

การทดลองที่ 7

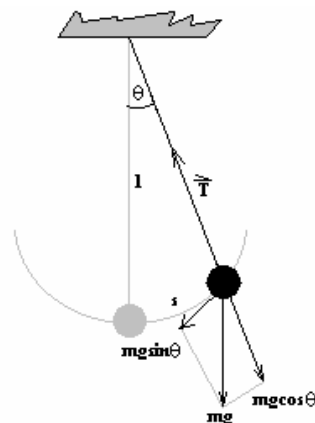
การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของสปริง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาค่า g ณ ตำแหน่งที่ทำทดลอง
2. เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของคาบการแกว่งกับความยาวของเชือกและมวลของลูกตุ้ม
3. หาคความสัมพันธ์ระหว่างระยะยืดของสปริงกับแรงที่กระทำ ตามกฎของฮุกส์
4. หาคความสัมพันธ์ระหว่างคาบการสั่นของสปริงกับมวลที่ติดที่ปลายสปริง
5. ศึกษาค่าคง (k) และค่าเศษส่วนของมวลของสปริง (f)

ตอนที่ 1 วัตถุเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของลูกตุ้ม

ทฤษฎี



รูปที่ 1 ภาพการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

เมื่อลูกตุ้มมวล m ถูกกระทำให้เคลื่อนที่ จากตำแหน่งสมดุล น้ำหนักของวัตถุและแรงดึงของเส้นเชือกจะให้แรงลัพธ์ในทิศทาง ทำให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่กลับไปสู่ตำแหน่งสมดุล จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\Sigma F_t = -mg \sin \theta = m \frac{d^2s}{dt^2} \quad (1)$$

เมื่อความเร่งตามแนวเส้นสัมผัสคือ

$$a_t = \frac{d^2s}{dt^2}$$

โดย $s = l\theta$ และถ้าลูกตุ้มเคลื่อนที่ที่มุมเล็ก ๆ กับแนวตั้ง (ไม่เกิน 5°) จะได้ $\sin \theta \approx \theta$ สมการ (1) จะเป็น

$$-mg \sin \theta \approx ml \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

หรือ

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0 \quad (2)$$

สมการที่ (2) เป็นสมการการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกที่มีคำตอบเป็น $\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \delta)$ ซึ่งมีความถี่เชิงมุมเป็น

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (3)$$

และโดยคาบ (period) ของการแกว่งคือ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ฉะนั้นสมการ (3) จึงเป็น

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

หรือ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4)$$

โดย l คือความยาวของเชือกจากจุดตรึงถึงลูกตุ้ม

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

สมการ (4) เป็นสมการพื้นฐานของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของลูกตุ้ม (Simple Pendulum) ซึ่งเหมาะสำหรับการแกว่ง เป็นมุมเล็ก ๆ เท่านั้น ถ้ามุมโตคาบของการแกว่งจะขึ้นกับมุมด้วยโดย

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta}{4} + \dots \right) \quad (5)$$

ซึ่งจะเห็นว่าทั้งสมการที่ (4) และ (5) คาบการแกว่ง (T) ไม่ขึ้นอยู่กับมวล (m) แต่อย่างใด แต่จะขึ้นกับความยาวของเชือก (l) ตามสมการ (4) และทั้งความยาวของเชือก (l) และมุม θ ตามสมการ (5) สำหรับกรณีมุม θ ไม่เกิน 5° จะได้สมการทำการเป็น

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l \quad (6)$$

และถ้ากรณีมุม θ มากกว่า 5° แต่ไม่เกิน 25° จะได้สมการทำการเป็น

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l \left(1 + \frac{\theta^2}{16} \right) \quad (7)$$

จากสมการที่ (6) เมื่อเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสองของคาบการแกว่ง (T^2) กับความยาว l จะได้กราฟเส้นตรงซึ่งมีค่าความชัน (Slope) เท่ากับ $\frac{4\pi^2}{g}$ ก็จะสามารถหาค่า g ได้ตามต้องการ

อุปกรณ์การทดลอง

1. ลูกตุ้ม เหล็ก ไม้ ทองเหลือง
2. เชือกผูกลูกตุ้มกับจุดตรึง ยาวประมาณ 60 cm
3. ชุดทดลองเอนกประสงค์ทางกลศาสตร์ 1 ชุด
4. ไม้เมตร
5. เครื่องมือวัดมุมแบบครึ่งวงกลม

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1.1 หาค่า g โดยการแกว่งของลูกตุ้ม

