

530.07/2

ก 521 ก

1.3

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้วิธีสอนแบบผสม

ปริญญานิพนธ์

ของ

ลือเทพ บุตรรงค์

ปี พ.ศ. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ธันวาคม 2530

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178660

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิลฮาร์โมนิก
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้วิธีสอนแบบผสม

บทคัดย่อ
ของ
ลือเดช บุตรรงค์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ธันวาคม 2530

การศึกษารั้วนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบขิมเปิลซาร์โฌนิก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีสอนแบบผสมเปรียบเทียบกับวิธีสอนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2530 จำนวน 75 คน กลุ่มทดลองมีนักเรียน 37 คน และกลุ่มควบคุมมีนักเรียน 38 คน ผู้วิจัยเป็นผู้สอนกลุ่มทดลองโดยใช้วิธีสอนแบบผสม และใช้เวลาในการทดลอง 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที อาจารย์วิชาฟิสิกส์ 1 คน เป็นผู้สอนนักเรียนกลุ่มควบคุม โดยใช้เนื้อหาและระยะเวลาเดียวกันกับกลุ่มทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วทดสอบนักเรียนทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขิมเปิลซาร์โฌนิก ชุดเดียวกัน

ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบ ขิมเปิลซาร์โฌนิก โดยใช้วิธีสอนแบบผสมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างจากนักเรียนที่เรียน โดยใช้วิธีสอนตามปกติที่ระดับนัยสำคัญ .01 เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมากกว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีสอนแบบผสมมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีสอนตามปกติ ด้วยความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

A STUDY OF UPPER-SECONDARY SCHOOL LEVEL STUDENTS' PHYSICS
LEARNING ACHIEVEMENT ON SIMPLE HARMONIC MOTION
THROUGH THE INTEGRATED TEACHING METHOD

AN ABSTRACT

BY

LUEDECH PUTURONK

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
December 1987

The purpose of this study was to compare Matthayom Suksa V students' physics learning achievement on Simple Harmonic Motion through an integrated teaching method and through a conventional teaching method.

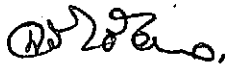
The subjects were 75 Matthayom Suksa V students in Science-Programme of Srikranuanwittaykom School, Kranuan district, Khonkaen Province, in the first semester of the 1987 academic year. Thirty - seven students were randomly assigned into the experimental group and so were thirty - eight ones in the control group. The researcher taught the experimental group through the integrated teaching method, while the physics teacher conventionally taught the control group with the same content for 12 teaching periods (50 minutes in each). The achievement test on Simple Harmonic Motion was administered to both groups at the end of the experiment.

It was found that the students' physics learning achievement on Simple Harmonic Motion through the integrated teaching method and through the conventional teaching method was significantly different at the .01 level.

The means scores of the experimental group were significantly higher than those of the control group. The students learning through the integrated teaching method gained, therefore, more learning than those learning through the conventional teaching method at the confidence of 99 percent.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปฏิญานินท
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา



ประธาน

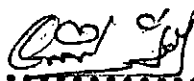


กรรมการ

คณะกรรมการสอบ



ประธาน



กรรมการ



กรรมการ

ประกาศคุณการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์
จวี ชัยมงคล ประธานที่ปรึกษา และ รองศาสตราจารย์ อรพินท์ เจียระพงษ์ กรรมการที่ปรึกษา
ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีดา เพชรมีศรี กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ
บิดามารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณและครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ลือเดช บุตรวงศ์

1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	2
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	สื่อการสอน	5
	ประเภทของสื่อการสอน	6
	การสอนแบบอภิปราย	7
	การสอนโดยการทดลอง	8
	การสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม	8
	การสอนโดยการสาธิต	9
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีสอนแบบผสม	10
	การวิจัยในต่างประเทศ	10
	การวิจัยในประเทศไทย	11
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	13
	กลุ่มตัวอย่าง	13
	การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลอง	13
	วิธีดำเนินการทดลอง	15
	การวิเคราะห์ข้อมูล	19
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	20

4 ผลการศึกษาค้นคว้า	22
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	22
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	25
ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	25
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	25
การวิเคราะห์ข้อมูล	26
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	26
อภิปรายผล	27
ข้อเสนอแนะ	27
ข้อเสนอแนะทั่วไป	27
ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ข้อมูล	33
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์แบบทดสอบ	43
ภาคผนวก ค แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย	49
ภาคผนวก ง เอกสารวิชาชีพและคู่มือทำการทดลอง	69

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

- 1 คะแนนเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนของนักเรียน 22
- 2 ค่าสถิติ F สำหรับเปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนของนักเรียน 23
- 3 ค่าสถิติ t สำหรับเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย 24

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทต่อชีวิตมนุษย์และการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาจำเป็นต้องอาศัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาช่วยในการพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหของประเทศในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะทางด้านเศรษฐกิจ ดังนั้นประเทศไทยจึงได้จัดตั้งกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงานขึ้น เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2522 โดยบรรจุเอาแผนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้เป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (วรรณกิจ รัตนกร 2526 : 77) การที่ประเทศไทยจะพัฒนาประเทศโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น จำเป็นต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ให้มีความสามารถทางด้านนี้โดยเฉพาะ (สง่า สรรพศรี 2527 : 40) เพื่อที่จะได้ใช้ความรู้ทางด้านนี้ไปพัฒนาประเทศให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ คือ การจัดการศึกษาเพราะการศึกษาสามารถพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ได้ทุก ๆ ด้าน (นิพนธ์ ศศิธร 2523 : 4) ดังนั้น การที่ประเทศไทยจะพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำเป็นต้องอาศัยการจัดการศึกษาเพื่อปลูกฝังวิทยาการให้แก่เยาวชน โดยเฉพาะการจัดการศึกษาระดับมัธยมศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งการศึกษาระดับนี้ได้เน้นให้มีโน้มน้าพื้นฐานอันจำเป็นแก่การศึกษาต่อระดับสูง และการดำรงชีพในยุคการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อำนาจ รุ่งรัศมี 2525 : 19) จากความสำคัญดังกล่าวนี้จึงควรมีการพัฒนาด้านการเรียนการสอนอยู่เสมอ การเรียนการสอนโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ล้วนแต่เป็นเทคโนโลยีทางการศึกษาที่ครูผู้สอนควรรู้จักแสวงหา และนำมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะสม

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ 2526 : 137) ได้กล่าวถึง การเรียนการสอนโดยใช้สื่อการสอนไว้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้สื่อการสอน หมายถึงการนำ

เอาสิ่งต่าง ๆ มาใช้เป็นตัวกลางในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนนั้น
ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพตามจุดมุ่งหมาย

อำนาจ เจริญศิลป์ (อำนาจ เจริญศิลป์ 2525 : 11) ได้กล่าวไว้ว่า
การเรียนการสอนโดยใช้สื่อการสอนนั้นมีคุณค่า และบทบาทในการเรียนการสอนมาก
อย่างไรก็ตามสื่อการสอนแต่ละชนิดก็มีข้อดีข้อจำกัดในตัวเอง การใช้ผสมผสานกันหลาย ๆ
อย่างร่วมกับวิธีสอนแบบต่าง ๆ เช่น ใช้สื่อการสอนร่วมกับการสอนแบบอภิปราย การสอนโดย
การทดลอง การสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม และการสอนโดยการสาธิต ฯลฯ จะช่วย
สนองวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างได้ดียิ่งขึ้น

รุ่งทิวา จักรกร (รุ่งทิวา จักรกร 2527 : 66) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอน
แบบผสมไว้ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มพูนความตั้งใจ และความสนใจแก่ผู้เรียนโดยทั่วไป
2. ช่วยเสริมสร้างความคล่องตัวในการสอนแก่ผู้สอนมาก
3. ช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ได้อย่างดียิ่ง

