מעבדה ביסודות הפיסיקה – מעבדה 2

* מגישים: תומר רוזנפלד, שי רואימי
* תאריך ביצוע הניסוי: 28 יולי 2025
* מדריך הניסוי: ד"ר סילביו ריינהורן

ניסוי 1

**תלות התאוצה בכוח המושך ללא חיכוך**

מטרת הניסוי:

הדגמת החוק השני של ניוטון וחישוב תאוצת הכבידה

רקע תיאורטי:

עגלה מסה M נעה על מסילה אופקית ומחוברת בחוט דרך גלגלת למשקולת תלויה מסה m.

לפי החוק השני של ניוטון מתקבלות המשוואות:  
T = M·a  
mg − T = m·a  
פתרון שתי המשוואות נותן:

מהלך הניסוי:

1. המסילה אופסה בעזרת ברגי הכיוון עד להשגת איזון.
2. העגלה חוברה למתלה המשקולות דרך גלגלת.
3. בוצעה מדידה: העגלה שוחררה, גרף v(t) נרשם
4. הפעולה חזרה חמש פעמים, בכל פעם הועברה משקולת מהעגלה למתלה תוך שמירה על מסה כוללת קבועה.

תוצאות:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| a [m/s^2] | M [kg] | m [kg] |
| 1.1205 | 0.3523 | 0.0499 |
| 1.5793 | 0.3323 | 0.0699 |
| 2.02 | 0.3123 | 0.0899 |
| 2.58 | 0.2923 | 0.1099 |
| 2.95 | 0.2723 | 0.1299 |
| 3.4462 | 0.2523 | 0.1499 |

ניתוח תוצאות:

מהתיאוריה קיבלנו

כך אנו מבינים שהשיפוע שווה ל

*מתוך כך נוכל לחשב את g*

דיון ומסקנות:

הערך שהתקבל הוא בעל שגיאה יחסית של %error=4.51% ביחס לערך בספרות של 9.81.

למרות שהגרף לפי התיאוריה היה אמור לחצות את ראשית הצירים נראה שהוא חותך את y=0.0437.

המשמעות היא תאוצה קבועה נוספת שאינה תלויה ב-m, למשל רכיב של g לאורך המסילה עקב שיפוע קטן או היסט כיול. נחשב את שיפוע הזווית שתגרום לתאוצה כזו

מהחיתוך מתקבלת זווית הטיה של כ-0.255, זווית זו בהחלט יכולה להוות הגורם לחיתוך מכיוון שהיא קטנה מידי בשביל שנראה זאת בכלים שלנו. הטיה זו מסבירה בעיקר את החיתוך ולא את ירידת השיפוע. ערך g הניסויי מהשיפוע יצא נמוך, בערך , כנראה בגלל חיכוך גלגול וחיכוך בציר הגלגלת. למרות זאת נשמרה לינאריות בין a ל-m ולכן החוק השני אומת; כדי לשפר דיוק מומלץ ליישר את המסילה עד שהחיתוך יתקרב לאפס, ולשמן את צירי המערכת.

ניסוי 2

**תלות התאוצה בכוח המושך בנוכחות חיכוך**

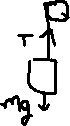
מטרת הניסוי:

הדגמת החוק השני של ניוטון וחישוב תאוצת הכבידה ואת מקדם החיכוך של לבד-אלומיניום

רקע תיאורטי:

בניסוי נבחנת מערכת שבה מסה M נעה על משטח עם חיכוך קינטי ומחוברת בחוט דרך גלגלת למס תלויה m. מניחים חוט וגלגלת חסרי מסה וחיכוך, כך שהחיכוך היחיד הוא על המסה הנגררת.

מיישמים את חוק שני של ניוטון:



על המסה על המשטח

‎

על המסה התלויה

‎

‎

כשסכום המסות (M+m) נקבע מראש מתקבלת תלות ליניארית בין a ל-m, ומהשיפוע והחיתוך של גרף a(m) ניתן לאמוד את ואת g.

מהלך הניסוי:

1. בלוק החיכוך הונח על מסילה והחוט נקשר לבלוק
2. החריץ התחתון בגלגלת שימש, וגובה הגלגלת כוון כך שהחוט יהיה כמעט מקביל למסילה.
3. החוט נקשר למסה תלויה
4. מסות נוספות הונחו על בלוק החיכוך
5. החיישן אופס והמערכת שוחררה מן המנוחה
6. עבור כל ערך m נמדדה התאוצה מגרף מהירות-זמן

תוצאות:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| M [kg] | m [kg] | a [m/s^2] |
| 0.1713 | 0.2006 | 1.09 |
| 0.1513 | 0.2206 | 1.46 |
| 0.1313 | 0.2406 | 1.78 |
| 0.1113 | 0.2606 | 2.13 |
| 0.0913 | 0.2806 | 2.57 |

ניתוח תוצאות:

מהתיאוריה קיבלנו

כך אנו מבינים שהשיפוע שווה ל

*והחיתוך עם ציר ה*y *הוא*

*מתוך כך נוכל לחשב את g ואת*

דיון ומסקנות:

תאוצת הכובד שהתקבלה היא בעלת שגיאה יחסית של %error=1.79% ביחס לערך בספרות של 9.81.

מאפייני הגרף בניסוי 2 נשמרו ליניאריים, לפי המודל. החיתוך (הצפוי שלילי) והשיפוע שימשו להערכת מקדם החיכוך הקינטי ואת תאוצת הכובד. סטייה קטנה מהתיאור האידיאלי יכולה להיות: חיכוך בציר הגלגלת, שיפוע קל במסילה, וסטייה של הבלוק מתנועה בקו ישר. למרות זאת, השגיאה קטנה והליניאריות גבוהה, ולכן החוק השני מאומת גם בנוכחות חיכוך. לשיפור נוסף מומלץ ליישר את המסילה עד חיתוך קרוב לאפס בניסוי 1, ולהפחית חיכוך גלגלת.

ניסוי 3

**מדידת החיכוך הסטטי המרבי**

מטרת הניסוי:

מציאת מקדמי החיכוך הסטטיים המירביים והקינטיים של פורמייקה ולבד.

רקע תיאורטי:

בניסוי זה נמדד מקדם החיכוך הסטטי המרבי בין תיבת החיכוך למשטח באמצעות חיישן כוח. חיכוך סטטי מתאים את עצמו עד לסף ההחלקה, ולכן לפני תחילת התנועה מתקיים , וברגע הסף . מכאן מתקבל הביטוי הפרקטי להערכת המקדם: , כאשר הוא שיא הכוח הנמדד לפני תחילת ההחלקה ו-N הוא הכוח הנורמלי. בזמן החלקה רציפה הכוח הרלוונטי הוא חיכוך קינטי וכאשר גוררים במהירות קבועה ניתן לאמוד גם את מהממוצע של הכוח הנמדד בפרק ההחלקה.

מהלך הניסוי:

1. הגוררת חוברה לעגלה
2. הגוררת הופעלה ונמדד החיכוך הסטטי של העגלה לצרכי איפוס המערכת
3. התיבה חוברה לעגלה ובתוכה הונח משקולת.
4. המדידה הופעלה, והגרירה הופעלה.
5. מקסימום הכוח לפני תחילת התנועה זוהה מהגרף ונרשם כ־
6. לאחר תחילת ההחלקה, הכוח נמדד לאורך פרק זמן ונלקח ממוצעו כ־
7. עבור כל חומר בוצעו מספר חזרות.

תוצאות:

הכוח הסטטי המקסימלי שהופעל על העגלה הוא 0.62N

ניתוח תוצאות:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| בד | פורמייקה |  |  |
| 331.8 | 342.7 | מסה [g] |  |
| 1.42 | 1.23 | מדידה 1 [N] | כוח חיכוך סטטי מירבי |
| 1.47 | 1.31 | מדידה 2 [N] |
| 1.49 | 1.27 | מדידה 3 [N] |
| 1.46 | 1.27 | ממוצע |
| 2.47 | 3.15 | שגיאה סטטיסטית [%] |
| 0.258 | 0.193 | מקדם חיכוך סטטי |
| 0.73 | 0.49 | מדידה 1 [N] | כוח חיכוך קינטי |
| 0.73 | 0.47 | מדידה 2 [N] |
| 0.73 | 0.51 | מדידה 3 [N] |
| 0.73 | 0.49 | ממוצע |
| 0.00 | 4.08 | שגיאה סטטיסטית [%] |
| 0.224 | 0.146 | מקדם חיכוך הקינטי |

דיון ומסקנות:

קיבלנו כצפוי בשני המקרים שמקדם החיכוך הקינטי נמוך ממקדם החיכוך הסטטי, כמו שניתן לראות גם בגרף הכוח לזמן.

בנוסף קיבלנו שגיאה סטטיסטית יחסית נמוכה שמעידה על הדירות גבוהה בניסוי.

אם נשווה את מקדם החיכוך הסטטי של בד שקיבלנו בניסוי זה לניסוי הקודם נראה שקיבלנו שגיאה סטטיסטית נמוכה 2.11% מה שמעיד על תהליך ניסוי איכותי.

השוואת סדרי הגודל בין המשטחים תואמת אינטואיציה פיזיקלית, בד מחוספס יותר מפורמייקה.

נצפתה שגיאה סטטיסטית נמוכה מאוד ולעיתים אפסית. מקורות שגיאה מרכזיים כוללים אי יישור מלא של המסילה, חיכוך בגלגלת ובחוט, חוסר הקבלה של החוט למסילה.