

การทดลองที่ 3

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

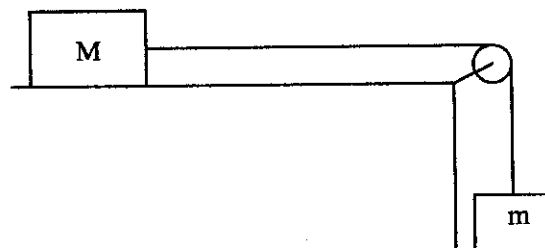
เพื่อศึกษาทฤษฎีบทของงาน-พลังงาน และหลักการอนุรักษ์พลังงานกล

อุปกรณ์การทดลอง

1. Air trace system
2. Glider 3 ขนาด เล็ก , กลาง , ใหญ่
3. PhotogateTimer
4. MEMORY TIME COUNTER
5. มวลขนาด 10 กรัม 1 ชิ้น และ 20 กรัม 2 ชิ้น
6. แผ่นโลหะสำหรับหนุนขาของ Air track

ทฤษฎี

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน



รูปที่ 3.1

จากรูป 3.1 ถ้าคิดว่าเชือกและรอกมีมวลน้อยมาก แรงที่เชือกกระทำกับมวล M จะเท่ากับ แรงที่เชือกกระทำกับมวล m ซึ่งเราเรียกแรงที่เชือกกระทำนี้ว่าแรงตึงเชือก T ถ้าความเสียดทาน ระหว่างมวล M กับพื้นผิวมีค่าน้อยมากๆ แล้ว แรงลัพธ์ที่กระทำกับมวล M คือ

$$T = Ma \quad (3.1)$$

สำหรับ m ซึ่งเคลื่อนที่ลงข้างล่างด้วยความเร่ง เมื่อใช้กฎข้อที่สองของนิวตันแล้วจะได้ว่า แรงลัพธ์ที่กระทำกับ m คือ

$$mg - T = ma \quad (3.2)$$

จากสมการ (3.1) และ (3.2) จะได้

$$mg = (M + m)a \quad (3.3)$$

ดังนั้น ความเร่งของระบบ $a = \left[\frac{m}{M + m} \right] g \quad (3.4)$

หรือ ความเร่งโน้มถ่วงมีค่า $g = \left[\frac{a}{\frac{m}{M + m}} \right] \quad (3.5)$

โดยความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 980 เซ็นติเมตรต่อ(วินาที)² หรือ 9.8 เมตรต่อ(วินาที)²

กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

ในทางฟิสิกส์แล้วกฎการอนุรักษ์พลังงานเป็นกฎที่มีความสำคัญมากกฎหนึ่ง เราทราบแล้วว่าพลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้แต่ผลรวมของพลังงานกลจะคงที่ ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{พลังงานกล} = \text{พลังงานจลน์} + \text{พลังงานศักย์} = \text{ค่าคงที่}$$

พิจารณาแรงคงที่ F ที่กระทำบนวัตถุมวล m แล้วทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามแนวแกน x งานที่กระทำเนื่องจากแรง F แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่ง x_0 ไปยังตำแหน่ง x ใดๆ คือ

$$W = \int_{x_0}^x \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{x_0}^x F dx \quad (3.6)$$

แต่จากกฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตันเราทราบว่า $F = ma$ และความเร่ง a สามารถใช้กฎลูกโซ่ (Chain Rule) เขียนใหม่ได้เป็น

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = v \cdot \frac{dv}{dx}$$

ดังนั้นเมื่อแทน a ในสมการที่ (3.6)

$$\begin{aligned} W &= \int_{x_0}^x F dx = \int_{x_0}^x mv \cdot \frac{dv}{dx} \cdot dx \\ &= \int_{u}^v mv dx \\ &= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

เราเรียกปริมาณแต่ละเทอมทางขวามือของสมการข้างบนนี้ว่าพลังงานจลน์และถ้าเราแทนพลังงานจลน์ด้วย E_k แล้ว

$$W = E_{k_f} - E_{k_i} = \Delta E_k \quad (3.8)$$

สมการ (3.8) เรียกว่าทฤษฎีบทของงาน-พลังงาน ตัวห้อย i หมายถึงเริ่มต้น (initial) และ f หมายถึงสุดท้าย (final)