ด้วยเหตุผลที่ว่า การเรียนการสอนแบบผสมเป็นการใช้สื่อการเรียนการสอนร่วมกับ
เทคนิคการสอนของครูหลาย ๆ อย่างระคนกัน จึงน่าจะมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมาก
และประกอบกับเนื้อหา เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก (Simple Harmonic
Motion) ซึ่งเรียกย่อ ๆ ว่า การเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
มุ่งเน้นให้นักเรียนเข้าใจในด้านความคิดรวบยอด (Concept) ของเนื้อหาอย่างกว้าง ๆ
รวมทั้งให้ทำการทดลอง การฝึกวิเคราะห์แก้ปัญหาโจทย์แบบต่าง ๆ และนอกจากนี้เนื้อหา
เรื่องนี้ยังเป็นพื้นฐานของการศึกษาเรื่องคลื่นในลำดับต่อไปอีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจะทำการวิจัย
โดยใช้วิธีสอนแบบผสมและใช้เนื้อหา เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีสอนแบบผสมเปรียบเทียบกับวิธีสอนตามปกติ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิชาฟิสิกส์ที่จะใช้วิธีสอนแบบผสม
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกและผลิตสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมสำหรับให้นักเรียนได้เรียนโดยลำพัง

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองคือ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิดฮาร์โมนิก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ว 023) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2530
3. ระยะเวลาทำการทดลอง กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มใช้เวลาในการทดลองกลุ่มละ 12 คาบ คาบละ 50 นาที กระทำในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2530
4. ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้
 - 4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีสอนซึ่งแบ่งเป็น 2 วิธีคือ
 - 4.1.1 วิธีสอนแบบผสม
 - 4.1.2 วิธีสอนตามปกติ
 - 4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิดฮาร์โมนิก

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. วิธีสอนแบบผสม หมายถึง วิธีสอนที่ประกอบด้วย
 - 1.1 เอกสารที่ใช้เรียนด้วยตนเอง
 - 1.2 สไลด์ประกอบเทปเสียงและคู่มือทำการทดลอง

1.3 การสอนโดยการสาธิต การทดลอง การอภิปราย และการสอนแบบ
สืบเสาะโดยการซักถาม

2. เอกสารที่ใช้เรียนด้วยตนเอง หมายถึง บทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในรูปของหน่วย
การเรียนรู้เป็นบทเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมิเบิลยาร์โมนิค ซึ่งประกอบด้วย

2.1 บทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง บทเรียนที่สร้างขึ้นในลักษณะที่แบ่งเป็นขั้นตอน
เล็ก ๆ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอ่านและทำ ตลอดจนตนเองตอบและรับทราบผลการกระทำทุกขั้นตอน
ด้วยตนเองไปเรื่อย ๆ

2.2 ตัวอย่าง แบบฝึกหัด และบัตรเฉลยแบบฝึกหัด

2.3 แบบทดสอบย่อยประจำแต่ละหน่วย

3. การสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม หมายถึง การสอนแบบสืบเสาะชนิดที่
ไม่ใช้กิจกรรมการทดลอง ซึ่งใช้วิธีสอนโดยการตั้งคำถามซักถามนักเรียน เพื่อให้นักเรียน
สืบเสาะหาคำตอบที่เหมาะสม

4. วิธีสอนตามปกติ หมายถึง วิธีสอนที่อาจารย์ฟิสิกส์ใช้อยู่เป็นประจำ (ตามคู่มือครู
ของ สสวท.) โดยใช้เนื้อหาและความมุ่งหมายเดียวกับวิธีสอนแบบผสม

5. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์
โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา
2530

6. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
ตามหลักการเขียนแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านสติปัญญาวิชาวิทยาศาสตร์ ของสถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักเรียน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สื่อการสอน

แฮส และแพคเกอร์ (Hass and Packer. 1964 : 1) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง เครื่องมือที่ช่วยครูในการถ่ายทอดสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นจริง ทักษะ เจตคติ ความรู้ ความเข้าใจ และความซาบซึ้ง ไปยังผู้เรียนหรือเป็นเครื่องมือประกอบการสอน

คินเดอร์ (Kinder. 1959 : 13 - 18) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. สื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง
2. ช่วยให้ผู้เรียนจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากและจำได้นาน
3. ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ยั่วยุให้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง
4. คุณลักษณะที่เป็นรูปธรรม และความเป็นจริงของสื่อการสอนใดก็ตามจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของสิ่งนั้นอย่างกว้างขวาง และเป็นแนวทางให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งอื่น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น
5. สื่อการสอนช่วยประหยัดคำพูดของครูและนักเรียน
6. สามารถช่วยให้นักเรียนที่เรียนช้าให้เรียนได้เร็วและมากขึ้น ส่วนนักเรียนที่ฉลาดก็จะเรียนรู้ได้มากขึ้นไปอีก
7. สื่อการสอนช่วยส่งเสริมความคิดและการแก้ปัญหา
8. ถ้าใช้สื่อการสอนอย่างสม่ำเสมอแล้ว จะสามารถเปลี่ยนความคิดและเจตคติหรือช่วยให้มีเจตคติที่มั่นคงได้

คาร์เพนเตอร์ (Carpenter. 1957 : 368) ได้กล่าวถึงการสอนและการใช้สื่อการสอนไว้ว่า เนื่องจากแต่ละคนมีความแตกต่างกัน การพยายามให้เขาได้บรรลุถึงจุดหมายทางการศึกษานั้น การใช้วิธีสอนหลาย ๆ วิธี ผสมผสานกับสื่อการสอนหลาย ๆ ชนิดและระยะเวลาต่าง ๆ กัน ตามพัฒนาการของแต่ละบุคคล

เดอเคิฟเฟอร์ และค็อกแรน (De Keiffer and Cochran. 1966 : 78 - 80) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้สื่อการสอนที่ถูกต้องและเหมาะสมจะเป็นเครื่องช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนและการสอนของครูบรรลุถึงจุดหมายได้ การส่งเสริมปรับปรุงการใช้สื่อการสอนให้มีประสิทธิภาพย่อมถือว่า เป็นส่วนหนึ่งที่จะส่งเสริมคุณภาพของการศึกษาให้ดีขึ้น

ประเภทของสื่อการสอน

เดล (Dale. 1969 : 107) ได้แบ่งสื่อการสอนโดยคำนึงถึงประสบการณ์ของผู้เรียนเป็นหลัก แบ่งได้ 11 ประเภท คือ

1. ประสบการณ์ตรงที่มีความหมาย
2. ประสบการณ์จำลอง
3. ประสบการณ์ภาพการ
4. การสาธิต
5. การศึกษานอกสถานที่
6. นิทรรศการ
7. โทรทัศน์การศึกษา
8. ภาพยนตร์
9. ภาพนิ่ง การบันทึกเสียง และวิทยุ
10. หัตถ์สัญลักษณ์
11. วจนสัญลักษณ์

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ 2526 : 141 - 142) ได้แบ่งประเภทของสื่อการสอนออกเป็น 2 ทศนะใหญ่ ๆ คือ

1. ประเภทสื่อการสอนที่แบ่งตามรูปร่างลักษณะ แบ่งได้ 4 ประเภท คือ
 - 1.1 สื่อประเภทเครื่องมือ เช่น เครื่องฉาย เครื่องเสียง วิทยุและโทรทัศน์ รวมทั้งแผ่นป้ายต่าง ๆ
 - 1.2 สื่อประเภทวัสดุ เช่น แผนที่ แผนภูมิ แผนสถิติ ภาพโฆษณา รูปภาพ หุ่นจำลอง ของจริงและอื่น ๆ

