

דוח מעבדה – נפילה חופשית
שם התלמיד – איל פיקז
מורה – שרון עצמן
תאריך – 8/2/2025
תיקון בלייר



מטרות הניסוי

מטרות הניסוי המרכזיות הן:

- לאשר את הטענה לפיה נפילה חופשית הינה תנועה בתאוצה קבועה
- למדוד את גודל תאוצת הנפילה החופשית בקירוב
- השוואת התאוצות עבור גופים שונים

רקע תיאורטי

נגיד ר' מספר מושגים שישמשו אותנו במהלך הדוח:

- זמן – הגדרה אופרטיבית, נמדד בדרך"כ ביחידות שנייה.
- מקום – מיקום גופו ביחס לציר כלשהו (הציר בעל ראשית), נמדד בדרך"כ ביחידות מטר.
- מרחק – הפרשים בין מקומות
- העתק מקום – הפרש בין המיקום הסופי למיקום ההתחלתי של גופ מסויים
- מהירות – קצב שינוי המיקום ביחס בזמן מסוים, נמדד בדרך"כ ביחידות מטר לשנייה.
- תנועה קצובה – תנועה שבה מהירות קבועה לאורך הזמן.
- תאוצה – קצב שינוי מהירות של גופ, נמדד בדרך"כ ביחידות מטר לשנייה בריבוע

שאלות רקע תיאורטי:

1. נפילה חופשית היא תנועה של גופ שנע בהשפעת כוח המשיכה בלבד. לפי דעתך, הגוף בנייסוי אינו ינוע בנפילה חופשית עקב קר ששינו חיכוך מינימלי בין סרט הנייר לרשם הזמן. אמנם חיכוך זה הוא קטן, אך הוא אינו זניח.
2. הא. הגדרה זו עדיפה על פניהם הגדרת מהירות באמצעות העתקים עקב קר שהנקודה B לא נמצאת בדיק בין 2 הנקודות האחרות. חישוב המהירות המומוצעת עפ"י ההעתק תביא לנו את המהירות המומוצעת בקירוב בין 2 הנקודות. כיוון שהנקודה B לא נמצאת באמצע, ההגדרה הנתונה עדיפה.

.ב

לעומת: (ב) (ג) (ה) (ו) (ז) (ט)

כ"ל נסיעה מושג בוגר גנטית וטאנט הולוד

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta t = \Delta t \left(v_0 + \frac{1}{2} g \cdot \Delta t \right)$$

$$\Delta x = 2\Delta t \left(V_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot 2\Delta t \right)$$

$$\Delta x = 2bt(v_0 - a\Delta t)$$

$$\vec{V}_0 = \frac{\omega}{2\pi t} = \frac{2\pi t(V_0^2 - \alpha t)}{2\pi t}$$

$$\vec{V}_t = V_0 + \alpha dt$$

$$V = V_0 + at$$

3. א. באמצעות נתונים אלו, הגראף שnitן לשרטט הוא גראף מהירות כתלות בזמן. בגרף זה, שיפוע הגראף הוא $m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = a$. לפיכך, באמצעות שיפוע הגראף ניתן לחשב את התאוצה.

ב. נוכל גם באמצעות גرف ריבוע המהירות כתלות במקום לחשב את התאוצה עקב קר שהשיפוע של גرف זה הוא $a = \frac{m^2/s^2}{m} = m$. לפיכך, אפשר לחשב את שיפוע הגраф ולמצוא מכך את התאוצה.