กรณีงานเกิดจากแรงอนุรักษ์ (W_C) คือพลังงานศักย์ที่ลดลงคั้งสมการ

$$W_C = -\Delta E_p = -(E_{p_f} - E_{p_i}) \quad (3.9)$$

หรือ $-(E_{p_f} - E_{p_i}) = (E_{k_f} - E_{k_i})$

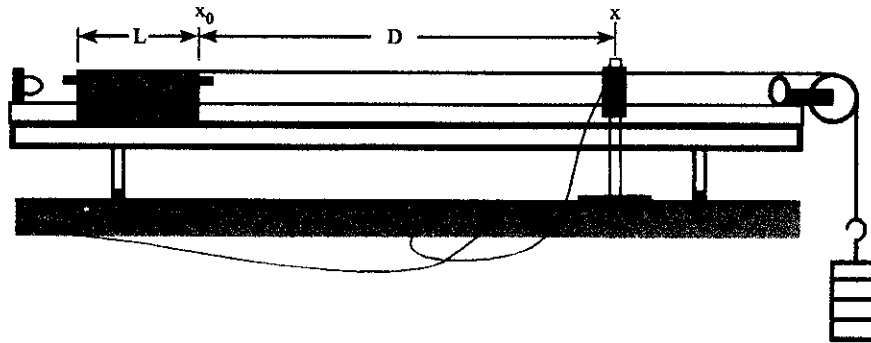
ดังนั้นจะได้

$$(E_{k_i} + E_{p_i}) = (E_{k_f} + E_{p_f}) = \text{ค่าคงที่} \quad (3.10)$$

\therefore พลังงานกลรวมของระบบภายใต้แรงอนุรักษ์ มีค่าคงที่ นั่นคือ ถ้า E_k เริ่มต้น และ E_p สุดท้ายมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น $E_{p_i} = E_{k_f}$

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน



รูปที่ 3.2

1. จัด Air track และ Glider ตามรูป 3.2 โดยพยายามปรับให้อยู่ในแนวระดับ
2. ใช้ Glider ขนาดเล็ก แล้ววัดความยาวของ Glider (L) บันทึกผลลงในตาราง
3. ชั่งมวลของ Glider + ขอเกี่ยว + Sensor รวมเป็น (M)
4. ใส่มวลขนาด 10 กรัม ลงในที่แขวนมวลแล้วชั่งมวลรวมกัน (m)
5. เสียบสายของ Photogate ที่ได้เสียบด้านหลังของ MEMORY TIME COUNTER
6. เปิดสวิทช์ ที่ด้านหลังของ MEMORY TIME COUNTER
7. กดปุ่ม Function ที่ MEMORY TIME COUNTER เพื่อใช้ Mode Acceleration
8. ให้ Glider เริ่มต้นเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง x_0 หลัง Photogate ตัวที่ 1 แล้วปล่อยให้ Glider ให้เคลื่อนที่
9. เมื่อ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 2 ให้ยั้ง Glider ไว้
10. MEMORY TIME COUNTER จะบอก
 - 1 คือ เวลาที่ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 1 บันทึกเวลา (t_1)
 - 2 คือ เวลาที่ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 2 บันทึกเวลา (t_2)
- 1 - 2 คือ เวลาที่ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 1 ถึง Photogate ตัวที่ 2 บันทึกเวลา (T)
11. ทำซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกผลลงในตาราง แล้วหาค่า t_1 , t_2 และ T เฉลี่ย เพื่อหาค่า

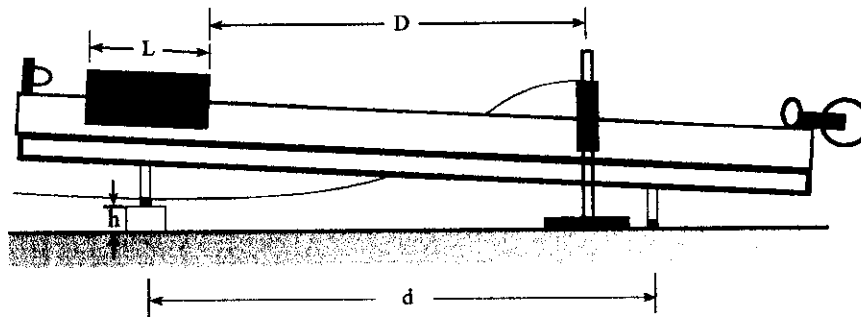
ความเร็วต้นของ Glider $u = \frac{L}{t_1}$ และ ความเร็วปลายของ Glider $v = \frac{L}{t_2}$

ความเร่งของการเคลื่อนที่ $a = \frac{v-u}{\Delta t} = \frac{v-u}{T}$

12. เพิ่มมวลที่แขวนครั้งละ 10 กรัม 4 ครั้ง โดยทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 5. ถึง ข้อ 11.

