

1 ประจุไฟฟ้าที่ไม่ทราบค่า

1.1 บทนำ

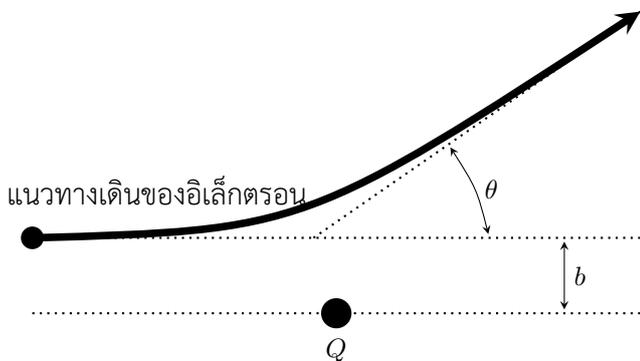
ประจุไฟฟ้า Q ที่ไม่ทราบค่าถูกยึดตรึงไว้ อิเล็กตรอนหลายตัวถูกยิงจากตำแหน่งไกลในแนวขนานกับแกน z

กระเจิงและตกกระทบบนฉาก เราสามารถศึกษาประจุที่ไม่ทราบค่าได้โดยการเปลี่ยนพลังงานจลน์เริ่มต้น พิกัดเริ่มต้น x_i และ y_i ของลำอิเล็กตรอน และวัดพิกัดสุดท้าย x_f และ y_f ของจุดที่อิเล็กตรอนกระทบกับฉากฉากตั้งฉากกับแกน z และอยู่ที่ $z = 0$

สูตรการกระเจิงของ Rutherford คือ

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

โดยที่ b คือ impact parameter E คือพลังงานของอิเล็กตรอน $q = -1.602 \times 10^{-19}C$ คือประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน $k = 8.99 \times 10^9 Nm^2/C^2$ และ θ คือมุมกระเจิง นิยาม impact parameter คือระยะที่อิเล็กตรอนเข้าใกล้เป้าหมายมากที่สุดเมื่อสมมติว่าอิเล็กตรอนไม่ถูกเบี่ยงเบนและเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง มุมกระเจิงคือมุมระหว่างเวกเตอร์ความเร็วเริ่มต้นขณะที่อิเล็กตรอนอยู่ไกลจากเป้าหมายและเวกเตอร์ความเร็วสุดท้ายขณะที่อิเล็กตรอนอยู่ใกล้จากเป้าหมายหลังจากการกระเจิง



1.2 ภารกิจ

ภารกิจคือต้องการระบุตำแหน่ง (x_Q, y_Q, z_Q) และขนาดและเครื่องหมายของประจุไฟฟ้า Q ให้แม่นยำ นักเรียนควรจะบอกอย่างคร่าว ๆ เกี่ยวกับ order of magnitude ของความคลาดเคลื่อนของคำตอบเหล่านี้ ลำอิเล็กตรอนเริ่มต้นมีความคลาดเคลื่อนแบบ Gaussian ในระดับ 0.5 mm

นักเรียนจะต้องแสดงตารางบันทึกผลการทดลอง กราฟ และการพิสูจน์สูตรต่าง ๆ เพื่อทำให้เห็นชัดว่านักเรียนวัดค่าอะไร และแสดงที่มาของผลการทดลองอย่างไร

1.3 Program Interface

โปรแกรมขอให้นักเรียนใส่ค่าความต่างศักย์ที่ใช้เร่ง

Beam accelerating voltage in V:

ใส่ตัวเลข 1 ค่ารหว่าง 1 และ 10000 และกด return โปรแกรมจะขอให้นักเรียนใส่พิกัดเริ่มต้นที่ใช้ยิงอิเล็กตรอน เริ่มต้นด้วย x_i ใน

x -coordinate of the electron beam in cm:

ใส่ตัวเลข 1 ค่ารหว่าง -20 และ 20 จากนั้นกด return สุดท้ายโปรแกรมจะขอให้นักเรียนใส่ y_i

y -coordinate of the electron beam in cm:

ใส่ตัวเลข 1 ค่ารหว่าง -20 และ 20 จากนั้นกด return ถ้านักเรียนใส่ตัวเลขที่ใช้ไม่ได้ โปรแกรมจะขึ้นว่า

Invalid entry.