1.3 สื่อประเภทวิธีการ หมายถึง สื่อประเภทเทคนิค ระบบกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสาธิต การทดลอง การแสดงละคร นิทรรศการ การศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น

1.4 สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อประเภทต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือ วัสดุและวิธีการมาใช้ร่วมกันอย่างสัมพันธ์กันในลักษณะที่สื่อแต่ละอย่างส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกัน และกัน เช่น บทเรียนสำเร็จรูป ชุดการสอน หน่วยการเรียนรู้การสอน (โมดูล) **การจัดการเรียน การสอนแบบศูนย์การเรียนรู้** เป็นต้น

2. ประเภทสื่อการสอนที่แบ่งตามลักษณะของการนำไปใช้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.1 สื่อทัศนะที่ห้องฉายและสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ภาพยนตร์ เทปโทรทัศน์ ภาพนิ่งที่ห้องฉาย (เช่น สไลด์ ฟิล์มสตริป แผ่นโปร่งใส การฉายไมโคร การฉายวัสดุทึบแสง) การบันทึกเสียงเครื่องสอนคอมพิวเตอร์และอื่น ๆ

2.2 สื่อทัศนะที่ไม่ห้องฉาย ได้แก่ หนังสือและสิ่งพิมพ์ รูปภาพ ของจริง การศึกษานอกสถานที่ หุ่นจำลอง หุ่นล้อแบบ สถานการณ์จำลองและเกม วัสดุกราฟิก ขั้วนิเทศและนิทรรศการ กระดานขอสลัก แผ่นป้ายสำลี กระเป๋าตัง แผ่นป้ายไฟฟ้าและอื่น ๆ

การสอนแบบอภิปราย

สุภาพ วาดเขียน (สุภาพ วาดเขียน 2523 : 87 - 88) ได้กล่าวถึง การสอนโดยวิธีให้อภิปรายไว้ว่า การสอนโดยวิธีให้อภิปรายเป็นวิธีการสอนโดยวิธีแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เป็นการถามตอบในเชิงโต้แย้งสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย การอภิปรายยังเป็นการแสดงออกถึงการส่งเสริมให้มีการอยู่ร่วมกันแบบประชาธิปไตยอีกด้วย

สุเทพ อุสาทะ (สุเทพ อุสาทะ 2526 : 66 - 67) ได้กล่าวถึงการสอน แบบอภิปรายไว้ว่า การอภิปรายซักถาม หมายถึง วิธีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน อาจเป็นการซักถามระหว่างนักเรียนหรือระหว่างครูกับนักเรียน การสอนแบบนี้ใช้ได้กับนักเรียนทุกระดับชั้น ครูมีหน้าที่คอยควบคุมสถานการณ์ของการอภิปรายอันเป็นการถ่ายทอดความรู้ให้ นักเรียนหรือช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องที่ได้อ่านมาแล้ว และยังเป็นการปูพื้นฐานให้เด็กได้มี ความคิดและกล้าแสดงความคิดเห็นได้เต็มที่ นอกจากนี้เขายังได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอน แบบอภิปรายไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและทำให้เป็นคนมีความคิด มีเหตุผล
2. ฝึกให้นักเรียนกล้าแสดงออก
3. ฝึกให้นักเรียนมีความสามัคคีและร่วมมือกัน
4. ฝึกให้นักเรียนเป็นผู้นำและให้โอกาสได้โต้แย้ง

การสอนโดยการทดลอง

อานาจ เจริญศิลป์ (อานาจ เจริญศิลป์ 2524 : 26 - 27) ได้กล่าวถึง การสอนโดยการทดลองไว้ว่า การสอนโดยการทดลอง หมายถึง การที่ครูให้นักเรียนได้ทดลอง เรื่องราวต่าง ๆ ด้วยตนเองเป็นรายบุคคล แต่ส่วนมากจะเป็นการแบ่งกลุ่มการทำงาน การทดลองที่จะให้ประโยชน์สำหรับนักเรียนคือ การทดลองที่นักเรียนไม่ทราบผลมาก่อนว่าผล การทดลองจะเป็นในรูปใด นอกจากนี้เขายังได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนโดยการทดลอง ไว้ดังนี้

1. ยืนยันและพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่กล่าวไว้ในบทเรียน
2. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน
3. นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. นักเรียนได้ฝึกการทำงานตามวิธีการของนักวิทยาศาสตร์
5. ได้คุ้นเคยรู้จักเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ตลอดจนการใช้ได้อย่างถูกต้อง
6. สนับสนุนให้เชื่อถือข้อเท็จจริง ซึ่งต่างกับความเห็น และเต็มใจที่จะทดสอบ

ทฤษฎีช่วยประสบการณ์

การสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม

ยั้ง (Young. 1968 : 138) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะไว้ว่า เป็นวิธีการแสวงหาความรู้โดยการตั้งคำถาม

แอนเดอร์สัน และคนอื่น ๆ (Anderson and others. 1970 : 58) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง ยุทธศาสตร์อย่างง่ายแบบหนึ่งในการซักถามและตอบคำถาม นั่นคือ เป็นวิธีที่จะได้มาซึ่งความรู้นั่นเอง

สถานยังส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2521 ข : 8) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ กิจกรรมต่าง ๆ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหา และเป็นผลให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ได้

เรื่องรัตน์ ปัญญา (เรื่องรัตน์ ปัญญา 2529 : 19) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนแบบสืบเสาะไว้ดังนี้

1. ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะคิด เกิดความอยากรู้ อยากเรียนรู้ และเต็มใจเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน
2. ช่วยให้ผู้รู้พื้นฐานความสามารถของนักเรียน
3. ช่วยในการทบทวนบทเรียนและสรุปบทเรียน รวมถึงการประเมินผลว่า การสอนได้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
4. ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และรู้จักคิดด้วยตนเอง
5. ช่วยพัฒนาความคิดแบบวิจารณ์ญาณ ให้นักเรียนเป็นคนช่างคิดช่างถาม

การสอนโดยการสาธิต

อำนาจ รุ่งรัศมี (อำนาจ รุ่งรัศมี 2525 : 78) ได้กล่าวถึงการสอนโดยการสาธิตไว้ว่า การสอนโดยการสาธิต หมายถึง วิธีสอนที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ โดยการเรียนจากประสบการณ์ โดยครูปฏิบัติให้นักเรียนดู เป็นการแสดงขั้นตอนของการปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องมือเครื่องใช้ เพราะในบางเนื้อหาไม่เหมาะสมกับการสอนโดยการทดลอง เพราะอาจจะเกิดอันตรายขึ้นกับผู้เรียน หรือเพื่อต้องการประหยัดวัสดุอุปกรณ์และเวลา นอกจากนี้เขายังได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนโดยการสาธิตไว้ดังนี้

1. ครูไม่ต้องอธิบายมาก นักเรียนเข้าใจง่ายและเห็นจริง
2. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจ ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ พร้อม ๆ กัน
3. ทำให้นักเรียนมีความสนใจการเรียนมากขึ้น
4. ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต เป็นนักประดิษฐ์และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีสอนแบบผสม

การวิจัยในต่างประเทศ

โอเวน (Owen. 1959 : 207 - 213) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีการทดลองปฏิบัติกับวิธีสอนวิทยาศาสตร์โดยไม่มีการทดลองปฏิบัติการ ผลการทดลองปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยมีการทดลองปฏิบัติการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยไม่มีการทดลองปฏิบัติการ

มอริเบอร์ (Moriber. 1969 : 214 - 216) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์เรื่องทฤษฎีอะตอมและพันธะเคมีโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับวิธีสอนตามปกติ ผลการทดลองปรากฏว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

แมคเคจ (McCage. 1970 : 5168 - A) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนโดยใช้สไลด์และหุ่นจำลองกับการสอนตามปกติ โดยสอนเกี่ยวกับความคิดรวบยอดในวิชาเรขาคณิต ผลการทดลองปรากฏว่า การสอนโดยใช้สไลด์และหุ่นจำลองให้ผลดีกว่าการสอนตามปกติ

ซาสเซอร์ (Sasscer. 1974 : 6957 - 6958 - A) ได้สร้างบทเรียนโมดูลเพื่อใช้สอนวิชาชีววิทยา โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ แล้วนำไปทดลองสอนกับนักศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีสอนตามปกติ ผลการทดลองปรากฏว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

เมเจอร์ (Paitool Suksringarm. 1976 : 22 citing Meyer. 1969 : 451 - 453) ได้ศึกษาผลการเรียนของนักเรียนโดยใช้บทเรียนสืบเสาะชักถามแบบ Invitation to Enquiry ตามหลักสูตรชีววิทยา BSCS กับวิธีสอนตามปกติ ผลการทดลองปรากฏว่า การเรียนโดยใช้บทเรียนสืบเสาะแบบชักถามกับวิธีสอนตามปกติให้ผลการเรียนรู้แตกต่างกันในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์

การวิจัยในประเทศไทย

นิมิตร มาศเกษม (นิมิตร มาศเกษม 2517 : 35) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนระหว่างวิธีสาธิตและวิธีปฏิบัติการทดลอง ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 การทดลองปรากฏผลดังนี้

1. กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนโดยการสาธิตและกลุ่มนักเรียนที่เรียนโดย วิธีปฏิบัติการทดลอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

2. กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีสอนโดยการสาธิตมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านการแก้ปัญหาดีกว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยวิธีปฏิบัติการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .05

ศึกษาสิทธิ์ มณีพันธุ์ (ศึกษาสิทธิ์ มณีพันธุ์ 2519 : 30) ได้ทำการศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องแสง โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับ วิธีสอนตามปกติ ผลการทดลองปรากฏว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันที่ระดับ นัยสำคัญ .05

อรุณ สมชัย (อรุณ สมชัย 2522 : 51) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องทศนิยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ วิธีสอนด้วยบทเรียนสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับวิธีสอนตามปกติ ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนที่เรียน ด้วยบทเรียนสำเร็จรูปมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

อำนาจ เจริญศิลป์ (อำนาจ เจริญศิลป์ 2525 : 49) ได้ทำการศึกษา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วย "พลังงาน" ในระดับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 โดยใช้วิธีสอนแบบทดลองกับวิธีสอนแบบผสมผสาน การทดลองปรากฏผลดังนี้

1. การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีสอนแบบทดลองและวิธีสอนแบบผสมผสาน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นกว่าเดิมที่ระดับนัยสำคัญ .05

2. นักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีสอนแบบทดลองกับวิธีสอนแบบผสมผสาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

ปลีก น้ำแก้ว (ปลีก น้ำแก้ว 2527 : 33) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ บทเรียนโมดูลกับวิธีสอนตามปกติ การทดลองปรากฏผลดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05
2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05

เรืองรัตน์ ปัญญาณี (เรืองรัตน์ ปัญญาณี 2529 : 55) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนสืบเสาะหาความรู้แบบซักถามกับการสอนแบบปกติ ในด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2530 ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนเป็นแบบคละตามคะแนนที่ได้จากการสอบคัดเลือก เข้าเรียนต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวิธีการเลือกตัวอย่างดังนี้

1. เลือกห้องเรียนออกมาทดลอง 2 ห้องจากจำนวนทั้งหมด 4 ห้อง โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling)
2. เมื่อได้ตัวอย่าง 2 ห้องแล้ว สุ่มให้เป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย กลุ่มทดลองนี้มีนักเรียน 37 คน และให้เรียนโดยวิธีสอนแบบผสม สำหรับห้องที่เหลือจัดให้เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมนี้มีนักเรียน 38 คน และให้เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. เอกสารที่ใช้เรียนด้วยตนเอง เป็นเอกสารวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
 2. สไลด์ประกอบแบบเสียงและคู่มือทำการทดลอง
 3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
1. เอกสารวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

ประกอบด้วย 5 หน่วย คือ

หน่วยที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

หน่วยที่ 2 การทดลอง เรื่องการศึกษาการขจัดและความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

หน่วยที่ 3 การเคลื่อนที่แบบขิมเกลียวโรโมนิกทั้งวงกลมข้างอิง

หน่วยที่ 4 การสั่นของมวลติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง

หน่วยที่ 5 การแกว่งของตุลคัมมนาฬิกา

ในแต่ละหน่วยประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป ตัวอย่าง แบบฝึกหัด บัตรเฉลยแบบฝึกหัดและแบบทดสอบย่อยเพื่อประเมินผลหลังการเรียนของแต่ละหน่วย

2. สไลด์ประกอบเทปเสียงเรื่องการประกอบเครื่องมือ

ใช้สำหรับการทดลองของหน่วยที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษารูปแบบการสร้างและการประเมินผลสไลด์ประกอบเทปเสียงหรือทั้งศึกษาตัวอย่างสไลด์ประกอบเทปเสียงเพื่อรวบรวมความรู้และแนวความคิด สำหรับนำไปใช้สร้างสไลด์ประกอบเทปเสียง

ขั้นที่ 2 จัดทำสคริปต์ (Script) ที่จะจัดทำเป็นสไลด์พร้อมคำบรรยายประกอบแล้วนำไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมปริณิญาพนธ์ตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 3 ดำเนินการผลิตโดยนำภาพและเสียงมาประกอบกันจัดทำเป็นสไลด์ประกอบเทปเสียง

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการเคลื่อนที่แบบขิมเกลียวโรโมนิก

มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีเขียนแบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านสติปัญญาวิชาวิทยาศาสตร์จากคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ ว 023 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2 เขียนข้อสอบให้ครอบคลุมประสงศ์เชิงพฤติกรรมและพฤติกรรมทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบปรนัยชนิด 5 ตัวเลือก ให้จำนวน 52 ข้อ

3.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับนักเรียนชั้น ม.5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เคยศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่แบบขิมเกลียวโรโมนิกมาแล้ว ที่โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2529 จำนวน 85 คน เพื่อนำมา

วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกโดยใช้ตารางสำเร็จของจุงเตห์ฟาน (Chung Teh Fan) แล้วคัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป มาทำเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 1 ฉบับ ให้จำนวน 30 ข้อ

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกได้จำนวน 30 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียน ม.6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2530 จำนวน 120 คน เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนี้

3.5 หาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับซึ่งประกอบด้วย ข้อสอบจำนวน 30 ข้อ โดยใช้วิธีของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน สูตร 21 (K-R 21) พร้อมทั้งหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด ซึ่งปรากฏว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นเป็น 0.8211 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เป็น 2.53

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มควบคุม อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ 1 คน เป็นผู้สอนโดยใช้วิธีสอนตามปกติ และใช้เนื้อหาเรื่องเดียวกับการสอนโดยวิธีสอนแบบผสม ใช้เวลาในการสอน 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที

2. กลุ่มทดลอง ผู้วิจัยเป็นผู้สอนกลุ่มทดลองโดยใช้วิธีสอนแบบผสม ใช้เวลาในการทดลอง 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที

การเรียนการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบผสมมีขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนการสอนดังนี้

คาบที่ 1

หน่วยที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบจิมเบลฮาร์โมนิก

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยทำการสาธิตให้นักเรียนศึกษา ดังนี้
 - 2.1 คึงมวลที่ถูกติดกับยางยืด ซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้ง แล้วปล่อยมือ บอกให้นักเรียนสังเกตคุณลักษณะของการเคลื่อนที่ของมวล จากนั้นให้ตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป
 - 2.2 คึงมวลที่ถูกติดกับเส้นด้าย ซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้งให้เฉียดออกไปทางด้านข้างแล้วปล่อยมือ บอกให้นักเรียนสังเกตคุณลักษณะของการเคลื่อนที่ของมวล จากนั้นให้ตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป
3. ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปราย พร้อมทั้งช่วยกันยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของมวลที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ซ้ำกลับไปกลับมา
4. นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัด
5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง และทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วนักเรียนมารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้
6. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 1 พร้อมกัน เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้

คาบที่ 2 - 4

หน่วยที่ 2 การทดลอง เรื่องการศึกษาการขจัดและความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบจิมเบลฮาร์โมนิก

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ผู้วิจัยฉายสไลด์การประกอบเครื่องมือเพื่อใช้สำหรับการทดลองเรื่องนี้ และเปิดเทปคำบรรยายประกอบภาพให้นักเรียนฟัง
2. ผู้วิจัยอภิปรายก่อนที่จะให้นักเรียนทำการทดลอง
3. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง กลุ่มละ 5 คน โดยทำการทดลองตามคู่มือที่แจกให้

4. ให้นักเรียนช่วยกันอภิปราย และสรุปผลการทดลองโดยสิ่งตัวแทนอภิปรายกลุ่มละ

1 คน

5. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

6. นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัด

7. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง และทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วมารับบัตรเฉลยจากวิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

8. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 2 พร้อมกัน เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้หน่วยนี้

ตอนที่ 5 - 7

หน่วยที่ 3 การเคลื่อนที่แบบขีมิเปิดฮาร์โมนิกกับวงกลมฮ้างอิง

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยและตัวแทนนักเรียน 1 คน ทำการสาธิตให้นักเรียนทั้งชั้นศึกษา ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยใช้ถ้วยผูกน้อดแล้วแกว่งให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบระดับ
ด้วยอัตราเร็วและรัศมีคงที่

2.2 ให้ตัวแทนนักเรียนใช้กล่องแสงฉายไฟไปตกกระทบกับน้อดที่กำลังเคลื่อนที่
เพื่อให้เงาไปปรากฏบนฉากรับ แล้วให้นักเรียนทุกคน สังเกตคุณลักษณะของการเคลื่อนที่ของเงา
แล้วช่วยกันอภิปราย จากนั้นก็ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปตามลำดับต่อไป

3. ผู้วิจัยทบทวนบทเรียนเรื่องนี้ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม โดย
สุ่มถามเป็นรายบุคคล

4. นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัด

5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง และทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วนักเรียนมารับ
บัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

6. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 3 พร้อมกัน เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสิน
ให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้หน่วยนี้

คาบที่ 8 - 10

หน่วยที่ 4 การสิ้นของมวลติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง
กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยทำการสาธิตการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นให้นักเรียนศึกษาจากนั้นก็ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปตามลำดับต่อไป
3. ผู้วิจัยทบทวนบทเรียนเรื่องนี้ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม โดยผู้ถามเป็นรายบุคคล
4. นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัด
5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง และทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วนักเรียนมารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้
6. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 4 พร้อมกัน เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้หน่วยนี้

คาบที่ 11 - 12

หน่วยที่ 5 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา
กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยทำการสาธิตการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาให้นักเรียนศึกษา
3. ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปตามลำดับต่อไป
4. ผู้วิจัยทบทวนบทเรียนเรื่องนี้ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม โดยผู้ถามเป็นรายบุคคล
6. นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัด
6. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง และทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วนักเรียนมารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้
7. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 5 พร้อมกัน เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้หน่วยนี้

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบย่อยหลังการเรียนประจำแต่ละหน่วย

การพิจารณาให้ผ่านการทดสอบย่อยประจำหน่วยการเรียนนั้น จะถือเอาเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มเป็นหลัก ถ้าใครทำคะแนนได้ถึงเกณฑ์นี้ก็ให้ผ่านหน่วยการเรียนนั้นได้ แต่ถ้าใครทำคะแนนได้ไม่ถึงเกณฑ์ ก็ให้หาเวลาว่างไปเรียนซ่อมเสริมกับผู้วิจัยก่อนที่จะถึงเวลาการเรียนในหน่วยการเรียนลำดับต่อไป ในการสอนซ่อมเสริมนั้น ผู้วิจัยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถามเมื่อนักเรียนเรียนซ่อมเสริมจบแล้ว ก็ให้ผ่านหน่วยการเรียนนั้นได้ และพร้อมที่จะไปเรียนในหน่วยการเรียนลำดับต่อไป

การประเมินผลด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. เมื่อนักเรียนทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เรียนจบเนื้อหาทั้งหมดนั้นแล้ว จึงทำการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิลยาร์โมนิกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
2. นำผลจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($n \geq 30$: คะแนนมีการแจกแจงปกติ) จะเปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ F - test และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ t - test
2. ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n < 30$) จะทดสอบการแจกแจงของคะแนนโดยใช้ Lilliefors Test
 - 2.1 ถ้าคะแนนมีการแจกแจงปกติ จะเปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ F - test และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ t - test

2.2 ถ้าคะแนนไม่มีการแจกแจงปกติ จะเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ Mann - whitney Test

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของคะแนน
2. หาความแปรปรวนของคะแนน
3. หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้
วิธีของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน สูตร 21 (K - R 21)
4. หาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด กำหนดจากสูตร

$$S_e = S_x \sqrt{1 - r_{xx}}$$

เมื่อ S_e แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด
 S_x แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัด
 r_{xx} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

5. ทดสอบการแจกแจงของคะแนนโดยใช้ Lilliefors Test
6. ถ้าคะแนนทั้งสองกลุ่มมีการแจกแจงปกติ จะเปรียบเทียบความแปรปรวนของ
คะแนนโดยใช้ F - test จากสูตร

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

เมื่อ F แทน ตัวสถิติทดสอบซึ่งมีการแจกแจง F โดยมี degree of freedom

เท่ากับ $n_1 - 1$ และ $n_2 - 1$

n_1, n_2 แทน จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

s_1^2, s_2^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

7. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองโดยใช้ t - test

7.1 ถ้าความแปรปรวนของคะแนนทั้งสองกลุ่มเท่ากัน ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$\text{degree of freedom} = n_1 + n_2 - 2$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

7.2 ถ้าความแปรปรวนของคะแนนสองกลุ่มไม่เท่ากัน ตัวสถิติทดสอบคือ

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}}$$

$$\text{degree of freedom} = \frac{[(s_1^2/n_1) + (s_2^2/n_2)]^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ t แทน ตัวสถิติทดสอบซึ่งมีการแจกแจง t

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

s_1^2, s_2^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

n_1, n_2 แทน จำนวนตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

8. ถ้าคะแนนไม่มีการแจกแจงปกติจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนโดยใช้

Mann - Whitney Test

ผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ได้แก่ คะแนนจากการทดสอบกลุ่มทดลองจำนวน 37 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิลฮาร์โมนิกจำนวน 30 ข้อ และดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิลฮาร์โมนิกของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งปรากฏผลดังตาราง 1

ตาราง 1 คะแนนเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนของนักเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	s^2
กลุ่มทดลอง	37	17.9459	12.7192
กลุ่มควบคุม	38	11.2105	14.2788

2. เปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิดฮาร์โมนิกของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งปรากฏผลดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสถิติ F สำหรับเปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนของนักเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	n	S^2	F
กลุ่มทดลอง	37	12.7192	0.8908
กลุ่มควบคุม	38	14.2788	

$$U_{F.005(36, 37)} = 2.4072$$

$$L_{F.005(36, 37)} = 0.4134$$

จากตาราง 2 จะเห็นว่า $0.4134 < 0.8908 < 2.4072$ แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01

3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิลยาร์โม่ภิกของลุ่มทดลองและลุ่มควบคุม ซึ่งปรากฏผลดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสถิติ t สำหรับเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย

ลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	S^2	t
ลุ่มทดลอง	37	17.9459	12.7192	7.9343
ลุ่มควบคุม	38	11.2105	14.2788	

$$t_{.005, 73} = 2.64524$$

จากตาราง 3 จะเห็นว่า $7.9343 > 2.64524$ แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขีมีเปิลยาร์โม่ภิกของลุ่มทดลอง และลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ .01

เนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของลุ่มทดลองมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบผสมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ ด้วยความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีสอนแบบผสมเปรียบเทียบกับวิธีสอนตามปกติ

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2530 ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนเป็นแบบคละตามคะแนนที่ได้จากการสอบคัดเลือกเข้าเรียนต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวิธีการเลือกตัวอย่างดังนี้

1. เลือกห้องเรียนออกมาทดลอง 2 ห้อง จากจำนวนทั้งหมด 4 ห้อง โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling)

2. เมื่อได้ตัวอย่าง 2 ห้องแล้ว สุ่มให้เป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย กลุ่มทดลองนี้มีนักเรียน 37 คน และให้เรียนโดยวิธีสอนแบบผสม สำหรับห้องที่เหลือจัดให้เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมนี้มีนักเรียน 38 คน และให้เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น มีดังนี้

2.1 เอกสารที่ใช้เรียนด้วยตนเอง เป็นเอกสารวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก เพื่อใช้สำหรับวิธีสอนแบบผสม

2.2 สไลด์ประกอบเทปเสียง เรื่องการประกอบเครื่องมือสำหรับการทดลอง และคู่มือทำการทดลอง เพื่อใช้สำหรับวิธีสอนแบบผสม

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบ จิมเปิลฮาร์โมนิก เป็นแบบปรนัยชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3. วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 ผู้วิจัยเป็นผู้สอนกลุ่มทดลอง โดยใช้วิธีสอนแบบผสม และใช้เวลาในการทดลอง 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที

3.2 อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ 1 คน เป็นผู้สอนกลุ่มควบคุม โดยใช้วิธีสอนตามปกติ และใช้เวลาในการสอน 12 คาบ ๆ ละ 50 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($n > 30$) จาก Central limit theorem ให้คะแนนมีการแจกแจงปกติ ไม่ต้องทดสอบการแจกแจงของคะแนน โดย

Lilliefors Test

2. เปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ F - test ให้ความมีความแปรปรวนของคะแนนไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ t - test ให้ความมีความเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบผสมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างจากนักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติที่ระดับนัยสำคัญ .01 และเนื่องจากคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่า นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบผสมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ ด้วยความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

อภิปรายผล

ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนแบบผสมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. วิธีสอนแบบผสมเป็นการนำเอาเทคนิคการสอนหลายวิธีมาใช้ระคนกัน จึงทำให้นักเรียนมีความสนใจ ไม่เบื่อหน่าย และมีความกระตือรือร้นในการเรียนอย่างสม่ำเสมอ
2. วิธีสอนแบบผสมแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ และนักเรียนต้องทดสอบให้ให้ได้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทีละหน่วย ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน
3. วิธีสอนแบบผสมสามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Differences) ได้ กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนช้าหรือเร็วก็สามารถเรียนรู้เนื้อหาวิชาด้วยตนเองในทิศทางที่ถูกต้องได้ ทั้งนี้อาจใช้เวลาอย่างน้อยต่างกันออกไป ทำให้ผู้เรียนช้ามีโอกาสประสบความสำเร็จได้เช่นกัน
4. กิจกรรมการเรียนการสอนของวิธีสอนแบบผสมยืดหยุ่นได้ เมื่อนักเรียนจำเป็นต้องขาดเรียน ก็สามารถติดตามบทเรียนด้วยตนเองได้ในภายหลัง เพราะวิธีสอนแบบผสมเน้นการเรียนด้วยตนเองเป็นส่วนมาก สำหรับวิธีสอนตามปกติเน้นการเรียนโดยอาศัยครูเป็นหลัก เมื่อนักเรียนจำเป็นต้องขาดเรียนก็ไม่สามารถติดตามบทเรียนด้วยตนเองได้ทัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ผู้สอนควรฝึกให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้โดยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองให้มาก เช่น ให้นักเรียนศึกษาจากบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยลดภาระในการสอนของครูได้

1.2 ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรสร้างเอกสารที่ใช้เรียนด้วยตนเอง เพื่อนำไปใช้สอนผสมผสานกับเทคนิคการสอนแบบต่าง ๆ เช่น การสอนโดยการทดลอง การสาธิต การอภิปราย การบรรยาย และการสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม เป็นต้น

1.3 ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรเลือกเนื้อหาที่ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้ มาตรฐานเป็นเอกสารที่ใช้เรียนด้วยตนเองผสมผสาน กับเทคนิคการสอนแบบต่าง ๆ

1.4 วิธีสอนแบบผสมนี้เหมาะกับวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ เพราะวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้เทคนิคการสอนหลาย ๆ แบบร่วมกัน จึงประสบผลสำเร็จได้ดี

1.5 วิธีสอนแบบผสมเป็นวิธีสอนที่ต้องใช้เวลาวางแผนเตรียมงานล่วงหน้ามาอย่างรอบคอบ และเมื่อเตรียมงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว การเรียนการสอนจะดำเนินไปได้โดยสะดวก

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาขั้นต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้วิธีสอนแบบผสมกับนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนที่จัดอยู่ในประเภทเรียนอ่อน

2.2 ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนทางการเรียนรู้ของการเรียนโดยใช้วิธีสอนแบบผสม

2.3 ควรทำการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของวิธีสอนแบบผสมแบบอื่น ๆ อีก เช่น วิธีสอนแบบผสมซึ่งประกอบด้วยการสอนโดยใช้วีดิโอเทปและโดยการทดลอง หรือวิธีสอนแบบผสมซึ่งประกอบด้วยการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนและโดยการทดลอง เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ไชยยศ เรืองสุวรรณ เทคโนโลยีทางการศึกษา : หลักการและแนวปฏิบัติ วัฒพานิช
2526, 301 หน้า
- นิพนธ์ ศศิธร "การปฏิรูปการศึกษาไทย : การศึกษาเพื่อพัฒนามนุษย์" มนุษยศาสตร์ปริทรรศน์
1 : 4 - 7 มกราคม 2523
- นิมิตร มาศเกษม การเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสวนระหว่างวิธีสาธิตและ
วิธีปฏิบัติการทดลอง วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2517, 135 หน้า
อัดสำเนา
- ปลีก น้ำแก้ว การเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามปกติ ปรินฎานิพนธ์ กศ.ม.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2527, 150 หน้า อัดสำเนา
- รุ่งทิวา จักรกร การมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526,
239 หน้า
- เรืองรัตน์ บัญญัติ การเปรียบเทียบผลการสอนสืบเสาะหาความรู้แบบซักถามกับการสอน
แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ สสวท. ในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปรินฎานิพนธ์ กศ.ม.
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม 2529, 92 หน้า อัดสำเนา
- วรรณกิตต์ รัตนกร "การพัฒนาประเทศไทยโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" ศรีวิชัย
7 : 76 - 83 สิงหาคม 2526
- วิเชียร เกตุสิงห์ คู่มือการวิจัย : หลักการสร้างและวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
พิมพ์ครั้งที่ 3 เรือนอักษร 2524, 153 หน้า
- กึกกาศสิน มณีพันธุ์ การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องแสง
โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับการสอนตามปกติ ปรินฎานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2519, 176 หน้า อัดสำเนา

