

1 Dold laddning

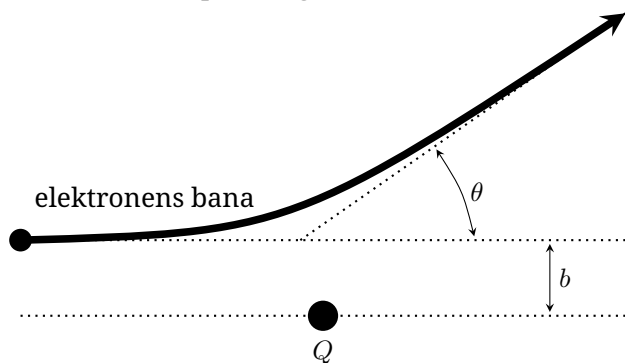
1.1 Inledning

En okänd punktladdning Q är fixerad i ett område i rummet. Elektroner som avfyras parallellt med z -axeln långt från laddningen kommer att spridas elektrostatiskt mot den fixerade laddningen och träffa en detektorskärm. Det är möjligt att skaffa information om den dolda laddningen genom att variera den initiala kinetiska energin och de initiala koordinaterna x_i och y_i för elektronstrålen, och sedan mäta de slutliga koordinaterna x_f och y_f för den punkt där en elektron träffar en skärm av ändlig storlek, riktad vinkelrät mot z -axeln och placerad vid $z = 0$.

Det kan vara bra att känna till Rutherford's spridningsformel,

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

där b är impaktparametern, E elektronens energi, $q = -1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ dess laddning, $k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ en konstant, och θ är spridningsvinkeln. Impaktparametern definieras som elektronens minsta avstånd till spridningsmålet, om den inte hade påverkats av detta utan hade rört sig längs en rät linje; spridningsvinkeln är vinkeln mellan elektronens initiala hastighetsvektor långt från målet och dess slutliga hastighetsvektor långt från målet efter spridningen.



1.2 Uppgift

Din uppgift är att, så precist som möjligt, bestämma den fixerade laddningens position (x_Q, y_Q, z_Q) , och storlek och tecken på dess laddning Q . Du ska också grovt uppskatta storleksordningen på felen i dessa resultat. Strålens initiala position är behäftad med en osäkerhet, som svarar mot en Gaussisk fördelning med standardavvikelse 0.5 mm.

Som i alla experiment så måste du redovisa tydligt märkta tabeller med data, tydligt märkta grafer, och tillräckligt med härledningar av uttryck så att det är tydligt vad du har mätt och hur du kommer fram till dina resultat.

1.3 Programmets gränssnitt

Programmet frågar efter en accelerationsspänning med prompten

Beam accelerating voltage in V:

Ange ett tal mellan 1 och 10000, och tryck **enter**. Programmet frågar sedan efter avfyrningskoordinater och börjar med x_i , med prompten

x-coordinate of the electron beam in cm:

Ange ett tal mellan -20 och 20 och tryck sedan **enter**. Slutligen frågar programmet efter y_i , med prompten

y-coordinate of the electron beam in cm:

Ange ett tal mellan -20 och 20 och tryck sedan **enter**. Om du anger ett ogiltigt tal för någon av dessa tre kommer programmet att svara med prompten

Invalid entry.

och kommer sedan att be dig om värdet igen och påminna dig om de tillåtna intervallen. Efter att de tre talen har angivits skriver programmet ut

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

och återger dina angivna värden, och sedan

Electron detected at (x, y) =

och ge skärmpositionen där elektronen detekteras. Om elektronen dock missar den ändligt stora skärmen får du meddelandet

Electron not detected...

Programmet börjar sedan om och låter dig ange en ny uppsättning avfyrningskoordinater.

2 Svart låda

2.1 Inledning

Du har en stel mekanisk svart låda i form av en behållare med massa m_1 . Inuti behållaren hänger en tyngd med massa m_2 från taket i en väsentligen viktlös fjäder med fjäderkonstant k_1 . Ännu en tyngd med massa m_3 hänger i m_2 via en annan viktlös fjäder med fjäderkonstant k_2 . Massorna påverkas av en liten viskös bromskraft som är hastighetsberoende. Tyngdaccelerationen är $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ och parallell med behållarens sidor.

Behållaren kan flyttas upp eller ner med en styckvis konstant acceleration. Följden av accelerationer kan ges som indata genom att ange tiden för en given acceleration (i sekunder) och accelerationens storlek (i m/s^2) för varje steg. Simuleringen visar i "realtid" kraften F på behållaren som behövs för att upprätthålla den givna accelerationen i varje tidpunkt, tillsammans med den avlästa tiden. Simuleringen kommer också att ge utdatan i en textfil i samma mapp (folder) som programmet ligger i. Massornas ursprungliga konfiguration är alltid samma i alla simulationer.

