

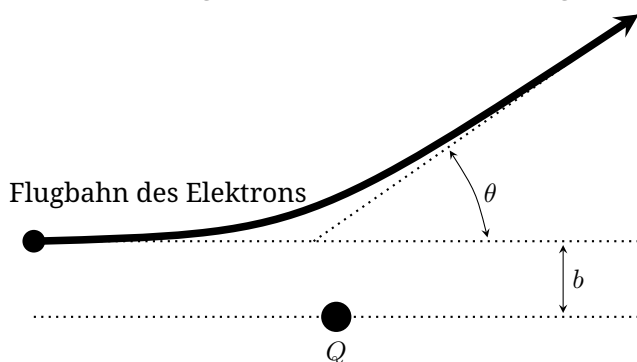
1 Versteckte Ladung

1.1 Einleitung

Eine unbekannte Punktladung Q ist in einer Raumregion befestigt. Elektronen, die parallel zur z -Achse weit entfernt von der Ladung losgeschossen werden, werden elektrostatisch von der befestigten Ladung weggestreut und treffen auf einen Detektorschirm. Es ist möglich, die Parameter der verborgenen Ladung zu erkunden, indem man die kinetische Anfangsenergie sowie die Anfangskoordinaten x_i und y_i des Elektronenstrahls variiert und die Endkoordinaten x_f und y_f misst, an denen ein Elektron auf einen endlichen Schirm auftrifft, der sich bei $z = 0$ senkrecht zur z -Achse befindet. Es ist nützlich, die rutherfordische Streuformel zu kennen,

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

wobei b der Stoßparameter ist, E die Energie des Elektrons, $q = -1,602 \times 10^{-19}$ C die Ladung des Elektrons, $k = 8,99 \times 10^9$ Nm²/C² und θ der Streuwinkel. Der Stoßparameter ist definiert als die nächste Annäherung des Elektrons an das Ziel, wenn das Elektron vom Ziel unbeeinflusst bliebe und sich daher geradlinig bewegen würde; Der Streuwinkel ist der Winkel zwischen dem ursprünglichen Geschwindigkeitsvektor des Elektrons weit weg vom Ziel und dem finalen Geschwindigkeitsvektor des Elektrons weit weg vom Ziel nach der Streuung.



1.2 Aufgabe

Die Aufgabe besteht darin, die Position (x_Q, y_Q, z_Q) sowie den Betrag und das Vorzeichen der befestigten Ladung Q so genau wie möglich zu bestimmen. Bestimme zu diesen Ergebnissen jeweils die grobe Größenordnung der Messfehler. Es gibt einen Gaußschen Fehler auf der anfänglichen Strahlposition, der in der Größenordnung 0,5 mm liegt.

Wie bei allen Experimenten musst du klar beschriftete Datentabellen, klar beschriftete Skizzen und ausreichende Herleitungen von Formeln angeben, um deutlich zu machen, was du gemessen hast und wie du zu deinen Ergebnissen kommst.

1.3 Interface des Programms

Das Programm fragt nach einer Beschleunigungsspannung mit der Aufforderung

Beam accelerating voltage in V:

Gib eine Zahl zwischen 1 und 10000 ein und drücke **Enter**. Das Programm fragt dann nach den Anfangskoordinaten, beginnend mit x_i , mit der Aufforderung

x-coordinate of the electron beam in cm:

Gib eine Zahl zwischen -20 und 20 ein und drücke dann **Enter**. Schließlich fragt das Programm nach y_i , mit der Aufforderung

y-coordinate of the electron beam in cm:

Gib eine Zahl zwischen -20 und 20 ein und drücke dann **Enter**. Wenn du für eine dieser drei Zahlen einen ungültigen Wert eingibst, wird das Programm antworten

Invalid entry.

und wird dich dann erneut zur Eingabe des Wertes auffordern und an die erlaubten Grenzen erinnern.

Wenn die drei Zahlen eingegeben sind, gibt das Programm Folgendes aus

Electron beam fired with parameters (x, y, v) =

und zeigt nochmals die eingegebenen Werte an. Daraufhin

Electron detected at (x, y) =

und gibt die Position des detektierten Elektrons auf dem Schirm an. Wenn das Elektron jedoch den endlich großen Schirm verfehlt, wird dir mitgeteilt

Electron not detected...

