

การทดลองที่ 5 เรื่องเครื่องกลของแอดวูด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ศึกษากฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตัน
2. เพิ่มทักษะในการใช้อุปกรณ์
3. รู้จักการนำผลจากข้อมูลดิบไปใช้หาค่าที่สนใจศึกษา

ทฤษฎี

George Atwood (1746-1807) ประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อใช้พิสูจน์กฎข้อสองของนิวตัน กล่าวคือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเป็นส่วนตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำบนวัตถุ และเป็นสัดส่วนกลับกับมวล กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ความเร่งของวัตถุเป็นส่วนกลับกับมวล สมการความสัมพันธ์คือ

$$F = ma \quad \dots\dots\dots(1)$$

F = แรงลัพธ์ มีหน่วยเป็นนิวตัน

m = มวลทั้งหมดที่ถูกเร่ง หน่วยเป็นกิโลกรัม

a = ความเร่ง หน่วยเป็นเมตร / วินาที²

กรณีนี้รวมค่าการหมุนเฉลี่ยของรอกด้วย ซึ่งค่าโมเมนต์เฉื่อยเป็น

$$I = \frac{1}{2} mr^2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

I = โมเมนต์เฉื่อยของรอก

m = มวลของรอก

r = รัศมีรอก

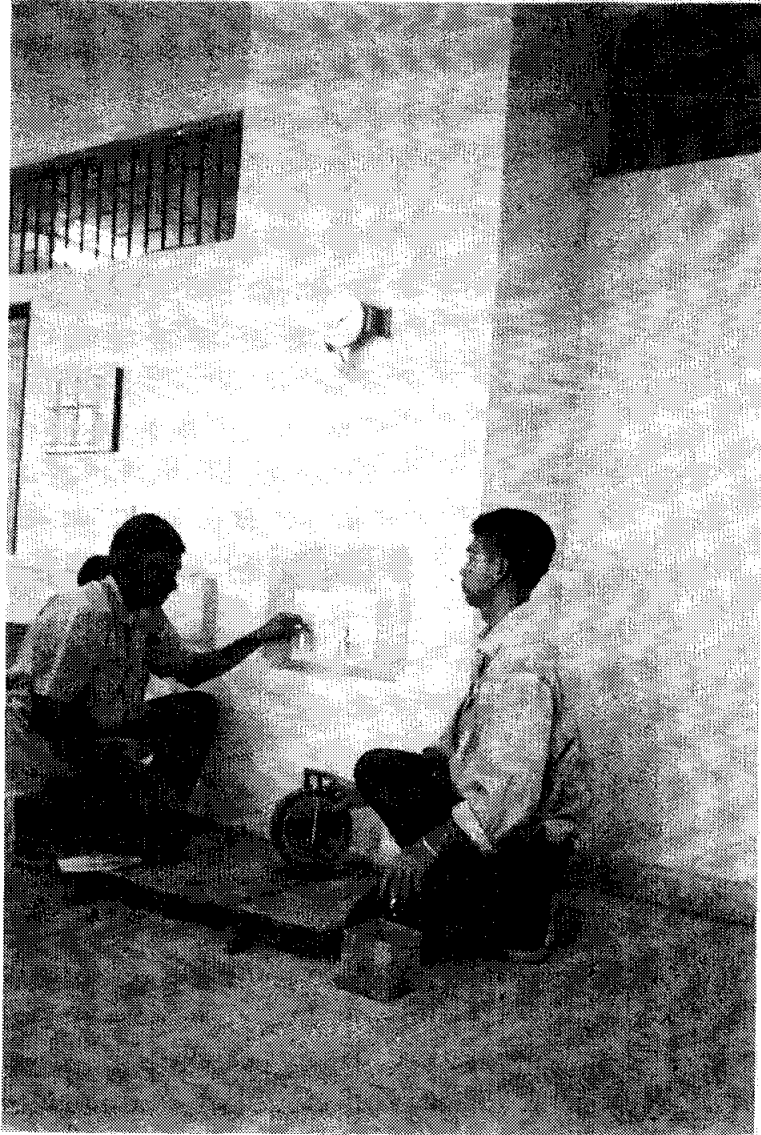
ถ้าวัตถุหยุดนิ่ง เริ่มเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง จะมีระยะทางในการเคลื่อนที่เป็น

$$s = \frac{1}{2} at^2 \text{ หรือ } a = \frac{2s}{t^2} \quad \dots\dots\dots(3)$$

