חלק א' – תנועת כדור מקצה הדיסקה

בחלק זה של הניסוי תשגרו כדור מתותח הממוקם בקצה דיסקה מסתובבת. תצלמו את תנועתו בעזרת מצלמה ותמדדו את מיקומו לאורך מסלול התנועה. ראשית תנתחו את התנועה במערכת בה מערכת הצירים נשארת קבועה, בה הכדור ינוע בקו ישר, ולאחר מכן תנתחו את התנועה במערכת צירים המסתובבת עם הדיסקה, בה הכדור ינוע בפרבולה.

<u>הנחיות לביצוע הניסוי:</u>

<u>ביצוע מדידות</u>:

- המערכת כוונה, יושרה ופולסה לפני תחילת המעבדה. בכל זאת, ודאו שהיא מפולסת. אם היא
 לא, בקשו מהמדריך הסבר על הברגים השונים במערכת. אחרת, אין לגעת בברגים.
 - טענו את אחד התותחים בעלי ההדקים המוזהבים.
- על מנת לסובב את המערכת יש להפעיל את ספק המתח ולכוונו למתח של בערך 10V ולא יותר
 מ 15V.



- את זמן המחזור נמדוד באמצעות שעון העצר שמוצב על המדף מעל העמדה. יש לכוון אותו למצב עבודה collision. שעון העצר יופעל בפעם הראשונה שלוחית המתכת בצדה התחתון של הדיסקה תחצה את השער האופטי. לאחר מכן, שעון העצר ימדוד את ארבעת הזמנים הבאים בהם הלוחית חוצה את השער.
- הפעילו את המנוע וחכו עד שהמערכת תתייצב. איך תוודאו שהמערכת התייצבה על מהירות
 זוויתית קבועה?
- ודאו שהמצלמה אינה מחוברת למחשב ואז הדליקו את המצלמה. אין לנתק את הכבל שמחובר
 ישירות למצלמה אלא את החיבור בין הכבלים. התחילו לצלם.
 עמוד 1 מתור 9

- יירו את הכדור. שימו לב: היזהרו מהדקי התותחים; אל תקרבו את ראשיכם לדיסקה בזמן שהיא מסתובבת.
 - לאחר שהכדור פוגע בדופן הדיסקה דוממו את המנוע ועצרו את ההקלטה.

<u>העברת הסרט למחשב</u>

- 1. חברו את כבל ה-USB המחובר למצלמה לכבל ה USB המחובר למחשב. שימו לב: אל תנתקו את כבל ה-USB הלבן שמחובר למצלמה.
- לנסריית המצלמה דרך My Computer ולחצו על הסרט. פעולה זו תעביר את הסרט My Pictures לתיקיית My Pictures.

<u>עיבוד הנתונים:</u>

- multilab. הפעילו את מערכת ה-3
- Desktop על הmultilab על הicon על הdouble click .4
 - 5. לחיצה על הכפתור 🛅
- .6 בתפריט Video Analysis בחרו את האופציה Open Movie File, לחצו על החץ ובחרו בתיקיית My Documents ואז בתיקיית My Documents, וטענו את קובץ הסרט עליו אתם מעוניינים לעבוד.

ſ	🚰 MultiLab - Fourier Systems										
F	ile	View	Graph	Table	Logger	Video	Video Analysis	Analysis	Workbook	Help	
				s.	24	- 5105	Open movie file				
							Capture new movie				
Г	Detables						Set origin				
	рака мар						Rotate system of coordinate				

תאפשר דפדוף קדימה ואחורה בין. התמונות.

<u>חילוץ מסלול תנועה במערכת המעבדה:</u>

- 1. <u>זיהוי ראשית מערכת הצירים</u> לחצו על הכפתור 🛄, לאחר מכן על מרכז הדיסקה. בתמונה ולבסוף על OK בחלון הקטן שייפתח.
- 2. קביעת סקלה: לחצו על צלמית הסרגל 🔊 מימין לצלמית מערכת הצירים. מתחו את הקו הצהוב בין מרכז הדיסקה לנקודה האחרונה על רשת הקואורדינטות שמשורטטת על-גבי הדיסקה. קבעו מרחק זה כ-20 ס"מ.

