

חיכוך ואנרגיה

מטרות הניסוי:

- מדידת מעבר האנרגיה מאנרגיה פוטנציאלית לאנרגיה קינטית, ואימות חוק שימור האנרגיה.

- התנסות בחישוב העבודה של כוח החיכוך ומציאת מקדם חיכוך דינאמי.

שאלות עזר להכנה:

- כיצד נחשב את העבודה של כוח החיכוך כאשר מתבצעת תנועה על משטח בעל חיכוך? אם מקדם החיכוך אינו ידוע לנו, מה יהיו הגדלים שנצטרך למדוד?
 - האם להערכתכם חוקי שימור האנרגיה יתקיימו במדידות במעבדה באופן מדויק? נסו לשער מה הסיבה לכך.
 - כיצד ניתן להעריך את האנרגיה האצורה בקפיץ מכווץ, מבלי שנדע את מקדם קבוע הקפיץ שלו?
 - כאשר מניעים עגלה על מישור, כיצד ניתן לפצות על איבודי אנרגיה כתוצאה מחיכוך?
 - כאשר שני גופים (עגלה ומשקולת במקרה שלנו) קשורים ביניהם בחוט שאינו נמתח, דרך סט של 3 גלגלות קבועות, מהו היחס בין התזוזה של גוף אחד לעומת התזוזה של הגוף השני? מהו היחס בין המהירויות של הגופים? למה? איזה גודל נשמר במערכת?
 - מהן שתי המשוואות שאנו יודעים לכתוב עבור עבודה שמבצע כוח מסוים (משוואה אחת נוגעת לכוחות והשנייה לאנרגיה)?
- שימו לב! בניסוי זה יש מספר מדידות רב, לכן תכננו את זמנכם בחוכמה כך שתספיקו לבצע את כל המדידות!!

רשימת ציוד

- מסלול אלומיניום באורך 222 ס"מ עם סרגל מיקום מובנה.
- קרונית + גדר אופטית (picket fence).
- סט משקולות ומנשא לחיבור למגדל.
- סט משקולות ומחזיק המתאים לנגרר החיכוך.
- שני שערים אופטיים + מעמדים.
- מגדל העברת אנרגיה.
- שלוש גלגלות בעלות: $I = 1.8 \cdot 10^{-6} [kg \cdot m^2]$
- חוט.
- קפיץ + חיבור למסילה.
- מעצור לקרונית.
- פלס.
- סט נגררי חיכוך.
- משקל אלקטרוני.

פירוט שלבי הניסוי**חלק א' – כיול המערכת.**

מטרות חלק זה הם:

1. הגדרת השער האופטי לתוכנת ה data-studio המשמשת אותנו למדידת המהירות.
2. לבדוק את טיב הקירוב למערכת אידיאלית: בדיקת היות הקרונית והמסילה מערכת חסרת חיכוך בקירוב.

ביצוע:

לפני תחילת הניסוי וודאו כי המשטח מפולס (באמצעות פלס) כדי לוודא כי המשטח אכן ישר ואין השפעה של כוח המשיכה על מהירות הקרונית.

1. הגדרת השער האופטי : קביעת המרחק בין השתנות

נמדוד את המרחק בין שתי שנתות של הגדר האופטית (סדרת השנתות העליונה ביותר). מהי הדרך המדויקת ביותר למדוד את המרחק בין שתי שנתות (בהנחה שהשנתות אחידות והמרחק ביניהן קבוע)? שימו לב לשגיאה שמתקבלת עבור אופן החישוב שתבחרו.

נגדיר לתוכנה את שני השערים האופטיים ונזין את המרחק שמדדנו לתוכנת ה-datastudio כמתואר בנספח א'.

כעת נוכל לחשב מהירויות: השערים האופטיים מתפקדים כשעון-עצר הרושם את הזמן בכל פעם שהקרן האופטית נשברת (כלומר, בכל פעם ששנת חותכת את הקרן). ובאמצעות המרחק שעבר בין כל שתי מדידות זמן, נוכל לבצע התאמה ליניארית ולחשב את מהירות שהייתה לקרונית כאשר עברה בשער האופטי. המהירות מתקבלת ע"י התאמה ליניארית ב-data studio כמוסבר בנספח א'.

2. מדידת אי האידיאליות שבמערכת

נמקם את שני השערים האופטיים על המסילה ונמדוד את המרחק ביניהם. נלחץ על start בתוכנה ונדחוף את הקרונית כך שתעבור דרך שני השערים האופטיים. נלחץ על כפתור stop.

על מסך התוכנה נקבל שני סטים של מדידות. נסמן את אחד מסטי המדידות, ונבצע עבורו התאמה ליניארית באמצעות תוכנת ה-data studio, ונשמור את המידע שהתקבל עבור השיפוע (זוהי המהירות). נעשה זאת גם עבור סט המדידות השני (מהשער השני) ונרשום את המהירות.

בהנחה כי המשטח מפולס אובדן המהירות בין השער הראשון לשני הוא הודות לחיכוך הנובע מגורמים שאינם אידיאליים במערכת. שער מהם הגורמים לכך.

