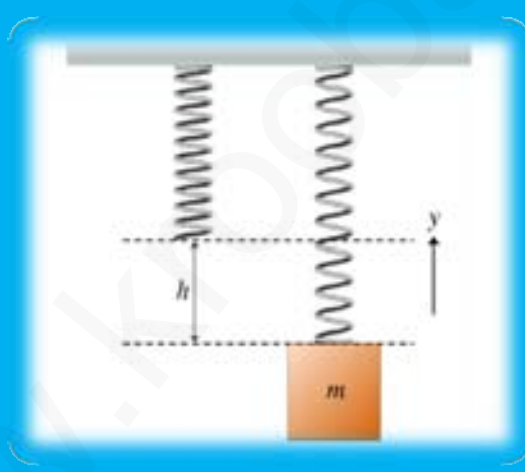
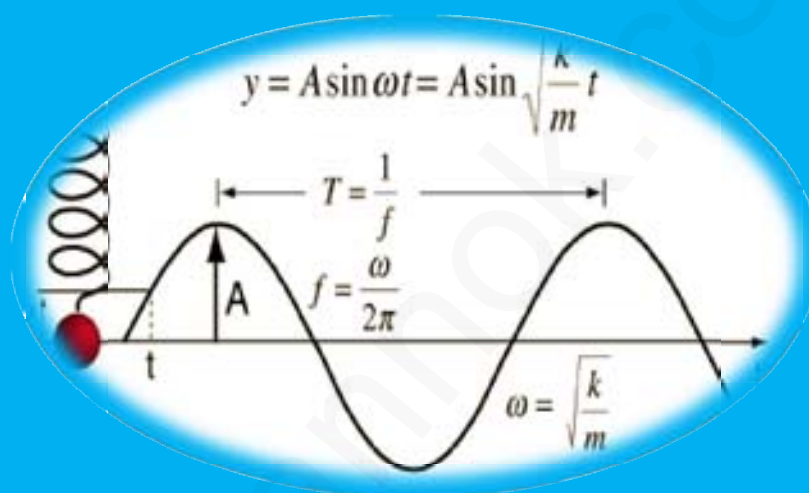


ชุดกิจกรรมเทคนิคแอกลาวิชาฟิสิกส์ 1

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย



ชูชีพ แก้วสี

ครูชำนาญการ โรงเรียนพระแสงวิทยา

## คำนำ

ชุดกิจกรรมเทคนิคแอสทราฟิสิกส์<sup>1</sup> เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เน้นด้านวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยที่ครูผู้สอนจะเป็นผู้นำเสนอบทเรียน หรือเสนอปัญหาแล้วให้นักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ แสวงหาคำตอบ โดยใช้กิจกรรมการอภิปรายกลุ่ม การอ่านที่กระตือรือร้น การทำงานกลุ่ม และการเรียนแบบร่วมมือ

ชุดกิจกรรมนี้ได้พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระ การเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีจำนวน 3 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมในชั้นเรียน เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากสื่อที่หลากหลาย ในการจัดทำและพัฒนา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากนายสุรชาติ รัตตานุกูล ผู้อำนวยการโรงเรียนพระแสงวิทยาและผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนครูโรงเรียนพระแสงวิทยา จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ชุดกิจกรรมเทคนิคแอสทราฟิสิกส์<sup>1</sup> เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ชุดนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ของนักเรียน เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น พัฒนาให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการคิด ตลอดจนเรียนรู้ถึงการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป

ชูชีพ แก้วสี

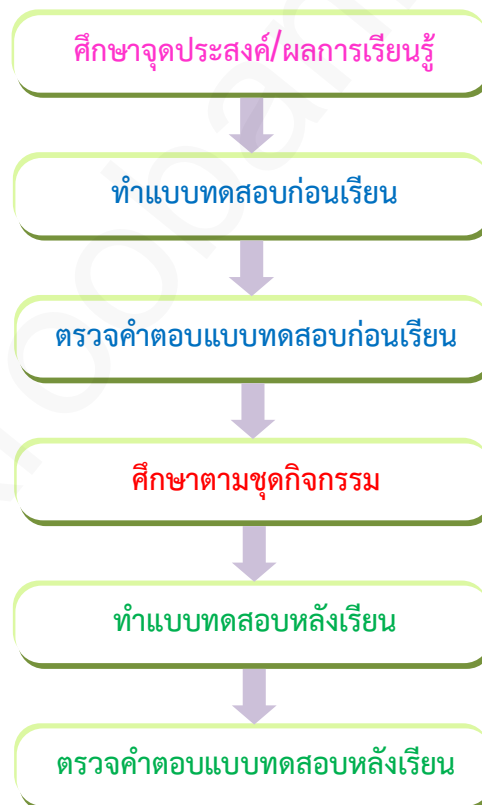
## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
คำแนะนำการใช้.....	1
สาระและมาตรฐานการเรียนรู้.....	2
แบบทดสอบก่อนเรียน .....	4
ใบความรู้ที่ 1.....	6
แบบฝึกทักษะที่ 1 .....	9
ใบความรู้ที่ 2.....	10
แบบฝึกทักษะที่ 2 .....	11
ใบกิจกรรมที่ 1.....	12
รายงานกิจกรรมที่ 1.....	13
ใบความรู้ที่ 3.....	14
แบบฝึกทักษะที่ 3 .....	15
ใบกิจกรรมที่ 2.....	16
รายงานกิจกรรมที่ 2.....	17
แบบทดสอบหลังเรียน.....	18
ภาคผนวก.....	19
บรรณานุกรม .....	21

