

1 隱藏的電荷

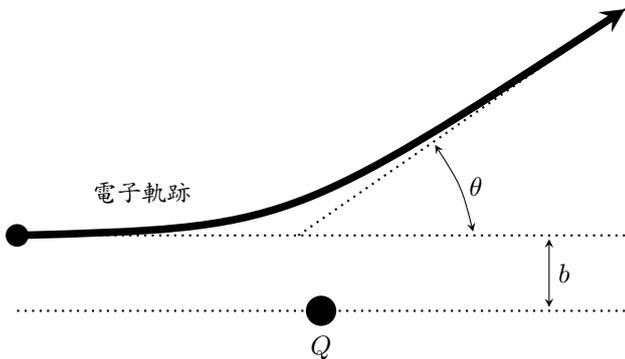
1.1 介紹

一未知點電荷 Q 固定在空間某區。平行於 z 軸由遠方射入的電子會彼此固定電荷靜電散射後打到偵測屏。可以藉由改變電子束的初始動能和初始位置座標 x_i 和 y_i 並測量電子撞擊到垂直於 z 軸的平坦屏幕上的最終座標 x_f 和 y_f 。屏幕處定為 $z = 0$ 。

下列拉塞福散射公式是有用的，

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

此處 b 是撞擊參數， E 是電子的能量， $q = -1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ 是電子的帶電量， $k = 8.99 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$ ，和 θ 是散射角。撞擊參數定義為：假設電子不受靶影響而直線前進時，電子到靶的最接近距離，散射角是電子在接近靶時的初速和遠離靶後的末速的夾角。



1.2 任務

決定固定電荷 Q 的正負，大小和位置 (x_Q, y_Q, z_Q) ，越精確越好。也必須提供這些結果大致的不確定度估計。初始射線位置的高斯不確定度為 0.5mm 。

所有實驗都要清楚列出有標題的數據表，有標題的作圖，足夠的公式和推導說明你測量什麼和如何導出結果。

1.3 Program Interface

程式會顯示下列訊息

Beam accelerating voltage in V:

要求你輸入加速電壓。輸入的數值必須介於 1 和 10000 之間，記得按 **return** 鍵。接下來程式會顯示下列訊息

x-coordinate of the electron beam in cm:

要求你輸入初始的發射座標，先從 x_i 開始。輸入的數值必須介於 -20 和 20 之間，記得按 **return** 鍵。最後程式會顯示下列訊息

y-coordinate of the electron beam in cm:

要求你輸入 y_i ，輸入的數值必須介於 -20 和 20 之間，記得按 **return** 鍵。如果你輸入的數值不在正確的範圍內，程式會顯示下列訊 Invalid entry.

提醒你允許的數值範圍，要求你重新輸入的數值。

在你輸入上述3個數值後，程式會輸出

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

確認你所輸入的數值，接著顯示

Electron detected at (x, y) =

告訴你探測到的電子的螢幕位置。不過如果電子的位置超出螢幕的範圍，你會看到下列訊息

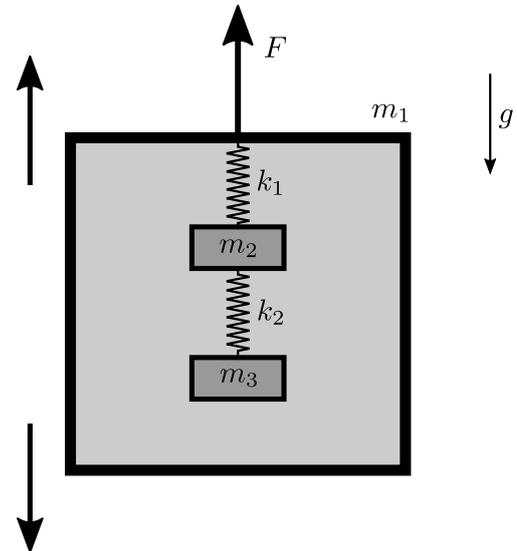
Electron not detected...

之後程式會重覆上述步驟，讓你輸入另一組初始座標。

2 黑箱

2.1 介紹

一個剛體機械黑箱由一個箱子、兩個重物和兩個彈簧組成，容器的質量是 m_1 。在箱子裡，質量為 m_2 的物體由彈力常數 k_1 質量可忽略的彈簧懸掛在箱頂，質量為 m_3 的物體則由彈力常數 k_2 質量可忽略的彈簧懸掛在重物 m_2 下方。物體運動時有和速度相關的微小阻力。重力加速度的數值是 $g = 9.81 \text{m/s}^2$ ，方向和箱子的側面平行。