עיבוד נתונים:

מתוך חוקי שימור האנרגיה, חשבו את מקדם החיכוך הנובע מאי האידיאליות שבמערכת הקרונית-מסילה, בעזרת המרחק שמדדתם בין שני השערים והמהירות כפי שנמדדה בכל שער בנפרד. וודאו שמקדם החיכוך בסדר גודל של כאלפית. אם לא כך הדבר, יתכן ומשהו במערכת מגדיל את החיכוך או שלא חישבתם כראוי.

חלק ב' 1 – שימור אנרגיה במעבר מאנרגיית גובה לאנרגיית קינטית

מטרת חלק זה:

1. צפייה בתהליך שימור אנרגיה במעבר מאנרגיית גובה לאנרגיית קינטית
2. חישוב תאוצת הכובד g מתוך המשוואות לשימור אנרגיה במערכת (בהנחה שהיא אידיאלית).

כללי:

בחלק זה נזדקק לשער אופטי יחיד.

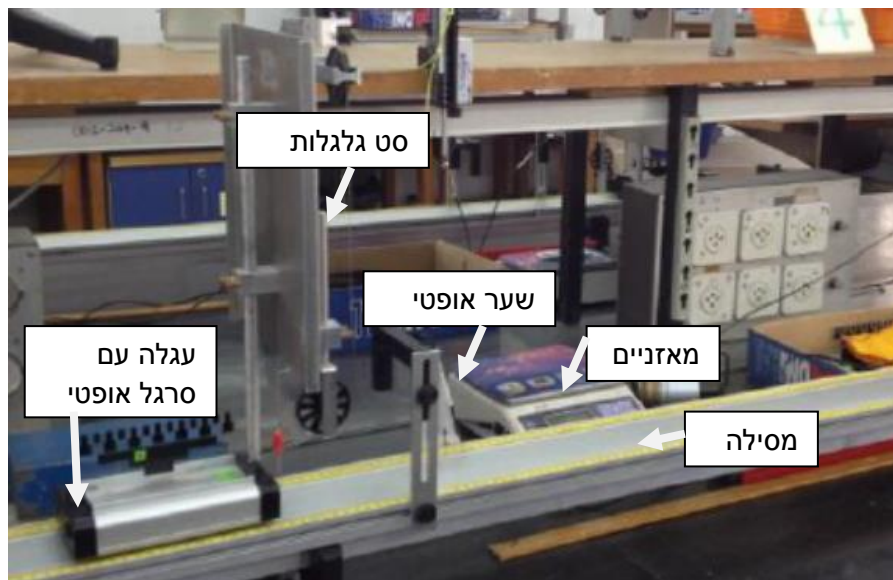
בניסוי זה נשנה גובהה של המשקולת המוצמדת למגדל. משקולת זו מחוברת דרך סט גלגלות אל עגלה היושבת על מסילה. נסיט את העגלה אחורה על גבי המסילה ובכך נעניק אנרגיה פוטנציאלית למשקולת. נשחרר את העגלה שתתחיל לנוע ותעבור דרך השער האופטי. עבור כל גובה נקבל מהירות שונה.

על מנת לאמת את חוק שימור האנרגיה למערכת עלינו ראשית לרשום את משוואת שימור האנרגיה. לשם פשטות הניחו מערכת אידיאלית חסרת חיכוך ובעלת גלגלות חסרות מסה.

את התוצאות שנקבל בסוף נשווה למערכת אידיאלית, ולמערכת שנוסיף בה חיכוך (חלק ב' 2). עליכם יהיה להסביר מדוע המערכת שלנו אידיאלית בקירוב, בהתבסס על המדידות שביצעתם.

בנוסף תתבקשו להסביר מדוע תוצאת המערכת הניסויית סוטה מהתוצאה עבור מערכת אידיאלית בכיוון בו היא סוטה. (היעזרו בנספח ב')

תרשים המערכת:



ביצוע:

1. מדדו את מסת העגלה ואת מסת המשקולת עם המתלה (מבלי לנתק את המתלה מהחוט).

(א) נחבר את הקרונית לחוט. נוודא שהחוט מלוּפף בצורה חלקה על הגלגלות שבמגדל, ומחובר בקצהו השני למנשא ועליו משקולות. נמדוד את מסת המשקולות יחד עם המנשא, כאשר נקרב את המשקל האלקטרוני אל המשקולת (ולא ננתק את החוט מהמערכת!).

ב) נמדוד גם את מסת הקרונית. היות ובחלק ב'2 נשתמש באותה המערכת, בתוספת נגרר חיכוך, נרצה לוודא כי המסה של הקרונית+נגרר שווה לקרונית בלבד. לכן, הוסיפו משקולות קטנות לקרונית, כך שהסטייה בין הקרונית+נגרר למסת הקרונית בלבד תהיה מינימלית. שימו לב לשגיאת המסה.

2. מדידת מהירות העגלה עבור שמונה גבהים התחלתיים שונים

שלב מקדים—הערכת שגיאת המהירות של התכנה ("שגיאת המכשיר"):

כיוון שאנו לא יודעים איך התוכנה מבצעת את ההתאמות למהירות, נרצה בעצמנו להעריך את השגיאה ולא לקחת את זו הנתונה בתוכנה. לשם כך, נבצע 3 מדידות של מהירויות **שונות**—נרשום אותן ואת שגיאותיהן. נייצא את המידע הגולמי של $x(t)$ מתוך התכנה (כפי שמוסבר בנספח א': file->export data). בבית, נבצע התאמה ליניארית לנתונים באמצעות ה-FitGUI שב-Matlab, ומתוכה נחלץ את השגיאות שבמהירות. שימו לב שעליכם להוסיף שגיאות לעמודת הזמן ועמודת המקום. נקבל שלושה ערכי שגיאה שונים. חשבו על דרך נבונה מתוך ערכי שגיאות אלו להעריך את "שגיאת המכשיר" למהירות (רמז: אין לחשב ממוצע פשוט).