คำแนะนำการใช้

ชุดกิจกรรมที่ 3  
เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย  
(สำหรับนักเรียน)

ชุดกิจกรรม วิชาฟิสิกส์ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีทั้งหมด 3 ชุด สำหรับเล่มนี้เป็นชุดที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดนักเรียนควรทำกิจกรรมตามขั้นตอนต่อไปนี้



**ชุดกิจกรรมที่ 3 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย****สาระและมาตรฐานการเรียนรู้****สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่**

**มาตรฐาน ว 4.2** เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มี กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

**มาตรฐาน ว 8.1** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

**สาระสำคัญ**

การเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในรูปแบบกลับไปกลับมาผ่านแนวสมดุล อันเนื่องมาจากได้รับแรงที่มีการเปลี่ยนทิศทางตลอดเวลา โดยมีเส้นทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นทางเดิม มีลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นรอบ จึงมีความถี่และคาบด้วย ในขณะที่เคลื่อนที่วัตถุจะมีความเร็วไม่คงตัวจึงทำให้เกิดความเร่งเกิดขึ้นมาด้วย การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมีให้เห็นมากมาย เช่น การแกว่งของมวลปลายสปริง การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การเคลื่อนที่ของสายกีตาร์ การเคลื่อนที่ของน้ำในหลอดแก้วรูปตัวยูที่เปิดทั้งสองข้างขณะที่น้ำถูกรบกวน เงามของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นต้น

**ผลการเรียนรู้**

วิเคราะห์และอธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แสดงความสัมพันธ์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

### จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมแล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย
2. ทดลองการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่ายของรถทดลองซึ่งติดอยู่กับสปริง เพื่อหาความสัมพันธ์ของการกระจัดและความเร็วของรถทดลองในช่วงเวลาครึ่งคาบ
3. คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ได้
4. วิเคราะห์ได้ว่าการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ซึ่งมีช่วงการแกว่งแคบ ๆ เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย
5. ทดลองเรื่องลูกตุ้มอย่างง่าย เพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

### ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น

1. การกระจัดและความเร็ว
2. การหาเวกเตอร์ลัพธ์และการแยกเวกเตอร์
3. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ของนิวตัน
4. ความเร่งของวัตถุที่ตกแบบเสรี
5. สมการการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร็วคงตัวและความเร่งคงตัว
6. ฟังก์ชันตรีโกณมิติของมุมที่พบบ่อย

### คำชี้แจง

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

กำหนดให้  $g = 10 \text{ m/s}^2$  และไม่คิดแรงต้านเนื่องจากอากาศทุกกรณี

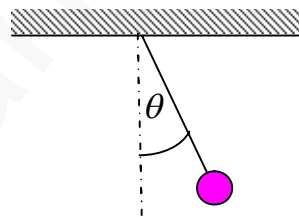
1. ข้อใดเป็นลักษณะเฉพาะของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

- ก. เคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำเส้นทางเดิม
- ข. เคลื่อนที่ห่างจากจุดอยู่นิ่งหนึ่งด้วยระยะคงเดิมตลอดเวลา
- ค. เคลื่อนที่ในเส้นทางเดิมโดยไม่เปลี่ยนทิศ
- ง. เคลื่อนที่เป็นแนวโค้งที่เกิดการกระจัดตามแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกัน

2. การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา (Pendulum) มีคาบการแกว่ง 2 วินาที โดยเชือกทำมุม  $\theta$  กับแนวตั้ง

เมื่อปรับทดลองใหม่โดยใช้มุมเพียงครึ่งหนึ่งของมุมเดิม ( $\theta_2 = \frac{\theta_1}{2}$ ) คาบการแกว่งจะเป็นเท่าใด

- ก. 4 วินาที
- ข. 3 วินาที
- ค. 2 วินาที
- ง. 1 วินาที



3. ในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ข้อความในข้อใดผิด

- ก. วัตถุมีความเร่งแปรผันตรงกับการกระจัด แต่ความเร็วเป็นศูนย์เมื่อมีการกระจัดมากที่สุด โดยมีแอมพลิจูดคงที่
- ข. วัตถุมีความเร็วมากที่สุด เมื่อการกระจัดและความเร่งเป็นศูนย์
- ค. เฟสของการกระจัดและความเร่งต่างกัน  $2\pi$  เรเดียน
- ง. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีทิศตรงกันข้ามกับการกระจัดของวัตถุจากตำแหน่ง สมดุล

4. มวลผูกติดกับสปริงเบาแล้วดึงให้สปริงยืดออก 5 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน/วินาที จงหาว่าเมื่อมวลเคลื่อนที่ผ่านจุดสมดุล มวลจะมีอัตราเร็วเท่าใด

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| ก. 0.50 เมตร/วินาที | ข. 3.14 เมตร/วินาที |
| ค. 6.28 เมตร/วินาที | ง. 5.00 เมตร/วินาที |

5. วัตถุหนึ่งสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ด้วยความถี่ 7 เฮิรตซ์ และแอมพลิจูด 3 เซนติเมตร จงหาขนาดของความเร็วสูงสุด และความถี่สูงสุดของวัตถุนี้