และจะขอให้เราใส่ตัวเลขอีกครั้ง เพื่อเตือนนักเรียนเกี่ยวกับช่วงของตัวเลขที่ใช้ได้

หลังจากที่ใส่ค่าตัวเลขทั้ง 3 ตัว โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์

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

โปรแกรมจะสรุปค่าที่เราใส่ และจากนั้น

Electron detected at (x, y) =

ซึ่งบอกตำแหน่งของอิเล็กตรอนที่กระทบบนฉาก อย่างไรก็ตามถ้าอิเล็กตรอนพลาดและไม่ตกบนฉากที่มีขนาดจำกัด โปรแกรมจะขึ้นว่า

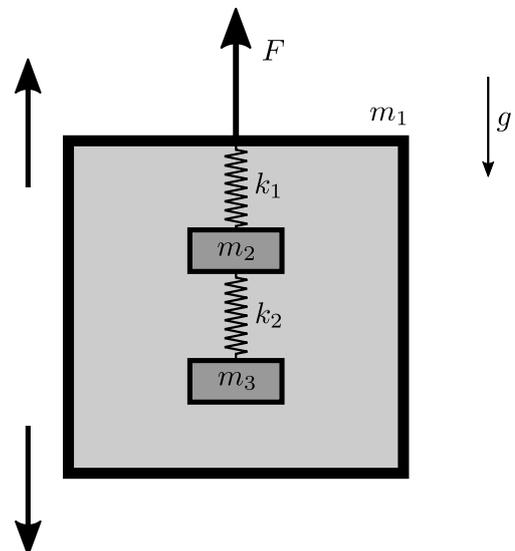
Electron not detected...

นักเรียนสามารถใส่ค่าตำแหน่งเริ่มต้นค่าใหม่ได้

2 กล้องดำ

2.1 บทนำ

ในกล้องดำเชิงกลประกอบด้วยกล้องภายนอกที่มีมวล m_1 ภายในประกอบด้วยมวล m_2 ที่ห้อยด้วยสปริงเบาที่มีค่าคงตัว k_1 จากเพดานของกล้องดำ และยังมีมวล m_3 ที่ห้อยต่อจากมวล m_2 ด้วยสปริงเบาที่มีค่าคงตัว k_2 แรงหนืดของระบบนี้มีขนาดเล็กน้อยและขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุ กำหนดให้ความโน้มถ่วงของโลกมีขนาด $g = 9.81 m/s^2$ และมีทิศขนานกับขอบของกล้อง



เราสามารถทำให้กล้องดำเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงได้ด้วยความเร่งคงตัวตามช่วงเวลาที่กำหนดได้ รูปแบบของความเร่งในช่วงเวลาต่างๆ

สามารถกำหนดได้โดยใส่ค่า ช่วงเวลา (ในหน่วยวินาที) และความเร่ง (ในหน่วย m/s^2) ลงในโปรแกรมจำลอง ซึ่งจะแสดงค่าแบบเรียลไทม์ ของแรง F ที่ต้องใช้กระทำกับกล่องเพื่อให้กล่องเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวตามที่กำหนด หน้าจอโปรแกรมจะแสดงเวลาด้วยโปรแกรมจำลองนี้ยังเซฟไฟล์ข้อมูลจากการจำลองนี้ลงในไฟล์เดสก์ท็อปเดียวกันกับตัวโปรแกรมด้วย การจำลองทุกครั้งจะใช้ตำแหน่งและเงื่อนไขตั้งต้นเดียวกัน

หมายเหตุ: ค่าของแรง F ที่แสดงมีค่าคลาดเคลื่อนแฝงอยู่ด้วย สปริงมีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้น (linear) สำหรับการยืดเล็กน้อย แต่จะเปลี่ยนเป็นไม่เชิงเส้น (nonlinear) สำหรับการยืดหุดที่มีค่ามากเกินไป ค่าของ k_1 และ k_2 คัดจากกรณี การยืดหุดเล็กน้อยจากตำแหน่งสมดุล แรง F และความเร่งมีค่าบวก (+) เมื่อมีทิศขึ้น แต่ละด้านของกล่องมีขนาด 0.6 m และในตอนตั้งต้นกล่องอยู่ที่กึ่งกลางห้องที่มีความสูง 3 m แบบจำลองจะหยุดการทำงานทันทีเมื่อกล่องเคลื่อนที่ไปกระทบเพดานหรือพื้น และจะหยุดการทำงานเหมือนกันหากมวลภายในกระทบกันเองหรือกระทบกับกล่อง ภาพที่นำมาไม่ได้เป็นไปตามขนาดจริง

2.2 ภารกิจ

ให้นักเรียนทำการทดลองผ่านการจำลองเพื่อหาค่า m_1, m_2, m_3, k_1, k_2 นักเรียนไม่ต้องวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนสำหรับข้อนี้

ในการทดลองทั้งหมด นักเรียนต้องเขียนตารางการบันทึกผลให้ชัดเจน ระบุค่าอินพุต ระบุชื่อข้อมูลที่บันทึก ระบุชื่อกราฟและข้อมูลต่างๆบนกราฟ นักเรียนต้องระบุที่มาและสูตรต่างๆที่นักเรียนใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณที่ต้องวัดเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ

2.3 Program Interface

ในตอนตั้งต้นโปรแกรมจะให้นักเรียนระบุค่าอินพุตต่างๆ ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกรูปแบบต่อไปนี้ผสมกัน

- ใส่ตัวเลขสองตัวและกด **return** สำหรับเพิ่มเวลาที่ให้กล่องมีความเร่ง เช่น `1.5 -0.4` ตัวเลขตัวแรกคือ **duration-ช่วงเวลา** ในหน่วยวินาที (ต้องเป็นจำนวนเต็มเท่า (multiple of) ของ 0.01 s) และตัวเลขที่สองเป็น **acceleration-ความเร่ง** in m/s^2 โดยมีค่าระหว่าง -30 และ 30
- พิมพ์ **repeat** ตามด้วยตัวเลข แล้วกด **return** เพื่อระบุจำนวนครั้งของการทำซ้ำ เช่น `repeat 10` ตัวเลขที่ระบุจะเป็น **จำนวนครั้งที่ต้องการทำซ้ำ** การสิ้นสุดการทำซ้ำจะต้องระบุด้วย **endrepeat** (ตั้งตัวอย่างข้างล่าง)
- พิมพ์ **endrepeat** เพื่อระบุการสิ้นสุดการทำซ้ำ เพื่อให้นักเรียนเริ่มการทดลอง ทุกๆ อินพุตที่อยู่ระหว่าง **repeat** และ **endrepeat** จะถูกทำซ้ำตามจำนวนครั้งที่ระบุไว้

นักเรียนไม่สามารถระบุให้มีการทำซ้ำซ้อนกัน (You cannot repeat actions inside another repeat)

- พิมพ์ **sample** และตามด้วยตัวเลข แล้วกด **return** เพื่อเปลี่ยนเวลาในการอ่านและบันทึกผล (sampling time) เช่น `sample 0.4`

ตัวเลขที่ระบุไว้จะเป็นค่า **sampling time** ใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาในการอ่านค่าและบันทึกผลลงไฟล์ ค่า **sampling time** นี้จะต้องเป็นจำนวนเต็มเท่าของ 0.01 s ซึ่งค่านี้ยังเป็นค่า default ของโปรแกรม

- พิมพ์ **begin** เมื่อใส่อินพุตหมดแล้วเพื่อเริ่มการทดลอง นักเรียนยังสามารถเขียนอินพุตในบรรทัดเดียวกันได้ แล้วกด **return** เช่น ใส่อินพุต

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

เพื่อเริ่มการทดลองที่มี **sampling time** เท่ากับ 0.4 s มีความเร่งของกล่องเท่ากับ $a = 0.4\text{ m/s}^2$ และ $a = -0.4\text{ m/s}^2$ ที่ถูกทำซ้ำจำนวน 10 ครั้ง

หากนักเรียนใส่อินพุตไม่ถูกต้อง จะได้รับข้อความ error ต่อไปนี้ เพื่อให้นักเรียนใส่อินพุตใหม่

- ความเร่งอยู่นอกช่วงที่เป็นไปได้
Acceleration is out of range.
- ช่วงเวลาอยู่นอกช่วงที่เป็นไปได้
Duration is out of range.
- sampling time อยู่นอกช่วงที่เป็นไปได้
Sampling time is out of range.
- จำนวนการทำซ้ำอยู่นอกช่วงที่เป็นไปได้
Number of repeat times is out of range.
- มีการทำซ้ำซ้อนกัน
Cannot repeat actions inside another repeat.
- ระบุ end repeat โดยไม่ได้เริ่มต้น repeat
Cannot end repeat outside repeat.
- Error อื่นๆ
Invalid entry.

หลังจากนักเรียนกด **begin** โปรแกรมจะให้นักเรียนระบุชื่อไฟล์ที่ต้องการเซฟ

เมื่อใส่ชื่อแล้วให้กด **return** ไฟล์จะถูกเซฟด้วยฟอร์แมต `.txt` ตามชื่อไฟล์ที่ระบุ และอยู่ในโฟลเดอร์เดียวกันกับโปรแกรมแบบจำลอง

หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงการเริ่มต้นแบบจำลอง
Begin experiment.

โปรแกรมจะแสดงเวลานับจากจุดเริ่มต้นการทดลอง (Time (s)) ค่าของแรง F (Force (N)) และความเร่งของกล่อง (Accel (m/s^2)) ค่าที่แสดงบนหน้าจอจะถูกบันทึกลงในไฟล์

หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงข้อความต่อไปนี้

- ถ้าการทดลองดำเนินไปอย่างไม่ติดขัด (สำเร็จ)
Experiment ended successfully.
- ถ้ากล่องชนเพดาน
The box hit the ceiling. Experiment ended.
- ถ้ากล่องชนพื้น
The box hit the floor. Experiment ended.

- ถ้ามวลภายในกล่องกระทบกัน หรือมวลกระทบกับกล่อง
Masses and/or the box collided. Experiment ended.

หลังจากสิ้นสุดการจำลองแต่ละครั้ง
นักเรียนสามารถเริ่มต้นการจำลองใหม่ได้