קיבוע הגובה ומדידת הגובה

נמשוך את הקרונית אחורה עד לנקודה בה החוט מתוח אך המשקולת אינה מתרוממת מעל השולחן: זוהי נקודת האפס לגובה בחלק זה של הניסוי. כעת נמשוך את העגלה אחורה (נניח למשקולת להתרומם מעל השולחן) עד לנקודה מסוימת, ונרשום את מיקומה. מהו למעשה הגובה שהתרוממה המשקולת מעל השולחן? מה השגיאה של גובה זה?

נוח יהיה לקחת את הגובה כמרחק ההזזה בין נקודת האפס לנקודת אליה מסיימים את העגלה. היו קונסיסטנטיים בקריאת הסרגל. בקירוב טוב, זה הגובה אותו עולה המשקולת. חשבו כיצד יש להעריך את השגיאה בגובה h : מהם הגורמים המשפיעים עליה?

וודאו שאינכם מושכים את הקרונית יותר מדי, מפני שבקצה המסילה יש מגנט שיכול למשוך או לדחות אותה ולקלקל את המדידות. שמרו על מרחק סביר מהמגנט.

מדידת המהירות

נלחץ על כפתור start בתוכנה ונשחרר את העגלה (כך שהמשקולת תיפול לשולחן והעגלה תקבל מהירות ותעבור בשער האופטי). אחרי שהקרונית עברה בשער, נתפוס אותה, נחזירה למיקומה המקורי לפני השער. חשוב לוודא שכשאתם מחזירים את הקרונית, ולא מעבירים אותה שוב דרך השער האופטי, על מנת שלא לקבל מדידה נוספת, שגויה. **מבלי לעצור את המדידה**, נחבר שוב את החוט לקרונית ונוודא שהמשקולות עדיין יושבות על המנשא בצורה יציבה ושהן נמצאות מתחת לגלגלות (ולא זזו הצידה). נמשוך את הקרונית אחורה לאותה הנקודה שמשכנו אותה במדידה הראשונה בדיוק, ונשחרר אותה שוב. נחזור על המדידה כך שבסה"כ הקרונית תעבור בשער האופטי שש פעמים.

אחרי שהקרונית עברה בשער שש פעמים, נלחץ על כפתור stop. נעשה התאמה ליניארית בתוכנה ונעתיק את שש המהירויות שהתקבלו.

נחזור על שלבים אלו עבור 8 גבהים שונים.

עיבוד נתונים:

- שגיאת התכנה: העריכו את שגיאת המהירות:
 - בצעו שלוש התאמות לינאריות למקום כתלות בזמן שקיבלתם עבור כל מדידת מהירות.
 - השוו את התוצאה (המהירות) שהתקבלה מתוך ההתאמה שלכם למהירות שהתקבלה מה-datastudio.
 - כעת העריכו את השגיאה של המהירות שמדדה התוכנה.
 - מתוך מדידות המהירות: חשבו את המהירות הממוצעת עבור כל גובה ואת שגיאתה (שימו לב לשגיאת המכשיר אותה חשיבתם בחלק א' בכיול המערכת + שגיאה סטטיסטית). קבלו טבלה המכילה שמונה גבהים, שמונה מהירויות ממוצעות ושגיאותיהם.
 - בצעו שתי התאמות עבור מדידות המרחקים והמהירויות שקיבלנו:
 - ליניארית
 - פרבולית
- ההתאמה הליניארית תהווה אינדיקציה למידת ההתאמה המינימלית (כלומר ל χ^2_{red}) אליה עליכם לשאוף. מאחר וההתאמה הפרבולית מאפשרת חופש בפרמטר נוסף והיא ההתאמה הטבעית עבור משוואת שימור האנרגיה, אם קיבלתם התאמה פחות טובה מזו שהתקבלה בהתאמה הליניארית, עליכם לנסות פרמטרי התחלה אחרים בfitguia.
- מתוך ההתאמה הפרבולית, חלצו את הערך של g ע"י שימוש במדידות המסה אשר ביצעתם.
 - השוו את ה-g שקיבלתם לערך התיאורטי:

$$g_{theory} = 9.81 \pm 0.10 \frac{m}{sec^2}$$
 - השוו את המקדם של v^2 המתקבל מהתאמת הנתונים שלכם, לערכו ה"תיאורטי" עבור מערכת אידיאלית. הסבירו האם אמור להיות גדול או קטן מהערך התיאורטי? מדוע? (היעזרו בנספח ב')
 - הסבירו מאין נובעים הפרמטרים האחרים בהתאמה, ומה הם מייצגים? מהי הדרך שבה נוכל להעריך את טיבם?

חלק ב'2 – הוספת חיכוך במעבר מאנרגיית גובה לאנרגיית קינטית

מטרות:

1. לצפות באיבוד אנרגיה במערכת הנובע מעבודת כוח החיכוך
2. לדון בהשפעת ההגברה של אי-אידיאליות, על ידי הוספת חיכוך, בהתאמות, בהן מניחים כי המערכת אידיאלית.