- |   |   |
|---|---|
| ก. $58.0 \text{ m/s}^2$ ; $1.3 \text{ m/s}$ | ข. $49.4 \text{ m/s}^2$ ; $1.3 \text{ m/s}$ |
| ค. $58.0 \text{ m/s}^2$ ; $3.4 \text{ m/s}$ | ง. $49.4 \text{ m/s}^2$ ; $3.4 \text{ m/s}$ |

6. นาฬิกาโบราณเรือนหนึ่ง อาศัยหลักการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาเป็นเครื่องบอกเวลา ถ้านาฬิกาเรือนนี้ไปไว้ที่ดวงจันทร์ ซึ่งพบว่า ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์มีค่าเป็น  $1/6$  เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จงหาว่า นาฬิกาจะตีบอกเวลา 1 ชั่วโมง จะต้องใช้เวลาจริงๆ เท่าไร

ก. 1 ชั่วโมงเท่าเดิม

ข. 1.45 ชั่วโมง

ค. 2 ชั่วโมง

ง. 2.45 ชั่วโมง

7. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ถ้าความเร็วสูงสุดเป็น 20 เมตร/วินาที และมีความเร่งสูงสุด 80 เมตร/วินาที<sup>2</sup> ตามลำดับ วัตถุมีการสั่นเท่าใด

ก. 6.28 วินาที

ข. 3.14 วินาที

ค. 1.57 วินาที

ง. 0.79 วินาที

8. ในการคำนวณหาความเร่งโน้มถ่วงของโลกโดยใช้การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาที่แขวนลูกตุ้มยาว 1.6 เมตร พบว่าคาบการแกว่งเป็น 2.5 วินาที ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ตำแหน่งนั้นเป็นเท่าไร

ก. 9.7 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

ข. 9.8 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

ค. 9.9 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

ง. 10.1 เมตร/วินาที<sup>2</sup>

9. รถทดลองมวล 500 กรัม ติดอยู่กับสปริง เมื่อออกแรงดึงด้วยแรง 5 นิวตัน ในทิศขนานกับพื้น จะทำให้สปริงยืดออก 10 เซนติเมตร เมื่อปล่อยรถทดลองจะเคลื่อนที่ด้วยคาบเท่าไร

ก. 0.63 วินาที

ข. 0.67 วินาที

ค. 1.60 วินาที

ง. 2.00 วินาที

10. สปริง A และ B สั่นอยู่ในแนวตั้ง โดยมีมวลติดอยู่ที่ A เป็น 2 เท่าของ B แต่ค่านิสสปริง B เป็น 2 เท่าของ A เราจะสรุปการเคลื่อนที่ของสปริงได้ว่า

ก. A มีแอมพลิจูด เป็น 4 เท่าของ B แต่มีความถี่เป็นครึ่งหนึ่งของ B

ข. A มีแอมพลิจูด เป็น 4 เท่าของ B แต่มีความถี่เท่ากัน

ค. A มีแอมพลิจูด เป็น 2 เท่าของ B แต่มีความถี่เท่ากัน

ง. A มีแอมพลิจูด เป็น 2 เท่าของ B แต่มีความถี่เป็นครึ่งหนึ่งของ B



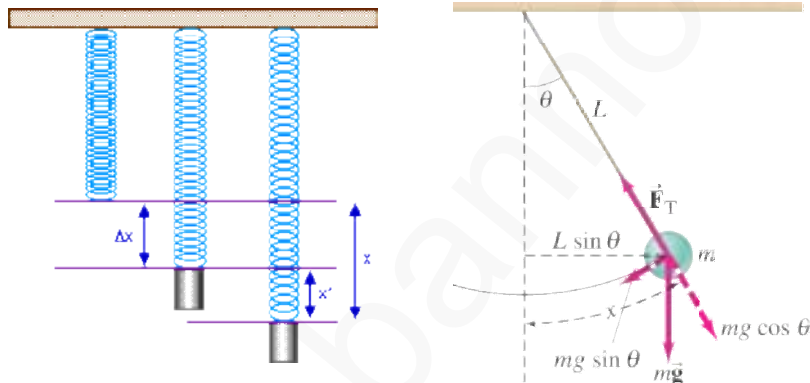


### การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

#### การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

##### การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (*Simple harmonic motion*) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุกลับไปมาซ้ำทางเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีขนาดของการกระจัดสูงสุดคงตัว เรียกว่า แอมพลิจูด (*Amplitude*),  $A$  ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบเรียกว่า คาบ (*Period*),  $T$  และจำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่ (*Frequency*),  $f$  ตัวอย่างวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เช่น การแกว่งของมวลผูกปลายสปริง การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การสั่นของสายกีตาร์ เป็นต้น

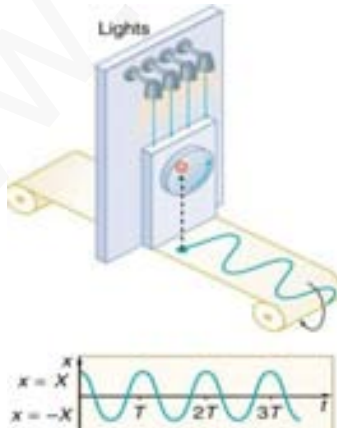


ภาพที่ 1 การแกว่งของมวลปลายสปริงและลูกตุ้มนาฬิกา

(ภาพจาก <http://www.alpcentauri.info>)