9. เขียนกราฟระหว่าง ความเร่งกับ $\left[\frac{m}{M+m}\right]$ โดยให้ความเร่งเป็นแกนตั้ง แล้วหาความชันของกราฟซึ่งคือค่าความเร่งโน้มถ่วง (g) จากนั้นหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนกับค่า g ตามทฤษฎี

ตอนที่ 2 กฎการอนุรักษ์พลังงานกล



รูปที่ 3.3

1. วัดระยะห่างระหว่างขาของ Air track (d) แล้ววัดความหนาของแผ่นโลหะสำหรับหนุนขาของ Air track (h) ดังรูป 3.3
2. จัด Air track และ Glider ตามรูป 3.3 โดยพยายามปรับ Air track ให้อยู่ในแนวระดับ แล้วนำแผ่นโลหะมาหนุนขาของ Air track
3. ใช้ Glider ขนาดเล็ก วัดความยาวของ Glider (L) ชั่งมวลของ Glider (m) แล้วบันทึกผลลงในตาราง
4. เสียบสายของ Photogate ที่ใต้เสียบด้านหลังของ MEMORY TIME COUNTER
5. เปิด สวิตช์ Power On ที่ด้านหลัง

6. เปิด สวิตช์ Air Pump

5. ให้ Glider เริ่มต้นเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง x_0 หลัง Photogate ณ ตำแหน่งนี้ความเร็วต้นของ Glider เป็นศูนย์ ($u = 0$)

6. หนูนขาของ Air track ด้านเริ่มปล่อยให้ Glider เคลื่อนที่ เพื่อทำให้เกิดพื้นเอียง หาค่ามุมเอียงจากสมการ $\theta = \tan^{-1}(h/d)$

7. จัด Photogate ให้ห่างจากตำแหน่งเริ่มต้นเคลื่อนที่ของ Glider พอสมควร ให้ระยะนี้คือระยะ D แล้วบันทึกตำแหน่งของ Photogate ไว้ เมื่อปล่อยให้ Glider เคลื่อนที่ผ่าน Photogate, MEMORY TIME COUNTER จะแสดงเวลา

1. คือ เวลาที่ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 1

2 คือ เวลาที่ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 2 บันทึกเวลา (t)

1 - 2 คือ เวลาที่ Glider ผ่าน Photogate ตัวที่ 1 ถึง Photogate ตัวที่ 2 บันทึกเวลา (T)

หาความเร็วปลายของ Glider จากสมการ $v = \frac{L}{t_2}$ กดปุ่ม FUNCTION เพื่อ Reset

บน MEMORY TIME COUNTER ทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

8. หาค่าพลังงานจลน์สุดท้ายจากสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ส่วนพลังงานศักย์เริ่มต้นหาได้จากสมการ $E_p = mgh = mgD\sin\theta$

9. เพิ่มมวลของ Glider โดยคลาย สกรูบน sensor ก้ามปู แล้วนำแผ่นเหล็ก (มี 2 ขนาด คือ หนา และ บาง) วางบน Sensor ก้ามปู แล้วหมุน สกรูยึด โดยที่

Gliderเปล่า เป็น Glider ตัวที่ 1

Glider สีแสด เป็น Glider ตัวที่ 2

Glider ใหญ่ สีดำ เป็น Glider ตัวที่ 3

ทำซ้ำ ข้อ 5. ถึง ข้อ 8.

10. เปรียบเทียบพลังงานจลน์สุดท้ายกับพลังงานศักย์เริ่มต้น หากความคลาดเคลื่อนแล้วสรุปผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และกฎการอนุรักษ์พลังงาน

ผู้รายงาน ชื่อ..... เลขรหัส.....

ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ชื่อ..... เลขรหัส.....

3. ชื่อ..... เลขรหัส.....

4. ชื่อ..... เลขรหัส.....