Notera: Varje mätning av kraften F innehåller ett litet slumpmässigt mätfel. Fjädrarna är linjära för relativt små deformationer, men icke-linjära för större deformationer. Värdena k_1 och k_2 är definierade som fjäderkonstanten hos respektive fjäder för små deformationer runt jämviktsläget som uppnås när behållaren är i vila. Kraften F och accelerationen är definierade som positiva om de är riktade uppåt. Behållarens sidlängd är 0.6 m och den är från början i mitten av ett rum med

takhöjd 3 m. Ett experiment avbryts automatiskt om behållaren slår i golvet eller taket, eller om någon av massorna kolliderar med behållaren eller den andra massan. Figuren är ej skalenlig.

2.2 Uppgift

Uppgiften är att bestämma alla parametrar: m_1, m_2, m_3, k_1, k_2 . Du behöver inte ha med någon felanalys för dessa värden.

Som i alla experiment så måste du redovisa tydligt märkta tabeller med data, tydligt märkta grafer, och tillräckligt med härledningar av uttryck så att det är tydligt vad du har mätt och hur du kommer fram till dina resultat.

2.3 Programmets gränssnitt

Programmet börjar med att fråga efter en sekvens av instruktioner att följa. Du har följande möjligheter:

- Ange två tal och tryck **enter** för att lägga till ett steg till följderna av accelerationer, till exempel: 1.5 -0.4
Det första talet anger **varaktigheten** av steget i sekunder (måste vara en multipel av 0.01 s) och det andra talet anger **acceleration** i m/s^2 (måste vara mellan -30 och 30).
- Ange repeat och ett heltal och tryck **enter** för att upprepa instruktioner, till exempel: repeat 10
Heltalet anger **antalet gånger** du vill upprepa instruktionerna. Varje upprepningskommando ska avslutas med endrepeat (se nedan).
- Ange endrepeat för att avsluta upprepningen av instruktioner. Om du startar experimentet kommer alla instruktioner mellan repeat och endrepeat upprepas det angivna antalet gånger. Du kan inte ha ett upprepningskommando inuti ett annat upprepningskommando.
- Ange sample och ett tal och tryck **enter** för att ändra samplingstiden, till exempel: sample 0.4
Talet anger den nya **samplingstiden**, vilken anger tiden efter vilken varje ny avläsning skrivs ut till textfilen. Samplingstiden måste vara en multipel av 0.01 s, vilket också är standardvärdet på samplingstiden.
- Ange begin för att avsluta sekvensen av instruktioner och starta experimentet.

Du kan också ange flera instruktioner på samma rad och sedan trycka **enter**. Du kan till exempel ange

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

för att starta ett experiment där du ändrar samplingstiden till 0.4 s och accelererar lådan med $a = 0.4 m/s^2$ respektive $a = -0.4 m/s^2$ tio gånger.

Om du anger en ogiltig instruktion får du något av följande felmeddelanden och kan sedan försöka ange en instruktion igen.

- Om accelerationen är utanför det tillåtna intervallet:
Acceleration is out of range.
- Om varaktigheten för accelerationen är utanför det tillåtna intervallet:
Duration is out of range.

- Om samplingstiden är utanför det tillåtna intervallet:
Sampling time is out of range.
- Om antalet upprepningar är utanför det tillåtna intervallet:
Number of repeat times is out of range.
- Om du försöker använda ett upprepningskommando inuti ett annat upprepningskommando:
Cannot repeat actions inside another repeat.
- Om du försöker avsluta ett upprepningskommando utan att det finns ett upprepningskommando att avsluta:
Cannot end repeat outside repeat.
- Vid samtliga andra fel:
Invalid entry.

Efter att du har angivit begin kommer programmet be om ett namn för utdatafilen med prompten

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

Ange ett namn och tryck **enter**. Du rekommenderas att endast använda latinska bokstäver och tal i filnamnet. Andra tecken kanske eller kanske inte är tillåtna i filnamnet och skulle filnamnet vara ogiltigt kommer inte avläsningarna sparas. Avläsningarna sparas i en .txt-fil med det angivna namnet i samma mapp som programmet.

Programmet skriver sedan ut

```
Begin experiment.
```

och påbörjar experimentet. Programmet skriver sedan ut den aktuella tiden sedan experimentet startades (Time (s)), uppmätta värden på kraften F (Force (N)) och lådans acceleration (Accel (m/s^2)). Avläsningarna visas på samma sätt i textfilen.

Programmet skriver sedan ut något av följande meddelanden.

- Om experimentet genomfördes framgångsrikt:
Experiment ended successfully.
- Om lådan slog i taket:
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- Om lådan slog i golvet:
The box hit the floor. Experiment ended.
- Om massorna inuti lådan kolliderade eller någon av massorna kolliderade med lådan:
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

När experimentet är avslutat kan ett nytt experiment påbörjas.