תיאור המערכת:

נוסיף למערכת של חלק ב'1 נגרר חיכוך, כאשר מסת הקרונית+נגרר שווה ככל הניתן למסת הקרונית בלבד מחלק ב'1.

תרשים חלק ב'2:

[צריך להוסיף צילום]

נגרר החיכוך ישמש אותנו להגברת ההשפעה של כוח החיכוך על מערכת הניסוי. נבצע מדידה של מהירות אחת, לכל אחד מ-8 הגבהים בהם מדדתם מהירויות בחלק ב'1. המדידות יתבצעו באותו האופן של החלק הקודם (מלבד המדידה הסטטיסטית של המהירויות).

עיבוד נתונים:

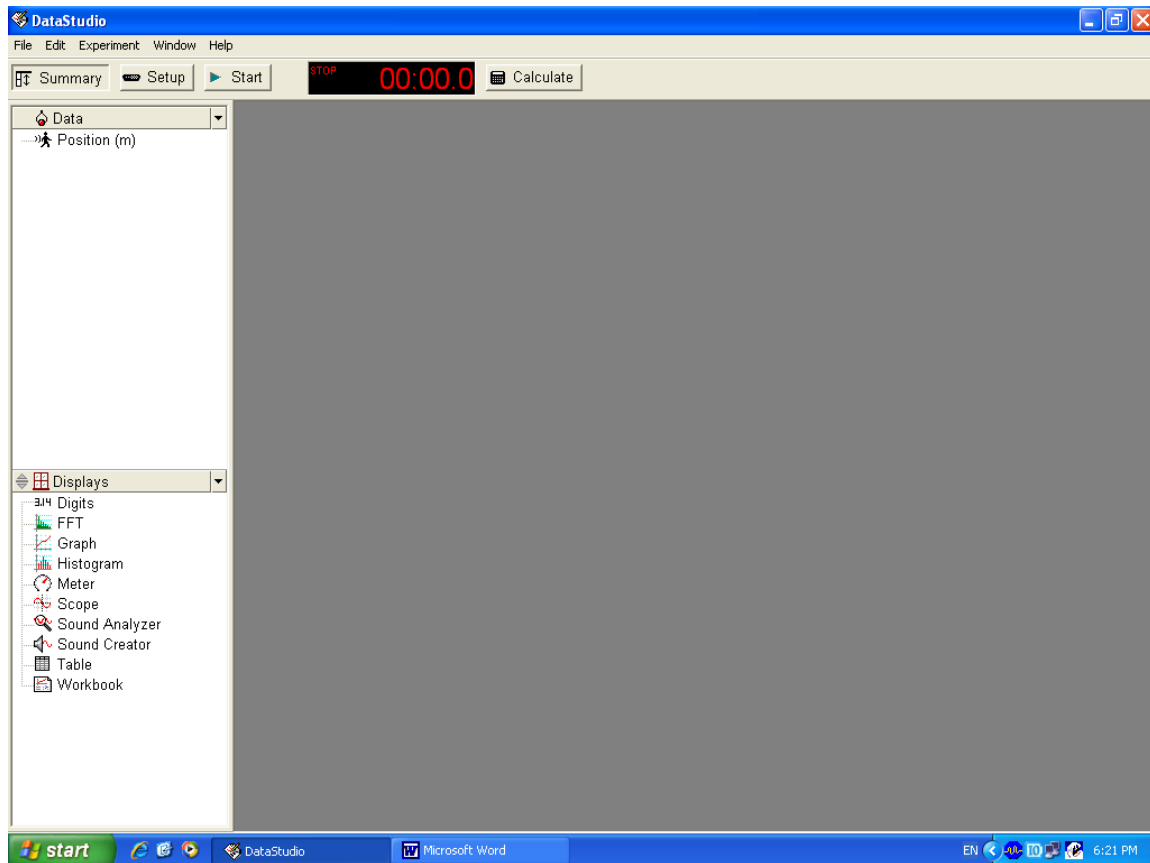
- בצעו התאמה פרבולית וליניארית עבור המרחק כפונקציה של המהירות.
- ערכו השוואה בין ההתאמות שהתקבלו בחלק זה להתאמות מחלק ב'1. דונו בהבדלים בין נראות הגרפים, טיב ההתאמות (χ^2_{red}) וכו'. הסבירו מה לא לקחנו בחשבון כאשר ביצענו את ההתאמה.

נספח א' – תוכנת Data Studio

סביבת העבודה בה אנו עובדים בניסוי זה הינה התוכנת data studio שהינה התוכנה הייעודית להפעלת החישנים של חברת PASCO בהם נשתמש. ע"מ לפתוח את התוכנה יש להקיש על האייקון "data studio" הנמצא על שולחן העבודה.

כעת יופיע חלון עם 4 אפשרויות ואנו נבחר באפשרות העליונה מצד ימין create experiment.

