การทดลองที่ 12
เรื่อง ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. แสดงการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกโดยใช้ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้
2. หาคาบเวลาการแกว่งครบรอบของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้
3. หาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) โดยใช้ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้

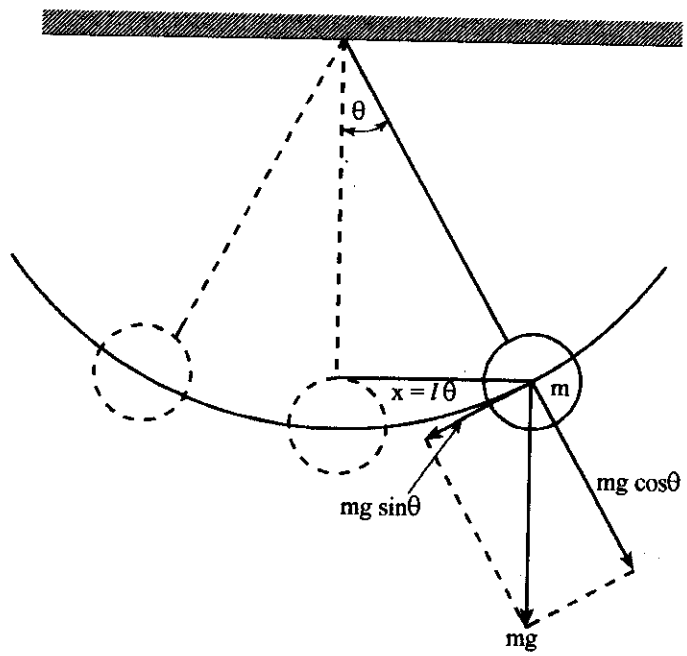
เครื่องใช้ในการทดลอง

1. ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา
2. นาฬิกาจับเวลา
3. ไม้บรรทัด
4. ไม้โปรแทรกเตอร์

ทฤษฎี

ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาประกอบด้วยวัตถุทรงกลมตันผูกติดกับเชือกที่ไม่ยืดไม่หด และต้องถือได้ว่ามวลทั้งหมดอยู่ที่จุดกึ่งกลางของวัตถุ(ทรงกลมตัน)โดยที่วัตถุจะต้องมีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับความยาวของเชือกแขวนลูกตุ้ม

PH 113 (L) 169



รูป 12.1 *แสดงแรงที่กระทำต่อลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาเมื่อลูกตุ้มแกว่ง*

จากรูป m เป็นมวลของวัตถุโดยแขวนติดกับเชือกยาว l ที่มวล m เราจะเห็นได้ว่ามีแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกมากระทำต่อวัตถุซึ่งมีค่าเท่ากับ mg เราสามารถแตกแรง mg ออกเป็น 2 แนว คือแรงในแนวเส้นเชือก l (หรือ แนวรัศมีของวงกลม) มีค่าเท่ากับ $mg\cos\theta$ กับแรงในแนวเส้นสัมผัสกับส่วนโค้งของวงกลมซึ่งมีค่าเท่ากับ $mg\sin\theta$ แรง $mg\sin\theta$ คือแรงนำกลับ (restoring force) ซึ่งเป็นแรงที่นำมวล m กลับสู่ตำแหน่งสมดุล เราจะได้ว่า

$$F = -mg\sin\theta \qquad (12.1)$$

ถ้า θ เป็นมุมเล็กๆ ไม่เกิน 3 องศา และมีหน่วยเป็นเรเดียนจะได้ว่า $\sin\theta \approx \theta$

ดังนั้น $$F = -mg\theta = -mg\frac{x}{l} \qquad (12.2)$$

จากกฎของฮุกในเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกบทที่ 8

$$F = -kx \qquad (12.3)$$

เปรียบเทียบสมการที่ 12.2 และ 12.3 จะได้

$$k = \frac{mg}{l}$$

จากเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก คาบเวลาในการแกว่งครบรอบ, T มีสูตร

