

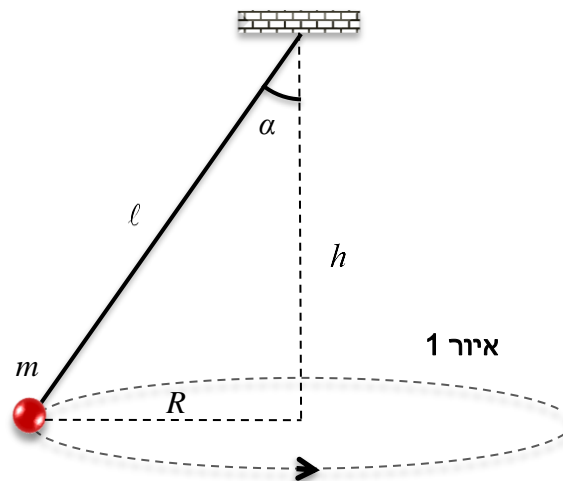
מטוטלת קונית

א. מטרת הניסוי

- (1) חקירת התנועה של מטוטלת קונית
- (2) בדיקת משוואת זמן המחזור של מטוטלת קונית
- (3) מדידת תאוצת הכובד באמצעות התנועה המעגלית של המטוטלת הקונית

ב. רקע תיאורטי

מטוטלת קונית היא מטוטלת המורכבת ממסה נקודתית m הקשורה באמצעות חוט לנקודה קבועה בתקרה, ונעה במסלול מעגלי המקביל לפני רצפת החדר כפי שמתואר באיור 1.



אם נסמן את הזווית הנוצרת בין החוט לאנך ב- α (ראה איור 1), נקבל שגובה החרוט הנוצר בתנועה זו נתון על ידי:

$$(1) \quad h = l \cos \alpha$$

כאשר l הוא אורך החוט. רדיוס בסיס החרוט (רדיוס המסלול המעגלי של המסה) נתון על ידי:

$$(2) \quad R = l \sin \alpha$$

על מנת לבטא את זמן המחזור בתנועה זו, נרשום את הכוחות הפועלים על המסה וניעזר בחוקי ניוטון. באיור 2 מתוארים הכוחות הפועלים על המסה הנקודתית, והם כוח הכובד mg והמתיחות בחוט S .

בכיוון האנכי מתקיים החוק הראשון של ניוטון, ממנו נקבל:

$$(3) \quad S \cos \alpha = mg$$

ובכיוון מרכז המסלול המעגלי מתקיים החוק השני של ניוטון, ממנו נקבל:

$$(4) \quad S \sin \alpha = m\omega^2 R$$

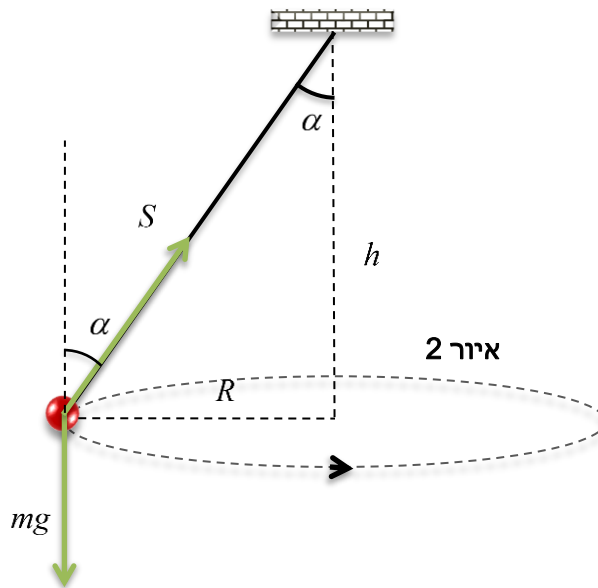
כאשר ω היא המהירות הזוויתית של המסה הנקודתית. מתקיים:

(5)
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

מהקשרים (3), (4), ו-(5) ניתן לקבל שזמן המחזור של המסה הנקודתית בתנועתה המעגלית נתון על ידי:

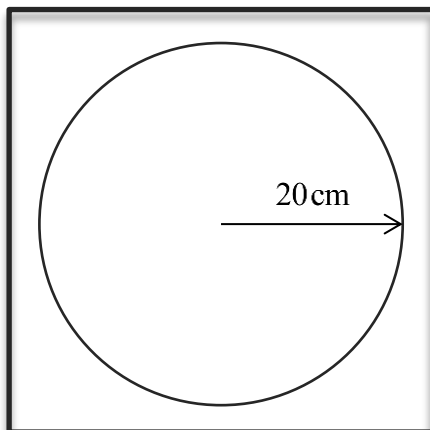
(6)
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell \cos \alpha}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$$

כאשר h הוא גובה החרוט.



ג. מכשור וציוד

- (1) חוט דק.
- (2) כדור מתכתי קטן עם וו שניתן לקשור אותו לחוט.
- (3) סטנד עם זרוע ארוך שניתן לקשור אליו קצה החוט, וכך שהכדור לא יתנגש בסטנד במהלך תנועתו המעגלית.
- (4) נייר פריסטול במידות 50cm×50cm בערך.
- (5) מחוגה גדולה וסרגל ארוך.
- (6) נייר דבק.
- (7) סטופר.

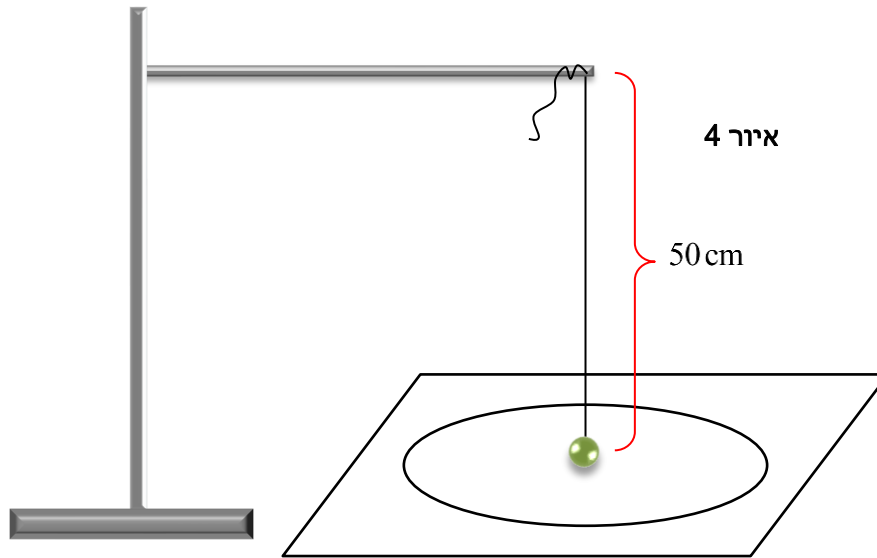


איור 3

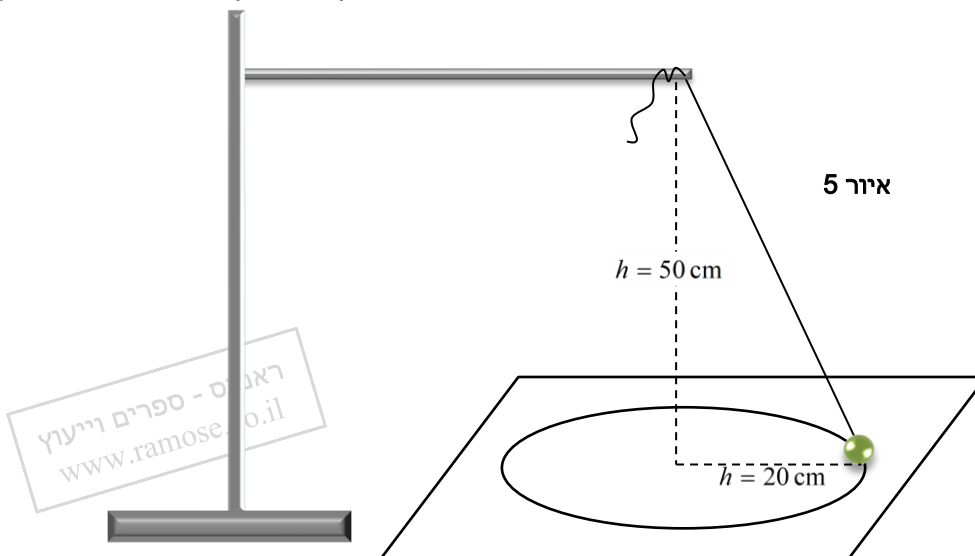
ד. הניסוי (בניית המערכת וביצוע הניסוי)