การหาค่าความเร่งเนื่องจากน้ำหนักที่ใช้ถ่วงอาจใช้วิธีกราฟ โดยให้ความเร่งอยู่บนแกนตั้ง และน้ำหนักที่ใช้ถ่วงอยู่บนแกนนอน โดยทั่วไปกราฟเส้นตรงนี้ควรตัดผ่านจุดกำเนิดแต่การทดลองจะได้กราฟที่ไม่ผ่านเนื่องจากความผิดของอุปกรณ์นั่นเอง ต่อไปพิจารณาสมการเดิมคือ $F = ma$

F เป็นแรงเนื่องจากน้ำหนักที่ใช้ถ่วง ลบด้วยค่าแรงเสียดทาน

m เป็นมวลลัพธ์ที่ถูกเร่งแบบเชิงเส้น ซึ่งรวมทั้งค่าตุ้มน้ำหนักและน้ำหนักที่ใช้ถ่วง และต้องรวมค่าน้ำหนักของรอกด้วย



ภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเครื่องกลของแอดวูด

สรุปสมการความสัมพันธ์คือ

$$(mg - f) = (M + 2 \frac{l}{r^2}) a \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$a = \frac{(mg - f)}{(M + 2 \frac{l}{r^2})} \quad \dots\dots\dots(5)$$

- a = ความเร่งของระบบ
- m = ค่าน้ำหนักที่ใช้ถ่วง
- f = แรงเสียดทานซึ่งอยู่ในหน่วยเดียวกับมวล
- M = มวลลัพท์ที่ถูกเร่งแบบเชิงเส้นซึ่งรวมค่าตุ้มน้ำหนักและมวลที่เดิม
- l = โมเมนต์เฉื่อยของรอก
- r = รัศมีรอก

