



פיזיקה - מעבדת חקר תוצרת בית

מטוטלת מתמטית

מטרת הניסוי

חקר זמן המחזור של מטוטלת מתמטית

רקע תיאורטי

מטוטלת מתמטית הינה חוט דק בעל אורך L אשר בקצהו תלויה מסה נקודתית m . אם נסיט את המסה מנקודת שיווי המשקל, נראה כי המסה מתנדנדת ומסלולה יוצר קשת מעגלית בעלת רדיוס L . המסה מבצעת תנודה מחזורית שאותה נסמן ב- T .

אם נניח את ההנחות הבאות:

- המסה m מתנדנדת בזוויות קטנות (לא יותר מ-15 מעלות) במישור יחיד.
- משקל החוט זניח והוא אינו אלסטי
- קצה החוט שאינו מחובר למסה m מחובר למתקן קשיח וקשור אליו היטב
- כוחות החיכוך זניחים. הכוחות היחידים הפועלים על המסה הם כוח הכבידה ומתיחות החוט

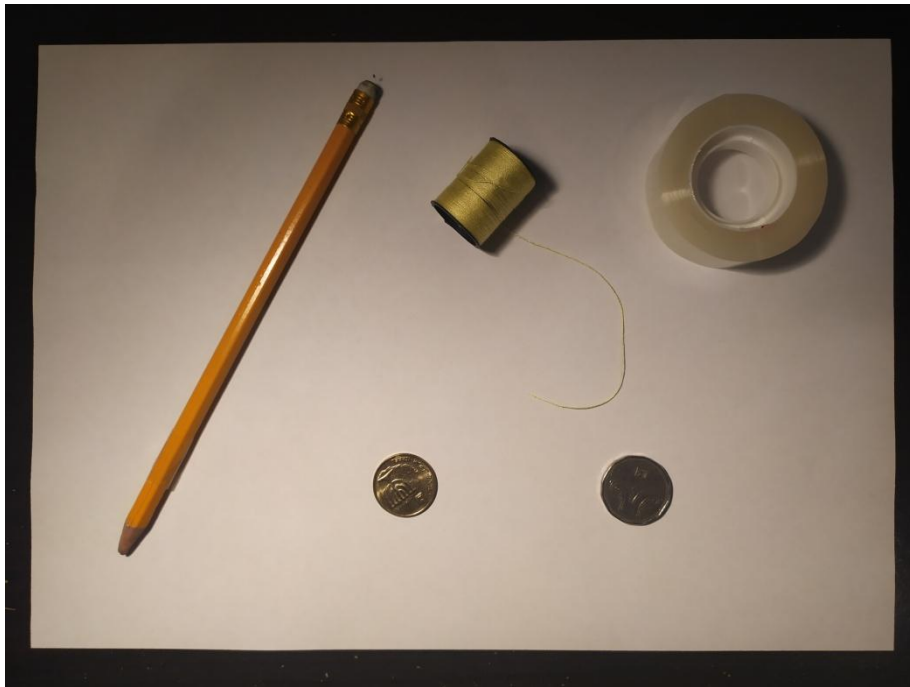
אזי נוכל להראות שזמן המחזור של המסה m הוא:

כאשר g הוא תאוצת הכובד של כדור הארץ.

ציוד המעבדה

למעבדה זו נזדקק לרשימת הציוד הבאה:

- שני מטבעות בעלי מסות שונות- עדיף 5 שקלים-10 אגורות
- דבק סלוטייפ
- חוט תפירה דק
- גליל דק קשיח (כדוגמת עיפרון או עט)
- סרגל 30 ס"מ
- שעון עצר
- מספריים

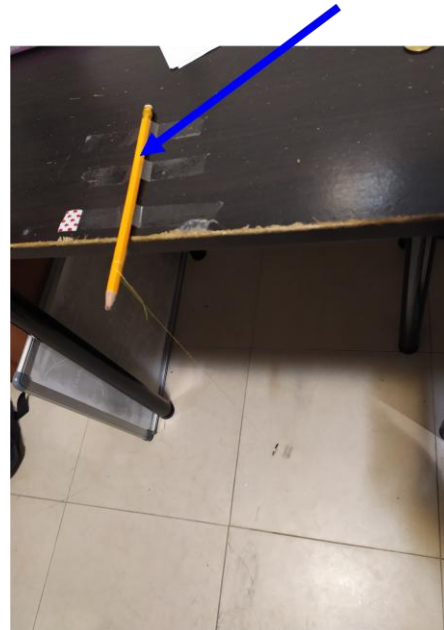
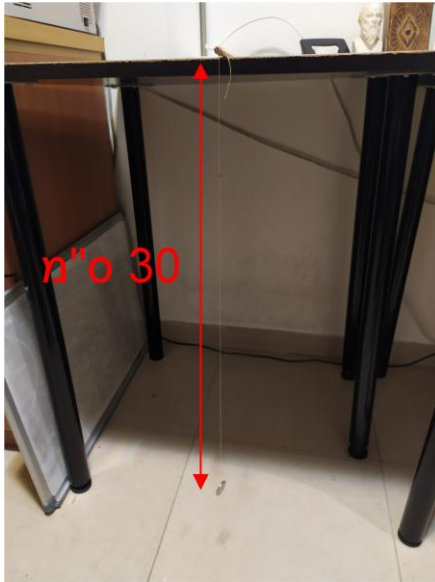


