

## זריקה אופקית

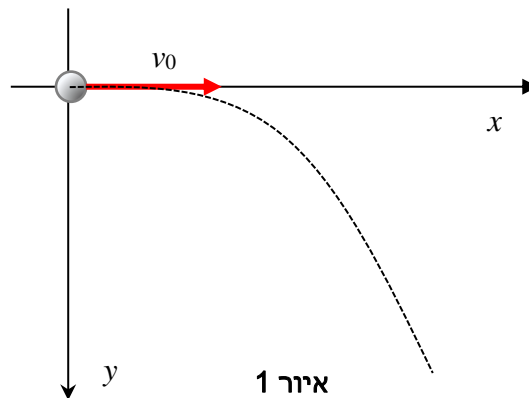
### א. מטרת הניסוי

- (1) לחקור את התנועה בזריקה אופקית.
- (2) למדוד את תאוצת הנפילה החופשית על סמך משוואות התנועה בזריקה אופקית.

### ב. רקע תיאורטי

#### תיאור התנועה בזריקה אופקית

זריקה אופקית היא התנועה הנוצרת כאשר מקנים לגוף מהירות התחלתית בכיוון אופקי בגובה מסוים מעל פני הקרקע. נניח שגוף נזרק ב- $t = 0$  זריקה אופקית במהירות התחלתית  $v_0$ . על מנת לתאר תנועת גוף זה, נבחר מערכת צירים  $xy$  שבה ציר  $x$  אופקי וציר  $y$  אנכי כיוונו החיובי כלפי מטה, וראשית הצירים בנקודת הזריקה, כפי שמתואר באיור 1.



הכוח היחיד הפועל על הגוף במקרה זה (בהזנחת כוח החיכוך עם האוויר) הוא כוח הכובד  $mg$  שכיוונו כלפי מטה (בכיוון החיובי של ציר  $y$ ), כאשר  $m$  היא מסת הגוף. על פי החוק השני של ניוטון, מתקיים:

$$(1) \quad a_x = \frac{\sum F_x}{m} = 0$$

$$(2) \quad a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{mg}{m} = g$$

מאחר ואין לגוף תאוצה בכיוון האופקי, רכיב מהירות הגוף בכיוון האופקי נשאר קבוע במהלך תנועת הגוף. לכן בכל זמן  $t$  מתקיים:

$$(3) \quad v_x(t) = v_0$$

לעומת זאת רכיב מהירות הגוף בכיוון אנכי משתנה בקצב קבוע, כך שמתקיים:

$$(4) \quad v_y(t) = v_{0y} + a_y t = gt$$

כאשר הצבנו  $v_{0y} = 0$  ו- $a_y = g$ .

מיקום הגוף (הקואורדינטות  $x$  ו- $y$ ) כפונקציה של הזמן, במהלך תנועת הגוף מתקבל מהקשרים הבאים:

$$(5) \quad x = x_0 + v_0 t = v_0 t$$

(6) 
$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = \frac{1}{2}gt^2$$

כאשר הצבנו  $y_0 = 0$ ,  $v_{0y} = 0$  ו-  $a_y = g$ .

**משוואת המסלול בזריקה אופקית**

משוואת המסלול היא משוואה המתארת את המסלול שלאורכו נע הגוף במערכת הצירים  $xy$ . משוואה זו מבטאת את  $y$  בתלות ב- $x$ , לכן על מנת למצוא את משוואת המסלול עבור הגוף, יש למצוא משוואה המתארת את הקאורדינטה  $y$  כפונקציה של הקאורדינטה  $x$ . בהסתמך על המשוואות (5) ו-(6) ניתן להראות שמשוואת המסלול בזריקה אופקית היא:

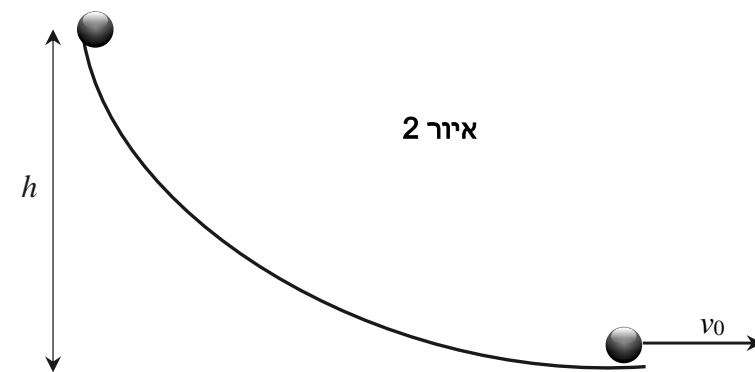
(7) 
$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

**תנועה על מסילה עקומה**

בניסוי זה משחררים כדור קטן מאוד ממנוחה מהקצה העליון של מסילה משופעת עקומה, כך שהכדור עוזב את המסילה בנקודה הנמוכה ביותר שלה בכיוון אופקי כפי שמתואר באיור 2. ניתן להראות (על סמך חוק שימור האנרגיה) שהמהירות  $v_0$  שבה הכדור עוזב את המסילה בנקודה הנמוכה ביותר נתונה על ידי:

(8) 
$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

כאשר  $h$  הוא גובה הנקודה שממנה משחררים את הכדור, וזאת ביחס לתחתית המסילה (ראה איור 2).



**ג. מכשור וציוד**

התדריך כאן כתוב עבור הציוד הנפוץ ביותר בבתי ספר. אולם, ניתן להתאים אותו לכל ציוד אחר. (1) ג'ק מעבדתי (ראה איור 3).



איור 3

ראמוס - ספרים וייעוץ  
www.ramose.co.il

(2) כדור מתכתי קטן.

(3) מסילה משופעת המשמשת לשיגור הכדור.

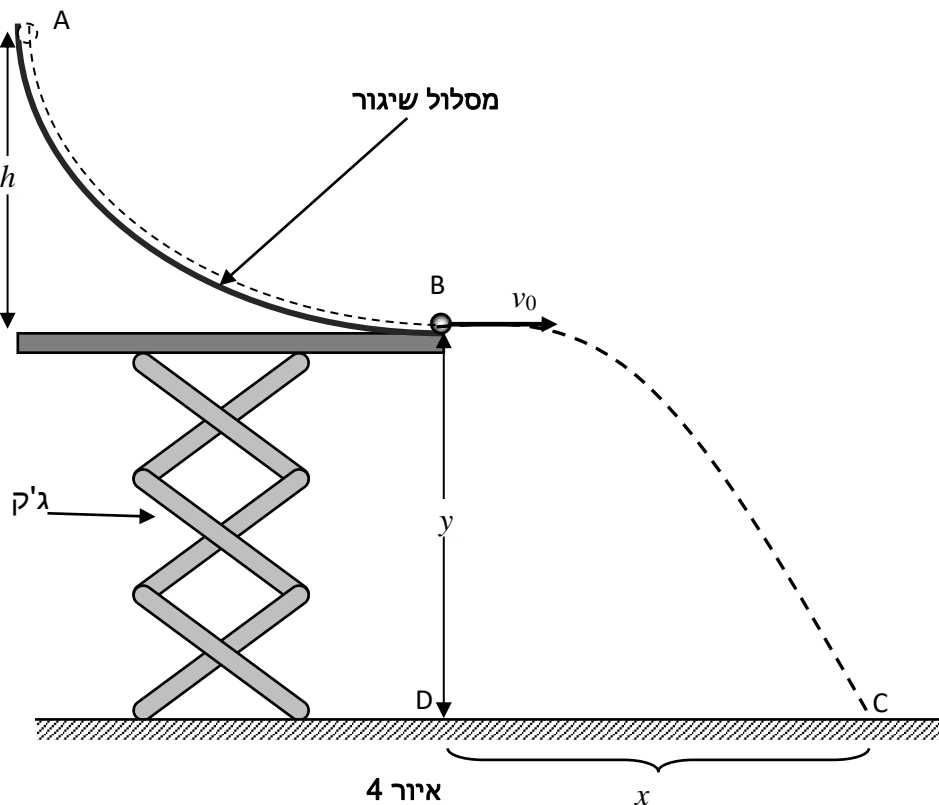
(4) סרגל ארוך.

(5) נייר לבן.

(6) נייר פחם.

**ד. מהלך הניסוי (הרכבת המערכת, וביצוע הניסוי):**

- (1) שים את הג'ק על רצפת החדר, ושים עליו את המסילה העקומה המשמשת לשיגור הכדור במהירות אופקית. הדק את את המסילה לג'ק באמצעות קליבה קטנה או נייר דבק (ראה איור 4).
- (2) מדוד את גובה המסילה  $h$  ביחס לנקודה הנמוכה ביותר במסילה (הקטע האופקי שלה) - ראה איור 4.



- (3) כוון את הג'ק כך שהקצה התחתון של המסילה נמצא בגובה  $y$  התחלתי מסוים ביחס לרצפת החדר (לדוגמה, 20cm) כפי שמתואר באיור 4. רשום גובה זה.
- (4) שחרר את הכדור מהקצה העליון של המסילה (הנקודה A באיור 4). הכדור נע, עוזב את המסילה בנקודה B (בכיוון אופקי) ופוגע ברצפת החדר בנקודה C.
- (5) במקום שבו הכדור פגע ברצפה, הדבק, באמצעות נייר הדבק, את הנייר הלבן, והנח עליו את נייר הפחם.
- (6) שחרר מחדש את הכדור מהקצה העליון של המסילה. הכדור פוגע כעת בנקודה הנמצאת על נייר הפחם, וכתוצאה מכך נוצר סימן על הנייר הלבן שנמצא מתחת לנייר הפחם. סימן זה מסמן את נקודת הפגיעה (הנקודה C באיור 4). מדוד, באמצעות סרגל, את המרחק האופקי של נקודה זו מהקצה התחתון של המסילה (כלומר המרחק  $x$  באיור 4).
- (7) על מנת להקטין את השגיאה במדידות, חזור על אותה פעולה שבסעיף הקודם (6) פעמיים, ובכל פעם מדוד את  $x$  המתקבל, ולבסוף חשב את  $x$  הממוצע המתקבל משלושת המדידות ( $\bar{x}$ ), ורשום אותו ביחד עם  $y$  המתאים למדידה זו.

8) חזור על השלבים 4-7 מספר פעמים, כל פעם עבור  $y$  שונה. לדוגמה, הגדל בכל פעם את  $y$  ב-5cm לעומת  $y$  הקודם. בסיום המדידות בכל פעם, רשום את ערכי  $y$  ואת  $x$  הממוצע המתקבל.

9) קבץ את התוצאות בטבלה הבאה:

$y$ (m)	$\bar{x}$ (m)

### ה. עיבוד התוצאות

- 1) שרטט גרף המתאר את  $y$  כפונקציה של  $x$ . הסבר את צורת הגרף המתקבל.
- 2) שרטט גרף המתאר את  $x^2$  כפונקציה של  $y$ . הסבר את צורת הגרף, ומצא באמצעות גרף זה את תאוצת הכובד  $g$ .



### ו. שאלות הכנה

- 1) הוכח את הקשר (7).
- 2) הוכח את הקשר (8) (לא חובה אם לא למדת עדיין את חוק שימור האנרגיה).
- 3) בעיבוד התוצאות משרטטים גרף המתאר את  $x^2$  כפונקציה של  $y$ . הסבר מדוע משרטטים  $x^2$  כפונקציה של  $y$  ולא את  $x$  כפונקציה של  $y$ , והסבר גם מדוע משרטטים את  $x^2$  כפונקציה של  $y$  ולא  $y$  כפונקציה של  $x^2$ .
- 4) אם עורכים את הניסוי על פני הירח, האם שיפוע הגרף המתאר את  $x^2$  כפונקציה של  $y$  גדל, קטן או אינו משתנה? הסבר את תשובתך.
- 5) נניח שברגע שבו הכדור עוזב את המסלול בנקודה  $B$ , משחררים כדור אחר ממנוחה מאותו גובה של הנקודה  $B$ . קבע מי מבין שני הכדורים מגיע קודם לרצפת החדר. הסבר את קביעתך.