נלחץ על cancel בחלון בחירת ההתקנים שנפתח אוטומטית וכעת אנו נמצאים בסביבת העבודה שלכם המכילה שלושה אזורים, Data בו אנו רואים איזה חישנים מחוברים ואיזה נתונים אנו אוספים מהם, Display בו מוצגות האפשרויות לכלים ותצוגה ואזור רק בו יופיעו הגרפים והטבלאות:

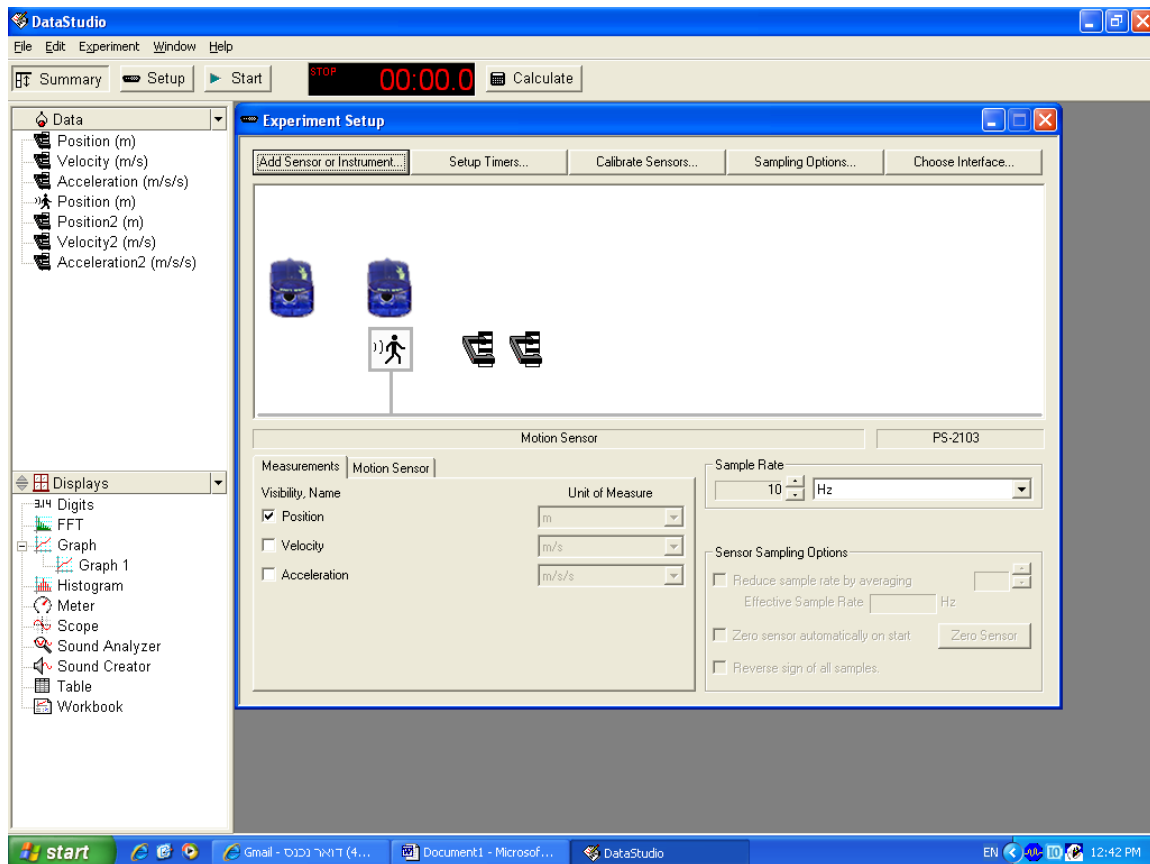


תמונה 1 : מראה כללי של האזורים השונים בתוכנה

הוספת חישנים

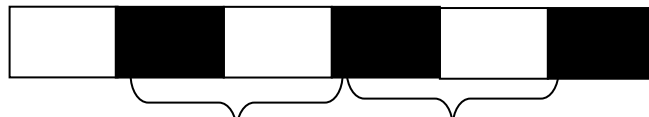
הוספת שני השערים האופטים יעשה ע"י לחיצה על כפתור ה- Setup בשורת הכפתורים העליונה. בחלון שיפתח אנו רואים את כלל הרכיבים המחוברים למחשב, כך שמופיעים שני המתאמים המחוברים למחשב (בכחול). נוסיף את השערים ע"י לחיצה על כפתור setup timers בשורת הכפתורים העליונה בחלון ונבחר את

החישן photo gate and picket fence מהתפריט שמופיע, נחזור על זה שוב לקבל גם את החישן השני מאותו הסוג. זוהי התצורה הרצויה של החלון לאחר הבחירות (ללא האדם ההולך):