את מערכת הצירים ? בצעו זאת בעזרת כפתור 💴. לחצו עליו ואז

עמוד 2 מתוך 9

ציר ה x ביחס לנקודת הראשית שבחרתם. מדוע חשוב לעבור לפריים זה לפני \hat{x} בחירת \hat{x} ?

- .4 <u>מסלול התנועה</u> בעת תנועת הכדורים בסרט, לחצו עם העכבר על מיקום הכדור. לחיצה זו תקדם את הסרט בתמונה אחת, ובמקביל, תתעד את קואורדינטות הכדור במערכת המצלמה בטבלה שבצד ימין למטה במסך.
- .export to excel בחרו את האופציה Graph בתפריט. 5 העבירו את הנתונים לקובץ שהוכן מראש (נמצא בספריית my documents על המחשב) בטבלת Inertial במקום המתאים, כך שמסלול התנועה ישורטט על המעגל.
- 6. <u>עיבוד נתונים</u> –באיזה אמצעי תוכלו להשתמש כדי לקבוע עד כמה הכדור נע בקו ישר?

חילוץ מסלול תנועה במערכת המסתובבת:

- חזרו בסרט לנקודה הראשונה שסימנתם. כעת לחצו על צלמית הצירים המסתובבים
 שנמצאת בין צלמית מערכת הצירים לבין צלמית הסרגל בתחתית חלון ה-multilab.
- קבעו את מערכת הצירים כך שתתאים לזו שמשורטטת על-גבי הדיסקה. שימו לב שהקואורדינטות בגרף מימין לסרטון השתנו. העתיקו לאקסל את השורה שמתאימה לנקודה הראשונה. שימו לב כי בנקודה זו מערכת הצירים אמורה להיות תואמת למע. הצירים של המערכת המסתובבת שכן כך קבענו אותה בסעיף (3) בחלק הקודם.
- 3. חזרו על פעולות אלו עבור הנקודות הבאות, כאשר בכל פעם העתיקו לאקסל את השורה המתאימה.
- .4 שימו לב ! שינוי כיוון מערכת הצירים מתקנת את כל הנקודות הנמצאות בטבלה. עליכם להעתיק כל נקודה בנפרד לקובץ האקסל לאחר תיקון כיוון מערכת הצירים לכיוון המערכת המסתובבת באותה נקודה.
- 5. השלימו את טבלת ה Rotating בקובץ האקסל במקום המתאים, כעת גם מסלול הכדור במערכת המסתובבת יוצג ע"ג הגרף.
 - 6. הביטו בגרף, האם הוא תואם את צפיותכם? הסבירו מדוע זו צורת הגרף.
- 7. שגיאות כיצד ניתן להעריך את שגיאת מיקום הכדור? מהו גודל הכדור? ניתן לחזור על מדידת מיקום הכדור בפריים כלשהו בשתי המערכות מספר פעמים, לצורך כך השתמשו בכפתור מחיקת נק' שנמצא מימין לסרגל.
- של ($r^2(t)$, ובצעו התאמה לפולינום מדרגה 2. מהי מנו גרף בעזרת 1ab אנו גרף בעזרת $r^2(t)$, איבר הריבועי? השוו המשמעות הפיסיקלית של המקדם של האיבר החופשי? של האיבר הריבועי? השוו תוצאות אלו למדידות במערכת המעבדה.

$$r(t)^{2} = (v_{0}^{2} + (\omega R)^{2})t^{2} - 2v_{0}Rt + R^{2}$$

עמוד 3 מתוך 9

חלק ב' – תנועת כדור ממרכז הדיסקה

בחלק זה של הניסוי תפילו את הכדור במורד המגלשה שממוקמת מעל מרכז הדיסקה ותחזרו על מרלק זה של הניסוי תפילו את הכדור במורד המגלשה שממוקמת מעל מרכז הדיסקה ותחזרו על מציאת מסלולו בשתי המערכות. לאחר מכן תבצעו התאמה לקשר $rac{lpha}{R}=rac{\omega}{v}$ המופיע ברקע התאורטי בנוסחה (21).