- (1) סרטט על נייר הפריסטול, באמצעות המחוגה, מעגל שרדיוסו 20cm כפי שמתואר באיור 3 וסמן את מרכזו.
- (2) הדבק באמצעות נייר דבק את הפריסטול על רצפת החדר.
- (3) קשור את הכדור לקצה חוט ארוך (באורך מטר בערך).
- (4) הנח את הסטנד על הרצפה ליד נייר הפריסטול וכך שהקצה של הזרוע שלו נמצא מעל מרכז המעגל המשורטט על הנייר בגובה 50cm.

(5) העבר את החוט מעל קצה הזרוע ומשוך בו עד שהכדור מתרומם מעל הרצפה. וודא שבמצב זה הכדור נמצא בדיוק מעל מרכז המעגל כפי שמתואר באיור 4. אם לא, כוון את הסטנד כך שהכדור יתיצב בדיוק מעל מרכז המעגל.



(6) החזק בכדור ביד אחת ואת חלק החוט הנמצא מעל זרוע הסטנד ביד השנייה, משוך בכדור הצידה, ובו בזמן שחרר בהדרגה את החוט הנמצא מעל זרוע הסטנד, עד שהכדור יגיע לנקודה הנמצאת בדיוק מעל היקף המעגל כפי שמתואר באיור 5. במצב זה קשור את החוט בזרוע (קשור את החוט בזרוע בצורה שאפשר לשחרר אותו, כי תצטרך בהמשך לשחרר את החוט).



(7) החזק את החוט מאמצעו והתחל לסובב את הכדור באמצעות החוט עד שתגיע למצב שבו הכדור מסתובב במסלול מעגלי בדיוק מעל המעגל שנמצא על נייר הפריסטול. במצב זה רדיוס המסלול המעגלי של הכדור (רדיוס החרוט) הוא 20cm.

(8) מדוד באמצעות הסטופר את הזמן של 5 מחזורים t_5 (אם תצליח למדוד יותר מומלץ). בסוף המדידה רשום את זמן המחזור (שהוא t_5 מחולק ב-5) ואת גובה החרוט h .

(9) חזור על אותן פעולות שלמעלה ואותן מדידות, אבל עבור גבהים שונים של החרוט. בכל פעם הקטן את גובה החרוט ב-5cm (הורד את זרוע החרוט ב-5cm), ומדוד את T המתקבל ואת h .

(10) קבץ את התוצאות בטבלה הבאה:

מספר המדידה	$h(\text{cm})$	$T(\text{s})$
1	50	
2	45	
3	40	
4	35	
5	30	

ה. עיבוד התוצאות

- (1) הכן, על סמך הטבלה הקודמת, טבלה חדשה הכוללת את T^2 כפונקציה של h .
- (2) שרטט גרף המתאר את T^2 כפונקציה של h .
- (3) מצא את שיפוע הגרף וחשב באמצעותו את תאוצת הכובד.

ו. שאלות הכנה

- (1) הוכח את הקשר (6).
- (2) תאר מהם השינויים בתוצאות ניסוי זה אם הוא נערך על פני הירח.
- (3) הסבר מדוע מודדים את הזמן של 5 מחזורים בניסוי זה ולא את הזמן של מחזור אחד בלבד.
- (4) קבע מהו כיוון שקול הכוחות הפועלים על הכדור בתרשים 2.