

1 Невидимый заряд

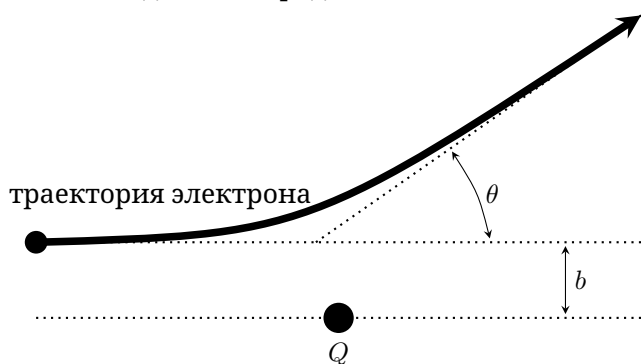
1.1 Введение

Неизвестный точечный заряд Q закреплен неподвижно где-то в пространстве. Пучок электронов запускают издали параллельно оси z . Под действием электростатического поля электроны будут рассеиваться зарядом. Рассеянные электроны регистрируются детектором. Параметры невидимого заряда можно определить, варьируя начальную кинетическую энергию и начальные x_i и y_i координаты пучка электронов, а затем измеряя конечные x_f и y_f координаты, куда электроны попали на детекторе. Детектор расположен перпендикулярно оси z и находится в $z = 0$.

Полезно знать формулу Резерфорда для рассеяния:

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

где b – прицельный параметр, E – энергия электрона, $q = -1.602 \times 10^{-19}$ Кл – заряд электрона, $k = 8.99 \times 10^9$ Нм²/Кл², θ – угол рассеяния. Прицельный параметр – это наименьшее расстояние, которое могло бы быть между электроном и зарядом, если бы взаимодействия между ними не было (т.е. электрон бы двигался по прямой). Угол рассеяния – это угол между вектором начальной скорости электрона вдали от заряда и вектором конечной скорости (после рассеяния) вдали от заряда.



1.2 Задание

Определите как можно точнее положение (x_Q, y_Q, z_Q) , величину и знак закрепленного заряда Q . Оцените погрешности (по порядку) этих результатов. Погрешность начальной координаты пучка порядка 0.5 мм.

Как и в любом эксперименте в отчете должны присутствовать подписанные таблицы, графики и расчетные формулы. По отчету должно быть ясно, что вы непосредственно измеряли и как вы получили свои ответы.

1.3 Интерфейс программы

Программа позволяет задать ускоряющее напряжение (в вольтах):

Beam accelerating voltage in V:

Введите число от 1 до 10000 и нажмите Enter. Затем программа спрашивает о начальных координатах (в сантиметрах), сначала x_i :

x-coordinate of the electron beam in cm:

Введите число от -20 до 20 и нажмите **Enter**. Затем программа спрашивает начальную координату y_i (в сантиметрах):

y-coordinate of the electron beam in cm:

Введите число от -20 до 20 и нажмите **Enter**. Если вы введете некорректное значение для любого из этих трех чисел, программа выдаст ошибку и напишет:

Invalid entry.

а затем попросит ввести значение снова, напомнив про ограничения.

После того как вы ввели три числа, программа напишет параметры старта пучка:

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

и, используя эти параметры, рассчитает точку попадания пучка на детектор:

Electron detected at (x, y) =

Однако, если электрон не попадает на детектор (из-за его конечных размеров), программа напишет:

Electron not detected...

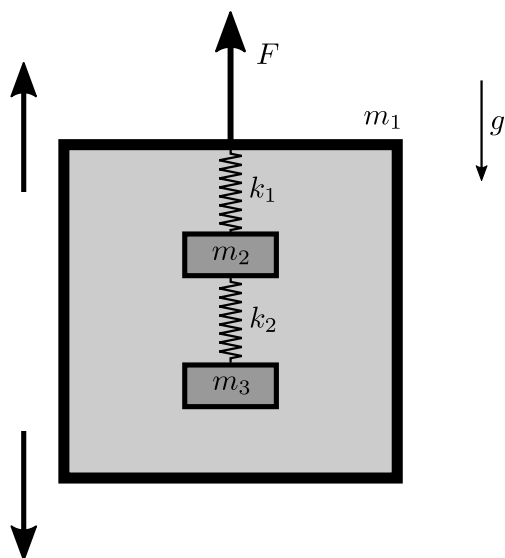
Затем цикл повторяется, и программа запрашивает новый набор начальных параметров.

2 Черный ящик

2.1 Введение

Вам выдан жёсткий механический чёрный ящик – контейнер массой m_1 . Внутри контейнера находится груз массой m_2 , который подвешен на лёгкой пружине жёсткостью k_1 к потолку ящика. Второй груз массой m_3 подвешен к грузу m_2 другой лёгкой пружиной жёсткостью k_2 . В системе есть небольшое вязкое трение, которое зависит от скоростей тел. Ускорение свободного падения $g = 9.81$ м/с² параллельно боковым стенкам ящика.

Ящик может перемещаться вверх или вниз с кусочно-заданным постоянным ускорением. Эта зависимость задается длительностью (в секундах) и ускорением (в м/с²) для каждого отрезка. Симуляция показывает в «реальном времени» значение силы F , которую нужно приложить к ящику, чтобы реализовать заданное ускорение в текущий момент времени, а также показывает значение времени. Программа также сохранит расчет в текстовый файл, который расположен там же, где и файл программы. Все симуляции



всегда начинаются с одинаковыми начальными конфигурациями тел.

Примечание: Каждое измерение силы F обладает небольшой случайной погрешностью. Пружины можно считать линейными для разумно малых деформаций. Для больших деформаций пружины нелинейны. k_1 и k_2 – жесткости каждой пружины для малых деформаций вблизи положения равновесия, когда ящик находится в состоянии покоя. Сил F и ускорение считаются положительными, если они направлены вверх. Длина стороны ящика равна 0.6 м, и ящик изначально находится в середине комнаты высотой 3 м. Эксперимент автоматически заканчивается, если ящик достигает потолка или пола или если любая из масс сталкивается с ящиком или другой массой. На рисунке не соблюден масштаб.

2.2 Задание

Определите m_1 , m_2 , m_3 , k_1 , k_2 . Погрешности оценивать НЕ нужно.

Как и в любом эксперименте в отчете должны присутствовать подписанные таблицы, графики и расчетные формулы. По отчету должно быть ясно, что вы непосредственно измеряли и как вы получили свои ответы.

2.3 Интерфейс программы

Вначале программа запрашивает последовательность входных действий. Вы можете сделать следующие операции:

- Чтобы добавить участок в схему ускорений, введите два числа и нажмите **Enter**, например: 1.5 -0.4
Первое число – это **длительность** участка в секундах (должно быть кратным 0.01 с), а второе число – **ускорение** в м/с^2 (должно быть от -30 до 30).
- Введите `repeat`, целое число и нажмите **Enter** для повторения действий, например: `repeat 10`

Целое число – это **сколько раз** вы хотите повторять действия. Каждое повторенное действие должно заканчиваться командой `endrepeat`.

- Введите `endrepeat`, чтобы завершить повторение действий. При выполнении эксперимента, все действия между `repeat` и `endrepeat` будут повторены заданное число раз. Вы не можете повторять действия внутри другого повторения.
- Чтобы изменить интервал времени между последовательными измерениями, введите `sample` и число, нажмите **Enter**, например: `sample 0.4`
Это число будет новым значением **времени между последовательными измерениями**, т.е. с таким интервалом времени результаты расчетов будут записаны в файл. Значение времени между последовательными измерениями должно быть кратно 0.01 с. Значение по умолчанию – 0.01 с.
- Чтобы завершить последовательность действий и начать эксперимент, введите `begin`.

Вы можете также записать инструкции одной строкой и затем нажать **Enter**. Например, Вы можете ввести

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

таким образом запустится расчет со временем между последовательными измерениями равным 0.4 с и соответствующими ускорениями ящика $a = 0.4 \text{ м/с}^2$ и $a = -0.4 \text{ м/с}^2$ 10 раз.

Если ввести некорректные данные, вы получите одно из следующих сообщений об ошибке и можете попытаться ввести данные снова.

- Если ускорение вне диапазона:
Acceleration is out of range.
- Если длительность действия ускорения вне диапазона:
Duration is out of range.
- Если время между последовательными измерениями вне диапазона:
Sampling time is out of range.
- Если число повторений вне диапазона:
Number of repeat times is out of range.
- Если вы пытаетесь запустить цикл внутри другого цикла действий:
Cannot repeat actions inside another repeat.
- Если вы пишете `endrepeat`, не задав сначала `repeat`:
Cannot end repeat outside repeat.
- Во всех остальных случаях:
Invalid entry.

После того, как Вы ввели `begin`, программа просит задать имя выходного файла

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

Введите имя файла и нажмите **Enter**. Вам рекомендуется использовать в имени только латинские буквы и цифры (в противном случае данные могут быть не сохранены). Данные будут

сохранены в файле .txt с заданным именем в той же папке, что и файл программы.

После этого программа покажет

Begin experiment.

и начнёт расчет. Программа будет показывать текущее время от начала эксперимента (Time (s)), измеренную величину силы F (Force (N)) и ускорение ящика (Accel (m/s^2)). Эти же данные будут также записаны в текстовый файл.

Затем программа выведет одно из следующих сообщений.

- Если эксперимент успешно закончен:
Experiment ended successfully.
- Если ящик достиг потолка:
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- Если ящик достиг пола:
The box hit the floor. Experiment ended.
- Если массы внутри ящика столкнулись или одна из масс внутри ящика столкнулась с ящиком:
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

После окончания эксперимента можно начать следующий.