

1 Ukryty Ładunek

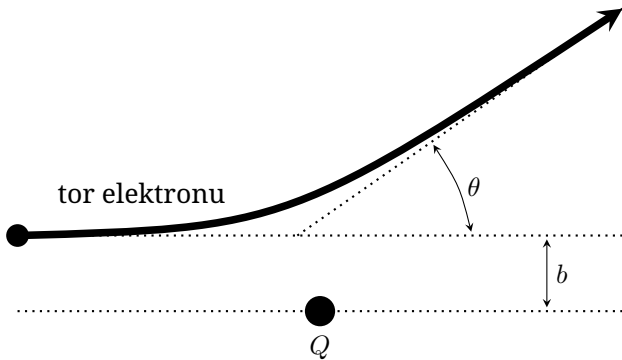
1.1 Wstęp

Nieznany punktowy ładunek Q znajduje się w ustalonym miejscu w pewnym obszarze przestrzeni. Elektrony wystrzelone daleko od tego ładunku równoległe do osi z będą się rozpraszać pod wpływem sił elektrostatycznych i uderzą w ekran detekcyjny. Informacje o ładunku można uzyskać zmieniając jego początkową energię kinetyczną i początkowe współrzędne x_i oraz y_i elektronu i mierząc końcowe współrzędne x_f and y_f punktu uderzenia elektronu w skończonej wielkości płaski ekran detekcyjny prostopadły do osi z i przecinający tę oś w punkcie $z = 0$.

Przydatna jest znajomość wzoru Rutherforda na rozpraszanie

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

gdzie b jest parametrem zderzenia, E – energią elektronu, $q = -1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ jest ładunkiem elektronu, $k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, natomiast θ jest kątem rozproszenia. Parametr zderzenia to najmniejsza odległość elektronu od ładunku rozpraszającego jaka byłaby, gdyby nie zachodziło rozproszenie, tzn. gdyby elektron poruszał się po prostej; kąt rozproszenia to kąt między wektorem prędkości początkowej (przed rozproszeniem) elektronu odległego od ładunku rozpraszającego oraz wektorem prędkości końcowej (po rozproszeniu) elektronu odległego od ładunku rozpraszającego.



1.2 Zadanie

Zadaniem jest wyznaczenie – z największą możliwą dokładnością – położenia (x_Q, y_Q, z_Q) oraz wartości i znaku ładunku rozpraszającego Q . Powinieneś podać zgrubne (rzędu wielkości) oszacowanie niepewności wyników. Niepewność początkowego położenia elektronu jest gaussowska i jest rzędu 0.5 mm.

Tak jak w przypadku wszystkich doświadczeń, powinieneś przedstawić jasno opisaną tabelę wyników, jasno oznaczone wykresy oraz wystarczające wyprowadzanie wzorów, tak aby było wiadomo co zmierzyłeś i w jaki sposób uzyskujesz swoje wyniki.

1.3 Interfejs programu

Program pyta o napięcie przyspieszające (napięcie nadające elektronowi początkową energię kinetyczną) za pomocą komunikatu (promptu)

Beam accelerating voltage in V:

Wpisz liczbę pomiędzy 1 oraz 10000 i wciśnij **enter**. Następnie program pyta o początkowe współrzędne, zaczynając od x_i , za pomocą komunikatu (promptu)

x-coordinate of the electron beam in cm:

Wpisz liczbę z zakresu od -20 do 20 i wciśnij **enter**. Na końcu program prosi o podanie y_i za pomocą komunikatu (promptu)

y-coordinate of the electron beam in cm:

Wpisz liczbę z zakresu od -20 do 20 i wciśnij **enter**. Jeśli w którymś z powyższych trzech przypadków podasz niepoprawną liczbę, program wyświetli komunikat

Invalid entry.

Wtedy powinieneś wpisać liczbę ponownie, pamiętając o podanych zakresach.