อุปกรณ์ในการทดลอง

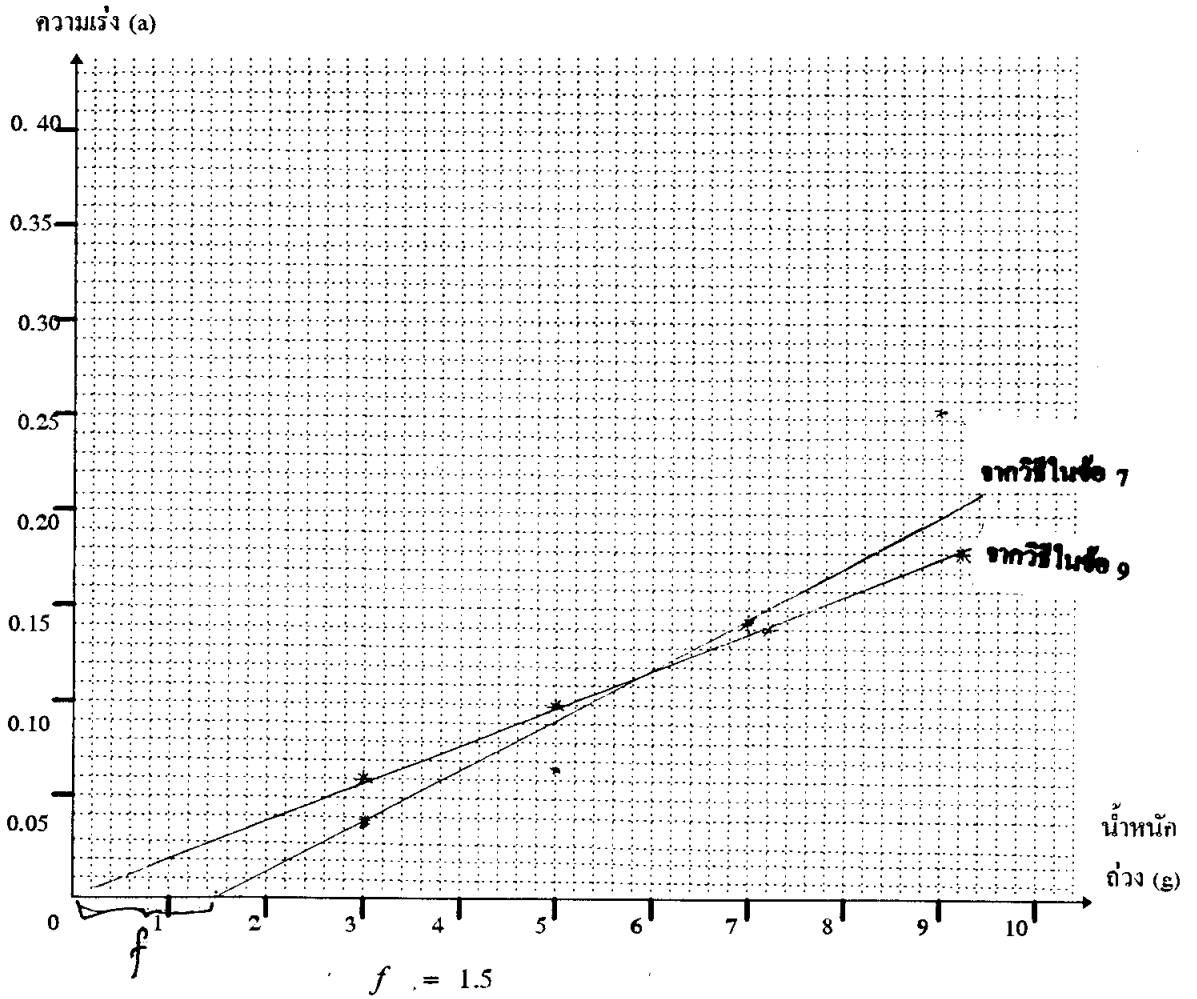
เครื่องกลของแอดวูดประกอบด้วย

1. รอกอะลูมิเนียม ยึดติดผนัง
2. เชือกมีน้ำหนักเบา เพื่อใช้ผูกตุ้มน้ำหนัก
3. ตุ้มน้ำหนักขนาดเท่ากัน 2 ชิ้น
4. น้ำหนักแขวนกลม 5 g หนึ่งชิ้น, น้ำหนัก 2 g หนึ่งชิ้น, น้ำหนัก 1 g หนึ่งชิ้น
5. นาฬิกาจับเวลา
6. ไม้เมตร

วิธีการทดลอง

1. คล้องตุ้มน้ำหนักทั้งสองผ่านรอกและจัดให้เกิดสมดุลโดยน้ำหนักทั้งระบบหยุดนิ่ง
2. วัดระยะความสูงของตุ้มน้ำหนักในข้อ 1
3. ถ่วงน้ำหนักเพิ่มทางด้านขวา
4. จับเวลาในการเคลื่อนที่ของข้อ 3 ซึ่งควรปฏิบัติทันทีทันใดที่ระบบเริ่มเคลื่อนลง หาข้อมูลโดยปฏิบัติเช่นเดิม 5 ครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ย
5. ทำเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 3 และ 4 โดยเปลี่ยนน้ำหนักที่ใช้ถ่วง
6. บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองตามตาราง
7. พล็อตกราฟโดยให้แกนตั้งเป็นค่าความเร่ง และแกนนอนเป็นค่าน้ำหนักที่ใช้ถ่วง
8. ใช้ค่าจากกราฟคำนวณหาความเร่งของระบบ ในสมการที่ 5
9. ใช้ค่าจากข้อ 8. พล็อตลงบนสเกลเดิม วิเคราะห์ลักษณะกราฟที่แปรไป

จากผลการทดลองสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักดั่งกับความเร่ง



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร่ง กับ น้ำหนักดั่งเราสามารถหาความเร่งได้

