



איור 1

מטרות הניסוי

בסוף המאה ה-16 ניסח גלילאו גליליי שני כללים המתקיימים בנפילה חופשית:

1. הנפילה החופשית היא תנועה בתאוצה קבועה.
 2. תאוצת הנפילה משותפת לכל הגופים הנופלים חופשית באתר מסוים על פני הארץ, ללא תלות במסתם.
- מטרות הניסוי הן לאשש את הכלל הראשון ולהעריך את תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ.

תיאור המערכת ומהלך הניסוי

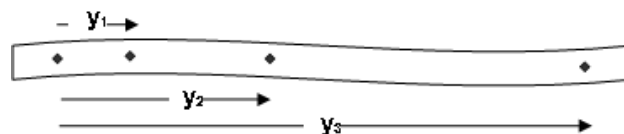
מערכת הניסוי מורכבת מרשם זמן בתוכו מושחל סרט נייר ארוך; לקצה התחתון של הסרט מחוברת משקולת (איור 1). רשם הזמן מחובר לספק מתח חילופין (AC). המשקולת משוחררת ממנוחה ונופלת חופשית, רשם הזמן מסמן נקודות בפרקי זמן של $\Delta t = 0.01 \text{ s}$ על הסרט הנמשך כלפי מטה. בתוצאה מכך, על הסרט מתקבל תרשים עקבות: סדרת נקודות המתארות את מקומות המשקולת ברגעים השונים במשך נפילתה (איור 2). בעזרת תרשים העקבות אפשר למצוא את התלות של מהירות הגוף בזמן, $v(t)$, ובעזרת הגרף $v(t)$ למצוא את תאוצת הנפילה החופשית.

ביצוע הניסוי

1. השחילו את סרט הנייר אל תוך רשם הזמן וחברו את המסה אל הסרט בעזרת צבט התנין. החזיקו את הסרט בסמוך לכניסתו לרשם הזמן.
2. הפעילו את רשם הזמן בעזרת הספק AC ושחררו את הסרט, הקפידו לשחרר אותו כך שבמשך נפילתו הוא לא יתחכך ברשם הזמן או בשולחן.
3. נתקו את הסרט מהמשקולת.

עיבוד תוצאות המדידות

1. הצמידו לשולחן בעזרת נייר דבק את סרט הנייר עליו תרשים העקבות כך שהמרווחים בין הנקודות הולכים וגדלים משמאל לימין.
2. הגדירו ציר מקום עבור תרשים העקבות: קבעו נקודה על הסרט שהחל ממנה ניתן למדוד בסרגל מרחקים של מעל 0.5 cm (מדוע?). סמנו את הנקודה הנ"ל בעט. בהמשך תתייחסו לנקודה זו כאל **ראשית ציר המקום**, כלומר מיקומה $y=0$. את כל המרחקים בהמשך מדדו מנקודה זו - כפי שמתואר באיור 2.



איור 2

3. הכינו טבלה בגיליון Excel (איור 3).
4. החל מנקודת הראשית שהגדרתם מדדו שיעורי 10-12 נקודות עוקבות על הסרט והזינו את תוצאות המדידות בעמודת המקום בטבלה. יש להגדיר זמן $t=0$ עבור הנקודה הנמצאת בראשית הציר.

מהירות	מקום	זמן
$v(m/s)$	$y(m)$	$t(s)$
	0	0

איור 3

עיבוד תוצאות המדידות

1. בעמודת המהירות חישבו את המהירות של המשקולת הנופלת בזמנים שהוזנו בגיליון (פרט לרגעים הראשון והאחרון) על ידי חישוב מהירות ממוצעת בפרקי זמן של $2T$, כאשר $T=0.01s$ הוא הזמן בין שתי הקשות עקביות של רשם הזמן. לדוגמה, חישוב המהירות בנקודה השנייה (ברגע t_1):

$$v_1 = \frac{y_2 - y_0}{t_2 - t_0}, \quad t_2 - t_0 = 0.02s$$

2. בנו גרף פיזור של מקום הגוף כפונקציה של הזמן, $y(t)$.

3. בנו גרף פיזור של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, $v(t)$, והוסיפו לו קו מגמה ליניארי (קו ישר הטוב ביותר שעובר בין נקודות הגרף) יחד עם משוואתו וערכו של R^2 .

R - מקדם המתאם, או מדד פירסון, הוא מדד של קשר ליניארי בין שני משתנים. ערכי R מקיימים: $-1 \leq R \leq 1$. ככל שערכו של R^2 קרוב יותר ל-1, ההתאמה בין שתי מדידות ניסיוניות לקשר ליניארי טובה יותר.

ניתוח התוצאות

1.
 - א. בהסתמך על תרשים העקבות, תארו במילים כיצד משתנים המרווחים בין מקומי המשקולת ברגעים שונים. מהי צורת הגרף מקום-זמן שקיבלתם? הסבירו.
 2. התמקדו בגרף מהירות-זמן שהתקבל.
 - א. הסבירו מדוע הקשר בין מהירות לזמן הוא ליניארי.
 - ב. מהי המשמעות הפיסיקלית של שיפוע הגרף? ציינו את יחידותיו.
 - ג. חישבו את אחוז הסתיה של ערך השיפוע מהערך הצפוי.
 - ד. מהי המשמעות הפיסיקלית של נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האנכי? ציינו את יחידותיה.

שימרו את סרט הנייר כדי לצרף אותו לדו"ח המעבדה

שאלות סיכום

1. תאוצתו של גוף נופל בסמוך לפני כדור הארץ היא בקירוב 9.8 m/s^2 (ערכה המדויק של תאוצת הנפילה החופשית משתנה במקצת בין מקום למקום). הסבירו במילים את משמעותו של נתון זה.
2. הגדירו את ראשית ציר המקום ואת כיוונו החיובי של הציר ושרטטו שלושה גרפים איכותיים של שינוי המקום, המהירות, והתאוצה של גוף הנופל חופשית, כפונקציה של הזמן.
3. רשמו ביטויים מתמטיים עבור פונקציות מקום-זמן, מהירות-זמן ותאוצה-זמן.
4. הסבירו את המושג "קצב דגימה". מהו קצב הדגימה בניסוי שבוצעתם?
5. מדוע ניתן לבחור כרצוננו את הנקודה הראשונה ממנה מתחילים לנתח את תרשים העקבות?
6. כיצד היו נראים המרחקים בין הנקודות על הסרט אילו התנועה של הגוף הייתה קצובה?
7. הוכיחו שבתנועה שוות תאוצה המהירות הרגעית ברגע t שווה למהירות הממוצעת בין הרגעים $(t+\Delta t)$ ו- $(t-\Delta t)$ כאשר בניסוי זה Δt הוא פרק זמן בין שתי הקשות עקביות של רשם הזמן.
8. מה היה השיפוע של גרף הפונקציה $v(t)$ אילו הניסוי היה מתבצע על הירח? תאוצת הנפילה החופשית על הירח היא ששית מזו שעל כדור הארץ.