1. แขนงลูกตุ้มเหล็กกับชุดทดลอง ให้มีความยาวเชือกต่าง ๆ กันเช่น 10, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 cm เป็นต้น แล้วให้แกว่งด้วยอัมพลิจูด (มุม) เล็กๆ ไม่เกิน 3 องศา ซึ่งในแต่ละกรณีจับเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งโดยกดสวิทช์ให้บานพับหล่น จนลูกตุ้มแกว่งครบ 10 รอบหยุดเวลา ทำการทดลองตำแหน่งละ 2 ครั้ง หาค่าเวลาเฉลี่ย แล้วบันทึกผลการทดลอง และคำนวณ คาบของการแกว่ง
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสองของคาบของการแกว่ง (T^2) และความยาวของเชือก (l) ที่แขวนลูกตุ้มในแนวแกนตั้งตามลำดับ
3. คำนวณค่าความชันของกราฟในข้อ 2 แล้วคำนวณหาค่า g ซึ่งค่าความชัน (Slope) เท่ากับ $\frac{4\pi^2}{g}$
4. เปรียบเทียบค่า g ที่ได้จากข้อ 3 กับค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากสมการที่ (6) และให้หาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า g ที่ได้จากการทดลอง 2 วิธี
5. เปรียบเทียบค่า g ที่ได้กับค่ามาตรฐานคือ 9.81 m/s^2

ตอนที่ 1.2 ทดสอบคาบการแกว่งกับชนิดมวลและขนาดมวลของลูกตุ้ม

1. แขนงลูกตุ้มไม้ด้วยเชือกความยาวคงที่ค่าหนึ่ง (ประมาณ 60 cm) แล้วแกว่งลูกตุ้มด้วยมวลคงที่ค่าหนึ่ง (ประมาณ 3 – 5 องศา) โดยนำลูกตุ้มวางที่บานพับซึ่งในแต่ละกรณี จับเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งโดยกดสวิทช์ให้บานพับหล่น จนลูกตุ้มแกว่งครบ 10 รอบหยุดเวลา บันทึกเวลาการแกว่งเมื่อครบ 10 รอบ
2. เปลี่ยนลูกตุ้มเป็นทองเหลืองและเหล็ก แล้วทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1
3. คำนวณคาบการแกว่งแล้วเปรียบเทียบเมื่อใช้มวลต่างกันตามข้อ 1-2 โดยเขียนกราฟระหว่างคาบการแกว่ง (T^2) เป็นแกนตั้ง และชนิดของมวลเป็นแกนนอน โดยเขียนลงในกราฟแผ่นเดียวกันแต่ใช้คนละสี
4. สรุปข้อ 3 ว่าคาบการแกว่งขึ้นกับชนิดและขนาดของมวลหรือไม่

ตอนที่ 2 การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของสปริง

ทฤษฎี

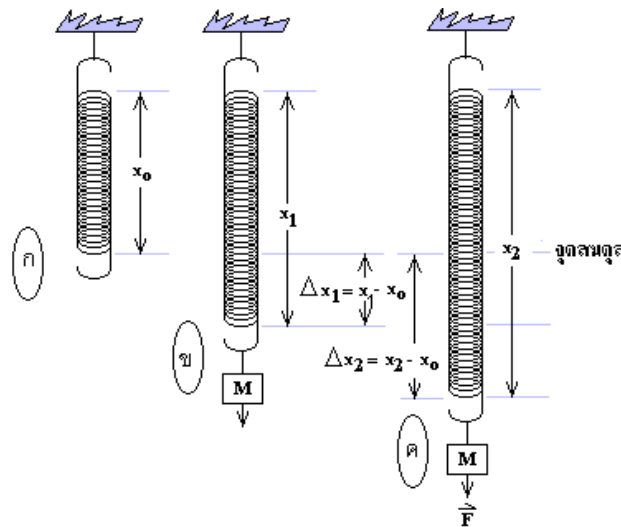
เมื่อออกแรงดึงสปริงที่ไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) ของสปริง ระยะเวลาที่สปริงยืดออกจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดึงซึ่งฮุคส์ (Hooke) ได้กล่าวไว้ว่า “ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่นของวัตถุ ความเค้น (Stress) จะเป็นปริมาณโดยตรงกับความเครียด (Strain)” ถ้าแรง \vec{F} ดึงสปริงให้ยืดออกเป็นระยะ $\Delta \vec{x}$ จะได้

$$\begin{aligned} \vec{F} &\propto \Delta \vec{x} \\ \text{หรือ} \quad \vec{F} &= -k\Delta \vec{x} \end{aligned} \quad (8)$$