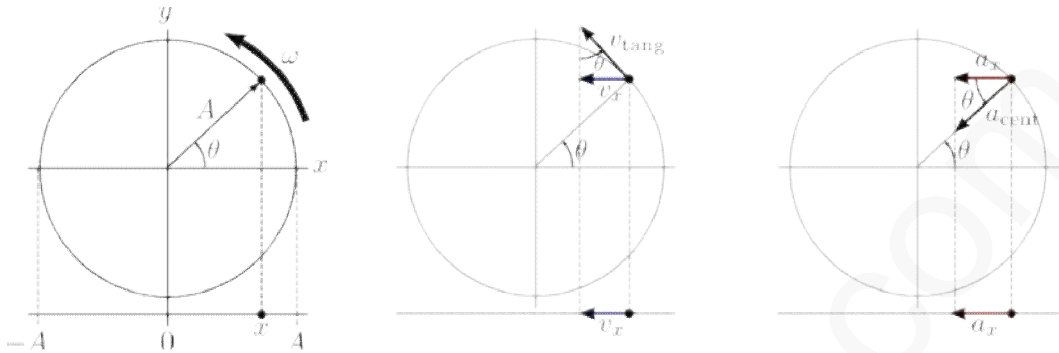
##### การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย มีสมการที่เกี่ยวข้อง 3 สมการหลักๆ คือ การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง การจะได้มาซึ่งสมการเหล่านี้เราพิจารณาจากเงาของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม ซึ่งมีเงาได้ 2 แนว คือเงาในแนวราบกับเงาในแนวตั้ง



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของเงาวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม  
(ภาพจาก <http://cnx.org/>)

จากภาพที่ 2 เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบตั้ง ฉายไฟจากด้านบน ทำให้เกิดเงาเคลื่อนที่ในแนวราบ เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่เป็นวงกลม ทำให้เงาเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ซึ่งจะมีลักษณะเป็นรอบ เหมือนกับการเคลื่อนที่แนววงกลม จึงเกิด คาบ และ ความถี่



ภาพที่ 3 แสดงการกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย  
สมการแสดงการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

□ สมการการกระจัด จากรูปการกระจัดแนวราบจะเปลี่ยนขึ้นกับเวลา

$$x = A \cos \omega t \quad (\text{ทิศทาง } +x)$$

□ สมการความเร็ว จากรูปความเร็ววัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมคือเส้นสัมผัสเส้นโค้ง (Tangent curve) ที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อ ต้องการความเร็วแนวราบดังนั้น  $v_x = -v \sin \omega t$  (ทิศทาง  $-x$ )  
จากการเคลื่อนที่แนววงกลม มีความสัมพันธ์  $v = \omega r$  ดังนั้น

$$v_x = -\omega A \sin \omega t \quad (\text{ทิศทาง } -x)$$

□ สมการความเร่ง จากรูปความเร่งของการเคลื่อนที่แนววงกลมคือความเร่งสู่ศูนย์กลาง แต่เงาที่เคลื่อนที่อยู่ในแนวราบ จึงได้  $a_x = -a \cos \omega t$  และจาก  $a = \omega^2 r$

$$a_x = -\omega^2 A \cos \omega t \quad (\text{ทิศทาง } -x)$$

ถ้าฉายไฟจากด้านข้างก็จะทำให้เกิดเงาในแนวตั้ง สมการที่ได้ก็จะเปลี่ยนไปจึงสรุปสมการออกมาดังในตาราง

	แนวราบ	แนวตั้ง
การกระจัด	$x = A \cos \omega t$	$y = A \sin \omega t$
ความเร็ว	$v_x = -\omega A \sin \omega t$	$v_y = \omega A \cos \omega t$
ความเร่ง	$a_x = -\omega^2 A \cos \omega t$	$a_y = -\omega^2 A \sin \omega t$

ตาราง 1 แสดงสมการของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

**ตัวอย่างที่ 1** วัตถุชนิดหนึ่งเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายในแนวตั้ง มีคาบการเคลื่อนที่ 0.2 วินาที และแอมพลิจูด 0.5 เมตร จงหา

ก. เขียนสมการแสดง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง

ข. การกระจัด ความเร็ว และความเร่งที่สูงที่สุด

**แนวคิด** จากโจทย์  $T = 0.2$  วินาที ทำให้เราทราบอัตราเร็วเชิงมุม  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 10\pi \text{ rad/s}$

แอมพลิจูด  $0.5$  เมตร ( $A = 0.5$  เมตร)

ก. จาก  $y = A \sin \omega t$  ดังนั้น  $y = 0.5 \sin 10\pi t$  เป็นสมการการกระจัด **ตอบ**

จาก  $v_y = \omega A \cos \omega t$  ดังนั้น  $v_y = 5\pi \cos 10\pi t$  เป็นสมการการความเร็ว **ตอบ**

จาก  $a_y = -\omega^2 A \sin \omega t$  ดังนั้น  $a_y = -50\pi^2 \sin 10\pi t$  เป็นสมการการความเร่ง **ตอบ**

ข. หาค่าสูงสุด สิ่งที่เรารู้คือ ค่าสูงสุดของ  $\sin \theta = 1$  และ  $\cos \theta = 1$

ดังนั้น สมการทั้งสาม  $y = A, v_y = \omega A$  และ  $a_y = \omega^2 A$

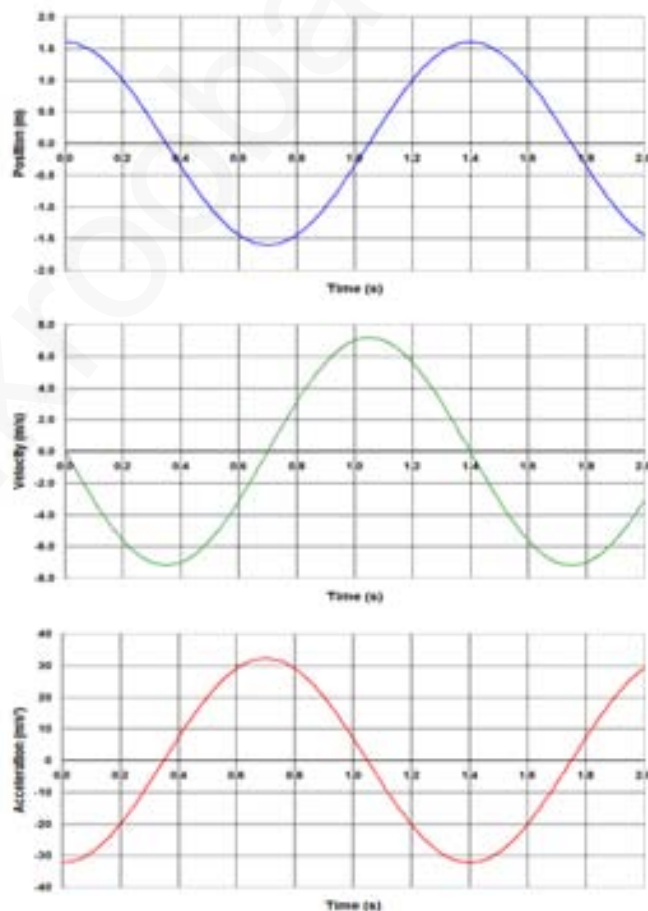
จึงได้  $y = A = 0.5$  เมตร

$v_y = \omega A = 5\pi$  เมตร/วินาที

$a_y = \omega^2 A = -50\pi^2$  เมตร/วินาที<sup>2</sup> ----- **ตอบ**



จากสมการของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย สามารถเขียนกราฟได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4 แสดงกราฟของ การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง

๑๐๖๖ · ๖๕๖ · ๖

1. ให้กาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องหน้าคำตอบที่ถูกต้องและกาเครื่องหมาย ✕ ลงในช่องหน้าคำตอบผิด

.....1. การเคลื่อนที่แบบครบรอบ (Periodic motion) เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (Simple harmonic motion) ทั้งหมด

.....2. วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายไม่มีความเร่ง

.....3. การแกว่งชิงช้าของเด็กเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

.....4. การเคลื่อนที่ของลูกสูบของเครื่องยนต์ไม่เป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

.....5. การแกว่งของมวลปลายสปริงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

.....6. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมีคาบแต่ไม่มีความถี่

.....7. ความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศของแรงเสมอ

.....8. ถ้าสามารถเจาะรูให้ทะลุผ่านใจกลางโลกในแนวตรง เมื่อปล่อยก้อนหินลงในรูนั้นก้อนหินจะเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

.....9. วัตถุที่ผ่านตำแหน่งสมดุลของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายจะมีความเร็วเป็นศูนย์

.....10. การหมุนของล้อรถเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

2. สมการแสดงการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุหนึ่งเป็น  $x = 10\cos 3.14t$  จงหา

ก. แอมพลิจูด \_\_\_\_\_

ข. อัตราเร็วเชิงมุมและคาบ \_\_\_\_\_

ค. การกระจัดที่เวลา  $t = 1$  วินาที \_\_\_\_\_

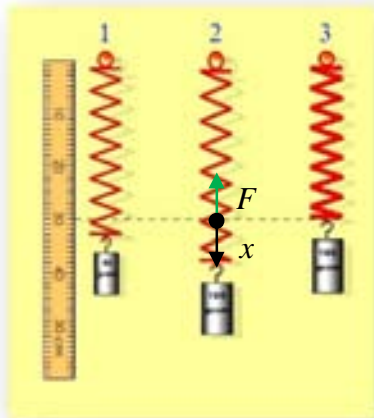
ง. ความเร็วสูงสุด \_\_\_\_\_

จ. ความเร่งที่เวลา  $t = 2$  วินาที \_\_\_\_\_

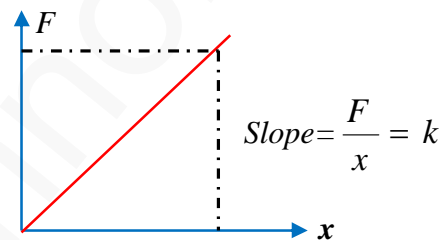
## สปริงและมวล

## กฎของฮุค (Hooke's Law)

สปริงจะยืดหรือหดตัวเป็นระยะ  $x$  จากตำแหน่งสมดุลเมื่อได้รับแรงกระทำขณะเดียวกันสปริงจะดึงกลับด้วยแรงขนาด  $F$  โดยที่  $\vec{F} = -k\vec{x}$  เราเรียกกฎนี้ว่า กฎของฮุค (Hooke's Law)



จากกฎของฮุคจะเขียนได้เป็น  $k = \frac{F}{x}$  เป็นค่าคงตัวของสปริง ซึ่งเราสามารถหาได้จากการทดลองและเขียนกราฟระหว่างแรงกับระยะยืดของสปริง หาความชันของกราฟซึ่งก็คือค่าคงตัวของสปริงหรืออาจเรียกว่าค่านิจสปริง



ภาพที่ 5 การเคลื่อนที่ของมวลปลายสปริง

มวลปลายสปริงจะเคลื่อนที่กลับไปมาโดยที่แรงมีทิศตรงข้ามกับการกระจัดและแรงไม่คงที่เพราะระยะยืดเปลี่ยนแปลง จึงเกิดความเร่งตามกฎของนิวตันข้อที่ 2 ( $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ ) จึงได้ความสัมพันธ์

$$\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x} \text{ ซึ่งมีรูปแบบเดียวกับสมการความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย } \vec{a} = -\omega^2\vec{x}$$

แสดงว่าการเคลื่อนที่ของมวลปลายสปริงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

**อัตราเร็วเชิงมุม** ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลปลายสปริง คือ  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

**คาบ** ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลปลายสปริง คือ  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

**ความถี่** ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของมวลปลายสปริง คือ  $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

**ตัวอย่างที่ 2** สปริงอันหนึ่งมีค่านิจสปริง 100 นิวตัน/เมตร ปลายสปริงข้างหนึ่งติดกับมวล 0.49 กิโลกรัม ส่วนปลายอีกข้างติดกับผนัง เมื่อดึงมวลแล้วปล่อยให้เคลื่อนที่บนพื้นลื่น จะมีคาบการเคลื่อนที่เท่าใด

**แนวคิด** คาบการเคลื่อนที่ของมวลปลายสปริง

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

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0.49}{100}} = 2\pi\sqrt{\frac{49 \times 10^{-2}}{10^2}}$$

$$= 2\pi \times 7 \times 10^{-2} = 0.44 \text{ วินาที}$$

คาบการเคลื่อนที่ของมวลปลายสปริงเท่ากับ 0.44 วินาที ----- **ตอบ**

## แบบฝึกทักษะที่ 2

## คำสั่ง จงแสดงวิธีทำให้ถูกต้อง

1. ติดปลายสปริงด้านหนึ่งไว้กับเพดาน ปลายอีกข้างหนึ่งติดกับมวล 1 กิโลกรัม แล้วปล่อยให้สั่นขึ้นลงในแนวดิ่ง ปรากฏว่าวัดคาบของการสั่นได้ 2 วินาที หากนำมวล 4 กิโลกรัม มาแขวนแทนมวลเดิม ระบบจะสั่นด้วยคาบเท่าใด

---

---

---

2. รถทดลองมวล 500 กรัม ติดอยู่กับสปริง เมื่อออกแรงดึงด้วยแรง 5 นิวตัน ในทิศขนานกับพื้น จะทำให้สปริงยืดออก 10 เซนติเมตร เมื่อปล่อยรถจะเคลื่อนที่บนพื้นเกลี้ยงด้วยคาบเท่าไร

---

---

---

3. มวลก้อนหนึ่ง 0.3 กิโลกรัม แขวนที่ปลายสปริงแล้วค่อยๆ ปล่อย ทำให้สปริงยืดออก 5 เซนติเมตร ถ้าดึงมวลให้สปริงยืดออกอีก 10 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ จงหา ขนาดของ ความเร่งเมื่ออยู่ห่างจากแนวสมดุล 4 เซนติเมตร

---

---

---

4. ในการคำนวณหาความเร่งโน้มถ่วงของโลกโดยใช้การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาโดยใช้เชนลูกตุ้มยาว 1.6 เมตร พบว่าคาบการแกว่งเป็น 2.5 วินาที ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลกที่ตำแหน่งนั้นเป็นเท่าไร

---

---

---

---

---

สํ; Q AAA.'C ; 0Ã&A'k'. 9°T0AAÍ 1Ç A0\$§0Aç Í\$AÇÀ»A0AE»Ã§

### จุดประสงค์

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับมวลของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกของมวลปลายสปริง
2. เพื่อหาค่าคงตัวของสปริง

### วัสดุอุปกรณ์

1. สปริงและขาตั้งพร้อมมือจับ
2. ต้มน้ำหนัก
3. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล



ภาพที่ 6 การต่อชุดทดลองกิจกรรมที่ 1

### วิธีทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลองดังภาพที่ 6
2. ถ่วงมวลที่ปลายสปริง ดึงมวลที่ถ่วงในแนวดิ่งให้สปริงยืดออกแล้วปล่อยให้แกว่งครบ 10 รอบ จับเวลา บันทึกผล เวลา กับมวล
3. ทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนมวล จนครบ 5 ก้อน
4. คำนวณหาคาบของการเคลื่อนที่
5. นำข้อมูลไปเขียนกราฟระหว่างคาบกำลังสองกับมวล
6. หาความชันของกราฟ แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าคงตัวของสปริง

### คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. นักเรียนคิดว่ามวลมีผลต่อคาบการเคลื่อนที่ของมวลปลายสปริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

---



---

2. ถ้าเปลี่ยนไปทดลองที่ดาวดวงอื่นที่ค่าความเร่งโน้มถ่วงเปลี่ยนไป นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่อคาบการเคลื่อนที่หรือไม่ ให้เหตุผล

---



---

3. เพราะเหตุใดสปริงแกว่งได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วหยุด

---



---

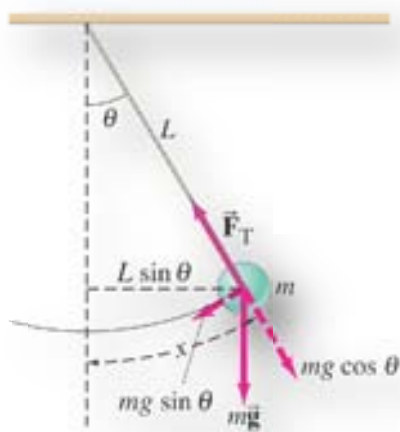
[illegible]



### การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

#### การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย (Simple Pendulum)

การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นตัวอย่างหนึ่งของการเคลื่อนที่เป็นคาบ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุมวล  $m$  แขวนในแนวตั้งด้วยเชือกเบา ยาว  $L$  เมื่อมีแรงกระทำต่อมวล โดยการดึงวัตถุไปจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ในระนาบตั้ง และแขนของเพนดูลัมทำมุม  $\theta$  น้อยๆ



ภาพที่ 7 การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

จากกฎของนิวตัน  $\sum F = ma$  และจากภาพที่ 7

แรงดึงกลับคือ  $F = -mg \sin \theta$

ถ้า  $\theta$  เป็นมุมเล็กๆ ไม่เกิน 5 องศา

$$\sin \theta \cong \tan \theta$$

$$F = -mg \frac{x}{L}$$

เปรียบเทียบกับกฎของนิวตันจึงได้  $a = -g \frac{x}{L}$

จากสมการของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

$$\text{จึงได้ } \omega^2 = \frac{g}{L} \text{ และ } \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

จากความสัมพันธ์ที่ผ่านมาจึงได้ว่า การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยมี คาบ และความถี่ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{คาบ} \quad T &= 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \\ \text{ความถี่} \quad f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \end{aligned}$$

**ตัวอย่างที่ 2** แขนงลูกตุ้มกับเชือกยาว 1 เมตร ให้แกว่ง จับเวลา ได้คาบ 2 วินาที ถ้าเปลี่ยนสายเชือกเป็นความยาว 4 เมตร ลูกตุ้มจะแกว่งด้วยคาบเท่าใด

**แนวคิด** จากปัญหา  $L_1 = 1 \text{ m}$  ,  $L_2 = 4 \text{ m}$  ,  $T_1 = 2 \text{ s}$  ,  $T_2 = ?$

$$\text{จากสมการของคาบของลูกตุ้มอย่างง่าย } T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\text{จะได้ } \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$$

$$\frac{T_2}{2} = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2$$

$$\text{ดังนั้น } T_2 = 4 \text{ วินาที}$$

เมื่อเปลี่ยนความยาวเชือกเป็น 4 เมตร คาบจะเปลี่ยนเป็น 4 วินาที - - - - - ตอบ

## แบบฝึกทักษะที่ 3

คำสั่ง จงแสดงวิธีทำ

1. ลูกตุ้มนาฬิกาหนึ่งถูกจับให้แกว่งเป็นฮาร์มอนิกอย่างง่าย และเริ่มจับเวลาจากตำแหน่งที่มีความเร็วสูงสุด จนถึงตำแหน่งที่มีการกระจัดสูงสุดได้ 0.3 วินาที จงหาความถี่และคาบของการแกว่งนี้

---

---

---

2. ลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 2 เมตร แกว่งไปมาด้วยคาบ 2.5 วินาที ถ้าลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 8 เมตร จะแกว่งด้วยคาบกี่วินาที

---

---

---

3. ลูกตุ้มนาฬิกาอันหนึ่ง เมื่อแกว่งบนโลก มีคาบการแกว่ง 4 วินาที ถ้านำไปแกว่งบนดาวดวงหนึ่ง ที่มีมวลเป็น 24 เท่าของมวลโลก และมีรัศมีเป็น 2 เท่าของมวลโลก จะมีคาบการแกว่งเป็นเท่าใด

---

---

---

---

4. ในการคำนวณหาความเร่งโน้มถ่วงโลกโดยใช้การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา พบว่าคาบการแกว่งเป็น 2.5 วินาที และแขนของลูกตุ้มยาว 1.6 เมตร ดังนั้นค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่ตำแหน่งทดลองเป็นเท่าใด

---

---

---

---

---

## ชุดกิจกรรมเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

### จุดประสงค์

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับความยาวของแขนลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
2. เพื่อหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกที่ตำแหน่งทำการทดลอง

### วัสดุอุปกรณ์

1. ขาตั้งพร้อมมือจับ
2. ลูกตุ้มเหล็ก
3. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล
4. สายเชือก
5. เครื่องวัดมวล



ภาพที่ 8 การต่อชุดทดลองกิจกรรมที่ 2

### วิธีทดลอง

1. ติดตั้งชุดทดลองดังภาพที่ 8
2. จับลูกตุ้มให้เบนไปจากแนวตั้งประมาณ 5 องศา แล้วปล่อย
3. บันทึกความยาวของสายกับเวลาครบ 20 รอบ
4. ทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนความยาว จนครบ 5 ครั้ง
4. คำนวณหาคาบของการเคลื่อนที่
5. นำข้อมูลไปเขียนกราฟระหว่างคาบกำลังสองกับความยาวของแขนลูกตุ้ม
6. หาความชันของกราฟ แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าความเร่งโน้มถ่วง

### คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. นักเรียนคิดว่าความยาวของแขนมีผลต่อคาบการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายหรือไม่(อธิบาย)