<u>הנחיות לביצוע הניסוי:</u>

- 1. בחרו מאיזה גובה להפיל את הכדור. בשלב זה אתם כבר יכולים לחשב את מהירותו ההתחלתית של הכדור ($I = rac{2}{5} m r_{ball}^2$).
 - הדליקו את המנוע וחכו עד שהמהירות הזוויתית של הדיסקה תתייצב. מדדו אותה בעזרת שעון העצר.
 - 3. הדליקו את המצלמה והתחילו לצלם.
 - 4. שחררו את הכדור. בתום תנועתו, הפסיקו את הצילום.
- 5. העבירו את הסרטון למחשב וחיזרו על העיבוד שביצעתם בחלק 1 של הניסוי: מדדו את תנועת הכדור פעם במערכת המעבדה ופעם במערכת המסתובבת. יש לקבוע את מערכות הצירים כך שיחפפו ברגע0 = *t*. (מה יקרה אם לא נבצע זאת ?)
 - .6 מדדו את R ואת α עבור כל אחת מהנקודות לאורך המסלול.
 - 7. בנו גרף בעזרת Matlab וחלצו ממנו את המהירות ההתחלתית. השוו אותה למהירות
 7. שחישבתם בשלב 1. (מה יקרה לגרף אם מערכות הצירים לא חופפות ברגע t = 0 (2000)



<u>תוצאה לדוגמה</u> – באדום נראה את התנועה של הכדור במערכת המעבדה ובכחול את התנועה במערכת המסתובבת. הזווית המסומנת היא הזווית של מיקום הכדור במדידה האחרונה בין מיקומו במערכת המעבדה למיקומו במערכת המסתובבת.

חלק ג' – מטוטלת מעל מערכת מסתובבת

בחלק האחרון של הניסוי תנתחו תנועה של מטוטלת הנעה ביחס למערכת צירים מסתובבת. המטוטלת תנוע מעל הדיסקה ולא תסתובב סביב עצמה. את המצלמה תחברו למרכז הדיסקה, כפי שמפורט להלן, והיא תסתובב ביחס למטוטלת. בניתוח תנועת המטוטלת תחקרו את צורת ה"פרח" המתקבלת המתוארת ברקע התאורטי.

<u>הכנת המערכת:</u>

- נתקו את המגלשה מזרוע העמדה. שימו לב: השתמשו רק בשני הברגים הזהובים הקטנים בקדמת המגלשה, ולאחר מכן הבריגו את שני הברגים חזרה למקומם.
 - 2. הציבו את המטוטלת מעל מרכז הדיסקה, אבטחו אותה ומדדו את אורכה.
- 3. הציבו את המצלמה על מרכז הדיסקה עם העדשה כלפי מעלה באמצעות הבורג.
 - .4 במקביל לצילום התנועה, יש למדוד את זמן המחזור בעזרת שעון העצר.

<u>צילום התנועה:</u>

- 1. התחילו לצלם.
- 2. הסיטו את המטוטלת ממצב שיווי משקל כך שיחלו תנודות קטנות. הקפידו על תנועה במישור אחד, ועל כך שהמטוטלת תישאר בתוך מסגרת התמונה.
 - 3. הפעילו את המנוע על מהירות קבועה.
 - 4. לאחר כחמישה מחזורי סיבוב הפסיקו לצלם.
 - .5 רשמו את זמן המחזור של הדיסקה.
 - 6. העבירו את הסרט למחשב על פי ההוראות המופיעות בחלק הקודם.

<u>עיבוד נתונים:</u>

- 1. הפעילו את מערכת ה-multilab וטענו את הסרט שצילמתם.
- 2. הפעולות הבאות דומות לפעולות שבוצעו בסעיף "חילוץ מסלול תנועה במערכת המצלמה", וניתן להיעזר בהסברים המופיעים שם.
 - .3 מקמו את ראשית הצירים על נקודת התלייה של המטוטלת.
- הזינו את מסלול המטוטלת לטבלת אקסל. יש להקפיד לסמן בעזרת העכבר את מרכז המטוטלת.
 - 5. צרו גרף של קואור' Y כפונקציה של X. הגרף צריך להראות בערך כך:



- מדדו את הזווית בין שני העלים המהווים מחזור שלם של תנועת המטוטלת.
 - 7. חזרו על הפעולה מספר פעמים עבור זמני מחזור שונים.
- .g בנו גרף ב Matlab מהתוצאות שקיבלתם ומצאו בעזרתו את קבוע הכובד g.

עמוד 7 מתוך 9



<u>נספחים – תרשימי המערכת</u>