Das Programm wiederholt sich dann, und du kannst einen neuen Satz Anfangskoordinaten eingeben.

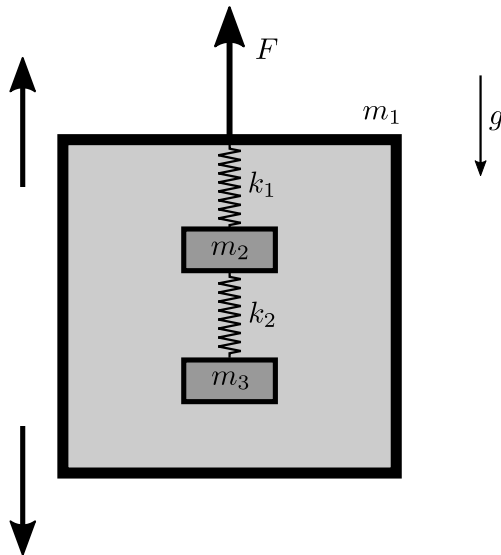
Anmerkung: Das Programm verwendet den Punkt (.) als Dezimaltrennzeichen.

2 Black box

2.1 Einleitung

Du hast eine starre mechanische Black Box, die aus einem Behälter mit der Masse m_1 besteht. Im Inneren der Box befindet sich eine Last mit Masse m_2 , die an einer effektiv masselosen Feder mit Federkonstante k_1 an der Decke der Box hängt. Eine weitere Masse m_3 hängt über eine weitere masselose Feder mit der Federkonstante k_2 an der Masse m_2 . Es gibt einen kleinen viskosen Widerstand, der von der Geschwindigkeit der Objekte abhängt. Die Schwerkraft der Erde beträgt $g = 9,81$ m/s² und verläuft parallel zu den Wänden der Box.

Die Box kann mit einer stückweise konstanten Beschleunigung nach oben oder unten bewegt werden. Die Beschleunigungsabfolge kann durch die Eingabe programmiert werden, indem man die Dauer (in Sekunden) und die Beschleunigung (in m/s²) für jeden Schritt angibt. Die Simulation zeigt in "Echtzeit" die auf die Box ausgeübte Kraft F , die erforderlich ist, um die gegebene Beschleunigung zum aktuellen Zeitpunkt aufrechtzuerhalten, zusammen mit der Zeitangabe. Die Simulation speichert die Messwerte auch in eine Textdatei im selben Ordner wie das Programm. Alle Simulationen beginnen immer mit der gleichen Anfangskonfiguration für die Massen.



Anmerkung: Jede Messung der Kraft F enthält einen kleinen Zufallsfehler. Die Federn sind linear für relativ kleine Auslenkungen, aber nichtlinear für größere Auslenkungen. Die Werte k_1 und k_2 sind so definiert, dass sie die Federkonstante jeder Feder für kleine Auslenkungen in der Nähe des Gleichgewichts sind, wenn die Box in Ruhe ist. Die Kraft F und die Beschleunigung werden als positiv betrachtet, wenn sie nach oben gerichtet sind. Die Kantenlänge der Box beträgt $0,6\text{ m}$ und die Box befindet sich anfangs in der Mitte eines 3 m hohen Raumes. Ein Experiment endet automatisch, wenn die Box die Decke oder den Boden berührt oder wenn eine der Massen mit der Box oder mit der anderen Masse kollidiert. Die Skizze ist nicht maßstabsgetreu.

2.2 Aufgabe

Die Aufgabe besteht darin, alle Parameter zu bestimmen: m_1, m_2, m_3, k_1, k_2 . Für diese Ergebnisse wird keine Fehleranalyse benötigt.

Wie bei allen Experimenten musst du klar beschriftete Datentabellen, klar beschriftete Skizzen und ausreichende Herleitungen von Formeln angeben, um deutlich zu machen, was du gemessen hast und wie du zu deinen Ergebnissen kommst.

2.3 Interface des Programms

Zu Beginn fragt das Programm nach einer Abfolge von Eingabeaktionen. Du hast folgende Möglichkeiten.