הרכבת מערכת הניסוי

1. לפני הרכבת מערכת הניסוי וודאו שהשולחן, עליו מונח הגליל הקשיח (עיפרון), ישר, יציב ואינו מתנדנד.
2. הניחו את הגליל הדק על השולחן והדקו אותו לקצה השולחן באמצעות הדבקתו עם נייר הסלוטייפ.
3. קישרו את החוט לקצה הגליל הדק רחוק ככל שניתן מקצה השולחן והדקו את הקשר בעזרת שכבת סלוטייפ נוספת.
4. בקצהו התחתון של החוט תלו את המטבע הקל יותר מבין השניים (שמסתו נמוכה יותר). קבעו את אורך החוט כך שאורכו ההתחלתי יהיה 30 ס"מ (ודאו שהמטבע לא נוגע בשולחן או ברצפה).
5. לפני עריכת הניסוי, וודאו:

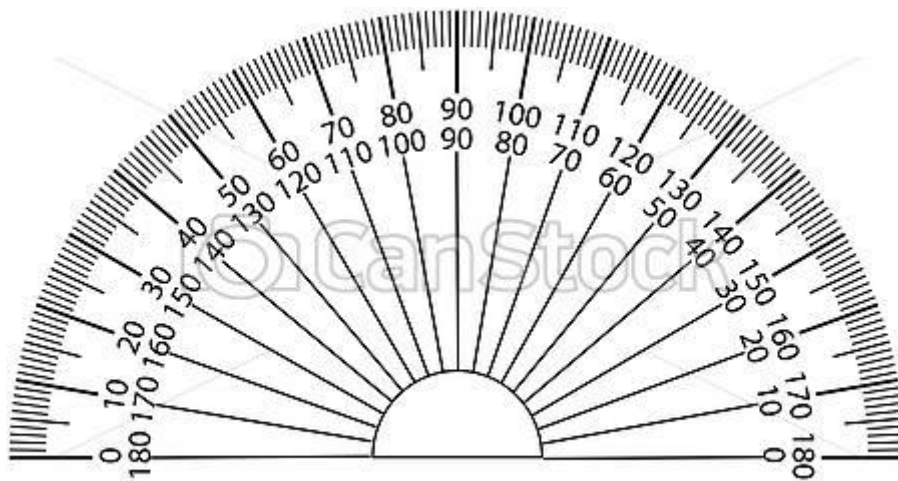
- שהמסה המתנוודדת רחוקה מהשולחן ולא פוגעת בו במהלך התנוודות.
- שהקשר בין החוט לקצהו העליון (הגליל) אינו רופף והחוט מהודק היטב לגליל.
- שתנועת המטוטלת אינה מופרעת מאורך החוט שאינו פעיל.

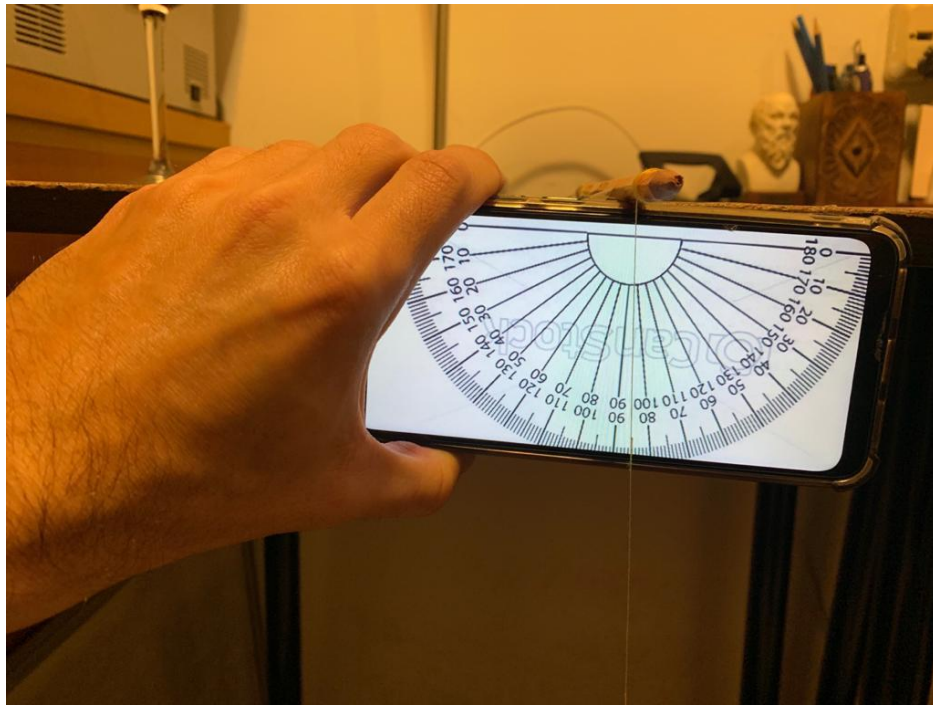
גליל דק (עיפרון)



