

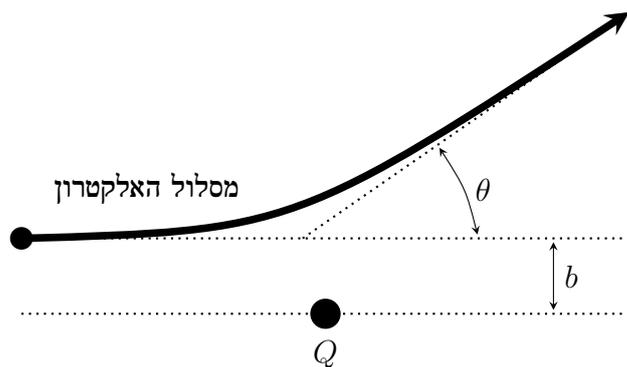
את קבצי הניסוי ניתן להוריד ב:

<https://www.ioc.ee/kalda/iphoeuPhO-experiments.zip>**1 מטען חבוי****1.1 הקדמה**

מטען בגודל לא ידוע Q מקובע במרחב. אלקטרונים שנשלחים במקביל לציר ה- z ממרחק גדול מפורזים אלקטרוסטטית מהמטען המקובע ופוגעים במסך. אפשר למצוא את פרטי המטען החבוי על ידי שינוי האנרגיה הקינטית של האלקטרון וקוארדינטות נקודת ההתחלה שלו, x_i ו- y_i . לאחר מכן, מודדים את מיקומי הפגיעה x_f ו- y_f של האלקטרון במסך שממוקם ב- $z = 0$ במאונך לציר ה- z . נתונה נוסחת הפיזור של רת'רפורד:

$$b = \frac{kqQ}{2E} \frac{1}{\tan(\theta/2)}$$

כאשר b הוא פרמטר הפגיעה, E היא האנרגיה של האלקטרון, $q = -1.602 \times 10^{-19} [C]$ הוא מטען האלקטרון, $k = 8.99 \times 10^9 [Nm^2/C^2]$, ו- θ היא זווית הפיזור. פרמטר הפגיעה מוגדר כמרחק המינימלי בין מסלול האלקטרון למטען אם הוא לא היה מושפע מהכח החשמלי ולכן היה נע בקו ישר. זווית הפיזור היא הזווית בין וקטור המהירות המקורי של האלקטרון הרחק מהמטען, ווקטור המהירות הסופי של האלקטרון הרחק מהמטען לאחר הפיזור.

**1.2 מטלה**

המטלה היא למצוא את המיקום (x_Q, y_Q, z_Q) וכן את הגודל והסימן של המטען המקובע Q , בדיוק רב ככל האפשר. עליכם להעריך באופן גס את סדר הגודל של השגיאה בתוצאות הללו. ישנה שגיאה בהתפלגות גאוסיאנית במיקום ההתחלתי של הקרן מסדר גודל של $0.5 [mm]$. כמו בכל ניסוי, עליכם לספק טבלאות מדידות מסודרות עם כותרות ברורות, גרפים מסומנים בבירות, ופיתוחי נוסחאות מספקים כדי להבהיר מה מדדתם וכיצד הסקתם את התוצאות אליהן הגעתם.

1.3 ממשק המחשב

התוכנה מבקשת מתח האצה בעזרת הכיתוב

לאחר. **אנטר** ולחצו 10000 ו-1 בין מספר הזינו Beam accelerating voltage in V: הכיתוב בעזרת x_i , את תחילה השיגור, נקודת מיקום את תבקש התוכנה מכן

x-coordinate of the electron beam in cm:

הזינו מספר בין -20 ל-20, ולחצו **אנטר**. לסיום, התוכנה תבקש את y_i , בעזרת הכיתוב

y-coordinate of the electron beam in cm:

הזינו מספר בין -20 ל-20 ולחצו **אנטר**. אם תזינו מספר בלתי-חוקי באחד משלושת אלה, התוכנה תתריע ותגיב עם

Invalid entry.

ואז תבקש מכם את הערך שנית, תוך שהיא מזכירה לכם מהם הגבולות המותרים.

לאחר שתזינו את שלושת המספרים, התוכנה תכתוב

Electron beam fired with parameters $(x, y, V) =$

ותחזור על הערכים שהזנתם, ואז תכתוב

Electron detected at $(x, y) =$

ותדפיס את מיקום הפגיעה של האלקטרון כפי שנמדד. אם האלקטרון לא פגע במסך, שגודלו סופי, תקבלו

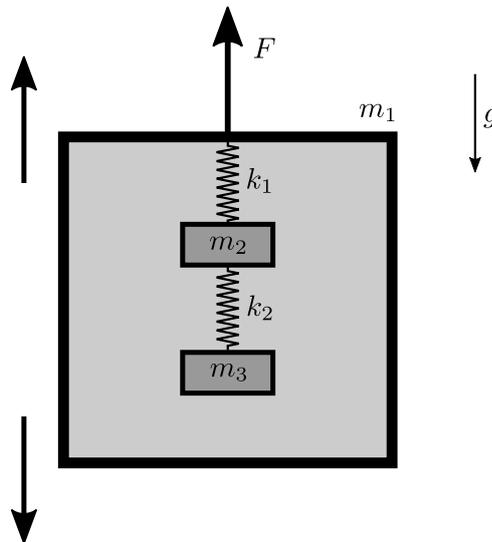
Electron not detected...

לסיום, התוכנה תתחיל מחדש ותאפשר לכם להזין סט חדש של פרמטרים.

2 קופסא שחורה

2.1 הקדמה

נתונה קופסא שחורה קשיחה מכנית הבנויה מקופסה חלולה בעלת מסה m_1 . בתוך הקופסה ישנה מסה m_2 אשר תלויה על קפיץ חסר-מסה עם קבוע קפיץ k_1 מתקרת הקופסה. מסה נוספת m_3 תלויה מהמסה m_2 על קפיץ חסר-מסה נוסף בעל קבוע קפיץ k_2 . ישנו כח חיכוך חלש הנובע מצמיגות שתלוי במהירות של האובייקטים. כח הכבידה הוא $g = 9.81 m/s^2$ והוא מקביל לצדדים של הקופסה.



ניתן להזיז את הקופסה מעלה או מטה בתנועה בתאוצה קבועה למקוטעין - תנועה המורכבת מקטעים שונים, שהתאוצה בכל אחד מהם קבועה, אבל עשויה להשתנות בין קטע לקטע. תבנית ההאצה תתוכנת על ידי הזנת משך זמן (בשניות) ותאוצה (ב- m/s^2) לכל שלב. הסימולציה תראה ב"זמן אמת" את הכח F שמופעל על הקופסה כדי ליצור את התאוצה הנדרשת באותו רגע בזמן, יחד עם חיווי הזמן. הסימולציה גם תחזיר את כל הקריאות לקובץ טקסט באותה התיקה כמו התוכנה. כל הסימולציות יתחילו תמיד עם אותו סידור מסות התחלת:

שימו לב: בכל מדידה של הכח F ישנה שגיאה אקראית קטנה. הקפיצים לינאריים עבור עיוותים קטנים יחסית, אבל אינם לינאריים במקרים של עיוותים גדולים. הערכים k_1 ו- k_2 מוגדרים להיות קבוע הקפיץ של כל קפיץ עבור סטיות קטנות משיווי המשקל בו נמצאות המסות כאשר הקופסה במנוחה. הכח F והתאוצה נחשבים חיוביים כאשר הם מצביעים כלפי מעלה. אורך צלע הקופסה הוא $0.6m$ והיא ממוקמת בתחילה במרכז חדר שגובהו $3m$. הניסוי מסתיים באופן אוטומטי כאשר הקופסה פוגעת בתקרה או ברצפה, או כאשר אחת המסות מתנגשת בקופסה או במסה השנייה. הציור אינו בקנה מידה.

2.2 מטלה

המטלה היא למצוא את כל הפרמטרים: k_2, k_1, m_3, m_2, m_1 .

אין צורך להעריך את השגיאה בתוצאות האלה. כמו בכל ניסוי, עליכם לספק טבלאות מדידות מסודרות עם כותרות ברורות, גרפים מסומנים בבהירות, ופיתוחי נוסחאות מספקים כדי להבהיר מה מדדתם וכיצד הסקתם את התוצאות אליהן הגעתם.

2.3 ממשק המחשב

בתחילה, התוכנה מבקשת סדרת פעולות קלט. תוכלו להשתמש בפקודות הבאות:

- להזין שני מספרים וללחוץ **אנטר** כדי להוסיף שלב לתבנית ההאצה. למשל:

```
1.5 -0.4
```

המספר הראשון (השמאלי) יהיה **משך הזמן** של השלב בשניות (חייב להיות כפולה של 0.01 s) והשני (הימני) יהיה **התאוצה** ב- m/s^2 (חייב להיות בין -30 ל- 30).

