

1 Une charge cachée

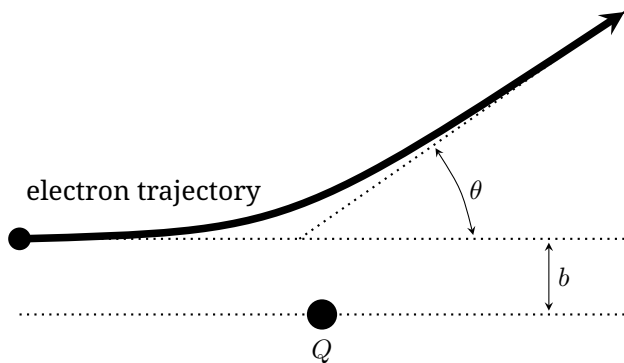
1.1 Introduction

Une charge électrique ponctuelle Q , inconnue, est fixée quelque part. Des électrons envoyés parallèlement à l'axe z vont diffuser autour de cette charge et frapper un écran où ils seront détectés. On peut obtenir des informations sur la charge cachée en faisant varier l'énergie cinétique initiale, les coordonnées initiales x_i et y_i du faisceau électronique et en mesurant les coordonnées finales x_f and y_f du faisceau lorsqu'il frappe l'écran. Cet écran est un plan d'une certaine dimension, placé perpendiculairement à l'axe z et en $z = 0$.

La formule de Rutherford décrit cette diffusion :

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

où b est le paramètre d'impact, E est l'énergie de l'électron, $q = -1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ est la charge de l'électron, $k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, et θ est l'angle de diffusion. Le paramètre d'impact est défini comme étant la distance entre la trajectoire de l'électron et la cible lorsqu'il n'y a pas d'interaction. L'angle de diffusion est défini entre la direction initiale de la vitesse de l'électron (loin de la cible) et la direction finale de cette même vitesse (loin après la collision).



1.2 Travail à effectuer

Il faut déterminer la position (x_Q, y_Q, z_Q) , la valeur et le signe de la charge fixe inconnue Q et cela aussi précisément que possible. Indiquez également l'ordre de grandeur de l'incertitude sur ces résultats. L'erreur statistique sur la position initiale du faisceau est de l'ordre de 0.5 mm.

Indiquez clairement vos mesures dans un tableau. Tracez des graphiques lisibles et correctement labellisés. Indiquez également tous les calculs qui permettent de comprendre ce que vous faites.

1.3 Interface du programme

Le programme demande de préciser le voltage accélérateur ; voir l'invite correspondante :

Beam accelerating voltage in V:

Entrez un nombre entre 1 et 10000 et pressez **return**. Le programme vous demande alors de fournir les coordonnées initiales du faisceau x_i , avec l'invite :

x-coordinate of the electron beam in cm:

Entrez un nombre entre -20 and 20 et pressez ensuite **return**. Enfin, le programme vous demande de fournir y_i , avec l'invite :

y-coordinate of the electron beam in cm:

Entrez un nombre entre -20 and 20 et pressez ensuite **return**. Si jamais vous entrez un nombre non valable, le programme indiquera :

Invalid entry.

et vous invitera simplement à fournir une autre valeur en vous rappelant les valeurs possibles.

Après avoir entré les trois valeurs, le programme indiquera :

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

il affichera les valeurs que vous avez données :

Electron detected at (x, y) =

et il vous communiquera la position de l'impact de l'électron sur l'écran. Au cas où l'électron sort de la zone de l'écran, vous verrez apparaître :

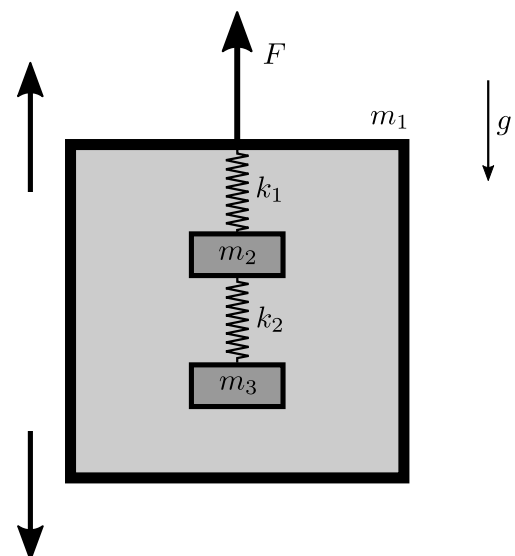
Electron not detected...

Le programme vous permet ensuite de recommencer avec d'autres coordonnées initiales.

2 Une Boîte noire

2.1 Introduction

Vous disposez d'une boîte noire mécanique qui consiste en un boîtier rigide de masse m_1 . A l'intérieur se trouve une charge de masse m_2 suspendue à un ressort de masse effectivement nulle et de dureté (raideur) k_1 , fixé à la face supérieure de la boîte. Une autre masse m_3 est suspendue à la masse m_2 par un autre ressort sans masse et de dureté (raideur) k_2 . Il y a un léger frottement visqueux qui dépend de la vitesse des objets. Le champ de pesanteur est $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ qui est parallèle aux côtés verticaux de la boîte.