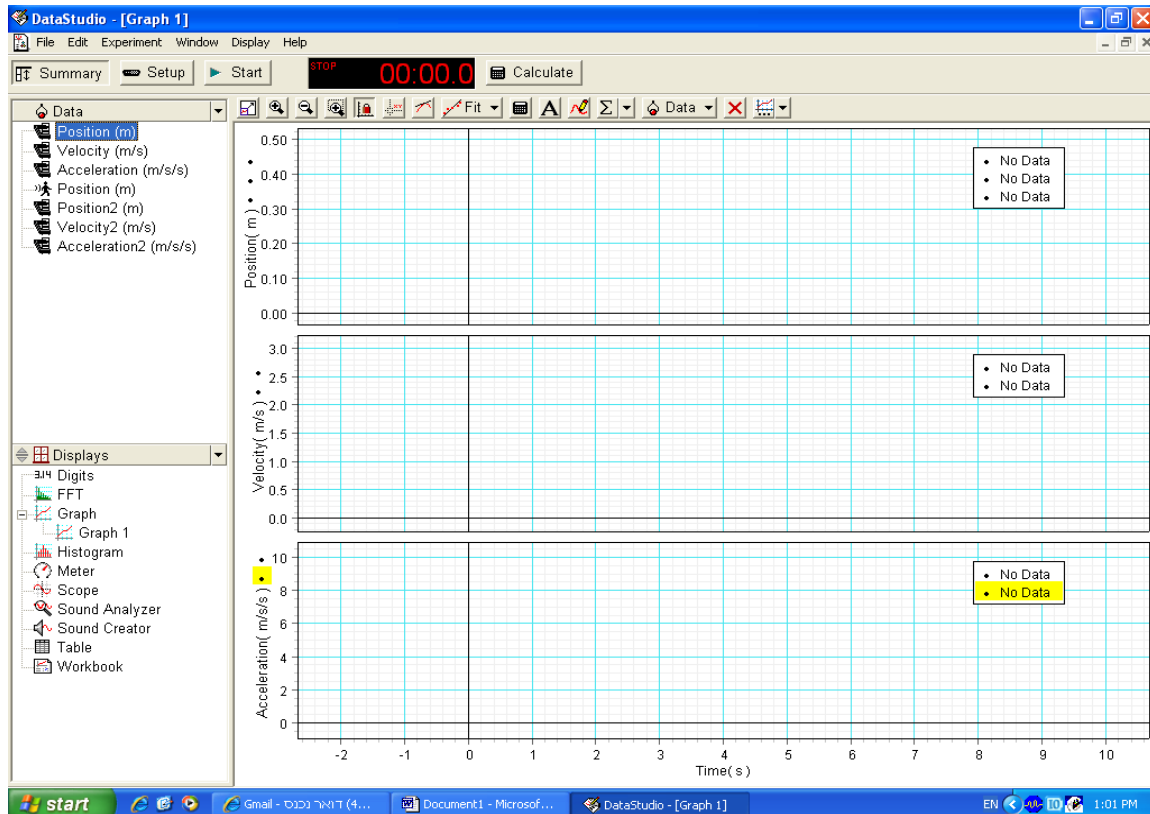
תמונה 2 : חלון Setup לאחר הוספת החישנים

כדי לשנות את ערכי החישנים נבחר כל אחד מהם ע"י לחיצה על האייקון שלו בתוך החלון, וחלקו התחתון של החלון ישתנה לאפשרויות של החישן הנבחר. כך ע"י לחיצה על האייקון של השער האופטי ובחירה של לשונית Constants נוכל להגדיר את המרווח בין השנתות בו תשתמש התוכנה (המרווח בין תחילת פס שחור לתחילת הפס השחור הבא בהתאם לשנתות שבחרנו להשתמש בהן בהתאם לגובה קרן הלייזר).



שרטוט 1 : המרווח בין השנתות של הגדר

בברירת מחדל, המדידות של כל החישנים יוצגו ע"י גרף, בזמן ריצה יובדלו הנתונים מהחישנים השונים ע"י סימנים וצבעים שונים בגרף.



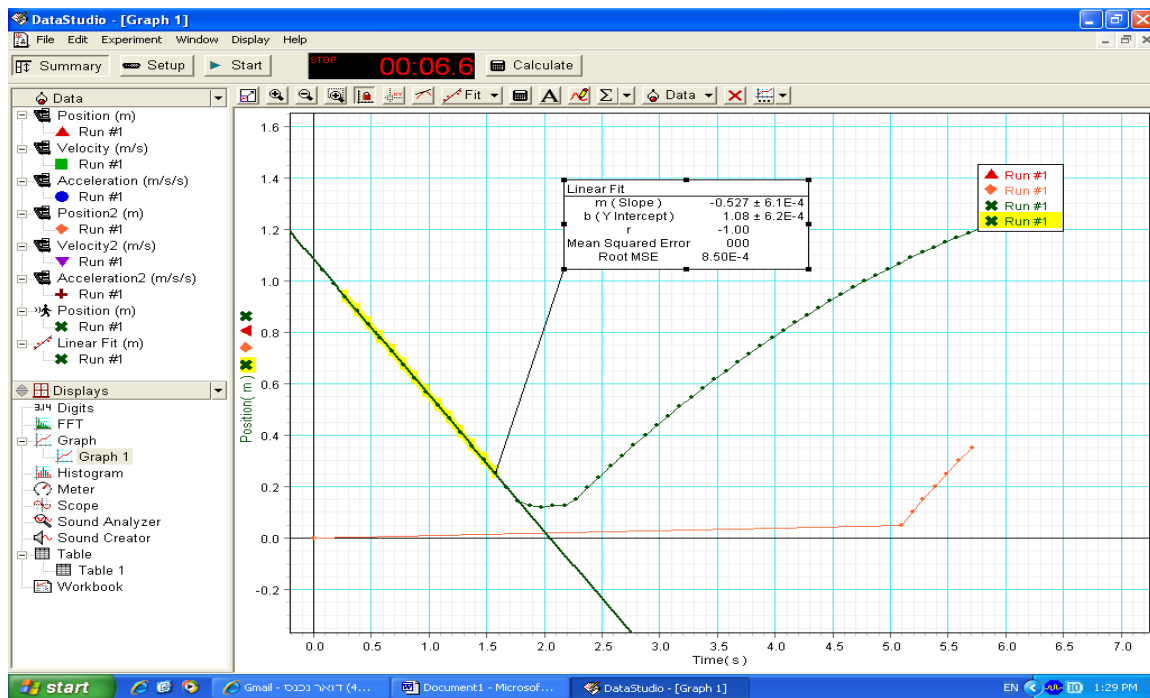
תמונה 3 : התוכנה לאחר סיום הגדרת המכשירים.