แบบทดสอบการทดลอง

- กรณีคำนึงถึงผลจากความเฉื่อยของรอก พลังงานศักย์ของระบบคือ
 1. $(m_1 + m_2) gh$
 2. $(m_1 - m_2) gh$
 3. $(-m_1 + m_2) gh$
 4. 0
- พลังงานจลน์ของระบบคือ
 1. $\frac{(-m_1 + m_2) v^2}{2}$
 2. $\frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}$
 3. $\frac{(m_1 - m_2) v^2}{2}$
 4. $\frac{(m_1 - m_2) v^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$
- ถ้า $m_1 = m_2$
 1. แรงตึงในเส้นเชือกเป็นศูนย์
 2. ความเร่งของระบบเป็นศูนย์
 3. พลังงานกลลัพธ์ของระบบเป็นศูนย์
 4. ถูกทุกข้อ
- ตามความเห็นของท่าน แรงตึงในเส้นเชือกจากกรณีนี้
 1. เป็นค่าสูงสุดที่เชือกสามารถทนได้
 2. มีค่าคงเดิมเสมอ
 3. แปรตามค่าน้ำหนักที่ใช้ถ่วง
 4. มีค่าเป็นศูนย์ถ้าระบบหยุดนิ่ง
- กรณีระบบแปรสภาพจากหยุดนิ่งเป็นเคลื่อนที่เมื่อถ่วงน้ำหนักข้างใดข้างหนึ่งนั้น
 1. แสดงว่าเกิดความเร่งขึ้นแล้ว
 2. ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จะแปรตามเวลายกกำลังสอง
 3. ความเร่งเป็นสัดส่วนกลับกับเวลายกกำลังสอง
 4. ถูกทุกข้อ
- จากการทดลอง ถัอรอกที่ใช้มีขนาดเล็กลงมากเท่าใด จะส่งผลต่อระบบคือ
 1. การเคลื่อนที่เร็วมากจนยากในการจับเวลาของการเคลื่อนที่
 2. แรงตึงในเส้นเชือกเป็นศูนย์
 3. ไม่ต้องนำค่าโมเมนต์เฉื่อยของรอกมาเกี่ยว
 4. ถูกทุกข้อ

7. จากการทดลองสรุปได้ว่า
1. ความเร่งที่เกิดมีทั้งค่าเชิงเส้นและเชิงมุม
 2. ถ้ำรอกมีความเฉื่อยสูง ระบบจะมีความเร่งน้อย
 3. $S = 1/2 at^2$
 4. ถูกทุกข้อ
8. มวลของวัตถุที่ผูกอยู่สองข้างของรอกนั้น
1. ส่งผลให้แรงดึงในเส้นเชือกคงค่าเดิมเสมอ
 2. ความเร่งของน้ำหนักทั้งสองข้างมีค่าเดียวกัน
 3. แรงดึงลงเกิดจากแรงดึงดูดของโลก
 4. ถูกทุกข้อ
9. ค่าความเร่งเชิงมุม
1. ของ m_1 ต่างจาก m_2
 2. เป็นค่าเดียวกันทั้ง m_1 & m_2
 3. มีค่าแปรตามแรงดึงในเส้นเชือก
 4. ถูกข้อ 1 & 2
10. ในการทดลอง การเคลื่อนที่ของระบบเกิดเมื่อ
1. เพิ่มแรงดึงในเส้นเชือก
 2. แรงดึงดูดของโลกมีค่ามาก
 3. น้ำหนักที่ถ่วงอยู่สองข้างของรอกไม่เท่ากัน
 4. ถูกทุกข้อ

แนวตอบ

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. 3 | 2. 1 | 3. 2 | 4. 2 | 5. 4 |
| 6. 3 | 7. 4 | 8. 4 | 9. 2 | 10. 3 |

ตารางบันทึกผลการทดลอง

1. น้ำหนักกรอก = 367 กรัม
2. ต้มน้ำหนัก = 100.00 กรัม
3. รัศมีรอก = 7.5 ซม.
4. ระยะความสูงของต้มน้ำหนักเมื่อระบบหยุดนิ่ง (สมดุล) = ซม.

น้ำหนักถ่วง (g)	s (cm)	2s	t (sec)						t ²	a = $\frac{2s}{t^2}$	a = $\frac{(mg - f)}{(M + 2\frac{l}{r^2})}$
			1	2	3	4	5	เฉลี่ย			
3											
5											
7											
9											

ตัวอย่างการคำนวณ

(เนื้อที่นี้สำหรับปิดกระดาษกราฟ)

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์