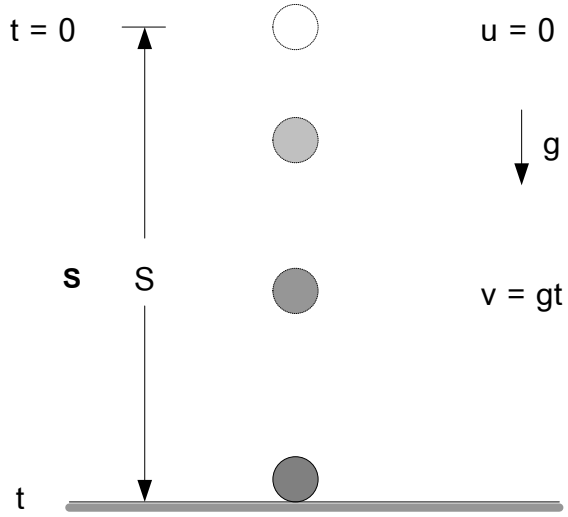
ชุดทดลองการตกอย่างอิสระ

1 ทฤษฎี

ถ้าโยนวัตถุขึ้นหรือปล่อยวัตถุให้ตกลงในแนวดิ่งวัตถุจะเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ค่าเดียวกัน เรียกความเร่งค่านี้ว่า“ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก” สัญลักษณ์ คือ g ซึ่งมีค่าประมาณ 9.81 m/s^2 ที่ผิวโลก และเรียกการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบนี้ว่า “การตกอย่างอิสระ (free fall)” แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 1 การตกอย่างอิสระของวัตถุจากตำแหน่งที่หยุดนิ่งลงสู่พื้นโลก

สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการตกของวัตถุจากจุดหยุดนิ่งขณะที่วัตถุตกลงมาด้วยความเร่งคงที่เนื่องจากวัตถุเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง จากสมการการเคลื่อนที่ของวัตถุตามแนวราบ แทนค่าความเร่ง $\vec{a} = \vec{g}$ เขียนได้ดังนี้

$$s = ut + \frac{1}{2}gt^2 \qquad (1)$$

$$v = u + gt \qquad (2)$$

$$v^2 = u^2 + 2gs \qquad (3)$$

เมื่อ s คือ ระยะทางจากตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุถึงตำแหน่งที่วัตถุตกกระทบพื้น (m)

u คือ ความเร็วต้นของวัตถุ (m/s)

v คือ ความเร็วของวัตถุขณะใดขณะหนึ่ง (m/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

t คือ เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ (s)

สามารถนำไปเขียนกราฟตำแหน่งของวัตถุที่ตกอย่างอิสระเป็นฟังก์ชันกับเวลา แสดงดังรูปที่ 2 เมื่อความเร็วเริ่มต้นเป็นศูนย์ ($u = 0$) ดังนั้น สมการ (1) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \qquad (4)$$

พิจารณาวัตถุมวล m มีความเร่ง $\vec{g}$ เคลื่อนที่ภายใต้สนามแรงโน้มถ่วงคงที่ ($\vec{F} = m\vec{g}$) โดยการใช้ระบบพิกัดฉากในแนวดิ่ง (แกน y) เป็นฟังก์ชันของเวลา สมการการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ จะเขียนในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ได้เป็น

$$m\frac{d^2y(t)}{dt^2} = mg \qquad (5)$$

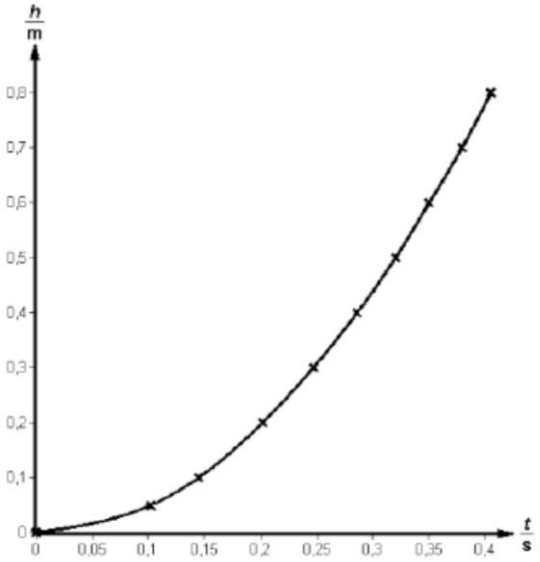
เมื่อให้ตำแหน่งเริ่มต้น $y(t=0) = 0$

$$\frac{dy(t=0)}{dt} = 0 \qquad (6)$$

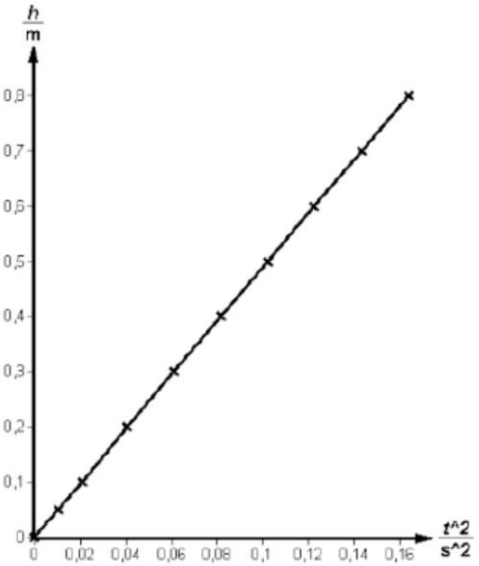
ดังนั้น

$$y(t) = \frac{1}{2}gt^2 \qquad (7)$$

จะเห็นได้ว่าความสูง $y = h$ จะแปรผันตรงกับเวลายกกำลังสอง เมื่อนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (h) และ เวลายกกำลังสอง (t^2) ดังรูปที่ 4.3



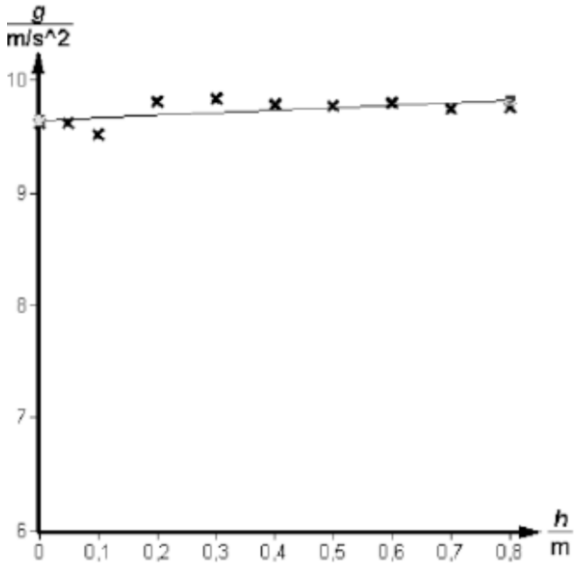
รูปที่ 2 ตำแหน่งของวัตถุที่ตกอย่างอิสระเป็นฟังก์ชันกับเวลา



รูปที่ 3 ความสูงของการตกของวัตถุเป็นฟังก์ชันกับเวลาของการตกยกกำลังสอง

จากกราฟ สามารถคำนวณหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ได้จากค่าความชันของกราฟ ดังสมการ (7) นั่น คือ $\text{slope} = \frac{g}{2}$ ดังนั้น จะได้ $g = 2(\text{slope})$

ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่วัดได้จากการทดลองที่ตำแหน่งความสูงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่วัดได้จากการทดลองที่ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ

2 วัตถุประสงค์การทดลอง

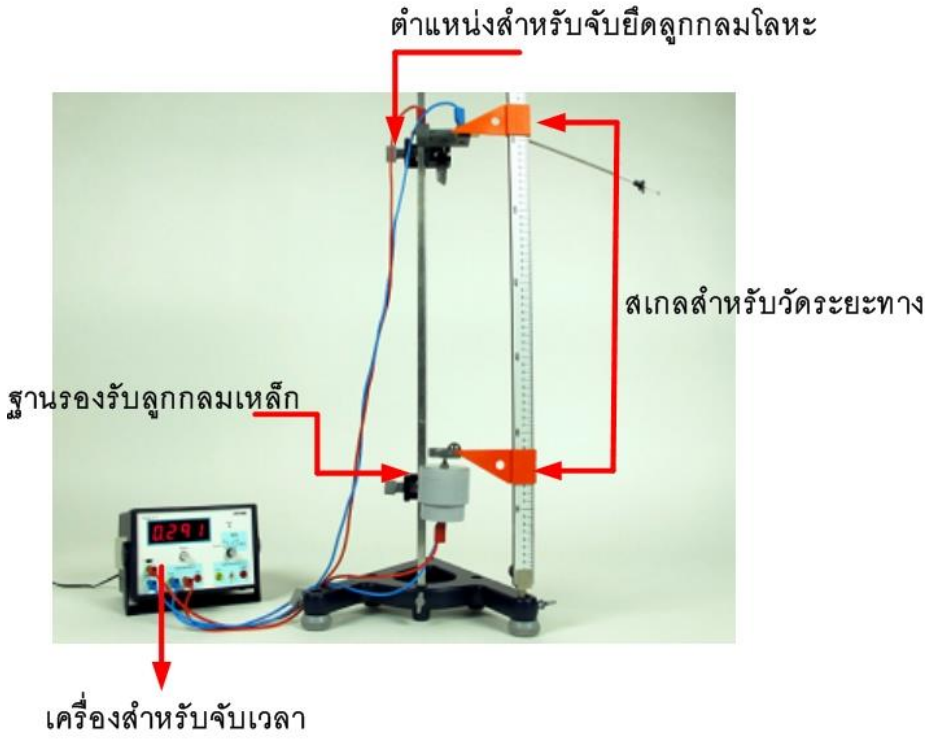
1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งความสูง h ของการตกอย่างอิสระของวัตถุมวล m และเวลา t
2. เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ($\tilde{g}$)

