

1 Skrytý náboj

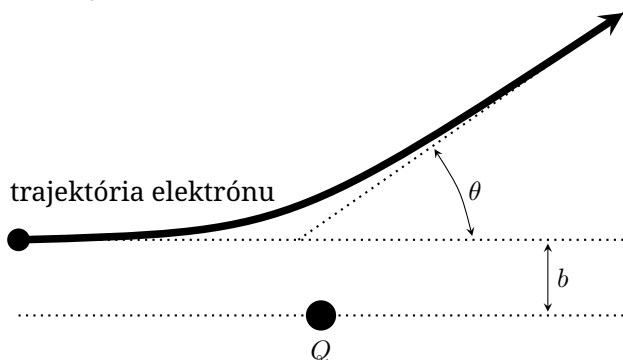
1.1 Úvod

Náboj o neznámej veľkosti Q sa nachádza v pevne určenej polohe v istej priestorovej oblasti. Elektróny vystrelené ďaleko od náboja Q v smere rovnobežnom s osou z sa na ňom elektrostaticky rozptýlia a následne narazia na detekčnú platňu. Je možné získať informácie o náboji Q prostredníctvom zmeny počiatkovej kinetickej energie ako aj zmenou počiatkových súradníc x_i a y_i elektrónového zväzku. K tomu je samozrejme potrebné zmerať výsledné súradnice x_f a y_f miesta dopadu rozptýleného elektrónu na rovinnej platni, ktorá je kolmá na os z , pričom sa nachádza v polohe $z = 0$.

Užitočný vzorec predstavuje Rutherfordov rozptylový vzťah

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

kde b je zrážkový parameter, E je energia elektrónu, $q = -1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ je náboj elektrónu, $k = 8.99 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ a θ je rozptylový uhol. Zrážkový parameter sa zvykne definovať ako najmenšia priestorová vzdialenosť medzi elektrónom a nábojom Q za predpokladu, že by nedochádzalo k rozptylu; rozptylový uhol je uhol medzi počiatkovým vektorom rýchlosti nalietajúceho elektrónu ďaleko od terčika a koncovým vektorom rýchlosti odlietavajúceho elektrónu.



1.2 Úloha

Vašou úlohou je určiť polohu (x_Q, y_Q, z_Q) , veľkosť a znamienko náboja Q , čo najpresnejšie ako sa dá. Vykonajte rádoový odhad chýb Vami získaných výsledkov. Vezmite do úvahy, že počiatková poloha lúča je zaťažená Gaussovskou chybou na úrovni 0.5 mm.

Podobne ako pri iných experimentoch, vyžaduje sa od vás uvedenie tabuliek údajov, dobre označené grafy a také odvodnenie vzorcov, ktoré jasne indikuje, čo ste namerali a ako ste získali Vaše výsledky.

1.3 Programové rozhranie

Program požaduje na vstupe napätie na dosiahnutie zrýchlenia nasledovne

Beam accelerating voltage in V:

Zadajte číslo s hodnotami medzi 1 a 10000 a stlačte **enter**. Program potom požaduje počiatkové súradnice zväzku, pričom ako prvé sa zadáva x_i v tvare

x-coordinate of the electron beam in cm:

Zadajte číslo s hodnotami medzi -20 and 20 a potvrdte stlačením **enter**. Nakoniec program požaduje zadanie y_i v tvare

y-coordinate of the electron beam in cm:

Zadajte číslo s hodnotami medzi -20 a 20 a potvrdte stlačením **enter**. Ak na vstupe uvediete neplatnú hodnotu, program vypíše nasledovnú správu

Invalid entry.

a požiada Vás o opätovný vstup, pričom Vám pripomenie stanovené ohraňenia.