ทำการทดลองวันที่ เดือน พ.ศ. Section กลุ่ม.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ _____

ตอนที่ 1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

ความยาวของ Glider (L) = เซนติเมตร มวลของ Glider (M) = กรัม

มวลของจานแขวน = กรัม

ระยะจากจุดที่ Glider เริ่มเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของ Photogate = cm.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

มวล (กรัม)	m (กรัม)	t ₁ (วินาที)			t ₂ (วินาที)			T (วินาที)		
		1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
10										
20										
30										
40										
50										

ตารางคำนวณค่า

$u = \frac{L}{t_1}$ (ชม./วินาที)	$v = \frac{L}{t_2}$ (ชม./วินาที)	$a = \frac{v-u}{T}$ (ชม./วินาที ²)	$\left[\frac{m}{M+m} \right]$	ค่า g (ชม./วินาที ²)
			เฉลี่ย	

.....
 อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ

ค่า g จากกราฟ =ชม./วินาที² มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ

ตัวอย่างการคำนวณ หาค่าความเร็ว, ความเร่งของ Glider และ ค่า g จากกราฟ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

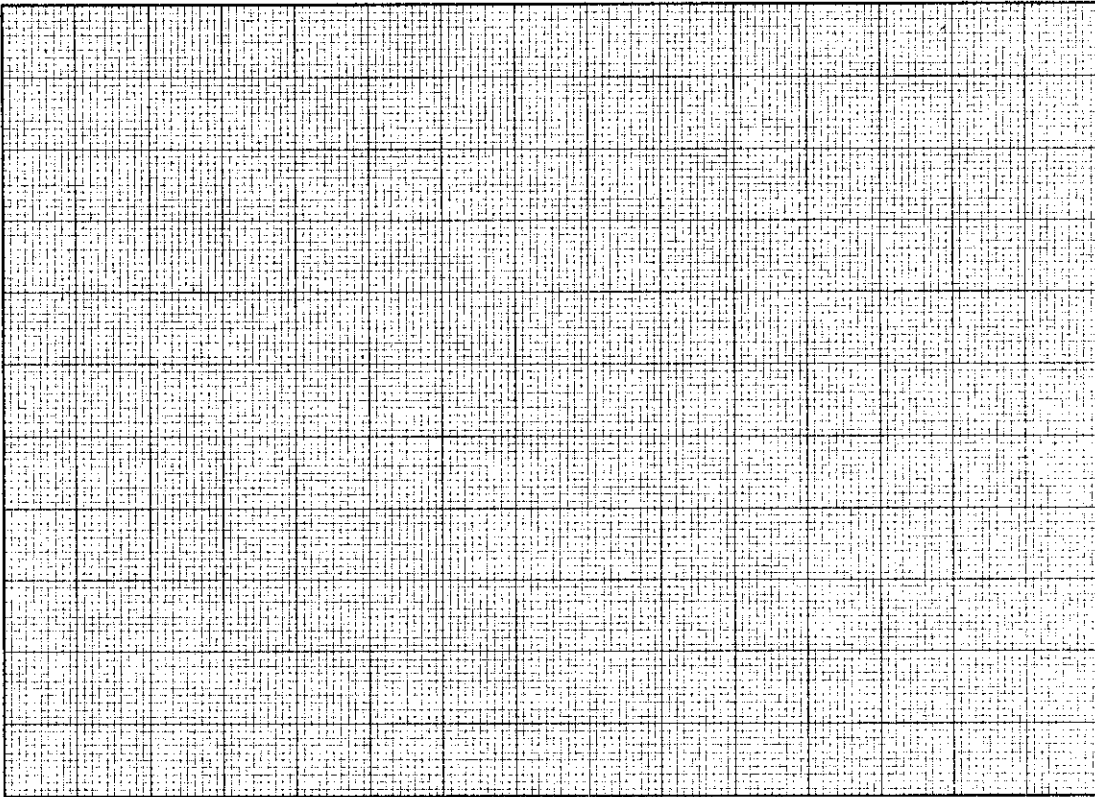
.....

.....

.....

.....

.....



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง a และ $\left[\frac{m}{M+m} \right]$

สรุปและวิจารณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

ความหนาของโลหะที่ใช้หนุน Air track (h) = cm.

ระยะระหว่างขาของ Air track (d) = cm.

ระยะจากจุดที่ Glider เริ่มเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของ Photogate (D) = cm.

มุมเอียง $\theta = \text{Tan}^{-1} (h/d) = \dots\dots\dots$ องศา ค่า $H = D \text{ Sin}\theta = \dots\dots\dots$ cm.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Glider ตัวที่	ความยาวของ Glider (L) (m)	มวล (kg)	t_2 (วินาที)				$v = \frac{L}{t_2}$ (m/s)
			1	2	3	เฉลี่ย	
1							
2							
3							

ตารางคำนวณค่า

Glider ตัวที่	พลังงานจลน์ (kg m ² /s ²)	พลังงานศักย์ (kg m ² /s ²)	% ความ คลาดเคลื่อน
1			
2			
3			

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า พลังงานจลน์, พลังงานศักย์ และค่าความคลาดเคลื่อน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปและวิจารณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

