



## תנועה מעגלית

**מטרת הניסוי:** הבנת הכוח הצנטריפטי. בדיקת התלות של הכוח הצנטריפטי בפרמטרים שונים.

**ציוד:** מערכת תנועה מעגלית (Centripetal Force Apparatus) מד כוח (Force Sensor), משקולות, נגד משתנה.

**מבוא:** תנועה מעגלית מופיעה כמעט בכל תחומי הפיסיקה. כדי לגרום לגוף לבצע תנועה מעגלית חייב לפעול כוח (אחרת הגוף ימשיך בקו ישר בהתאם לחוק הראשון של ניוטון). הכוח הגורם לגוף לנוע בתנועה מעגלית פועל תמיד בניצב לווקטור המהירות, לכיוון מרכז המעגל, והתאוצה בהתאם לחוק השני תהיה גם היא באותו כיוון – מרכז המעגל. לכוח זה קוראים הכוח הצנטריפטי.

הנוסחה לחוק השני של ניוטון תחת כוח צנטריפטי המקיים תנועה מעגלית שוות מהירות:

$$F = m \cdot \omega^2 r$$



### הוראות לכל מהלך הניסוי:

- החוט שמחובר למד הכוח צריך להיות מאונך למישור בו נמצאות המשקולות.
- לפני כל מדידה, יש לוודא שהחוט עובר דרך הגלגלת.
- לפני כל מדידה, יש לאפס את מד הכוח על ידי לחיצה על הכפתור "zero" שעל מד הכוח.
- כאשר קובעים את רדיוס הסיבוב, יש להחזיק את המשקולות ברדיוס המתאים, ולמתוח את החוט על ידי שינוי גובהו של מד הכוח. את רדיוס הסיבוב מודדים ממוקום המחזיק שבאמצע המשקולות.
- תמיד מסת המשקולות (זאת שמחוברת לחוט וזאת שלא) צריכה להיות זהה משני צדי המסילה.
- חשוב מאוד: כאשר מחליפים משקולות, יש להיות עדינים ולא לאבד אף חלק. אופן החלפת המשקולות:
  - במשקולת המחוברת לחוט – יש לפרק את הבורג העליון, להחליף את המשקולת, ולהחזיר את הבורג (אין לגעת בשום דבר מתחת למשקולות).
  - במשקולת שאינה מחוברת לחוט – יש להחזיק את המוט שמתחת למסילה כאשר מחליפים את המשקולת כדי שלא ייפול ואז להחליף את המשקולת.

הערה: מסת המחזיק שעליו שמים את המשקולות היא 4 גרם.



## חלק א': תלות הכוח במהירות הזוויתית.

1. קבעו את רדיוס הסיבוב ל 70 mm.
2. קבעו את הנגד המשתנה למיקום קבוע, קרוב לאמצע.
3. קבעו את ספק המתח על 3 Volt. במהלך הניסוי העלו אותו עד 10 Volt ולא יותר.
4. העמיסו מסה של 20 גרם על המחזיק.
5. אפסו את מד הכוח של המערכת.
6. לחצו על "Preview". 
7. הדליקו את ספק המתח.
8. כדי לקחת מדידה לחצו על "Keep Sample" . קחו כ-3 מדידות לכל ערך של ספק המתח (בין 3 ל-10 וולט). בכל פעם שמשנים את המתח, חכו לפחות 3 שניות לפני לחיצה על Keep Sample כדי לתת למערכת להתייצב.

על המסך מופיעים שני גרפים וטבלה:

(I) גרף הכוח כפונקציה של המהירות הזוויתית.

(II) גרף הכוח כפונקציה של המהירות הזוויתית בריבוע.

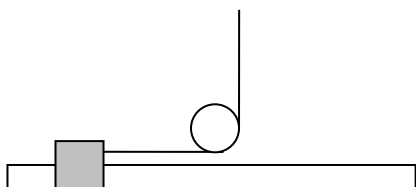
(III) טבלה של הכוח מול המהירות הזוויתית.

9. בסיום המדידות לחצו על "Stop" .



**הערה:** אם יש צורך להגדיל או להקטין את הסקאלה בציר האופקי, עמדו עליו עם העכבר (הסמן יראה בערך כך  $\leftarrow \rightarrow$ ) וגררו אותו כלפי מעלה/מטה.

10. איזו תלות קיבלת לגרף של הכוח כפונקציה של המהירות הזוויתית ולגרף של הכוח כפונקציה של המהירות הזוויתית בריבוע?






11. ציירו את כל הכוחות שפועלים על המשקולות לאורך הצירים X ו Y במערכת בתרשים.