Po wprowadzeniu żądanych trzech liczb, program wyświetli komunikat

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

i wyświetli podane przez Ciebie liczby, a następnie położenie elektronu na ekranie detekcyjnym

Electron detected at (x, y) =

Jeśli jednak elektron nie trafi w ekran detekcyjny, otrzymasz komunikat

Electron not detected... Następnie program wraca to stanu początkowego, pozwalając Ci na wprowadzenie nowych danych początkowych

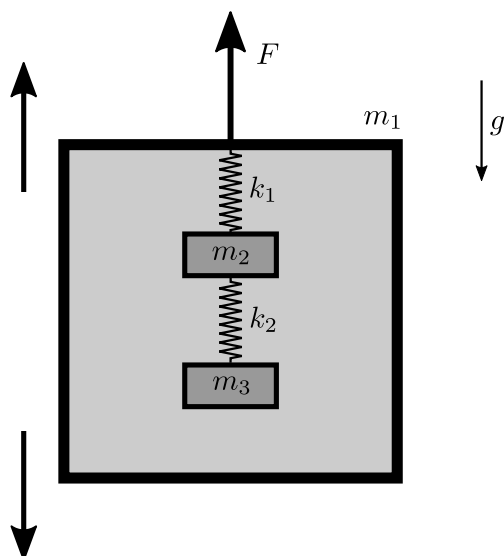
2 Czarna skrzynka

2.1 Wstęp

Masz daną mechaniczną „czarną skrzynkę”. Obudowa czarnej skrzynki ma masę m_1 . Wewnątrz niej znajduje się masa m_2 zawieszona pod wieczkiem na nieważkiej sprężynie o stałej sprężystości k_1 . Kolejna masa m_3 podwieszona jest do masy m_2 za pomocą nieważkiej sprężyny o stałej sprężystości k_2 . W układzie występuje niewielkie tarcie lepkie zależne od prędkości ciała. Przyspieszenie ziemskie wynosi $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ i jest skierowane równoległe do ścianek bocznych czarnej skrzynki.

Czarna skrzynka może być przesuwana w górę lub w dół z przyspieszeniem stałym na poszczególnych etapach ruchu. Sekwencję przyspieszeń można zadać podając na wejściu czas trwania (w sekundach) oraz wielkość przyspieszenia (w m/s^2) dla każdego etapu. Program symulacji pokazuje w „czasie rzeczywistym” siłę F przykładaną do czarnej skrzynki w celu uzyskania zadanego przyspieszenia w danej chwili czasu, wraz z odczytem chwili czasu. Program zapisze również te odczyty do pliku tekstowego w tym samym katalogu co plik programu. Za każdym uruchomieniem symulacja startuje z tą samą konfiguracją początkową mas.

Uwaga: Każdy pomiar siły F jest obarczony losowym błędem. Obie sprężyny są liniowe dla odpowiednio niewielkich odkształceń, natomiast nieliniowe dla większych odkształceń. Wielkości k_1 oraz k_2 są zdefiniowane poprzez sztywność poszczególnych sprężyn w



pobliżu punktu równowagi przy nieruchomej czarnej skrzynce. Dodatkowo wartości siły F oraz przyspieszenia odpowiadają zwrotowi w górę. Wysokość ściany bocznej czarnej skrzynki wynosi 0.6 m. W chwili początkowej czarna skrzynka znajduje się w środku pokoju o wysokości 3 m. Eksperyment automatycznie kończy się w momencie uderzenia czarnej skrzynki o sufit lub podłogę pokoju lub w przypadku zderzenia dowolnej z mas z obudową czarnej skrzynki lub ze sobą nawzajem. Schemat powyżej został narysowany bez zachowania skali.

2.2 Zadanie

Twoim celem jest wyznaczenie wszystkich parametrów: m_1, m_2, m_3, k_1, k_2 . Analiza niepewności tych wartości nie jest wymagana.

Tak jak w przypadku wszystkich doświadczeń, powinieneś przedstawić jasno opisaną tabelę wyników, jasno oznaczone wykresy oraz wystarczające wyprowadzanie wzorów, tak aby było wiadomo co zmierzyłeś i w jaki sposób uzyskujesz swoje wyniki.