מדדה

כדי להתחיל את המדידה יש ללחוץ על כפתור Start ולהפסיקה על ידי לחיצה על Stop. כדי למחוק את הנתונים הקודמים, יש לבחור את הלשונית Experiment, ולמחוק את כל הנתונים הקודמים או את נתוני הניסוי האחרון בהתאם לרצוננו. התכנה לא יכולה לשמור יותר מ-10 מדידות רצופות, לכן יש למחוק הכל מידי פעם. כל הנתונים המופיעים בחלונית Data נרשמו ובמקרה שהם לא מוצגים יש לגרור אותם לתוך אחד מחלונות התצוגה (טבלה או גרף).

ביצוע התאמה לגרפים המתקבלים :

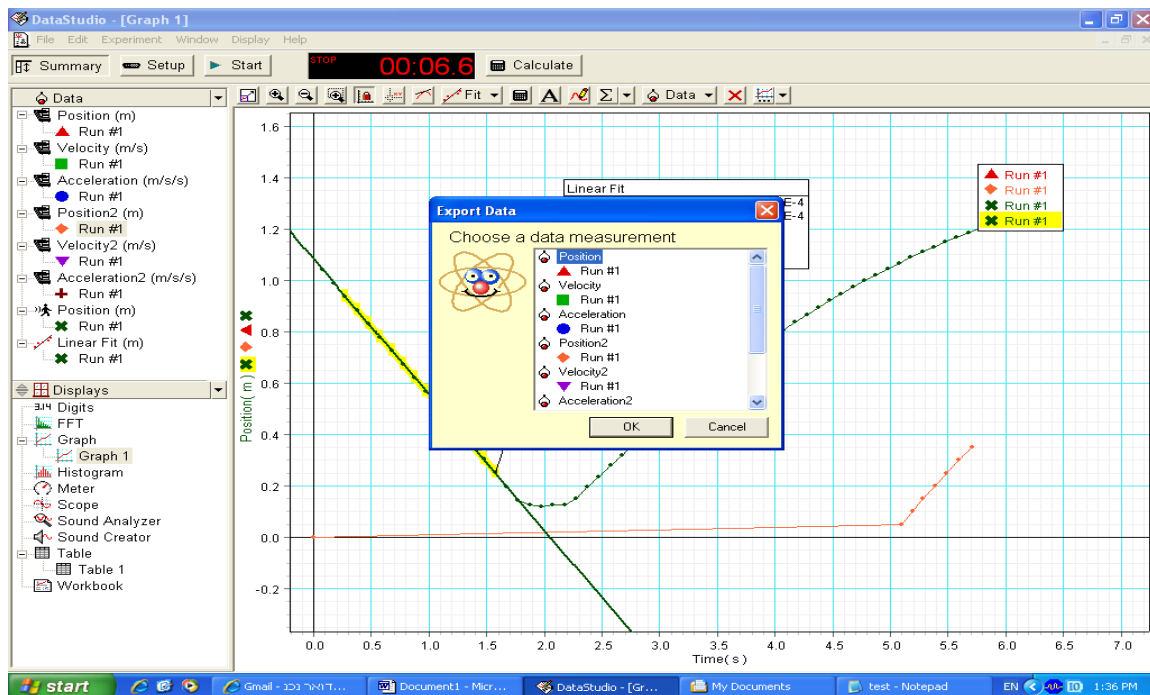
על מנת להתאים את הנקודות שמתקבלות לפונקציות מתמטיות נסמן בתוך שטח הגרף בעזרת העכבר, את הנקודות שלהם אנו רוצים לבצע את ההתאמה. לאחר שהנקודות סומנו בצהוב נלחץ על כפתור Fit שנמצא בחלון הגרפים, ומהרשימה שנפתחת נבחר את הפונקציה שברצוננו להתאים לנתונים. כעת תופיע מסגרת בתוך חלונית הגרפים עם שם הפונקציה הפרמטרים ונתוני ההתאמה המחושבים, כמו כן תופיע בלשונית Data בצידו הימני של המסך שורה נוספת עם שם הפונקציה.



תמונה 5 : גרף (בירוק) בו נבחרו רק חלק מהנקודות ולהם בוצעה התאמה ליניארית

יצוא הנתונים

כדאי לשמור את הנתונים מחוץ לתוכנה ניגש לתפריט File ונבחר את האופציה Export Data. רק הנתון שנבחר ישמר בקובץ TXT.



נספח ב' –

שאלות עזר להבנת חלק ב' ועיבוד תוצאותיו

אנו מעוניינים לצפות בתהליך שימור אנרגיה, כאשר בתחילה היא אצורה כאנרגיית גובה ולבסוף כאנרגיית קינטית. כלומר לוודא שמתקיים שימור אנרגיה ע"פ משוואת אנרגיה שבנינו על פי התיאוריה.