חלק א' - בדיקת תלות זמן המחזור כפונקציה של זווית ההסטה

בניסוי זה תצטרכו לבדוק מהו זמן המחזור כפונקציה של זווית ההסטה מנקודת שיווי המשקל. אם יש ברשותכם מד זווית, אז תוכלו להשתמש בו לצורך ביצוע ניסוי זה. למי שאין - לפניכם (ובנספח) תוכלו למצוא תרשים המתאר מד זווית. תוכלו לגזור אותו ולהצמידו לדופן השולחן וכך להעריך את זווית הסטייה. תוכלו אף להיעזר במכשיר הטלפון שלכם, לצלם את מד הזווית ולהצמידו לשולחן כדי שישמש מדד לזווית הסטייה.





הסיטו את הכדור הצידה בזווית של 5 מעלות מנקודת שווי המשקל. החזיקו אותו במנוחה לפני שיחררו.

שחררו את הכדור ממנוחה (בלי לתת לו "תנופה").

מדדו את זמן המחזור של התנודות באופן הבא :

- הניחו למערכת להתנדוד מספר פעמים, וודאו שהתנודות מתרחשות בצורה סדירה.
- כאשר הכדור בקצה מסלולו, הפעילו את שעון העצר.
- מנו 10 תנודות ועצרו את פעולת השעון.
- את הזמן שמדדתם יש לחלק ב-10, כדי לקבל את הזמן הממוצע של מחזור בודד.
- שימו לב! זמן מחזור אחד מסתיים כאשר הכדור חוזר לנקודת הקצה בו הפעלתם את הסטופר

רשמו את נתוני המדידה בטבלה מספר 1 (כמתואר בהמשך).

חיזרו על מדידת הזמן המחזור עבור אותה זווית פעמיים נוספות.

רשמו את התוצאות בטבלה, וחשבו את זמן המחזור הממוצע.

בצעו את הניסוי 3 פעמים נוספות עבור כל אחת מהזוויות הבאות: 10 מעלות, 20 מעלות, 30 מעלות ו- 40 מעלות

שאלה 1 : ריכוז התוצאות בתוכנת אקסל

הכינו טבלה כדוגמת זו שלמטה, ורשמו בה את תוצאות המדידות ואת היחידות המתאימות.

טבלה מספר 1: זמן מחזור כתלות בזווית הסטייה

זמן ממוצע של מחזור יחיד T	זמן ממוצע של 10 מחזורים	זמן המדידה של 10 מחזורים			זווית הסטייה θ
		ניסוי 3	ניסוי 2	ניסוי 1	
					5
					10
					20
					30
					40

שרטטו בעזרת אקסל את פונקציית זמן המחזור הממוצע אל מול זווית הסטייה.

מדוע יש למדוד זמן ממוצע של 10 מחזורים ולא זמן מחזור יחיד?

מה ניתן להסיק לגבי תלות זמן המחזור בזווית הסטייה, כל עוד זווית הסטייה היא קטנה?

התייחסו להשערה ששיערתם במסגרת ההכנה לניסוי

מה ניתן לומר על זמן המחזור של המטוטלת עבור זוויות "גדולות" (גדולות מהזווית אשר הוגדרה במסגרת ההכנה לניסוי)?

חלק ב' - חקירת תלות זמן המחזור במסה

ביצוע הניסוי

בניסוי זה תדרשו לבדוק מהי תלות זמן המחזור במסה המתנדנדת. יש לוודא ביצוע ההוראות כפי הנדרש!

בערכת המעבדה שני מטבעות: מסתו של המטבע של 10 אגורות הינו 4 גרם ושל המטבע של 5 שקלים הינו 8.2 גרם

תברו את המטבע של 10 אגורות לחוט שאורכו 30 ס"מ

הסיטו את הכדור הצידה בזווית של 5 מעלות (בערך) מנקודת שווי המשקל

מדדו את זמן המחזור כפי שתואר בחלק א' של הניסוי ורשמו את נתוני המדידה בטבלה מספר 2 (כמתואר בהמשך).