2. ถ้าเปลี่ยนไปทดลองที่ดาวดวงอื่นที่ค่าความเร่งโน้มถ่วงเปลี่ยนไป นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่อคาบการเคลื่อนที่หรือไม่ ให้เหตุผล

3. เพราะเหตุใดลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายแกว่งได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วหยุด

วันที่ \_\_\_\_\_ เดือน \_\_\_\_\_ พ.ศ. \_\_\_\_\_ กลุ่มที่ \_\_\_\_\_ ชั้น \_\_\_\_\_

สมาชิกในกลุ่ม 1	หน้าที่ในกลุ่ม
2	หน้าที่ในกลุ่ม
3	หน้าที่ในกลุ่ม
4	หน้าที่ในกลุ่ม
5	หน้าที่ในกลุ่ม

สมมติฐานของการทดลอง

ตัวแปรต้นคือ \_\_\_\_\_

ตัวแปรตามคือ

ว.ล.	ความยาว (L) (เมตร)	เวลาครบ 20 รอบ (วินาที)	คาบ (T) (วินาที)	คาบกำลังสอง (T <sup>2</sup> ) (วินาที <sup>2</sup> )

กราฟระหว่างความยาวของแขนลูกตุ้มกับคาบกำลังสอง

A full-page view of a blank sheet of graph paper. The paper features a uniform grid of small squares defined by thin, light blue lines. There are no margins, text, or other markings on the page.

## สรุปผลการทดลอง

[illegible]

## แบบทดสอบหลังเรียน

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

กำหนดให้  $g = 10 \text{ m/s}^2$  และไม่คิดแรงต้านเนื่องจากอากาศทุกกรณี

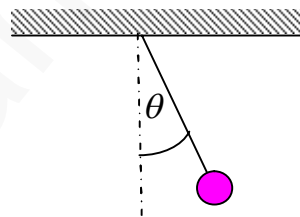
1. ข้อใดเป็นลักษณะเฉพาะของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

- ก. เคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำเส้นทางเดิม
- ข. เคลื่อนที่ห่างจากจุดอยู่นิ่งหนึ่งด้วยระยะคงเดิมตลอดเวลา
- ค. เคลื่อนที่ในเส้นทางเดิมโดยไม่เปลี่ยนทิศ
- ง. เคลื่อนที่เป็นแนวโค้งที่เกิดการกระจัดตามแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกัน

2. การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา (Pendulum) มีคาบการแกว่ง 2 วินาที โดยเชือกทำมุม  $\theta$  กับแนวดิ่ง

เมื่อปรับทดลองใหม่โดยใช้มุมเพียงครึ่งหนึ่งของมุมเดิม ( $\theta_2 = \frac{\theta_1}{2}$ ) คาบการแกว่งจะเป็นเท่าใด

- ก. 4 วินาที
- ข. 3 วินาที
- ค. 2 วินาที
- ง. 1 วินาที



3. ในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ข้อความในข้อใดผิด

- ก. วัตถุมีความเร่งแปรผันตรงกับการกระจัด แต่ความเร็วเป็นศูนย์เมื่อมีการกระจัดมากที่สุด โดยมีแอมพลิจูดคงที่
- ข. วัตถุมีความเร็วมากที่สุด เมื่อการกระจัดและความเร่งเป็นศูนย์
- ค. เฟสของการกระจัดและความเร่งต่างกัน  $2\pi$  เรเดียน
- ง. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีทิศตรงกันข้ามกับการกระจัดของวัตถุจากตำแหน่ง สมดุล

4. มวลผูกติดกับสปริงเบาแล้วดึงให้สปริงยืดออก 5 เซนติเมตร แล้วปล่อยให้สั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 10 เรเดียน/วินาที จงหาว่าเมื่อมวลเคลื่อนที่ผ่านจุดสมดุล มวลจะมีอัตราเร็วเท่าใด

- ก. 0.50 เมตร/วินาที
- ข. 3.14 เมตร/วินาที
- ค. 6.28 เมตร/วินาที
- ง. 5.00 เมตร/วินาที

5. วัตถุหนึ่งสั่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ด้วยความถี่ 7 เฮิรตซ์ และแอมพลิจูด 3 เซนติเมตร จงหาขนาดของความเร็วสูงสุด และความถี่สูงสุดของวัตถุนี้

- ก.  $58.0 \text{ m/s}^2$  ;  $1.3 \text{ m/s}$
- ข.  $49.4 \text{ m/s}^2$  ;  $1.3 \text{ m/s}$
- ค.  $58.0 \text{ m/s}^2$  ;  $3.4 \text{ m/s}$
- ง.  $49.4 \text{ m/s}^2$  ;  $3.4 \text{ m/s}$

- ★★★★★★★★★★

## ภาคผนวก

## เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ข้อที่	คำตอบ
1	ก
2	ค
3	ค
4	ก
5	ก
6	ง
7	ค
8	ง
9	ก
10	ก

๐๕๕๓ ๐๑๕๕

จักรรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ : มิติเดิร์น พลัส, 2547.

ช่วง ทมทิตชงค์ และคนอื่นๆ. Hi-ED Physics ฟิสิกส์ ม.4 เทอม 1. กรุงเทพฯ :  
ไฮเอ็ดพับลิชชิง, ม.ป.ป.

นิรันดร์ สุวรรรัตน์. คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์  
ฟิสิกส์ ม.4 กลศาสตร์ 1. กรุงเทพฯ : พ.ศ. พัฒนา, 2550.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค.ลาดพร้าว, 2553.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน.. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2553.