La boîte peut être déplacée vers le haut ou vers le bas avec une accélération qui prend des valeurs constantes par paliers. La séquence d'accélération peut

être programmée en entrant la durée (en secondes) et l'accélération (en m/s^2) pour chaque palier. La simulation montre en "temps réel" la force F exercée sur la boîte et nécessaire pour obtenir l'accélération et ceci à chaque instant. La simulation produira également ces valeurs dans un fichier texte, dans le même répertoire que le programme. Toutes les simulations démarreront avec la même configuration initiale pour les masses.

Note: Chaque mesure de la force F contient une petite erreur aléatoire. Les ressorts sont linéaires pour des déformations raisonnablement petites mais non linéaires pour des déformations plus grandes. Les valeurs k_1 et k_2 sont définies comme les duretés des ressorts pour des petites déformations proches de l'équilibre quand la boîte est au repos. La force F et l'accélération sont considérées positives lorsqu'elles sont dirigées vers le haut. Le côté latéral de la boîte est 0.6 m et la boîte se trouve initialement au milieu d'une pièce de 3 m de hauteur. Une expérience s'arrête automatiquement si la boîte touche le plafond ou le sol de la pièce ou si une des masses touche la boîte ou une autre masse. Le schéma n'est pas à l'échelle.

2.2 Travail à effectuer

La tâche consiste à déterminer tous les paramètres: m_1 , m_2 , m_3 , k_1 , k_2 . Vous ne devez pas fournir d'analyse d'erreur pour ces résultats.

Comme pour toutes les expériences, vous devez fournir des tables de données annotées, des graphiques clairement annotés et suffisamment de calculs pour que la nature de vos mesures et votre raisonnement soient bien compréhensibles.

2.3 Interface du programme

Le programme attend de votre part une séquence d'actions. Vous disposez des options suivantes :

- Entrez deux nombres et appuyez sur **return** pour ajouter un palier à la séquence d'accélération, par exemple: 1.5 -0.4
Le premier nombre doit être la **durée** du palier en secondes (doit être un multiple de 0.01 s) et le deuxième nombre doit être l'**accélération** en m/s^2 (doit être entre -30 et 30).
- Tapez **repeat** et un nombre entier, suivis de **return**, pour répéter des actions, par exemple: `repeat 10`
Le nombre entier est le **nombre de fois** que vous voulez répéter les actions. Chaque séquence à répéter doit se terminer par l'action `endrepeat` (voir plus bas).
- Tapez `endrepeat` pour arrêter la répétition d'actions. Si vous démarrez l'expérience, toutes les actions entre `repeat` et `endrepeat` seront répétées un certain nombre de fois. Vous ne pouvez pas répéter des actions à l'intérieur d'une répétition d'action déjà active.
- Tapez `sample` et un nombre et pressez **return** pour changer le délai d'échantillonnage, par exemple: `sample 0.4`
Ce nombre est le nouveau **temps d'échantillonnage**, c'est-à-dire le temps entre deux enregistrements successifs dans le fichier texte de résultats. Le temps

d'échantillonnage doit être un multiple de 0.01 s, qui est aussi le temps d'échantillonnage par défaut.

- Tapez **begin** pour finir la séquence et démarrez l'expérience.

Vous pouvez aussi écrire plusieurs actions sur une seule ligne et presser **return**. Par exemple, vous pouvez taper

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

pour démarrer une expérience où vous changez le temps d'échantillonnage à 0.4 s et accélérez la boîte à des valeurs de $a = 0.4 \text{ m/s}^2$ et $a = -0.4 \text{ m/s}^2$ dix fois.

Si vous entrez une action invalide, vous recevrez un des messages d'erreur suivant et vous pouvez essayer une autre action.

- Si l'accélération est hors des valeurs autorisées :
Acceleration is out of range.
- Si la durée du palier d'accélération est hors des valeurs autorisées :
Duration is out of range.
- Si le temps d'échantillonnage est hors des valeurs autorisées :
Sampling time is out of range.
- Si le nombre de répétition est hors des valeurs autorisées :
Number of repeat times is out of range.
- Si vous tentez de répéter des actions à l'intérieur d'une autre répétition d'actions :
Cannot repeat actions inside another repeat.
- Si vous tentez d'arrêter une répétition d'action en dehors d'une répétition d'actions :
Cannot end repeat outside repeat.
- Pour les autres entrées non valides :
Invalid entry.

Lorsque vous entrez **begin**, le programme vous demandera un nom pour le fichier texte de résultats avec le texte suivant :

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

Entrez un nom et pressez **return**. N'utilisez que des caractères latins et des nombres pour le nom de fichier. Les autres caractères pourraient ne pas être acceptés pour le nom de fichier et dans ce cas les données ne seront pas enregistrées. Les valeurs seront enregistrées dans un fichier `.txt` avec le nom donné, dans le même répertoire que le programme.

Après cette étape, le programme va afficher
Begin experiment.

et va démarrer l'expérience. Le programme va ensuite afficher le temps depuis le démarrage de l'expérience (Time (s)), la valeur mesurée pour la force F (Force (N)) et l'accélération de la boîte (Accel (m/s^2)). Ces valeurs seront également enregistrées dans le fichier texte.

Le programme va ensuite afficher l'un des messages suivants :

- Si l'expérience s'est terminée avec succès :
Experiment ended successfully.

- Si la boîte a touché le plafond :
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- Si la boîte a touché le sol :
The box hit the floor. Experiment ended.
- Si les masses à l'intérieur de la boîte sont entrées en collision, ou si une des masses a touché la boîte :
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

Après que l'expérience est finie, vous pouvez démarrer une autre expérience.