12. איזה כוח תייצג קריאת מד הכוח? \_\_\_\_\_
13. אילו כוחות ישתנו כשנגדיל את מהירות הסיבוב?
14. כדי למצוא את שיפוע הגרף, לחצו על "Data Highlighter"  וסמנו את הקטע הרצוי (באמצעות המלבן המופיע, ניתן להזיז אותו ולשנות את גודלו בהתאם לקטע הרצוי).
15. לחצו על "Curve Fit Tool"  ובחרו ב linear לקבלת משוואת קו ישר של הקטע הנבחר.
16. רשמו את שיפוע הגרף \_\_\_\_\_
17. חשבו את השגיאה היחסית של שיפוע הגרף \_\_\_\_\_

### חלק ב': תלות המתיחות בחוט במסת הגוף המסתובב

1. בחלק העליון של הדף, עברו לדף של "חלק ב'+ג".
2. מחקו את הנתונים הקודמים בלחיצה על Delete .
3. קבעו את ספק המתח ל-7 Volt.
4. קבעו את רדיוס הסיבוב ל-70 mm.
5. התחילו ממהסה של 5 גרם (זכור לשים כזאת משני צדי המסילה כדי לאזן). יש להוסיף את מסת הבורג  $m_{\text{בורג}} = 4g$ .
6. בכל מדידה קבעו את מיקום הנגד המשתנה כך שמד התדירות הזוויתית יהיה קרוב כמה שניתן ל-40 rad/s.
7. כדי לבצע מדידה, לחצו על "Preview" . לאחר מכן הדליקו את ספק המתח. לחצו על "Keep Sample" , ולבסוף לחצו על "Stop"  כדי לעצור את המדידה.
8. בסרגל למעלה, לחצו על "display statistics..." , בעזרת החץ שליידו הציגו את הממוצע (mean) בגרף ורשמו אותו בטבלה שלמטה:

**הערה:** אם יש נקודות חריגות אל תכניסו אותן לממוצע.





Table: force vs. mass

$F$ ממוצע כוח ממוצע ( N )	$m$ מסה (Kg)

9. בין מדידות של מסות שונות, לחצו על Delete  ואפסו את מד הכוח.
10. בצעו מדידות נוספות עבור מסות שונות. בכל מדידה הוסיפו 5 גרם, עד ל-35 גרם, וזכרו לשמור על החלקים היטב בהחלפה בין המסות. זכרו להחליף בין המדידות את המשקולות משני צדי המסילה. חזרו על סעיפים 6-9 ומלאו את כל הטבלה.
11. הכינו גרף ב-Excel עבור הטבלה שמילאתם.
12. מתוך הנוסחה לכוח הסיקו את משמעות השיפוע. האם הוא מתאים לערכים של המערכת הניסיונית? \_\_\_\_\_ חשבו את אחוז השגיאה של השיפוע \_\_\_\_\_
13. מהי המהירות המשיקית של העגלה? מה היה מסלול העגלה לו הייתה משתחררת מהמסילה ומהחוט? \_\_\_\_\_

### חלק ג': תלות הכוח ברדיוס הסיבוב.

1. לחצו על Delete  
2. קבעו את ספק המתח ל- 7 Volt.
3. קבעו את מסת המשקולות ל-20 גרם (זכרו את מסת המחזיק, וכן לקבע את המסה משני צדי המסילה).
4. בכל מדידה, קבעו את מיקום הנגד המשתנה כך שהתדירות הזוויתית תהיה קרובה כמה שניתן ל- 40 rad/s.
5. התחילו מרדיוס של 100 mm.




6. כדי לבצע מדידה, לחצו על "Preview".  לאחר מכן הדליקו את ספק המתח.
7. קחו כ-5 מדידות עבור הרדיוס על ידי לחיצה על "Keep Sample" , ולבסוף לחצו על "Stop"  כדי לעצור את המדידה.
8. בסרגל למעלה, לחצו על "display statistics..." , בעזרת החץ שלידו הציגו את הממוצע (mean) בגרף ורשמו אותו בטבלה שלמטה:

**הערה:** אם יש נקודות חריגות אל תכניסו אותן לממוצע.

Table: force vs. Radius

כוח ממוצע ( N ) $F_{\text{ממוצע}}$	רדיוס (m) R

9. בין מדידות, לחצו על Delete  ואפסו את חיישן הכוח.
10. הקטינו בכל מדידה את רדיוס הסיבוב ב- 10 mm על ידי שינוי גובה מד הכוח, עד ל- 50 mm. חזרו על סעיפים 6-9 ומלאו את כל הטבלה.

**הערה:** שימו לב לשנות את גם את הרדיוס של המסה בצד השני כל פעם שמשנים.

11. הכינו גרף ב-Excel עבור הטבלה שמילאת.
12. מתוך הנוסחה לכוח הסיקו את משמעות השיפוע. האם הוא מתאים לערכים של המערכת הניסיונית? \_\_\_\_\_ חשבו את אחוז השגיאה של השיפוע \_\_\_\_\_