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

แทนค่า $k = \frac{mg}{l}$ ลงในสมการข้างบนจะได้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (12.4)$$

สมการที่12.4 จะใช้ได้เฉพาะมุม θ หรือค่าแอมพลิจูดของการแกว่งมีค่าน้อยๆ (ไม่เกิน 3°) เท่านั้น และเรียกการเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขนี้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก เราจะเห็นได้ว่าคาบเวลาของการแกว่งครบรอบ (T) ไม่แปรผันกับค่ามวลของลูกตุ้ม แต่ค่า T จะแปรผันโดยตรงกับรากที่สองของความยาวเชือกที่แขวนลูกตุ้ม ($\sqrt{l}$)

ถ้ามุม θ มีค่ามากสมการที่ 12.4 จะเป็นดังนี้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left[1-\frac{1}{3}\left(\frac{\theta}{2}\right)^2+\frac{2}{15}\left(\frac{\theta}{2}\right)^4+\cdots\right]^{-\frac{1}{2}} \qquad (12.5)$$

จากสมการที่ 12.4 ยกกำลังสองทั้งสองข้าง จะได้

$$T^2 = 4\pi^2\frac{l}{g}$$

$$\therefore \quad g = 4\pi^2\frac{l}{T^2} \qquad (12.6)$$

จากสมการที่ 12.6 เราสามารถหาค่า g ได้ เมื่อทราบความยาวของเชือกที่แขวนลูกตุ้ม และคาบเวลาของการแกว่งครบรอบของลูกตุ้ม

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า T กับค่า θ หรือค่าแอมพลิจูด

1. จัดเตรียมชุดทดลองซึ่งมีลูกตุ้มที่เป็นโลหะและไม้อย่างละ 1 ลูก

2. วัดระยะแขวนลูกตุ้มจากจุดแขวนถึงจุดกึ่งกลางของลูกตุ้ม และแอมพลิจูดของการแกว่งตามตารางในบันทึกผลการทดลอง

3. จับเวลาการแกว่งครบ 30 รอบ บันทึกผลในตาราง(แต่ละรายการ ทำ 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย)

4. คำนวณหาคาบเวลาของการแกว่งเฉลี่ย 1 รอบ

171

5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาของการแกว่งครบรอบกับค่า θ หรือ ค่าแอมพลิจูดของลูกตุ้มไม้และโลหะ โดยใช้กระดาษกราฟร่วมกัน

ตอนที่ 2 หาค่า g

1. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1 (โดยใช้ลูกตุ้มที่เป็นโลหะเพียงลูกเดียว)
2. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1
3. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1
4. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1 และหาค่า T^2
5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาของการแกว่งครบรอบกับความยาวของแขนลูกตุ้ม
6. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาของการแกว่งยกกำลังสอง (T^2) กับค่าความยาวของแขนลูกตุ้ม (l) โดยให้แกน x แทนค่า T^2 และแกน y แทนค่า l เสร็จแล้วหาค่า g

สรุปประเด็นสำคัญ

การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาขนิดธรรมดาเป็นไปตามกฎของฮุก และเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก เฉพาะเมื่อมุม หรือค่าแอมพลิจูดของการแกว่งมีค่าน้อยมากเท่านั้น

กิจกรรมการเรียน

บันทึกผลการทดลองในตารางและสร้างกราฟให้ถูกต้องและชัดเจน

แบบทดสอบการทดลองที่ 12

1. ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์อะไร

   1. วัตถุขนาดเล็กแขวนปลายเชือกเส้นโต 2. วัตถุขนาดต่างๆ แขวนปลายยางยืด

   3. วัตถุขนาดเล็กแขวนปลายเส้นด้ายไม่ยืดหยุ่น 4. วัตถุขนาดใหญ่แขวนปลายลวดสปริง

2. ขนาดของวัตถุในข้อ 1. มีความสัมพันธ์กับความยาวของสายแขวนอย่างไร

   1. ใกล้เคียงกัน 2. ใหญ่กว่ามาก 3. เล็กกว่ามาก 4. ไม่จำกัดขนาด

3. จุดศูนย์กลางของความโน้มถ่วงสำหรับระบบลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาควรอยู่ที่ใด

