การทดลองที่ 6
2 เรื่องลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. แสดงการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก (simple harmonic motion) โดยใช้ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้

2. หาเวลาแกว่งครบรอบของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้

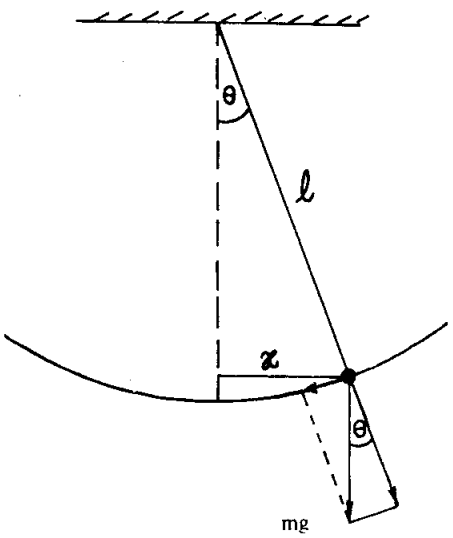
3. หาค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก (g; acceleration of gravity) โดยใช้ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้

เครื่องใช้ในการทดลอง

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

ทฤษฎี

ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา (simple pendulum) ประกอบด้วยวัตถุ ผูกติดกับด้ายหรือไหมที่ไม่ยืดหด และต้องถือได้ว่ามวลทั้งหมดรวมอยู่ที่กึ่งกลางวัตถุซึ่งต้องมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาวของแขนลูกตุ้ม



รูปที่ 6.8 *แสดงแรงที่กระทำต่อลูกตุ้มนาฬิกาขนิดธรรมดาเมื่อลูกตุ้มแกว่ง*

จากรูปจะเห็นว่าลูกตุ้มนาฬิกามีแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกมากระทำมีค่า mg โดย m เป็นมวลของลูกตุ้ม ซึ่งมีแขนยาว ℓ เมื่อแตกแรงนี้ออกเป็น 2 แนวคือ แรงในแนวแขน ℓ (แนวรัศมีของวงกลม) เป็น mg cos θ และแรงในแนวสัมผัสกับส่วนโค้งของวงกลมเป็น mg sin θ

แรง mg sin θ เป็นแรงนำกลับ (restoring force) คือนำมวล m กลับสู่ตำแหน่งสมดุล จะได้

$$F = -mg \sin \theta \qquad \text{.....(6.1)}$$

ถ้า θ เป็นมุมเล็ก ๆ ไม่เกิน 3 องศา และวัด θ ในระบบเรเดียน จะได้

$$\sin \theta \simeq \theta$$

ดังนั้น

$$F = -mg\theta = -mg\frac{x}{\ell} \qquad \text{.....(6.2)}$$

จากกฎของฮุก (Hooke's Law) ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก

$$F = -kx \qquad \text{.....(6.3)}$$

เปรียบเทียบสมการ (6.2) กับ (6.3) จะได้

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

จากเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก เวลาในการแกว่งครบรอบ T มีสูตรเป็น

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

ดังนั้น $$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{mg/\ell}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \qquad \text{.....(6.4)}$$

สมการ (6.4) จะใช้ได้เฉพาะเมื่อมุม θ หรือแอมพลิจูด (amplitude) ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกามีค่าน้อย ๆ เท่านั้น และเรียกการเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขเช่นนี้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก จะเห็นว่า T ไม่แปรผันกับ m แต่แปรผันกับ $\sqrt{\ell}$

ถ้ามุมแกว่ง θ มีค่ามาก สมการ (6.4) จะต้องมีแฟกเตอร์แก้ข้างล่างนี้คูณอยู่ด้วย

$$\left|1+\frac{1}{4}\sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right)+\frac{9}{64}\sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)+\ldots\right|$$

จากสมการ (6.4) ยกกำลังสองทั้งสองข้างจะได้

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

ดังนั้น $$g = 4\pi^2\frac{\ell}{T^2} \qquad \text{.....(6.5)}$$

กล่าวคือ เราสามารถหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ เมื่อทราบความยาวของแขนลูกตุ้มนาฬิกา และเวลาแกว่งครบรอบ

วิธีทดลอง

1. จัดเตรียมชุดทดลอง ซึ่งมีลูกตุ้มนาฬิกาที่เป็นโลหะ และไม้อย่างละ 1 ลูก
2. วัดระยะแขนลูกตุ้มจากจุดแขวนถึงกึ่งกลางลูกตุ้ม และแอมพลิจูดของการแกว่งตามตารางในบันทึกผลการทดลอง
3. จับเวลาการแกว่งครบ 30 รอบ บันทึกผลในตาราง (แต่ละรายการทำ 2 ครั้ง)
4. คำนวณหาเวลาแกว่งเฉลี่ย 1 รอบ
5. เขียนกราฟของการทดลองหมายเลข 2-6 ระหว่างเวลาแกว่งครบรอบกับแอมพลิจูด

6. เขียนกราฟของการทดลองหมายเลข 2, 7-10 ระหว่างเวลาแกว่งครบรอบกับความยาวแขนลูกตุ้ม

7. เขียนกราฟของการทดลองหมายเลข 2, 7-10 ระหว่าง T^2 กับ ℓ

สรุปประเด็นสำคัญ

การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาเป็นไปตามกฎของฮุก และเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกเฉพาะเมื่อมุมและแอมพลิจูดของการแกว่งมีค่าน้อยมากเท่านั้น

กิจกรรม

บันทึกผลการทดลองลงในตารางและกราฟให้ถูกต้องและชัดเจน

แบบทดสอบการทดลองที่ 6. 2

1. ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์อะไร
   1. วัตถุขนาดเล็กแขวนปลายเชือกเส้นโต
   2. วัตถุขนาดต่าง ๆ 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. ขนาดมวลของวัตถุมีผลต่อคาบของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาอย่างไร
   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. กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง (คาบ)^2 กับความยาวของแขนลูกตุ้มมีลักษณะใด
   1. เส้นตรง 2. เส้นโค้งคดไป-มา 3. พาราโบลา 4. ไฮเพอร์โบลา

10. โดยอาศัยกราฟในข้อ 9 จะหาปริมาณใดในทางฟิสิกส์ได้โดยตรง

1. อัตราเร็วของลูกตุ้ม
2. อัตราเร่งของลูกตุ้ม
3. มวลของลูกตุ้ม
4. อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก

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.....

ผู้ร่วมงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ....

3. ....

4. ....

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

หมายเลข	ความยาว ℓ (ซม.)	ชนิดลูกตุ้ม	แอมพลิจูด θ (องศา)	เวลาแกว่ง 30 รอบ	เวลาแกว่งเฉลี่ย 1 รอบ T (วินาที)	T^2
1	80	ไม้	3			
2	80	โลหะ	3			
3	80	โลหะ	5			
4	80	โลหะ	10			
5	80	โลหะ	15			
6	80	โลหะ	20			
7	60	โลหะ	3			
8	100	โลหะ	3			
9	120	โลหะ	3			
10	140	โลหะ	3			

สรุปผลการทดลองและข้อคิดเห็น

ตอบคำถาม

1. จากผลการทดลองหมายเลข 1 และ 2 จะสรุปโดยสังเขปได้อย่างไรบ้าง?

2. จากกราฟระหว่าง T^2 กับ ℓ จงหาค่า g แล้วเปรียบเทียบกับค่า g มาตรฐานที่ยอมรับกัน

3. จงให้เหตุผลว่าทำไมการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก