פתרון הבחינה

בפיזיקה –שאלון חקר

קיץ תשפ"ו, 2026, שאלון 36382:

מוגש ע"י צוות מורי הפיזיקה של "יואל גבע"

הערות:

1. התשובות המוצגות כאן הן בגדר הצעה לפתרון השאלון.
2. תיתכנה תשובות נוספות, שאינן מוזכרות כאן, לחלק מהשאלות.

1. נבחר באפשרות ב'. נימוק: אפשרות ב מהווה את המרחק למרכז המסה של הכדור. כיוון שהגוף אינו נקודתי, נקודת מרכז המסה מהווה את המרחק הממוצע בין נקודת החיבור של החוט אל מצבט התנין (ציר הסיבוב) לבין כל אחת מנקודות המסה שבכדור.

2. א. זמן המחזור הממוצע הוא עשירית מהממוצע של שלושת הערכים שנמדדו:

$$\mathbf{T} = \frac{1}{10}\cdot\frac{11.08+11.01+10.98}{3} = \mathbf{1.102sec}$$

T[sec]	$10T_3$[sec]	$10T_2$[sec]	$10T_1$[sec]	L[m]
1.102	10.98	11.01	11.08	0.3

ב. חישוב תאוצת הנפילה החופשית:

$$T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2\cdot\frac{L}{g} \Rightarrow \mathbf{g} = 4\pi^2\cdot\frac{L}{T^2} = 4\pi^2\cdot\frac{0.3}{1.102^2} = \mathbf{9.75\frac{m}{s^2}}$$

3. היתרון בניסוי שרונה הציעה הוא שביצוע הניסוי פשוט יותר וידרוש פחות חישובים ופחות זמן למדידות.
וכן מקטין את הסיכוי לשוני בין הניסויים (בכל שינוי של המערכת צריך לוודא שהיא מוצבת נכון ומכוילת).
היתרון בניסוי שנעמי הציעה הוא שהוא מאפשר מדידות נוספות שיקטינו את השפעת השגיאה השיטתית (כגון, הצבה שגוייה של המערכת, מדידה שגוייה של אורך החוט, מדידה שגוייה של זמן המחזור...).

4. א. חישובי זמן המחזור באופן דומה לסעיף א' של שאלה 2.

מספר מדידה	$L[m]$	$10T_1[Sec]$	$10T_2[Sec]$	$10T_3[Sec]$	$T[Sec]$
1	0.25	11.77	11.82	12.01	1.187
2	0.2	10.85	11	10.99	1.095
3	0.15	10.07	10.06	10.01	1.005
4	0.1	9.32	9.16	9.25	0.924
5	0.05	8.29	8.33	8.36	0.833

ב. כפי שצוין בתשובה לשאלה 3, מדידה של מספר אורכי חוט שונים מאפשרת מזעור השפעה של שגיאה שיטית ואקראית במדידות. בנוסף, עבור ערכי L גדולים יותר המסה התחתונה תתנגש במשטח התחתון. עבור ערכי L קטנים יותר הקירוב אינו קירוב אידאלי של מטוטלת מתמטית בה המסה הינה מסה נקודתית בקצה החוט. וכן מבצעי הניסוי הקפידו על ניצול טווח הערכים הגדול ביותר האפשרי (תחת מגבלות הניסוי) והגדילו את המשתנה הבלתי תלוי באינטרוולים קבועים.

5. א. נוסחה 2: $T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{2L+d}{2g}}$

$$T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{2L+d}{2g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2\cdot\frac{2L+d}{2g} \Rightarrow \mathbf{T^2} = 4\pi^2\cdot\left(\frac{2L}{2g}+\frac{d}{2g}\right) = \frac{\mathbf{4\pi^2}}{\mathbf{g}}\cdot\mathbf{L}+\frac{\mathbf{2\pi^2}}{\mathbf{g}}\cdot\mathbf{d}$$

ב. עבור המשתנה T^2 יתקבל גרף שצורתו קו ישר כפונקציה של L.