- ניתן להזין **repeat** ומספר שלם ולהקיש **אנטר** כדי לפתוח רשימת פעולות שיבוצעו מספר פעמים, למשל: **repeat 10**

המספר השלם יהיה **כמות החזרות** אשר תרצו לבצע. לאחר כל פקודת **repeat** חייבת להופיע פקודת **endrepeat** (ראו מטה)

- יש להזין **endrepeat** כדי לסיים רצף פעולות חוזרות. כאשר מתחילים את הניסוי, כל הפעולות בין **repeat** ו-**endrepeat** יבוצעו מספר פעמים לפי המספר הנתון. אי אפשר להשתמש בפקודת **repeat** נוספת בין פקודת **repeat** ל-**endrepeat** התואמת שלה.

- תוכלו להזין **sample** ומספר ולהקיש **אנטר** כדי לשנות את משך הזמן בין דגימה לדגימה, למשל:

```
sample 0.4
```

המספר הזה יהיה **משך הזמן** בין דגימה לדגימה, שהוא הקצב בו נדגם ערך המדידה לקובץ הטקסט. משך הזמן חייב להיות כפולה של 0.01 s , שהוא גם ערך ברירת המחדל של משך הדגימה.

- הזינו **begin** כדי לסיים את סדרת ההוראות ולהתחיל את הניסוי.

תוכלו גם להזין מספר פקודות באותה השורה ואז להקיש **אנטר**. למשל, תוכלו להזין

```
sample 0.4 repeat 10 1.5 0.4 1.5 -0.4 endrepeat begin
```

כדי להתחיל ניסוי בו תגדירו את משך הדגימה להיות 0.4 s ותאיצו את הקופסה בהתאמה בתאוצות $a =$

$$0.4\text{ m/s}^2 \text{ ו- } a = -0.4\text{ m/s}^2 \text{ עשר פעמים הלוך ושוב.}$$

אם תזינו קלט בלתי-חוקי, תקבלו את אחת מהודעות השגיאה הבאות, ותוכלו לנסות ולהזין פעולה שוב.

- אם התאוצה מחוץ לטווח:

Acceleration is out of range.

- אם משך התאוצה מחוץ לטווח:

Duration is out of range.

- אם משך הזמן בין דגימה לדגימה מחוץ לטווח:

Sampling time is out of range.

- אם מספר החזרות נמצא מחוץ לטווח:

Number of repeat times is out of range.

- אם ניסיתם לבצע **repeat** בתוך פעולת **repeat** :

Cannot repeat actions inside another repeat.

- אם ניסיתם להזין **endrepeat** בלי שיש לכם פעולת **repeat** לסיים,

Cannot end repeat outside repeat.

- בכל מקרה אחר:

Invalid entry.

לאחר הזנת **begin**, התוכנה תבקש שם לקובץ הפלט:

Enter name for output file (e.g. "results"). You should use Latin letters and numbers because some special characters are not allowed.

הכנס שם ולחצו **אנטר**. השתמשו רק באותיות אנגליות ומספרים. אותיות אחרות עשויות ליצור שגיאה, ותאבדו

את המדידה. המדידות ישמרו בקובץ **txt**. עם השם שהגדרתם, בתוך התיקיה בה התוכנה נמצאת.

לאחר מכן, התוכנה תציג

Begin experiment.

ותתחיל את הניסוי. אז התוכנה תדפיס את משך הזמן מאז תחילת הניסוי (Time (s)), את הערך הנמדד

של הכח F (Force (N)) ואת התאוצה של הקופסה Accel m/s^2 . הקריאות יוצגו באופן דומה בקובץ הטקסט.

התוכנה תציג לבסוף את אחת ההודעות הבאות.

- אם הניסוי הסתיים בהצלחה:

Experiment ended successfully.

- אם הקופסה פגעה בתקרה:
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- אם הקופסה פגעה ברצפה
The box hit the floor. Experiment ended.
- אם המסות בתוך הקופסה התנגשו, או שאחת המסות פגעה בקופסה:
Masses and/or the box collided. Experiment ended.
לאחר שהניסוי מסתיים, תוכלו להתחיל ניסוי חדש.