ראשית עלינו להגדיר מהי המערכת ואז לנסח משוואת אנרגיה מתאימה.

אם כן, בניסוי זה נשנה גובהה של המשקולת המוצמדת למגדל, משקולת זו מחוברת דרך סט גלגלות אל עגלה היושבת על מסילה.

נסיט את העגלה אחורה על גבי המסילה ובכך נעניק אנרגיה פוטנציאלית למשקולת.

נשחרר את העגלה שתתחיל לנוע ותעבור דרך השערים האופטיים, כל שער אופטי מודד מהירות בפני עצמו.

משוואת האנרגיה עבור מערכת אידיאלית ללא חיכוך ועבור גלגלות חסרות

מסה, כאשר v היא מהירות העגלה בשער האופטי:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2$$

הסבירו את המשוואה.

איך נראה קיום של הקשר הנ"ל?

נרצה כמובן לראות קו מגמה ולא נקודה בודדת לכן נרצה לשנות את אחד הגדלים במערכת ולמדוד את השינוי בגודל אחר. נוכל לשנות מסה ולשמור על אותו גובה משקולת ולמדוד את השינוי במהירות. או שנוכל לשנות את גובה המשקולת ולמדוד שינוי המהירות.

אנו נבחר בגישה השנייה.

בגישה זו נציג לבסוף את הגובה כפונקציה של המהירות.

• **מה עליכם למדוד? איזה טבלת נתונים כדאי להכין? הכינו טבלה מתאימה**

• **רישמו את $h(v)$, מה יהיה שיפוע/מקדם משתנה המהירות ממעלה שנייה עבור גרף זה? מקדם זה יהיה המקדם התיאורטי אליו נשווה את התוצאה שנקבל**

קשר נכון עבור מערכת אידיאלית, אך המערכת שלנו אינה אידיאלית יש בה חיכוך סטטי (גלגול) ומסות בעלות מסה.

כאשר יש חיכוך באיזה שער כדאי למדוד את המהירות על מנת להתקרב למערכת אידיאלית?

רישמו משוואת אנרגיה הלוקחת בחשבון גורמים אלו כאשר מדידת המהירות מתבצעת:

האם קיבלתם את הקשר הבא?

$$mgh = \frac{1}{2}m([v + \Delta v])^2 + \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + \mu_s mg(h + \square)$$

כאשר \square הוא המרחק בין הנקודה על המסילה המתאימה לנקודה בה המשקולת נוגעת בשולחן, Δv זה המהירות הנוספת שיש למשקולת ברגע הפגיעה בשולחן בהשוואה למהירות העגלה הנמדדת בשער האופטי. (ממה נובע הפרש זה?)

את האנרגיה הסיבובית של הגלגלות ניתן לרשום, כאשר \square קשור למקדם האינרציה של הגלגלות ו m' משקלל את מסתם:

$$\frac{1}{2}\alpha m' ([v + \Delta v])^2$$

הסבירו את הקשרים הנ"ל, ורשמו ביטוי ל $h(v)$

הביטוי שתקבלו אמור לייצג בצורה נאמנה יותר את התוצאות שתקבלו בניסוי.

רשמו את הביטוי עבור מקדם המהירות בריבוע והשוו אותו למקדם עבור מערכת אידיאלית אותו רשמתם קודם

אך על מנת לבדוק התאמה לביטוי זה יש לבצע ניסויים מקדימים להערכת מקדם החיכוך הסטטי ומקדם האינרציה של הגלגלות.

ניסויים מקדימים מלאים כאלה אינם במסגרת הניסוי, אך הערכה גסה למקדם החיכוך קל מאוד לבצע ונעשה זאת בחלק כיול המערכת להלן.

בנוסף נאמר הנחה הגיונית ללא הוכחה כי מסת הגלגלות זניחה ביחס למסות האחרות במערכת.

למעשה בסופו של דבר נשווה את מקדם המהירות בריבוע שנקבל בניסוי למקדם המתקבל עבור מערכת אידיאלית אותו נגדיר כמקדם התיאורטי.

עליכם לחשוב ולהסביר ע"פ הניתוח שביצעתם למעלה, האם המקדם בפועל אמור לצאת גדול יותר או קטן יותר מהמקדם התיאורטי. (כך תוכלו לבדוק את תוצאותיכם ואת טיב הגרף שהתאמתם לתוצאות בדרך נוספת)

הפונקציה המתאימה לניסוי זה היא כמובן פרבולית

$$h = a_3 v^2 + a_2 v + a_1$$

ניתוח של מקדם המהירות בריבוע a_3 ביצעתם עד כה. כעת חישבו והסבירו ממה נובעים ערכי a_1 ו a_2 וכיצד נבדוק את טיבם? (שגיאה יחסית יכולה להיות מדד אפשרי)

בהנחת מערכת כמעט אידיאלית ניתן לבצע גם התאמה לינארית בדומה למה שנעשה בניסוי נפילה חופשית

איזה טבלת נתונים יש לייצר לצורך התאמה לינארית? כיצד נוכל להיעזר בהתאמה הלינארית לביצוע התאמה פרבולית טובה?**בניתוח התוצאות נבצע גם התאמה לינארית שתהווה אינדיקציה לטיב ההתאמה הפרבולית.**