Po vložení troch číselných údajov, program vypíše

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

a uvedie Vami zadané hodnoty. Potom sa zobrazí

Electron detected at (x, y) = a vypíše sa poloha detekovaného elektrónu na detekčnej platni. Môže dôjsť k tomu, že sa elektrón rozptýli do oblasti mimo platne. V takom prípade bude vypísaná správa

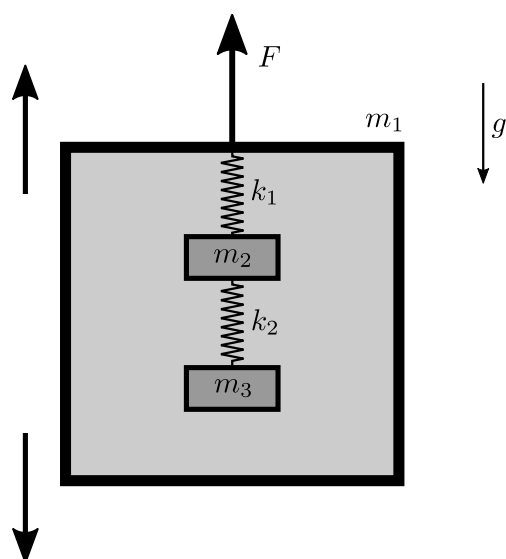
Electron not detected...

Program sa následne opakuje, pričom Vám dovoľí zadanie nových počiatkových súradníc.

2 Čierna skrinka

2.1 Úvod

Máte k dispozícii pevnú mechanickú čiernu skrinku, ktorá pozostáva z krabice o hmotnosti m_1 . Vnútri krabice sa nachádza závažie m_2 , ktoré je spojené pomocou nehmotnej pružiny s tuhosťou k_1 so stropom krabice. Ďalšie závažie m_3 je spojené so závažím m_2 pomocou nehmotnej pružiny s tuhosťou k_2 . V systéme dochádza k vzniku malej odporovej sily, ktorá závisí na rýchlosti objektov. Gravitačné zrýchlenie je $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ a smeruje rovnobežne s bočnými stranami krabice.



Skrinku je možné vystaviť pohybu s konštantným zrýchlením vo vertikálnom smere, ktoré sa môže skokovite meniť. Protokol pre zrýchlenie krabice môže byť naprogramovaný zadáním doby trvania (v

sekundách) a zrýchlenia (v jednotkách m/s^2) pre každý krok, počas ktorého je zrýchlenie konštantné. Simulácia zobrazí priebeh sily pôsobiacej na skrinku v "reálnom čase", ktorá je potrebná na dosiahnutie zrýchlenia pre daný časový okamih, spoločne s uvedeným časom. Simulácia vypíše získané údaje do textového súboru, ktorý sa vytvorí v tom istom adresári ako sa nachádza program. Všetky simulácie začínajú s rovnakými počiatočnými konfiguráciami telies.

Poznámka: každé meranie sily F je zaťažené malou náhodnou chybou. Pružiny sa správajú lineárne pre dostatočne malé deformácie, ale pre väčšie deformácie už vykazujú nelinearity. Hodnoty k_1 a k_2 sú definované ako tuhosť danej pružiny pre malé deformácie blízke rovnovážnej polohe, kedy je skrinka v pokoji. Sila F a zrýchlenie nadobúdajú kladné hodnoty v prípade, že smerujú nahor. Bočný rozmer skrinky je 0.6 m a skrinka sa na začiatku nachádza v strede miestnosti, ktorá má výšku 3 m. Experiment je ukončený automaticky v prípade, že dôjde ku kontaktu skrinky so stropom, resp. podlahou alebo ak sa hociktoré zo závaží zrazí s krabicou alebo ak dôjde k zrážke závaží. Obrázok je kvalitatívny a nezodpovedá reálnym mierkam.

2.2 Úloha

Úlohou je určiť všetky parametre: m_1, m_2, m_3, k_1, k_2 . Nevyžaduje sa od Vás analýza chýb získaných výsledkov.

Podobne ako pri iných experimentoch, vyžaduje sa od vás uvedenie tabuliek údajov, dobre označené grafy a také odvodenie vzorcov, ktoré jasne indikuje, čo ste namerali a ako ste dostali Vaše výsledky.

2.3 Programové rozhranie

Na začiatku program vyžaduje zadanie postupnosti vstupných príkazov. K dispozícii máte nasledujúce možnosti.