- Gib zwei Zahlen ein und drücke **Enter**, um einen Schritt zur Beschleunigungsabfolge hinzuzufügen, z.B.: `1.5 -0.4`
Die erste Zahl ist die **Dauer** des Schrittes in Sekunden (muss ein Vielfaches von $0,01\text{ s}$ sein) und die zweite Zahl ist die **Beschleunigung** in m/s^2 (muss zwischen -30 und 30 liegen).
- Gib `repeat` und eine ganze Zahl ein und drücke **Enter** um Aktionen zu wiederholen, z.B.: `repeat 10`
Die Zahl ist die **Anzahl an Wiederholungen**. Jede Wiederholung muss mit `endrepeat` beendet werden (siehe im Folgenden).

- Gib `endrepeat` ein um Wiederholungen zu beenden. Wenn du das Experiment anfängst, werden alle Aktionen zwischen `repeat` und `endrepeat` so oft wiederholt wie angegeben. Wiederholungen können nicht innerhalb von anderen Wiederholungen auftreten.
- Gib `sample` und eine Zahl ein und drücke **Enter** um die Abtastzeit zu verändern, z.B.: `sample 0.4`
Die Zahl ist die neue **Abtastzeit**, die angibt in welchen Zeitabständen Ausgabewerte in die Textdatei geschrieben werden. Die Abtastzeit muss ein Vielfaches von $0,01\text{ s}$ sein, was auch die Standard Abtastzeit ist.
- Gib `begin` ein um die Sequenz abzuschließen und das Experiment zu beginnen.

Du kannst auch mehrere Aktionen in die gleiche Zeile schreiben und dann **Enter** drücken. Du kannst zum Beispiel Folgendes eingeben

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

um ein Experiment zu starten, bei dem du die Abtastzeit auf $0,4\text{ s}$ änderst und die Box mit $a = 0,4\text{ m/s}^2$ bzw. $a = -0,4\text{ m/s}^2$ zehnmal beschleunigst.

Auf eine ungültige Eingabe erhältst du eine der folgenden Fehlermeldungen und kannst erneut versuchen, eine Aktion einzugeben.

- Wenn die Beschleunigung außerhalb des erlaubten Bereichs liegt:
`Acceleration is out of range.`
- Wenn die Dauer der Beschleunigung außerhalb des erlaubten Bereichs liegt:
`Duration is out of range.`
- Wenn die Abtastzeit außerhalb des erlaubten Bereichs liegt:
`Sampling time is out of range.`
- Wenn die Anzahl der Wiederholungen außerhalb des erlaubten Bereichs liegt:
`Number of repeat times is out of range.`
- Wenn du versuchst, Aktionen innerhalb einer anderen Wiederholungsaktion zu wiederholen:
`Cannot repeat actions inside another repeat.`
- Wenn du versuchst, eine Wiederholung zu beenden, ohne eine Wiederholungsaktion gestartet zu haben:
`Cannot end repeat outside repeat.`
- In allen anderen Fällen:
`Invalid entry.`

Nachdem Du `begin` eingegeben hast, fragt dich das Programm nach einem Namen für die Ausgabedatei mit der Aufforderung

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

Gib einen Namen ein und drücke **Enter**. Wir empfehlen dir, für den Namen nur lateinische Buchstaben und Zahlen zu verwenden. Andere Zeichen können im Dateinamen erlaubt oder nicht erlaubt sein, und im Falle eines ungültigen Dateinamens werden die Messwerte nicht gespeichert. Die Messwerte werden in einer `.txt`-Datei mit dem angegebenen Namen im selben Ordner wie das Programm gespeichert.

Danach zeigt das Programm an

Begin experiment.

und startet das Experiment. Das Programm zeigt dann die aktuelle Zeit seit Beginn des Experiments (Time (s)), den gemessenen Wert der Kraft F (Force (N)) und die Beschleunigung der Box (Accel (m/s²)) an. Die Messwerte werden in der Textdatei genauso angezeigt.

Das Programm bringt dann eine der folgenden Meldungen.

- Wenn das Experiment erfolgreich ausgegangen ist:
Experiment ended successfully.
- Wenn die Box die Decke berührt hat:
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- Wenn die Box den Boden berührt hat:
The box hit the floor. Experiment ended.
- Wenn die Massen innerhalb der Box zusammengestoßen sind oder eine der Massen innerhalb der Box die Box berührt hat:
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

Nachdem das Experiment beendet ist, kannst du ein weiteres Experiment starten.