2.3 Interfejs programu

Po uruchomieniu program prosi o wprowadzenie szeregu danych wejściowych. Masz następujące możliwości:

- Wpisz dwie liczby i naciśnij klawisz **enter** w celu dodania kroku w sekwencji przyspieszeń, np.: 1.5 -0.4 Pierwsza z liczb oznacza **czas trwania** etapu w sekundach (musi być wielokrotnością 0.01 s), a druga z liczb oznacza **przyspieszenie** m/s^2 (musi być w zakresie między -30 a 30).
- Wpisz repeat oraz liczbę całkowitą i naciśnij **enter** by powtórzyć wielokrotnie fragment sekwencji, np.: repeat 10 Podana liczba całkowita oznacza **liczbę powtórzeń** fragmentu. Powtarzany fragment sekwencji powinien być zakończony endrepeat (patrz poniżej).
- Wpisz endrepeat by zaznaczyć koniec fragmentu sekwencji do powtarzania. Po rozpoczęciu eksperymentu wszystkie etapy pomiędzy repeat a endrepeat

zostaną powtórzone daną liczbę razy. Nie jest możliwe zagnieżdżanie powtarzania wewnątrz powtarzanego fragmentu.

- Wpisz sample oraz liczbę i naciśnij **enter** aby zmienić okres próbkowania, np.: sample 0.4 Podana liczba oznacza nowy **okres próbkowania**, tj. czas upływający między kolejnymi wartościami zapisywanymi do pliku tekstowego. Okres próbkowania musi być wielokrotnością 0.01 s, co jest jego domyślną wartością.
- Wpisz begin by zakończyć wpisywanie sekwencji i rozpocząć eksperyment.

Dopuszczalne jest wpisanie wielu akcji w pojedynczej linii i zatwierdzenie ich klawiszem **enter**. Na przykład możesz wpisać

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

by rozpocząć eksperyment, w którym ustawiasz okres próbkowania na 0.4 s i przyspieszasz czarną skrzynkę naprzemiennie z przyspieszeniem $a = 0.4 m/s^2$ i $a = -0.4 m/s^2$ dziesięć razy.

Jeśli wpiszesz błędną komendę, otrzymasz jeden z następujących komunikatów o błędzie i będziesz mógł ponownie wpisać komendę.

- Jeśli podana wartość przyspieszenia jest poza dozwolonym zakresem:
Acceleration is out of range.
- Jeśli podana długość etapu przyspieszania jest poza dozwolonym zakresem:
Duration is out of range.
- Jeśli okres próbkowania jest poza dozwolonym zakresem:
Sampling time is out of range.
- Jeśli liczba powtórzeń jest poza dozwolonym zakresem:
Number of repeat times is out of range.
- Jeśli spróbujesz zagnieżdżyć powtarzanie wewnątrz powtarzanego fragmentu sekwencji:
Cannot repeat actions inside another repeat.
- Jeśli spróbujesz zakończyć powtarzany fragment sekwencji bez rozpoczęcia powtarzania:
Cannot end repeat outside repeat.
- W pozostałych przypadkach:
Invalid entry.

Po wprowadzeniu komendy begin program poprosi o wpisanie nazwy pliku wyjściowego.

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

Wpisz nazwę pliku i naciśnij **enter**. Zalecane jest ograniczenie się do liter alfabetu łacińskiego oraz liczb w nazwie pliku. Inne znaki mogą nie być dozwolone w nazwie pliku, wskutek czego plik nie zostanie zapisany. Dane zostaną zapisane w pliku .txt o zadanej nazwie w tym samym katalogu co plik programu.

Po podaniu nazwy pliku program wyświetli:
Begin experiment.

i rozpocznie eksperyment. Program zacznie wypisywać czas od rozpoczęcia eksperymentu (Time (s)),

zmierzoną wartość siły F (Force (N)) oraz przyspieszenie czarnej skrzynki (Accel (m/s²)). Wartości te będą analogicznie zapisane w pliku tekstowym.

Na końcu program wypisze jeden z następujących komunikatów.

- Jeśli eksperyment zakończył się bez błędów:
Experiment ended successfully.
- Jeśli czarna skrzynka uderzyła o sufit pokoju:
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- Jeśli czarna skrzynka uderzyła o podłogę pokoju:
The box hit the floor. Experiment ended.
- Jeśli masy wewnątrz czarnej skrzynki zderzyły się ze sobą lub jedna z mas uderzyła o czarną skrzynkę.
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

Po zakończeniu eksperymentu możesz rozpocząć kolejny eksperyment.