เมื่อ k เป็นค่าคงที่ที่เรียกว่าค่าสปริงของสปริง ซึ่งสปริงแต่ละอันจะมีค่าสปริงแตกต่างกันไป และเมื่อออกแรงดึงสปริง ตัวสปริงก็พยายามดึงตัวกลับด้วยแรงที่เรียกว่า แรงคืนตัว (Restoring force) จะมีทิศตรงข้ามกับแรงดึงเสมอ ฉะนั้นจะได้

$$\vec{F} = -k\Delta \vec{x} \quad (9)$$

สำหรับกรณีวัตถุมวล M ติดที่ปลายสปริงที่แขวนไว้ในแนวตั้งสปริงจะยืดออกเป็นระยะ Δx_1 ดังรูปที่ 2 (ข) สปริงจะอยู่ในสมดุล



รูปที่ 2 ภาพแสดงการออกแรงดึงสปริง

จากสมการที่ (8) จะได้

$$F = Mg = k\Delta x_1 \quad (10)$$

ต่อมาออกแรงดึงลงให้ยืดออกมามาก เป็นระยะ Δx_2 ดังรูปที่ 2 (ค) แล้วปล่อย แรงคืนตัวของสปริงจะทำให้ทั้งระบบเคลื่อนที่ขึ้นลงผ่านจุดสมดุลด้วยอัตราเร่ง a

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันคือ

$$-k\Delta x_2 = M^* a \quad (11)$$

เมื่อ M^* คือมวลของระบบ (มวล M + มวลสปริงบางส่วน) จากสมการที่ (11) จะเห็นว่าอัตราเร่งของระบบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่ระบบถูกยืดออกแต่มีทิศตรงข้ามหรืออาจเขียนได้ว่า

$$a = -\frac{k}{M^*} \Delta x_2 \quad (12)$$

ถ้าให้ x เป็นความยาวที่ระยะยืด ณ ตำแหน่งใด ๆ จากตำแหน่งสมดุล จากสมการ (12) จะเป็น

$$\begin{aligned} a &= -\frac{k}{M^*} x \\ a + \frac{k}{M^*} x &= 0 \\ \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{M^*} x &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

โดยที่สมการที่ (13) เป็นสมการการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ที่มีคำตอบเป็น $x = x_0 \cos(\omega t + \delta)$ ซึ่งมีความถี่เชิงมุมเป็น

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M^*}} \quad (14)$$

และคาบ (T) การสั่นจะเป็น

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{M^*}{k}} \quad (15)$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} M^* \quad (16)$$

ในการทดลองนี้ M^* เป็นมวลของระบบ ซึ่งประกอบด้วยมวลของจานรองตุ้มน้ำหนัก (m_0) มวลของตุ้มน้ำหนัก (m) และมวลของสปริง (m_s) ดังนั้นสมการที่ (16) จะได้

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} (m + m_p + fm_s) \quad (17)$$

เมื่อ f คือค่าเศษส่วนของมวลของสปริง

แต่ $m + m_p = M$ ฉะนั้น จึงได้

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} (M + fm_s) \quad (18)$$

เมื่อ m_s เป็นมวลของสปริง

$$\text{หรือ} \quad T^2 = \frac{4\pi^2}{k}M + \frac{4\pi^2}{k}fm_s \quad (19)$$

ซึ่งสมการที่ (19) มีลักษณะคล้ายกับสมการเส้นตรง

$$y = ax + b$$

โดย T^2 เทียบได้กับ y และ $\frac{4\pi^2}{k}$ เทียบได้กับ a ซึ่งเป็นค่าความชัน (Slope) ของกราฟเส้นตรงนี้ ส่วน $\frac{4\pi^2}{k}fm_s$ เทียบได้กับ b ซึ่งเป็นระยะตัดแกน y (y -intercept)

ฉะนั้น ถ้าเราสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบการสั่นกำลังสอง (T^2) กับมวลที่ติดปลายสปริง (M) ก็สามารหาค่า k และ f ได้

อุปกรณ์การทดลอง

1. ตั้มน้ำหนักก้อนละ 10 กรัม และจานรองตั้มน้ำหนัก
2. สปริง
3. ชุดทดลองเอนกประสงค์ทางกลศาสตร์ 1 ชุด