   1. กึ่งกลางวัตถุ 2. กึ่งกลางสายแขวน

   3. ระหว่างข้อ 1. และ 2. 4. ค่อนไปทางวัตถุ

4. การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกหรือไม่

   1. เป็นเมื่อมุมแกว่งน้อย 2. เป็นเมื่อมุมแกว่งมาก

   3. เป็นในทุกกรณี 4. ไม่เป็นทุกกรณี

5. ขนาดของมวลวัตถุมีผลต่อคาบของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาอย่างไร

   1. มวลมากทำให้คาบยาว 2. มวลน้อยทำให้คาบยาว

   3. มวลไม่มีผลต่อคาบ 4. มีผลเมื่อเล็กมาก

6. ความยาวของสายแขวนมีความสัมพันธ์กับปริมาณใด

   1. ความถี่ 2. คาบของการแกว่ง 3. อัตราเร็ว 4. ถูกทุกข้อ

7. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาแกว่งครบรอบ(คาบ) กับแอมพลิจูดมีลักษณะใด

   1. เส้นตรง 2. เส้นโค้งคดไป - มา 3. พาราโบลา 4. ไฮเพอร์โบลา

8. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาแกว่งครบรอบ(คาบ) กับความยาวของแขนลูกตุ้มมีลักษณะใด

   1. เส้นตรง 2. เส้นโค้งคดไป - มา 3. พาราโบลา 4. ไฮเพอร์โบลา

9. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบกำลังสอง $(\text{คาบ})^2$ กับวามยาวของแขนลูกตุ้มมีลักษณะใด

   1. เส้นตรง 2. เส้นโค้งคดไป - มา 3. พาราโบลา 4. ไฮเพอร์โบลา

10. โดยอาศัยกราฟในข้อ 9. จะหาปริมาณใดในทางฟิสิกส์ได้โดยตรง

    1. อัตราเร็วของลูกตุ้ม 2. อัตราเร่งของลูกตุ้ม

    3. มวลของลูกตุ้ม 4. อัตราเร่งจาดแรงโน้มถ่วงของโลก

แนวตอบ

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

บันทึกผลการทดลอง

เรื่อง ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา

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 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ θ หรือแอมพลิจูด

ชนิดลูกตุ้ม	ความยาว l (ซม.)	แอมพลิจูด θ (องศา)	เวลาการแกว่งครบ 30 รอบ (วินาที)			คาบเวลาการแกว่งครบรอบ (วินาที/รอบ)
			1	2	เฉลี่ย	
ไม้	80	3				
ไม้	80	5				
ไม้	80	10				
ไม้	80	15				
โลหะ	80	3				
โลหะ	80	5				
โลหะ	80	10				
โลหะ	80	15				

ตอนที่ 2 หาค่า g

ชนิดลูกตุ้ม	ความยาว l (ซม.)	แอมพลิจูด θ (องศา)	เวลาการแกว่งครบ 30 รอบ (วินาที)			คาบเวลาการแกว่งครบรอบ T (วินาที/รอบ)	T^2
			1	2	เฉลี่ย		
ไม้	60	3					
โลหะ	80	3					
โลหะ	100	3					
โลหะ	120	3					
โลหะ	140	3					

.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอบคำถาม

1. จากกราฟระหว่างค่า T^2 กับค่า l จงหาค่า g แล้วเปรียบเทียบกับค่า g ที่ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงให้เหตุผลว่าทำไมการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองตอนที่ 1. และตอนที่ 2.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....