ביצוע הניסוי

רשימת ציוד:

- מקור מתח חילופין
- תיילים מוליכים
- רשם זמן
- ניירות פחים
- סרט נייר
- משקלות במסות שונות
- סרגל
- נייר דבק

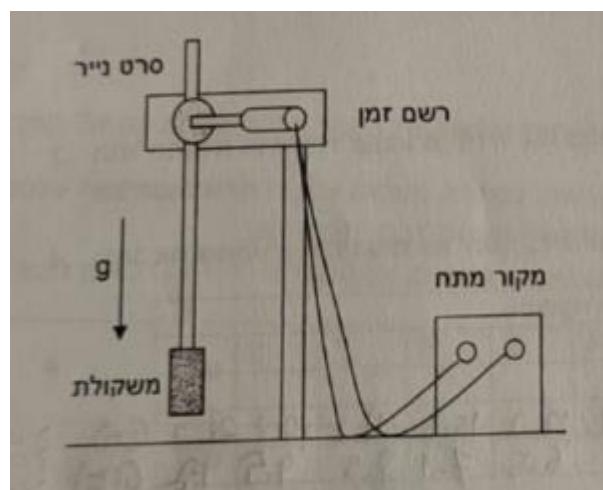
תיאור מערכת הניסוי:

מערכת הניסוי מורכבת מרשם זמן המחבר למקור מתח חילופין. דרך רשם הזמן מושחל סרט נייר כאשר משקלת מחוברת לקצהו התיכון.

תיאור מהלך הניסוי:

מרכיבים את המערכת כך שהמוצט מואCMD לשולחן. מצמידים למוט בונוסף לכיר רשם זמן שמחובר למקור מתח חילופין שמסמן נקודה כל 0.02 שניות.

משחילים סרט נייר שמחובר למשקלת לרשם הזמן. מחזיקים את המשקלות ומפעילים אותה. חוזרים על תהליך זה עם משקלות אחרות שמסתנה שונה.



הציגת תוצאות הניסוי:

תוצאות הניסוי להלן:

משקלות 1:

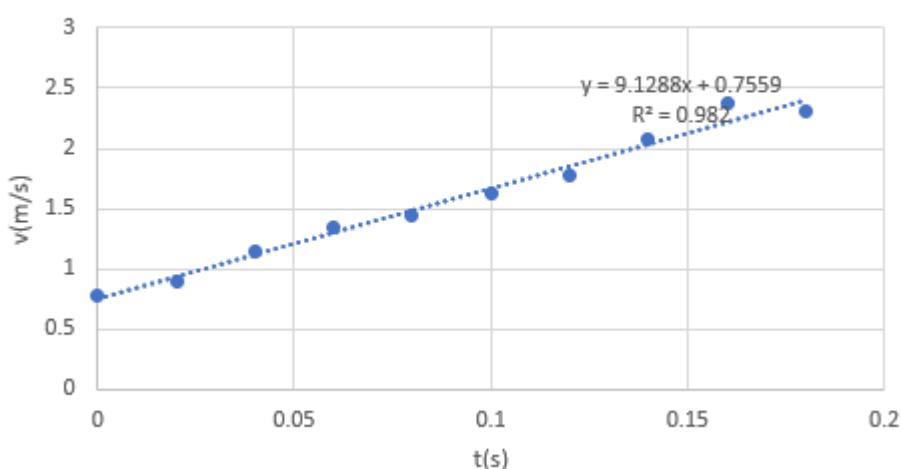
| t(s) | y(m) | v(m/s) | v^2(m^2/s^2) |
|------|------|--------|--------------|
| 0 | 0 | 0.775 | 0.601 |
| 1 | 0.02 | 0.9 | 0.81 |
| 2 | 0.04 | 1.15 | 1.323 |
| 3 | 0.06 | 1.35 | 1.823 |
| 4 | 0.08 | 1.45 | 2.103 |
| 5 | 0.1 | 1.625 | 2.641 |
| 6 | 0.12 | 1.775 | 3.151 |
| 7 | 0.14 | 2.075 | 4.306 |
| 8 | 0.16 | 2.375 | 5.641 |
| 9 | 0.18 | 2.3 | 5.29 |

משקלות 2:

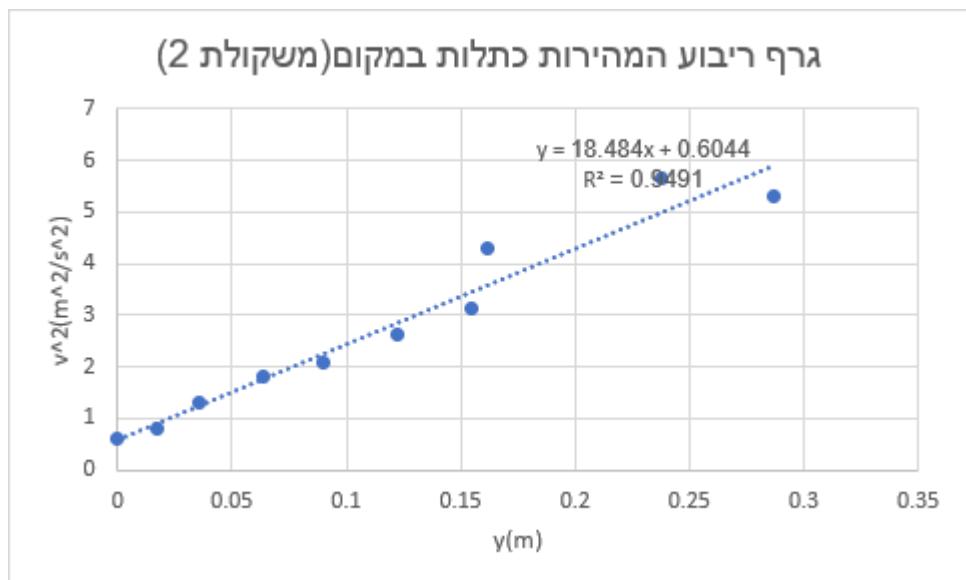
| t(s) | y(m) | v(m/s) | v^2(m^2/s^2) |
|------|------|--------|--------------|
| 0 | 0 | 1.125 | 1.266 |
| 1 | 0.02 | 1.3 | 1.69 |
| 2 | 0.04 | 1.525 | 2.326 |
| 3 | 0.06 | 1.675 | 2.806 |
| 4 | 0.08 | 1.875 | 3.516 |
| 5 | 0.1 | 2 | 4 |
| 6 | 0.12 | 2.25 | 5.063 |
| 7 | 0.14 | 2.375 | 5.641 |
| 8 | 0.16 | 2.5 | 6.25 |
| 9 | 0.18 | 2.825 | 7.981 |

גרף מהירות כתלות בזמן(משקלות 1):

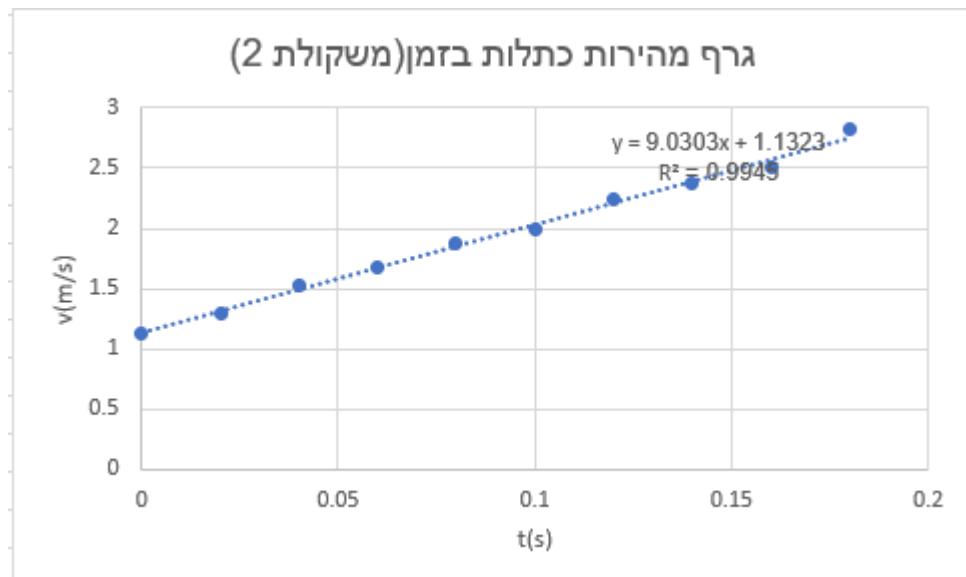
גרף מהירות כתלות בזמן(משקלות 1)



גרף ריבוע המהירות כתלות במקום(משקלות 1):

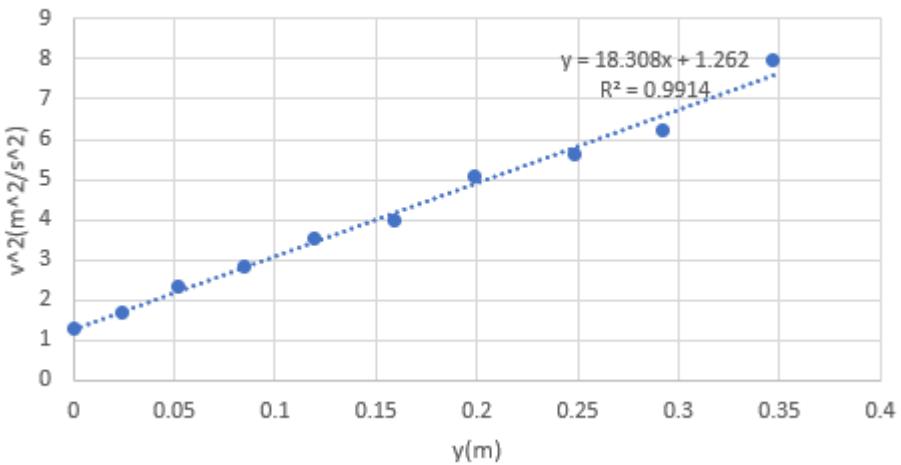


גרף מהירות כתלות בזמן(משקלות 2):



גרף ריבוע המהירות כתלות במקום(משקלות 2):

גרף ריבוע המהירות כתלות במרחק(משקלות 2)



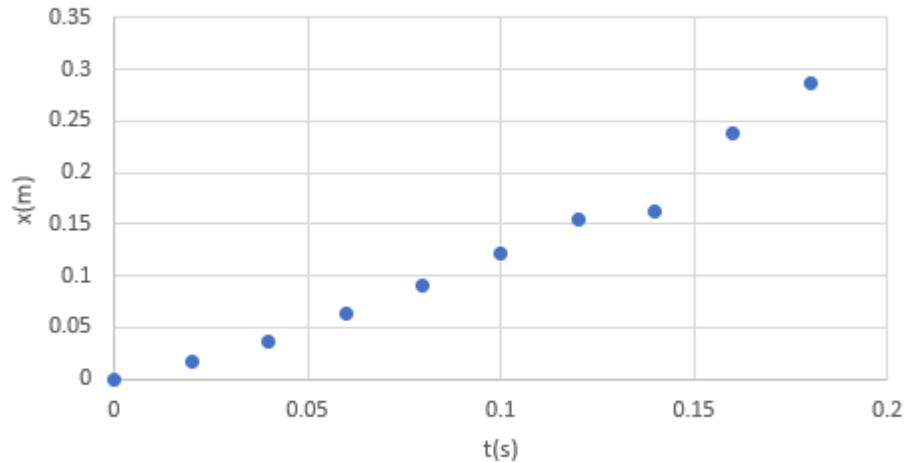
נסתכל על גרפי המהירות כתלות בזמן של כל משקלות. ניתן לראות שהgraf הוא graf לינארי. משמע, השיפוע קבוע. מוקדם הסבבנו שהשיפוע בgraf מהירות כתלות בזמן הוא התאוצה. לפיכך, תנועת הגוף היא בתאוצה קבועה. בנוסף לכך, השטח מתחת לגרף זה הוא העתק הגוף(חישוב השטח הוא $x \Delta t = \Delta t \cdot v = S$).

כעת נסתכל על גרפי ריבוע המהירות כתלות במקום. שיפוע הגרף הוא בעל ייחדות של תאוצה(הוכח ברקע התיאורטי). כיוון שמדובר בתנועה שווה תאוצה, נשתמש בנוסחה: $x \Delta a \Delta t = v_0^2 + 2ax$. כיוון שהריבוע המהירות ההתחלתית משוואת קנו המגמה היא מסווג $v_0^2 = ax$. כיוון שריבוע המהירות ההתחלתית היא קבוע, a הוא שיפוע הגרף.

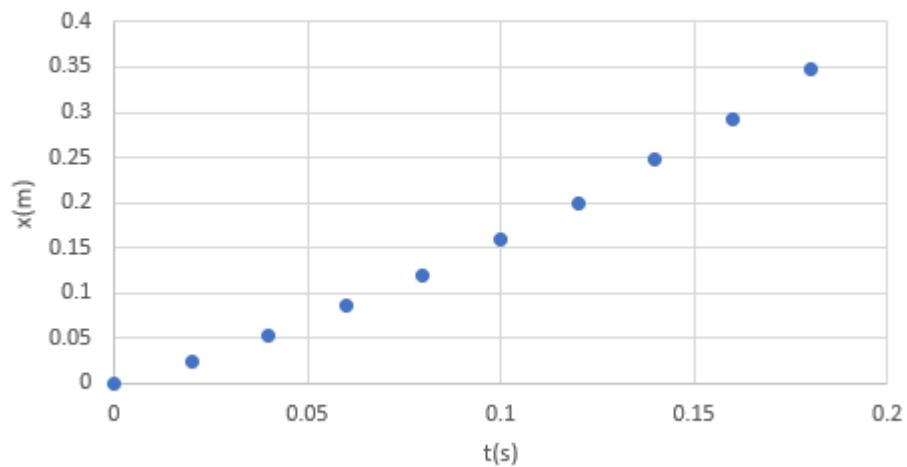
ניתוח תוצאות הניסוי

- המראותים בשני תרשימי העקבות הולכים וגדלים. כיוון שעובר זמן שווה בין כל 2 נקודות ומרחק הנקודות הולך וגדל, מהירות המשקלות גדלה(המשקלות עוברות מרחקים גדלים בפרק זמן שווים).
- בנייה גרפי מיקום כתלות בזמן לכל משקלות:

גרף מקום כתלות בזמן(משקלות 1)



גרף מקום כתלות בזמן(משקלות 2)



ניתן לראות שהשיפוע בין 2 נקודות בתחילת הגרף קטן בהרבה מהשיפוע בין 2 נקודות בסוף הגרף. משמע, שיפוע הגרף הולך וגדל. שיפוע הגרף הוא

$$m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

משמעותו מהירות המשקלות הולכת וגדלה. כאשר יש שינוי במהירות ישנה תאוצה. לפיכך, הגוף נע בתאוצה חיובית(המהירות גדלה).

ג. בגרפי המהירות כתלות בזמן ניתן לראות שערך ה- v הולך וגדל. משמע, המהירות הולכת וגדלה. בנוסף לכך, השיפוע של גраф מהירות כתלות בזמן הוא התאוצה של הגוף(הכוח ברקע התיאורטי). כיוון ששיפוע הגרף קבוע, הגוף נע בתאוצה קבועה.

ד. שיפוע גרפ' מהירות כתלות בזמן מייצג את תאוצת הגוף. לכן, יחידות הגרפ' הן מטר לשנייה בריבוע. נחשב את השגיאות המוחלטות והיחסיות עבור 2 המשקלות:

משקלות 1 (מסטה 0.24 קילוגרם):

שגיאה מוחלטת: $\alpha - g = \epsilon$. שיפוע גרפ' המהירות כתלות בזמן הוא 9.129 מטרים לשנייה בריבוע. כיוון שערך ה- g הוא 9.81 מטרים לשנייה בריבוע, השגיאה המוחלטת היא: $0.681 = 9.81 - 9.129$

נחשב את השגיאה היחסית באמצעות הנוסחה:

$$\delta = \frac{\epsilon}{g} \cdot 100\%$$

לפיכך, השגיאה היחסית היא: $6.941\% = \frac{0.681}{9.81} * 100\%$

משקלות 2 (מסטה 0.1 קילוגרים):

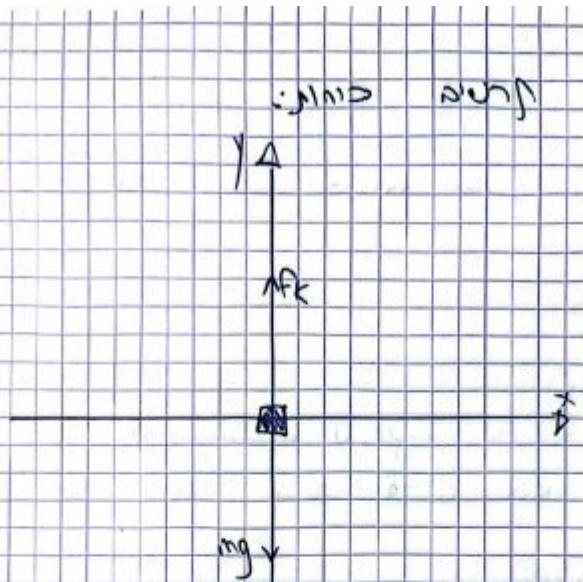
נשתמש באותה נוסחאות לחישוב השגיאות.

שגיאה מוחלטת: שיפוע גרפ' המהירות כתלות בזמן הוא 9.03 מטרים לשנייה בריבוע. לכן, השגיאה המוחלטת היא $2 s/m^2 = 9.81 - 9.03$

שגיאה יחסית: $7.951\% = \frac{0.78}{9.81} * 100\%$

ה. נקודת החיתוך של גרפ' המהירות כתלות בזמן עם ציר ה- y היא הנקודת בה $t = 0$. למעשה, המהירות ההתחלתית של הגוף.

ו. ההבדל העיקרי בין 2 המשקלות הוא מסת המשקלות. שני הגוף מושפעים מכוח הכבידה ומהחיכוך הקינטי בכיוון ההفور. נבע את תאוצת כל אחד מה גופים:



לעתה נזקק למשתנה אחד נוסף שיכלול את המספרים שפנויים בפונקציית f . נזכיר שפונקציית f מקבלת כקלט מערך $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ומחזירה מערך $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$.

$$\sum F_y = Ma$$

$$f_{\text{E-Mg}} = M_{\text{Mg}} / M$$

$$a = \frac{f_k}{m} - g$$

$$\Sigma F_y = m \cdot a$$

$$f_k - mg = m \alpha_1 : m$$

$$a = \frac{F}{m} - g$$

:2 

2. הסברנו בעבר שיפוי גרפ ריבוע המהירות כתלות במקום הוא a

נחשב את שיפוע 2 הגראפים:

$$m = 2a = 18.484 \quad : 1$$

$$a = 9.242 \text{ m/s}^2$$

$$m = 2a = 18.308 : 2$$

$$a = 9.154 \text{m/s}^2$$

נחשב את השגיאה היחסית והמוחלטת באמצעות 2 נוסחאות מוקדם:

משמעות 2:

$$\text{שגיאה יחסית: } 9.81 - 9.154 = 0.656$$

$$\text{שגיאה מוחלטת: } 6.69\% = 100\% * \frac{0.656}{9.81}$$

משמעות 1:

$$\text{שגיאה יחסית: } 9.81 - 9.242 = 0.568$$

$$\text{שגיאה מוחלטת: } 5.79\% = 100\% * \frac{0.568}{9.81}$$

מקורות אפשריים לשגיאה

מקורות השגיאה המרכזיים הם:

שגיאות אדם: יתכונו שגיאות במדידת תוצאות הניסוי עצמו, רובן טעויות אנוש. בנוסף לכך, כל המדידה שאיתם אנו מבצעים את הניסוי אינם מדויקים (לדוגמא, הדיו ברשם הזמן יכול להימרר והסרגל מדויק עד מילימטר). בנוסף לכך, יתכו שברגע הפלת המשקולות לא הפלו אותה לגמרי בצר אחד כך שייתכן שהיא תהיה תנואה קלה בצר נוסף (דבר הפוגע בתוצאות הניסוי). בנוסף לכך, עקב עיגול התוצאות לעד 3 ספרות לאחר הנקודה, תיווצר שגיאה קטנה מכך.

סיכום ומסקנות

בסיומו של דבר, אפשר להגיד שביצעו את מטרת הניסוי שהגדכנו בהתחלה. אכן הרأינו שתנועות המשקולות היא תנואה בתאוצה קבועה, מددנו בצורה מקורבת את גודל התאוצה של הגוף והשווינו בין תאוצת 2 המשקולות וכן קיבלנו תאוצה שונה (אם כי בקרוב הן היו זהות).

רפלקציה

בסיומו של דבר, פחותה ההתחברתי לניסוי זה. אני מרגיש שפקטור גדול בתחום זו היא שביצעתי בעבר בכיתה "א" דוח מעבדה של נפילה חופשית. אמונת הניסוי עצמה הייתה שונה, אך מטרת הניסוי וניתוח התוצאות היה תהליך דומה מאוד. מה גם שהניסוי משנה שעבירה צורכי ליה כחולה לא כל מהנה עקב הניסיות באותו תקופה. חוץ מכך, היו גם דברים חשובים בניסוי. הניסוי עצמו היה יחסית פשוט לביצוע לפי דעתך ומהנה, וכן תהליך כתיבת דוח המעבדה היה יותר פשוט מהניסויים הקודמים ("תיכון שעקב הניסוי ש כבר בחר ברכנת דוחות אלו ושהניסוי היה דומה בחלקו לניסוי משנה שעבירה").

לטיכום, ניסוי זה הוא לפני דעתך מהפחות מהנים מהניסויים עד עכšíו אך אני כן מרגיש שהוא עקב נסיבות לא הוגנות, ולא כל כך "באשמה" הניסוי.

שאלות נוספת

1. א. לדעתי, המהירות שחוسبה במהלך היא המהירות הרגעית. במהלך הפרק של הרקע התיאורטי, הוכח חלק מאות השאלות שהמהירות שחוسبة במהלך הניסוי חושב ע"י חישוב המהירות הממוצעת ב. לא רלוונטי.
- ג. המונח מהירות רגעית מתייחס ל מהירות גוף ברגע מסוים, לעומת זאת שמהירות ממוצעת היא ממוצע המהירות במקטע מסוים. מהירות ממוצעת זהה ל מהירות רגעית אר ורך במידה והגוף נע בתנועה שווה מהירות.
2. ניתן לבחר כל נקודה תחלה תיתן עקב לכך שהמהירות התחלה חסרת חשיבות מכיוון שלא משנה מה גודלה, התאוצה עדין תישאר זהה.
3. לא ניתן לחשב את המהירות התחלה עקב לכך שבשביל לחשב את האומדן של מהירות רגעית, אנו לוקחים נקודה לפני ונקודה אחריה. בנקודת התחלה אין נקודה קודמת לה ועקב לכך, לא ניתן לחשב.
4. אם תנועת הגוף הייתה קצובה, תרשימים העקבות היה עקי במרוחים(המרווח בין כל נקודה יהיה זהה).
5. לא ניתן לקבל תוצאה גבוהה מ-9.8 עקב לכך שהגורם היחיד המשפיע על המהירות הוא חיכוך המנוגד לתנועה, וכך שההתאוצה קטנה מטאוצת הנפילה החופשית(עקב לכך שפועל כוח שמתנגד לכוח הכבידה ובמידה ומניחים שאין שגיאות אנווש).
6. עקב לכך שכוח הכביד על הירך קטן פי 6 מצד אחד, ניתן להסיק שההתאוצה תהיה קטנה גם היא פי 6. משמע, גודל התאוצה יהיה $C-2^2/s^2$