วิธีการทดลอง

1. จัดเครื่องมือโดยแขวนสปริงไว้กับก้านของขาตั้ง วัดความยาวของสปริงเป็นระยะ x_0
2. แขวนจานรองน้ำหนักไว้ที่ปลายสปริง (แขวนไว้ห่างออกมาเล็กน้อยโดยไม่ให้จานรองน้ำหนักสัมผัสกับเสาที่มีสเกลติดอยู่) วางมวล 40 กรัมบนจานรอง สังเกตสปริงยืดออกไปจากตำแหน่งสมดุลครั้งที่ 1 บันทึกเป็นค่า Δx_1 ในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2 แล้วยกมวลขึ้นในแนวตั้งประมาณ 3 cm แล้วนำบานพับไปรองไว้ ตั้งเวลาที่ตำแหน่ง 00 แล้วกดสวิทช์ให้บานพับหล่น ปล่อยให้สปริงสั่น ซึ่งในแต่ละกรณีจับเวลาที่ลูกตุ้มสั่นบันทึกเวลาที่สปริงสั่นครบ 10 รอบโดยหยุดนาฬิกา (ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง)
3. ทดลองซ้ำตามข้อ 2 โดยเพิ่มมวลครั้งละ 10 กรัม โดยไม่เอามวลเดิมออกอีก 5 ครั้ง
4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ดึงสปริง (F) เป็นแกนตั้ง กับระยะยืด (x) เป็นแกนนอน แล้วเขียนสมการคณิตศาสตร์ และคำนวณหาค่าคงของสปริง (k)
5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 เป็นแกนตั้งกับ M [มวลของตั้มน้ำหนัก (m) + มวลของจานรองน้ำหนัก (m_p)] เป็นแกนนอน แล้วเขียนสมการคณิตศาสตร์ และคำนวณหาค่าคงของสปริง (k) และค่าเศษส่วนของมวลของสปริง (f)
6. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่า k ที่ได้จากข้อ 4 และ 5

ใบบันทึกผลการทดลอง
การทดลองที่ 7 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
และการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของสปริง

ชื่อผู้ทดลอง 1. รหัส..... กลุ่ม.....
 ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. รหัส..... กลุ่ม.....
 3. รหัส..... กลุ่ม.....
 4. รหัส..... กลุ่ม.....
 ทำการทดลองวันที่..... เวลา.....

ผลการทดลองตอนที่ 1

ตอนที่ 1.1 หาค่า g โดยวิธีแกว่งลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ความยาวเชือก (l) (เมตร)	เวลาแกว่ง 10 รอบ (t) (วินาที)	คาบการแกว่ง (T) (วินาที / รอบ)	T^2 (s^2)	ค่า g_1 จากสมการ (6)
0.20				
0.25				
0.30				
0.35				
0.40				
0.45				

ตอนที่ 1.2 ทดสอบคาบการแกว่งกับมวล

ชนิดและขนาด มวล (kg)	เวลา 10 รอบ (s)		เวลาเฉลี่ย 10 รอบ (s)	คาบ T (/s)	คาบ T^2 (/s ²)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			

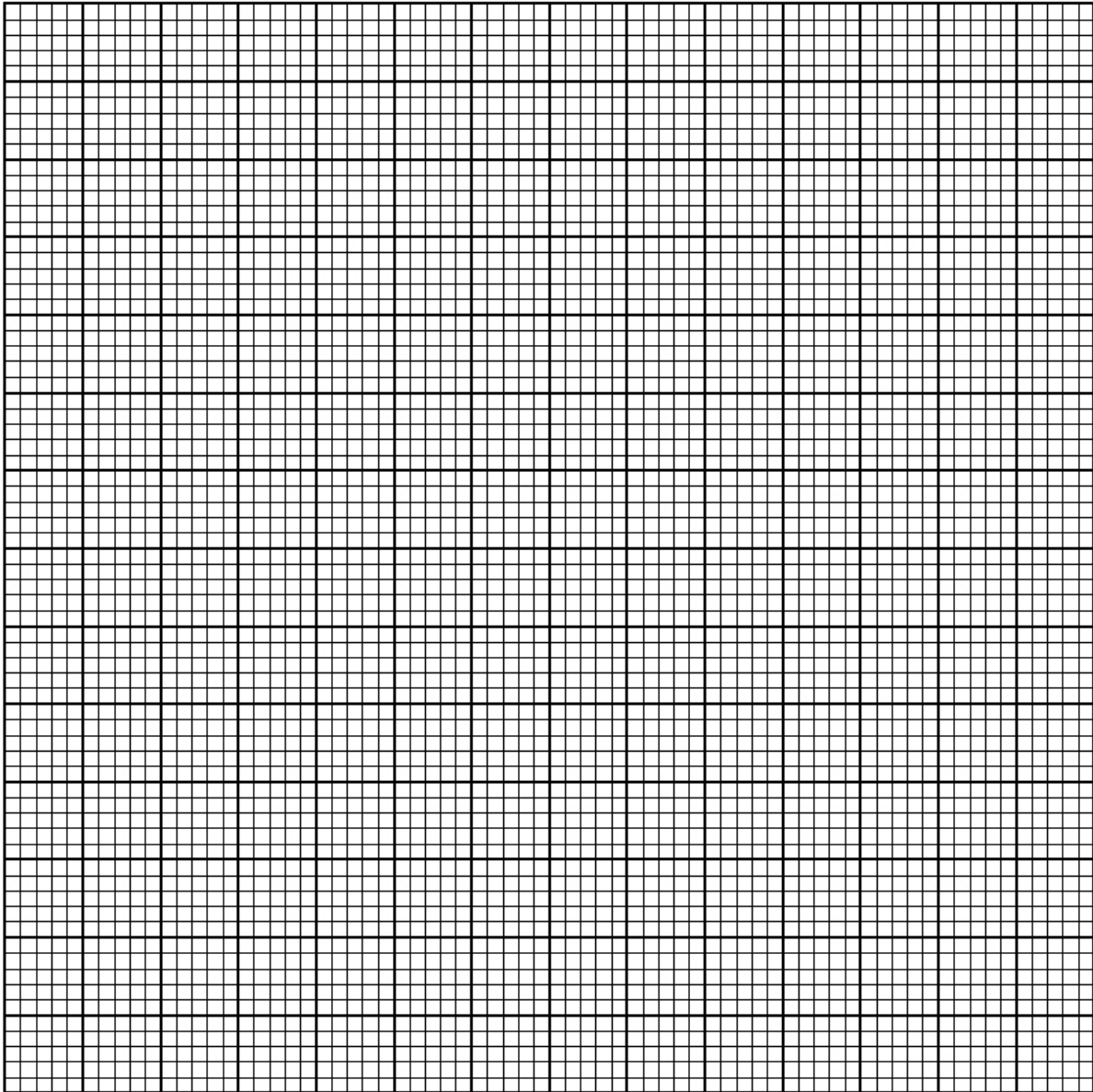
ตัวอย่างการคำนวณ

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสองของคาบของการแกว่ง (T^2) และความยาวของเชือก (l)



ความชันของกราฟ =
 สมการเส้นตรง y =
 ค่า g_2 =

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

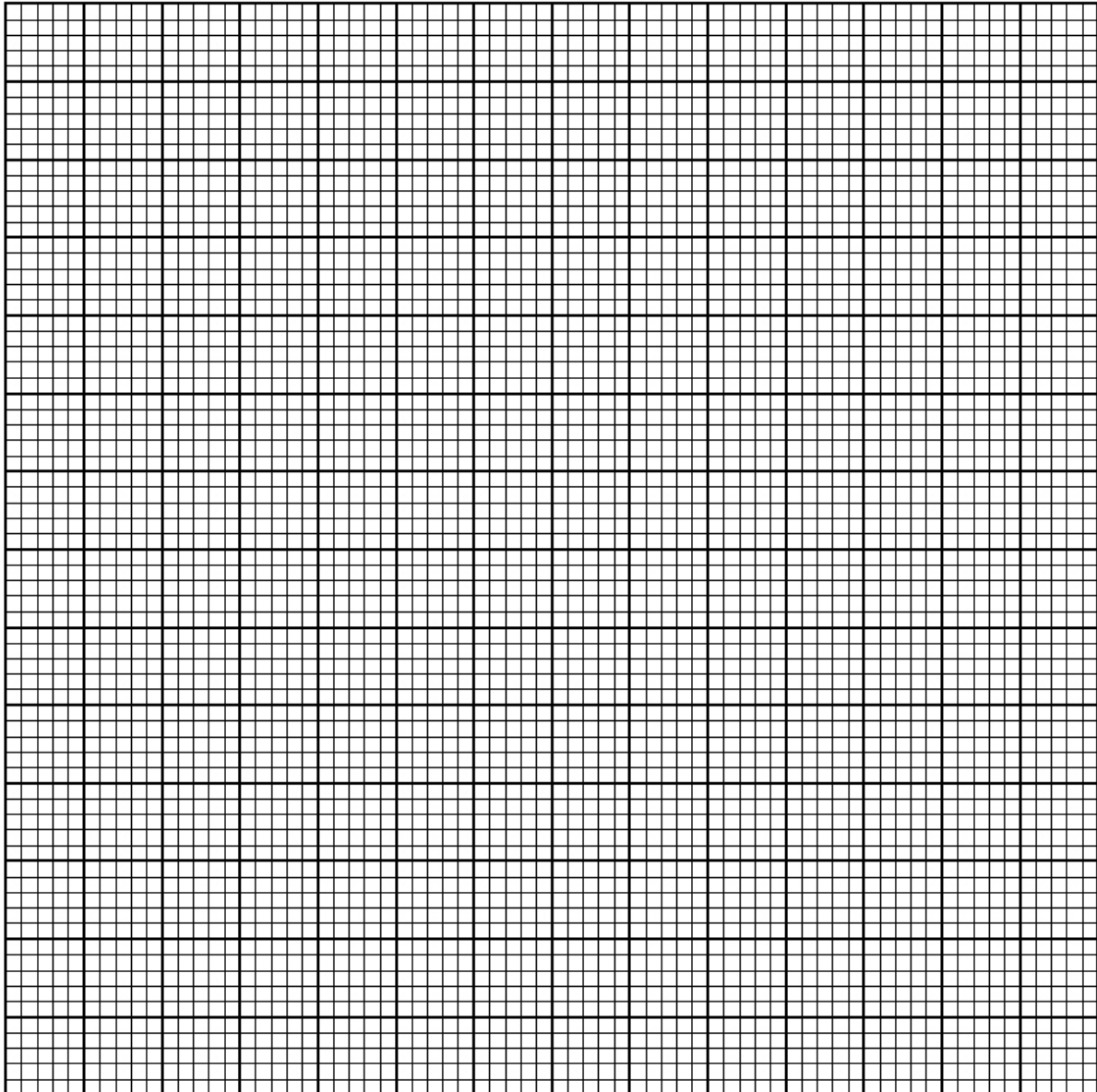
.....

.....

.....

.....

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบ (T^2) ของการแกว่งกับมวล (M)



คาบการแกว่งขึ้นกับมวลหรือไม่ และขึ้นกับมุมหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลองตอนที่ 2

ตอนที่ 2.1 หาค่า k ของสปริง

$$m_p = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

$$m_s = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

$$x_0 = \dots\dots\dots \text{ m}$$

$M = m + m_p$ (kg)	$F = Mg$ (N)	ระยะยืดของสปริง $\Delta x = x_n - x_0$ (m)

ตอนที่ 2.2 การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของสปริง

$$m_p = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

$$m_s = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

$M = m + m_p$	เวลาการแกว่งครบ 10 รอบ (วินาที)				คาบเวลา T (s)	T^2 (s ²)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย		

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

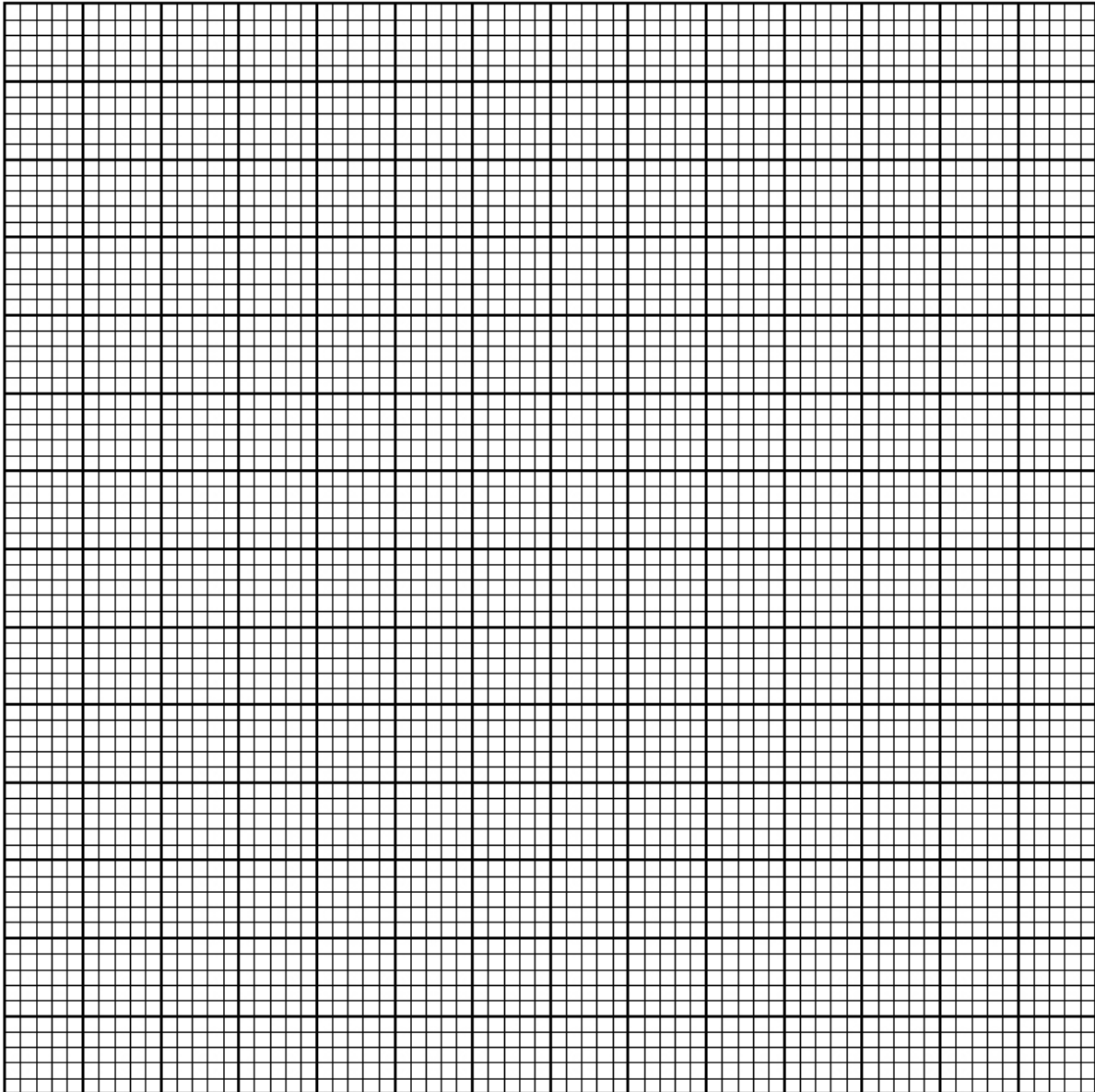
.....

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อมวล (น้ำหนัก) และระยะที่ยืดออก



ความชันของกราฟ =
 สมการเส้นตรง y =
 ค่า k_1 =

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

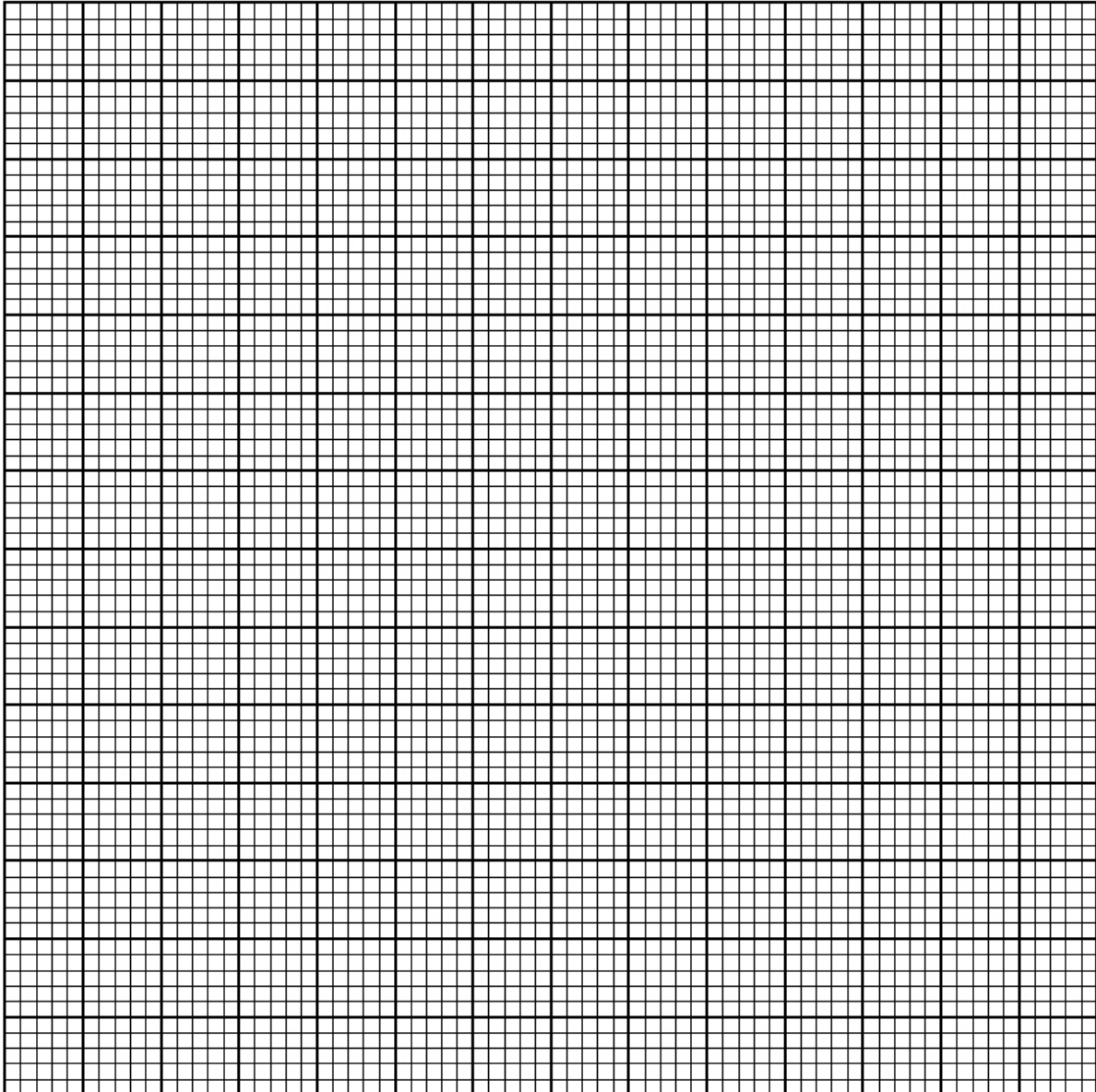
.....