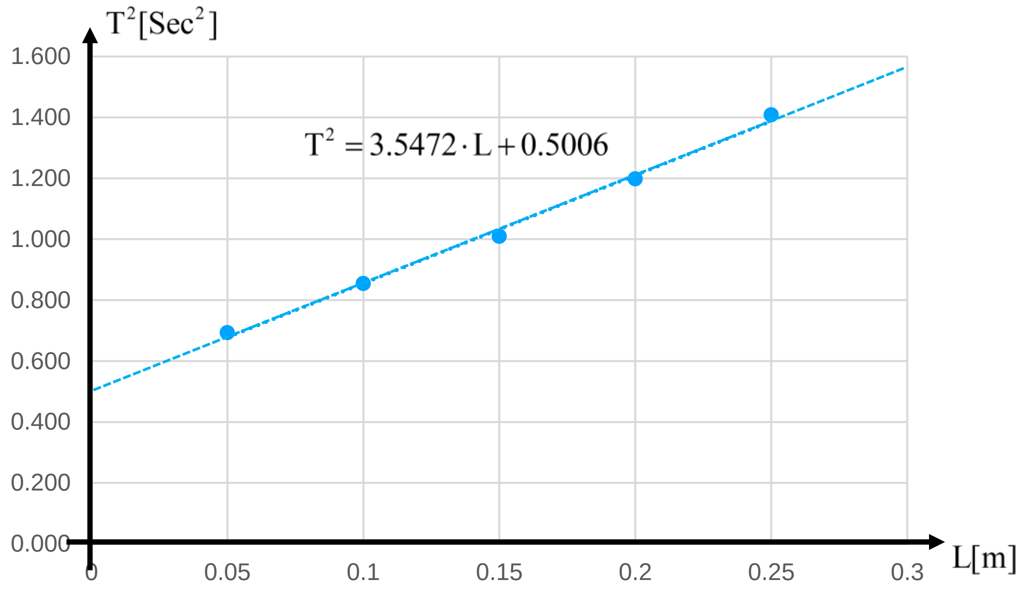
משתנה זה מתאים לתבנית מתמטית ליניארית: $y = mx + n$.

בהתאם למסקנות מהרקע התאורטי בהן המקדם של L הוא קבוע וכן קיים מקדם חופשי קבוע.

ג. נוסיף לטבלה 2 את הדרוש:

מספר מדידה	$L[m]$	$10T_1[Sec]$	$10T_2[Sec]$	$10T_3[Sec]$	$T[Sec]$	$T^2[Sec^2]$
1	0.25	11.77	11.82	12.01	1.187	1.408
2	0.2	10.85	11	10.99	1.095	1.198
3	0.15	10.07	10.06	10.01	1.005	1.009
4	0.1	9.32	9.16	9.25	0.924	0.854
5	0.05	8.29	8.33	8.36	0.833	0.693

6. א. + ב.



7. מהקשר התאורטי, שיפוע הגרף (המקדם של המשתנה התלוי): $\frac{4\pi^2}{g}$.

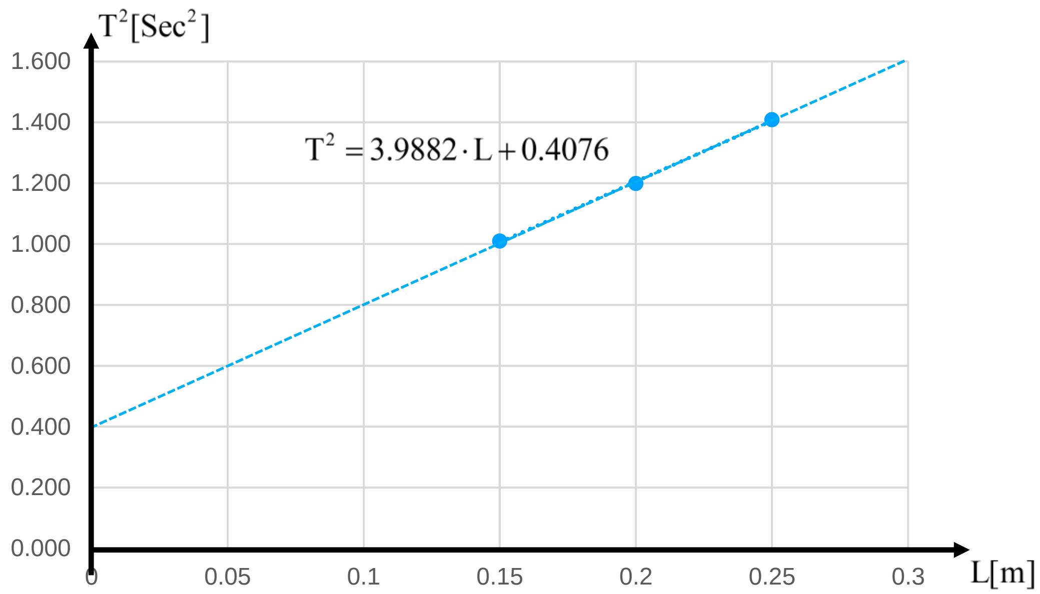
מצד שני, מקו המגמה ששרטטנו, השיפוע: $\frac{\Delta T^2}{\Delta L} = 3.547 \frac{s^2}{m}$.