3 อุปกรณ์การทดลอง

1. Falling sphere apparatus	จำนวน	1 ชุด
2. ตัวปล่อยวัตถุ (Release unit)	จำนวน	1 ชุด
3. Impact switch	จำนวน	1 ชุด
4. เครื่องนับเวลา (Timer 2-1)	จำนวน	1 เครื่อง
5. ตัวรับวัตถุ (Support base)	จำนวน	1 อัน
6. Right angle clamp	จำนวน	2 อัน
7. Plate holder	จำนวน	1 อัน
8. Cursors, 1 pair	จำนวน	1 คู่
9. ไม้เมตร (Meter scale, l= 1000 mm)	จำนวน	1 อัน
10. Support rod (square, l = 1000 mm)	จำนวน	1 อัน
11. สายไฟ (Connecting cord, l= 1000mm, red)	จำนวน	2 เส้น
12. สายไฟ (Connecting cord, l= 1000mm, blue)	จำนวน	2 เส้น

4 วิธีการทดลอง

1. จัดวางอุปกรณ์ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การจัดอุปกรณ์ทดลองการตกอย่างอิสระ

รูปที่ 6 การใช้งานเครื่องจับเวลา

2. ต่อตัวปล่อยวัตถุเข้ากับช่อง Start ของเครื่องนับเวลา และตัวรับวัตถุเข้ากับช่อง Light Barrier ของเครื่องนับเวลาและหมุนปุ่มเลือกการนับเวลาไปที่ตำแหน่งการปรับโหมดการทดลองดังแสดงดังรูปที่ 6 ที่ตำแหน่งที่ 3

3. ทำการยึดตัวรับวัตถุให้ตรงกับตำแหน่งที่อ่านค่าได้ง่ายและทำการยึดตัวปล่อยในตำแหน่งความสูงที่ต้องการทำการบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

4. ทำการยึดวัตถุสำหรับใช้ในการทดลองเข้ากับตัวปล่อยวัตถุ ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ลูกบอลเหล็ก

5. กดปุ่ม Reset ที่เครื่องนับเวลา

6. ทำการปล่อยวัตถุที่ตำแหน่งระยะทาง 20 เซนติเมตร ทำการบันทึกค่าเวลาที่ทดลองได้ลงในตารางที่ 4.1 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง เมื่อได้ค่าทั้งสองค่าแล้วให้นำมาหาค่าเฉลี่ย

7. ทำการปรับเปลี่ยนระยะทางในการตกของวัตถุเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 เซนติเมตร จนกระทั้งถึง 80 เซนติเมตร ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 6 แล้วบันทึกผลลงในตาราง

8. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการตกของวัตถุและเวลายกกำลังสอง หาค่าความชันจากกราฟ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g)

9. คำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของค่า g ที่ทดลองได้เทียบกับค่าทางทฤษฎี
(g = 9.81 m/s^2)

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของระยะทางและเวลาการตกของวัตถุ

ระยะความสูง (m)	เวลาการตก t(s)					เวลาเฉลี่ย $\bar{t}$ (s)	เวลายกกำลังสอง $\bar{t}^2$ (s^2)
	1	2	3	4	5		
0.2							
0.3							
0.4							
0.5							
0.6							
0.7							
0.8							

วิเคราะห์กราฟ

ความชัน (Slope) = $\frac{1}{2}g$ = ...m/s^2

ดังนั้น ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) = ...m/s^2

ร้อยละความคลาดเคลื่อน = ...

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูง h กับเวลาเฉลี่ยยกกำลังสอง $\bar{t}^2$

วิเคราะห์กราฟ

ความชัน (Slope) = $\frac{1}{2}g$ = ...m/s^2

ดังนั้น ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) = ...m/s^2

ร้อยละความคลาดเคลื่อน = ...

วิเคราะห์ผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....