.....

.....

.....

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 เป็นกับ M (ซิมเปิลฮาร์โมนิกของสปริง)



ความชันของกราฟ =

สมการเส้นตรง y =

ค่า k_2 =

ค่า f =

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ค่า g หมายถึงค่าใดตามสภาพภูมิประเทศของโลกจะมีค่า g เท่ากันหรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. มวลและขนาดของลูกตุ้มมีผลต่อค่า g หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ค่า g ของดวงจันทร์มีค่า 1 ใน 6 ของโลก ที่เป็นเช่นนั้นเพราะเหตุใด จงแสดงการพิสูจน์ให้เห็นจริง

.....

.....

.....

.....

4. จงยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงที่มีความเร่งคงที่ ซึ่งพบในชีวิตประจำวัน พร้อมอธิบายเรื่องนั้นๆ

.....

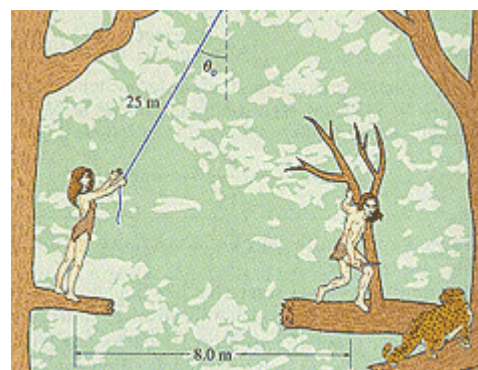
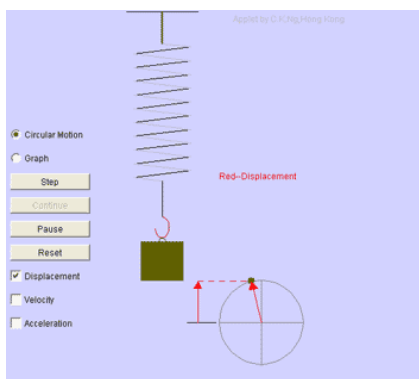
.....

.....

.....

ค้นคว้าเพิ่มเติมที่

<http://203.158.100.140/labphysics1>



การเคลื่อนที่ของมวลติดกับสปริงในแนวตั้ง เป็นการเคลื่อนที่ที่กลับไปมา มีคาบเวลาที่แน่นอน ในการทดลองท่านสามารถเปรียบเทียบการเคลื่อนที่แบบนี้กับการเคลื่อนที่แบบวงกลม เห็นกันได้แบบชัดเจน และ คำนวณหาคาบได้ด้วยตนเอง พร้อมกับทฤษฎี แบบง่ายๆ [คลิกครับ](#)

หวานใจของทาร์ซาน จะไปช่วยทาร์ซาน เธอจะไปช่วยได้หรือไม่ และใช้เวลาเท่าไร ค้นหาคำตอบได้ที่ [นี่ละ](#)

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

● การเรียนการสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ●	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
● การเรียนการสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ●	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
● การเรียนการสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ●	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