נשווה ונחשב את ערכו של g:

$$\frac{4\pi^2}{g} = 3.547 \Rightarrow \mathbf{g} = \frac{4\pi^2}{3.547} = \mathbf{11.13 \frac{m}{s^2}}$$

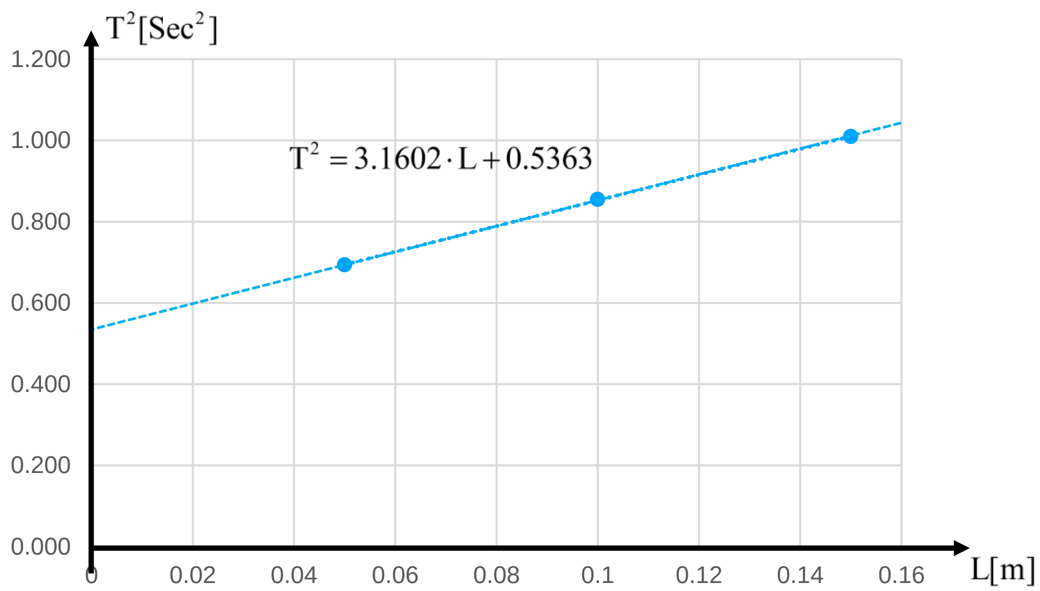
8. א. שיפוע קו המגמה לפי 3 התוצאות הראשונות שבטבלה 2: $\frac{\Delta T^2}{\Delta L}=3.988\frac{s^2}{m}$.

ערך g לפי התוצאות הנ"ל: $g=\frac{4\pi^2}{3.988}=9.899\frac{m}{s^2}$



ב. שיפוע קו המגמה לפי 3 התוצאות האחרונות שבטבלה 2: $\frac{\Delta T^2}{\Delta L}=3.160\frac{s^2}{m}$.

ערך g לפי התוצאות הנ"ל: $g=\frac{4\pi^2}{3.16}=12.493\frac{m}{s^2}$



ג. על פי סעיפים א. ו-ב. התוצאות שהתקבלו עבור אורכי חוט גדולים יותר, הניבו תוצאות הקרובות יותר לערך התאורטי הידוע של תאוצת הכובד.
מסקנה: ניתן לשפר את הניסוי על ידי שימוש במוט פלסטי וחוט ארוכים יותר על מנת לקבל תוצאה מדויקת יותר עבור g.

9. על סמך התוצאות שהתקבלו בשאלות 2, 7 ו-8, נראה שככל שאורך החוט גדול יותר מאורך המוט, התנהגות המטוטלת הדו-גופית מתקרבת להתנהגות של מטוטלת מתמטית.

10. נוכל להסיק שלמערכת לוקח זמן להתייצב ולכן ישנו פרק זמן בו המטוטלת לא מתנהגת כמטוטלת מתמטית (אלא כמטוטלת כאוטית). ולתנועה מתווספים עוד מאפיינים שלא מקבלים ביטוי בפיתוח המתמטי של הקשר בין זמן המחזור לאורך האפקטיבי של החוט של המטוטלת. העובדה שלאחר זמן התקבלה תנועה מחזורית שבה שני הכדורים התנודדו באותו הקצב, מעידה על כך שניתן להתייחס למטוטלת דו-גופית כמטוטלת מתמטית לאחר שחלף זמן ההתייצבות הנ״ל.