חזרו על מדידת זמן המחזור עבור אותה זווית פעמיים נוספות

חשבו את זמן המחזור הממוצע ורשמו בטבלה

בצעו את הניסוי באופן דומה עבור המטבע הגדול יותר (5 שקלים)

שאלה 2: ריכוז תוצאות הניסוי בקובץ האקסל

הכינו טבלת ערכים כדוגמת הטבלה שלמטה. רכזו בטבלה את תוצאות המדידה ואת היחידות המתאימות.

טבלה מספר 2 : זמן מחזור כתלות במסה עבור זווית סטייה של 5 מעלות.

זמן ממוצע של מחזור יחיד T	זמן ממוצע של 10 מחזורים	זמן המדידה של 10 מחזורים			מסת המטבעות
		ניסוי 3	ניסוי 2	ניסוי 1	
					4 גרם (10 אגורות)
					8.2 גרם (5 שקלים)

מה ניתן להסיק לגבי תלות זמן המחזור במסת הכדור? בתשובתכם התייחסו ליחס בין המסות לעומת ההבדל שהתקבל בין זמני המחזור בניסוי

האם תוצאות הניסוי מתאימות להשערה שלכם בהשערות ההכנה?

חלק ג' - חקירת תלות זמן המחזור באורך החוט L

מהלך הניסוי

תלו את מטבע הקל (10 אגורות) על החוט

כוונו את אורכו של החוט כך שיתקיים $L=20$ ס"מ. שימו לב! אורכו של החוט נמדד מנקודת הקצה של התליה ועד למרכז המטבע. תוכלו ללפף את החוט על הגליל עד להגעה לאורך הרצוי.

הסיטו את המטבע בזווית 5 מעלות ומדדו את זמן המחזור כפי שתואר בחלק א' של הניסוי

רשמו את נתוני המדידה בטבלה מספר 3 (כמתואר בהמשך)

חיזרו על מדידת זמן המחזור עבור אותה הזווית פעמיים נוספות.

חשבו את זמן המחזור הממוצע ורשמו בטבלה

חזרו על הניסוי עבור ארבעה אורכים נוספים של החוט: 20 ס"מ, 25 ס"מ, 30 ס"מ, 35 ס"מ, 40 ס"מ. רשמו את התוצאות בטבלה.

שאלה 3 : ריכוז תוצאות הניסוי בטבלה

בקובץ אקסל הכינו טבלת ערכים דוגמת זו שלמטה.

רשמו בה את תוצאות המדידה ואת היחידות המתאימות.

טבלה מספר 3 : זמן מחזור כתלות באורך החוט עבור זווית סטייה של 5 מעלות

זמן ממוצע של מחזור יחיד T	זמן ממוצע של 10 מחזורים	זמן המדידה של 10 מחזורים			אורך החוט L
		ניסוי 3	ניסוי 2	ניסוי 1	
					20
					25
					30
					35
					40

א. על פי נתוני המדידות שריכזתם בטבלה, שרטטו דיאגרמת פיזור נקודות של זמן המחזור כתלות באורך החוט. קו מגמה המתאים בצורה טובה לפיזור הנקודות, הוא קו שריבוע מקדם המתאם R שלו שואף ל 1.

ב. התבסס על התיאוריה הפיסיקלית שבמבוא- עבור איזה קשר מתמטי צפוי שנקבל את ריבוע מקדם המתאם הטוב ביותר?

- מעריכית
- לינארית
- לוגריתמית
- פולינומיאלית
- חזקה
- ממוצע נע

ג. הוסיפו משתנה חדש בטבלה, שעבורו קיים קשר לינארי עם אורך החוט של המטוטלת ("לינאריות" של משתנה) מיהו משתנה חדש זה?

ד. שרטטו גרף פיזור נקודות מתאים של המשתנה החדש כפונקציה של אורך החוט. הוסיפו קו מגמה לינארי.

בהסתמך על הקשר התיאורטי ועל סמך משוואת הקו שהתקבל, חשבו את תאוצת הנפילה החופשית. מהי ערכה המחושב?

השוו את תאוצת הנפילה החופשית שהתקבלה בניסוי לתאוצת הכובד התיאורטית (9.8 מטר לשנייה בריבוע). חשבו את הסטייה המוחלטת והיחסית. האם לפי דעתכם התקבלה תוצאה אמינה בניסוי?

לא לשכוח לצרף את קובץ האקסל עם הגרפים ששרטטתם!

נספח

© CanStockPhoto.com - csp52590779