這個箱子能夠以逐段等加速度向上或是向下運動。其加速度模式可以藉由輸入每一步的加速時間（以秒為單位）和加速度（以 m/s^2 為單位）來設定。這項模擬「即時」顯示時間和要維持箱子以給定之等加速度運動的瞬時外力 F 。所有的模擬都會從相同的質量起始條件開始。

附註：每一個受力的測量包含微小的隨機不確定度。彈簧的受力與形變的關係，在足夠小的形變時為線性，但是在形變大時則為非線性。彈簧的彈力常數 k_1 和 k_2 是在箱子靜止、接近平衡的小形變量時測定的。外力 F 和加速度以朝上為正向。箱子側面的長度是 0.6m ，且箱子一開始位在房間的正中央，房間的高度為 3m 。實驗會在箱子撞到天花板或是地板、任何一個重物撞到箱子、或者兩個重物相撞時自動停止。附圖未按比例繪製。

2.2 任務

實驗工作是要測定所有 m_1 、 m_2 、 m_3 、 k_1 、 k_2 等參數。你不需要對於實驗成果做不確定度分析。

所有實驗都要清楚列出有標題的數據表，有標題的作圖，足夠的公式和推導說明你測量什麼和如何導出結果。

2.3 程式介面

最初，程式會要求一系列輸入動作。你有以下的操作可能性：

- 輸入兩個數字並按下 **return** 以加入一個加速模式，例如：
1.5 -0.4
第一個數字須是此步驟的 **duration**（持續時間），以秒為單位（須是 0.01s 的倍數）。第二個數字須是 **acceleration**（加速度），單位 m/s^2 （須介於 -30 與 30 之間）。
- 輸入 **repeat** 和一個整數，並按下 **return** 以重複執行動作，例如：
repeat 10
此整數須是你想重複執行的 **number of times**（次數）。每一個動作必須以 **endrepeat** 結束（見下方）。

- 輸入 `endrepeat` 以結束動作。若你開始實驗，所有介於 `repeat` 和 `endrepeat` 之間的動作將會重複一個給定的次數。你無法重複執行其他 `repeat` 裡的動作。
- 輸入 `sample` 與一數字，並按下 `return` 以改變取樣時間，例如：`sample 0.4`
這數字必須是新的 **sampling time** (取樣時間)，代表每次新讀取被輸出到純文字檔案前所經過的時間。這個取樣時間必須是 0.01 s 的倍數， 0.01 s 也是預設的取樣時間。
- 輸入 `begin` 以結束此系列並開始實驗。
你也可以同時寫下數個動作並按 `return`。例如你可以寫
`sample 0.4 repeat 10 1.5 0.4 1.5 -0.4`
`endrepeat begin`

來開始一個新實驗，此例中你把取樣時間改成 0.4 s ，並將此箱子用 $a = 0.4\text{ m/s}^2$ 和 $a = -0.4\text{ m/s}^2$ 加速十次。

若你輸入一個無效的指令，你會得到下列其中一個錯誤訊息，那麼請你重新輸入動作。

- 若加速度落在範圍之外：
`Acceleration is out of range.`
- 若持續時間落在範圍之外：
`Duration is out of range.`
- 若取樣時間落在範圍之外：
`Sampling time is out of range.`
- 若重複次數落在範圍之外：
`Number of repeat times is out of range.`
- 若你嘗試重複執行其他 `repeat` 裡的動作：
`Cannot repeat actions inside another repeat.`
- 若你嘗試終止一個 `repeat`，卻不存在一個 `repeat` 可以让你終止：
`Cannot end repeat outside repeat.`
- 其他所有錯誤：
`Invalid entry.`

在你輸入 `begin` 之後，程式會跳出下列視窗請你輸入想存的檔名：

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

請輸入檔名並按下 `return`。建議只用拉丁字母和數字來命名。其他字體有可能無法作為檔名，若檔名無效，則無法存取所讀數據。所讀數據會被以給定的檔名存成一個 `.txt` 檔案，存在與程式相同的資料夾下。

之後，程式會出現下列訊息：

```
Begin experiment.
```

並開始實驗。程式將展示實驗目前進行時間 (Time (s))、測量到的力 F (Force (N)) 和箱子的加速度 (Accel (m/s^2))。這些讀值會同樣出現在對應的純文字檔案。

之後，程式會出現下列訊息之一：

- 若實驗成功結束：
`Experiment ended successfully.`
- 若箱子撞到天花板：
`The box hit the ceiling. Experiment ended.`
- 若箱子撞到地板：
`The box hit the floor. Experiment ended.`
- 若箱子裡的重物互撞、或其中一個重物撞到箱子：
`Masses and/or the box collided. Experiment ended.`

在該實驗結束之後，你可以開始另一個實驗。