- Zadajte dve čísla a stlačte **enter** na pridanie kroku do protokolu zrýchlení, napr.: 1.5 -0.4
Prvé číslo označuje **trvanie** kroku v sekundách (musí ísť o násobok 0.01 s) a druhé číslo určuje **zrýchlenie** v m/s^2 (musí nadobúdať hodnotu medzi -30 a 30).
- Zadajte **repeat** a prirodzené číslo. Potvrďte stlačením **enter** na opakovanie príkazov, napr.: **repeat 10**
Prirodzené číslo predstavuje **počet opakovaní**, ktoré chcete vykonať. Každá opakujúca sa akcia musí byť ukončená príkazom **endrepeat** (pozri nižšie).
- Zadajte **endrepeat** na ukončenie opakujúcich sa akcií. Ak spustíte **experiment**, všetky príkazy uvedené medzi **repeat** a **endrepeat** budú zopakované uvedený počet krát. Nemôžete použiť príkaz **repeat** vnútri iného príkazu **repeat**.
- Zadajte **sample** a číslo. Stlačte **enter** na zmenu vzorkovacieho času, napr.: **sample 0.4**
Číslo predstavuje nový **vzorkovací čas**, ktorý určuje časový krok po ktorom budú vpisované výsledky do textového súboru. Vzorkovací čas musí byť násobkom 0.01 s, ktorý je zároveň prednastaveným vzorkovacím časom.
- Zadajte **begin** na ukončenie postupnosti a spustenie experimentu.

Taktiež je možné uviesť viaceré príkazy v jednom riadku a potvrdiť ich stlačením **enter**. Napr., môžete zadať

```
sample 0.4 repeat 10 1.5 0.4 1.5 -0.4
```

endrepeat begin

na spustenie experimentu v ktorom zmeníte vzorkovací čas na 0.4 s a urýchlite krabicu so zrýchlením $a = 0.4 \text{ m/s}^2$, resp. $a = -0.4 \text{ m/s}^2$ práve desať krát.

V prípade, že uvediete neplatný vstup, dôjde k vypísaniu niektorému z nasledujúcich chybových hlásení a môžete opätovne zadať príkaz.

- Ak je hodnota zrýchlenia mimo povoleného rozsahu:
Acceleration is out of range.
- Ak je trvanie zrýchlenia mimo povoleného rozsahu:
Duration is out of range.
- Ak je vzorkovací čas mimo povoleného rozsahu:
Sampling time is out of range.
- Ak je počet opakovaní mimo povoleného rozsahu:
Number of repeat times is out of range.
- Ak dôjde k použitiu príkazu **repeatu** vnútri iného príkazu **repeat**:
Cannot repeat actions inside another repeat.
- V prípade, že nedôjde ko korektnému ukončeniu príkazu **repeat**:
Cannot end repeat outside repeat.
- Vo všetkých ostatných prípadoch:
Invalid entry.

Po zadaní **begin** Vás program vyzve na zadanie mena výstupného súboru v tvare

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

Zadajte meno a potvrdte stlačením **enter**. Používajte výhradne písmená latinskej abecedy a čísla na označenie mena súboru. Iné znaky nemusia byť dovolené a v prípade nesprávne zvoleného mena môže dôjsť k strate údajov. Záznamy budú uložené v súbore `.txt` so zadaným menom v tom istom adresári, kde sa nachádza aj samotný program.

Následne program zobrazí správu

Begin experiment.

a spustí samotný experiment. Program potom zobrazuje ubehnutý čas od spustenia experimentu (Time (s)), nameranú hodnotu sily F (Force (N)) a zrýchlenie krabice (Accel (m/s^2)). Záznamy budú podobne vpísané do textového súboru.

Program potom zobrazí jednu z nasledujúcich správ.

- Ak **experiment** prebehol úspešne:
Experiment ended successfully.
- Ak došlo ku kontaktu medzi skrinkou a stropom:
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- Ak došlo ku kontaktu medzi skrinkou a podlahou:
The box hit the floor. Experiment ended.
- Ak došlo ku kontaktu medzi závažiami v krabici alebo medzi niektorým zo závaží a krabicou:
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

Po skončení experimentu, môžete spustiť ďalší experiment.