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน เอกสารวิธีสอน เรื่องการสืบเสาะ

หาความรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2521, 20 หน้า

อัครสำเนา

สง่า สรรพศรี "การพัฒนาและเสริมสร้างกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี"

ข้าราชการ 4 : 39 - 45 เมษายน 2527

สุเทพ อุตสาหะ การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา มหาสารคาม โรงพิมพ์สหบัณฑิต

2526, 139 หน้า

สุภาพ วาดเขียน ท้ออย่างไร นิสิต นักศึกษาครูจึงจะสอนได้ดี ไทยวัฒนาพานิช 2523,

226 หน้า

อรุณ สมชัย การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้

สื่อประสมกับการสอนแบบปกติ และการศึกษาทัศนคติต่อบทเรียนที่ใช้สื่อประสม ปริชญานีพนธ์

กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2522, 229 หน้า อัครสำเนา

อรพินท์ เจียรพงษ์ แผนแบบการทดลอง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2529, 271 หน้า

อำนวย รุ่งรัศมี การสอนวิทยาศาสตร์แบบก้าวหน้า มหาสารคาม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาสารคาม 2525, 284 หน้า

อำนาง เจริญศิลป์ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วย

"พลังงาน" ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การสอนแบบทดลองกับการสอน

แบบผสมผสาน วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525, 152 หน้า

อัครสำเนา

Anderson, Hans O, and Others. Reading in Science Education for the Secondary School. New York, Macmillan, 1969. 431 p.

Carpenter, C.R. "Psychological Concepts and Audio Visual Instruction," A.V. Communication Review. 5 : 361 - 369, Winter, 1957.

Dale, Edgar. Audio - Visual Methods in Teaching. 3rd.ed., New York, The Dryden Press Holt, 1969. 719 p.

De Kieffer, Robert E. and lee W. Cochran. A Mannual of Audio - Visual Techniques. New Delhi, Prentice Hall of India (Private) Ltd, 1966. 381 p.

Fan, Chung - Teh. Item Analysis Table. New Jersey, Education Testing Service, Princeton, 1952. 32 p.

Hass, Kenneth B. and Hary Q. Packer. Preparation and use of Audio - Visual Aids. New Delhi, Prentice Hall of India (Private) Ltd, 1964. 381 p.

Kinder, James Screnge. Audio - Visual Materials and Techniques. 2nd.ed., New York, American Book Company, 1959. 592 p.

McCage, Ronald Dale. "A Comparision of the use of slides and Models to the Conventional Method of Introducing Discriptive Geometry Concepts," Dissertation Abstracts. 31 : 5168 - A, April, 1971.

Moriber George. "The Effects of Programme Instruction in a College Physical Science Course for Non - Science Student," Journal of Research in Science Teaching. 6 : 214 - 216, April, 1969.

Owen, J.H. "The Ability to Recognize and Apply Scientific Principle in New Situation : An Experimental Investigation in High School Biology and Chemistry," Science Education. 35 : 207 - 213, June, 1959.

Paitool Suksringarm. An Experimental Study Comparing the Effects of BSCS and Traditional Biology on Achievement, Understanding of Science, Critical Thinking Ability and Attitude Toward Science of the first year students at Sakol Nakorn Teacher College, Thailand. Doctoral Thesis, The Pennsylvania State University, 1976. 105 p.

Sasscer, John Clarence. "The Development, Implementation and Evaluation of a Modularized, Student - Centered. General Biology Curriculum at the College Level," Dissertation Abstracts. 34 : 6957 - 6958 - A, May, 1974.

Young, D.D. "Enquiry - A Critique," Science Education. 52 - 138 - 141, March, 1968.

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มทดลอง

x_1	f_1	$f_1 x_1$	x_1^2	$f_1 x_1^2$
24	1	24	576	576
23	4	92	529	2116
22	5	110	484	2420
20	1	20	400	400
19	4	76	361	1444
18	6	108	324	1944
17	3	51	289	867
16	4	64	256	1024
15	1	15	225	225
14	3	42	196	588
13	2	26	169	338
12	3	36	144	432
	37	664		12374

$$n_1 = \Sigma f_1 = 37$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\Sigma f_1 X_1}{n_1} = \frac{664}{37} = 17.9459$$

$$s_1^2 = \frac{n_1(\Sigma f_1 X_1^2) - (\Sigma f_1 X_1)^2}{n_1(n_1 - 1)}$$

$$= \frac{37(12374) - (664)^2}{37(37 - 1)}$$

$$= \frac{457838 - 440896}{1332}$$

$$= \frac{16942}{1332}$$

$$= 12.7192$$

การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มควบคุม

X_2	f_2	$f_2 X_2$	X_2^2	$f_2 X_2^2$
19	1	19	361	361
18	3	54	324	972
17	1	17	289	289
16	3	48	256	768
14	2	28	196	392
13	1	13	169	169
12	1	12	144	144
11	7	77	121	847
10	4	40	100	400
9	8	72	81	648
8	3	24	64	192
6	2	12	36	72
5	2	10	25	50
	38	426		5304

$$n_1 = \Sigma f_2 = 38$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\Sigma f_2 X_2}{n_2} = \frac{426}{38} = 11.2105$$

$$\begin{aligned} s_2^2 &= \frac{n_2 (\Sigma f_2 X_2^2) - (\Sigma f_2 X_2)^2}{n_2 (n_2 - 1)} \\ &= \frac{38(5304) - (426)^2}{38(38 - 1)} = \frac{201552 - 181476}{1406} \\ &= \frac{20076}{1406} \\ &= 14.2788 \end{aligned}$$

การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานขั้นต้นต่อไปนี้

1. เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($n > 30$) จาก Central Limit theorem ได้คะแนนมีการแจกแจงปกติ โดยไม่ต้องทดสอบการแจกแจงของคะแนนโดยใช้ Lilliefors Test

2. เปรียบเทียบความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ F - test

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

$$df = n_1 - 1, n_2 - 1$$

$$= 37 - 1, 38 - 1 = 36, 37$$

$$= \frac{12.7182}{14.2788}$$

$$= 0.8907$$

$$\text{หา } F_{.005(36, 37)}^U \text{ และ } F_{.005(36, 37)}^L$$

จากตารางการแจกแจง F ที่ $\alpha = .005$ ได้

$$F_{.005(30, 30)}^U = 2.63 \quad F_{.005(40, 30)}^U = 2.52$$

$$F_{.005(30, 40)}^U = 2.40 \quad F_{.005(40, 40)}^U = 2.30$$

โดยการเทียบสถิติไครยางค์ กระทำดังนี้

$$\begin{array}{l} U \\ F.005(40,30) \text{ และ } F.005(30,30) \end{array} \text{ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 1 ต่างกัน 10 ค่า } F \text{ ต่างกัน} \\ = 0.11$$

$$\begin{array}{l} U \\ F.005(36,30) \text{ และ } F.005(30,30) \end{array} \text{ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 1 ต่างกัน 6 ค่า } F \text{ ต่างกัน} \\ = \frac{0.11 \times 6}{10} \\ = 0.066$$

$$\begin{array}{l} U \\ F.005(37,30) \text{ และ } F.005(30,30) \end{array} \text{ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 1 ต่างกัน 7 ค่า } F \text{ ต่างกัน} \\ = \frac{0.11 \times 7}{10} \\ = 0.077$$

$$\therefore \text{ ให้ } F.005(36,30) = 2.63 - 0.066 = 2.564$$

$$\text{และ } F.005(37,30) = 2.63 - 0.077 = 2.553$$

$$\begin{array}{l} U \\ F.005(40,40) \text{ และ } F.005(30,40) \end{array} \text{ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 1 ต่างกัน 10 ค่า } F \text{ ต่างกัน} \\ = 0.10$$

$$\begin{array}{l} U \\ F.005(36,40) \text{ และ } F.005(30,40) \end{array} \text{ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 1 ต่างกัน 6 ค่า } F \text{ ต่างกัน} \\ = \frac{0.10 \times 6}{10} \\ = 0.06$$

$F_{.005(37,40)}^U$ และ $F_{.005(30,40)}^U$ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 1 ต่างกัน 7 ค่า F ต่างกัน

$$= \frac{0.10 \times 7}{10}$$

$$= 0.07$$

$$\therefore \text{ได้ } F_{.005(36,40)}^U = 2.40 - 0.60 = 2.34$$

$$\text{และ } F_{.005(37,40)}^U = 2.40 - 0.07 = 2.33$$

$F_{.005(36,40)}^U$ และ $F_{.005(36,30)}^U$ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 2 ต่างกัน 10 ค่า F ต่างกัน

$$= 0.224$$

$F_{.005(36,37)}^U$ และ $F_{.005(36,30)}^U$ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 2 ต่างกัน 7 ค่า F ต่างกัน

$$= \frac{0.224 \times 7}{10}$$

$$= 0.1568$$

$$\therefore \text{ได้ } F_{.005(36,37)}^U = 2.564 - 0.1568 = 2.4072$$

$F_{.005(37,40)}^U$ และ $F_{.005(37,30)}^U$ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 2 ต่างกัน 10 ค่า F ต่างกัน

$$= 0.223$$

$F_{.005(37,36)}^U$ และ $F_{.005(37,30)}^U$ มีระดับชั้นความเสรีตัวที่ 2 ต่างกัน 6 ค่า F ต่างกัน

$$= \frac{0.223 \times 6}{10}$$

$$= 0.1338$$

$$\therefore \text{ได้ } F_{.005(37,36)}^U = 2.553 - 0.1338 = 2.4192$$

$$\text{เนื่องจาก } F_{\alpha(n_1 - 1, n_2 - 1)}^L = \frac{1}{F_{\alpha(n_2 - 1, n_1 - 1)}^U}$$

$$F_{.005(36, 37)}^L = \frac{1}{F_{.005(37, 36)}^U}$$

$$\therefore \text{ให้ } F_{.005(36, 37)}^L = \frac{1}{2.4192}$$

$$= 0.4134$$

$$\text{เพราะว่า } F_{.005(36, 37)}^L < F < F_{.005(36, 37)}^U$$

นั่นคือ $0.4134 < 0.8907 < 2.4072$ ดังนั้น ยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ t -test เมื่อความแปรปรวนของคะแนนทั้งสองกลุ่มเท่ากัน

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

$$= 37 + 38 - 2$$

$$= 73$$

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{17.9459 - 11.2105}{\sqrt{\frac{((37-1)(12.7192) + (38-1)(14.2788)) \left(\frac{37+38}{(38)(38)} \right)}{37+38-2}}} \\
 &= \frac{6.7354}{0.8489} \\
 &= 7.9343
 \end{aligned}$$

หา $t_{.005,73}$

จากตารางการแจกแจง t ที่ $\alpha = .005$ ให้

$$t_{.005,70} = 2.6480$$

$$t_{.005,80} = 2.6388$$

โดยการเทียบบัญชีไทรยางค์ กระทำดังนี้

$$t_{.005,80} \text{ และ } t_{.005,70} \text{ มีระดับชั้นความเสรีต่างกัน 10 ค่า } t \text{ ต่างกัน} = 0.0092$$

$$t_{.005,73} \text{ และ } t_{.005,70} \text{ มีระดับชั้นความเสรีต่างกัน 3 ค่า } t \text{ ต่างกัน} = \frac{0.0092 \times 3}{10}$$

$$= 0.00276$$

$$\therefore \text{ให้ } t_{.005,73} = 2.6480 - 0.00276 = 2.64524$$

เพราะว่า $t > t_{.005,73}$

นั่นคือ $7.9343 > 2.64524$ ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์แบบทดสอบ

การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนจากการทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 6 จำนวน 120 คน

X	f	fX	X ²	fX ²
27	6	162	729	4374
26	5	130	676	3380
25	8	200	625	5000
24	9	216	576	5184
23	5	115	529	2645
22	5	110	484	2420
21	1	21	441	441
20	2	40	400	800
19	5	95	361	1805
18	3	54	324	972
17	5	85	289	1445
16	5	80	256	1280
15	7	105	225	1575
14	10	140	196	1960
13	4	52	169	676
12	8	96	144	1152
11	9	99	121	1089
10	16	160	100	1600
9	7	63	81	567
	120	2023		38365

$$N = \Sigma f = 120$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma fX}{N}$$

$$= \frac{2023}{120}$$

$$= 16.8583$$

$$s^2 = \frac{n(\Sigma fX^2) - (\Sigma fX)^2}{n(n-1)}$$

$$= \frac{120(38365) - (2023)^2}{120(120-1)}$$

$$= \frac{4603800 - 4092529}{120(119)}$$

$$= 35.8032$$

$$s_x = \sqrt{s^2}$$

$$s_x = \sqrt{35.8032} = 5.98$$

1. การคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้วิธีของ คูเคอร์ ริชาร์ดสัน สูตร 21 (K-R 21)

$$r_{xx} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\bar{X}(n - \bar{X})}{ns^2} \right]$$

เมื่อ r_{xx} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อทดสอบ

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ

ข้อมูลจากการทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ได้

$$n = 30 \quad \bar{X} = 16.8583 \quad s^2 = 35.8032$$

ดังนั้น ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$$\begin{aligned} r_{xx} &= \frac{30}{29} \left[1 - \frac{16.8583(30 - 16.8583)}{(30)(35.8032)} \right] \\ &= 0.8211 \end{aligned}$$

2. การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด โดยใช้สูตร

$$s_e = s_x \sqrt{1 - r_{xx}}$$

เมื่อ s_e แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด

s_x แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัด

$$\text{และ } s_x = \sqrt{s^2} = \sqrt{35.8032} = 5.98$$

$$r_{xx} = 0.8211$$

ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบ

$$s_e = 5.98 \sqrt{1 - 0.8211} = 2.53$$

ตารางแสดงค่า P_L P_H P และ r ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขี้นเปิดฮาร์โมนิก จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	P_L	P_H	P	r
1	.31	.84	.59	.54
2	.41	.88	.66	.51
3	.31	.78	.55	.47
4	.31	.81	.57	.51
5	.28	.81	.55	.53
6	.34	.81	.58	.48
7	.34	.84	.60	.52
8	.31	.78	.55	.47
9	.34	.78	.57	.45
10	.31	.75	.53	.44
11	.31	.81	.57	.51
12	.34	.84	.60	.52
13	.31	.84	.59	.54
14	.31	.81	.57	.51
15	.38	.88	.65	.54
16	.34	.84	.60	.52
17	.41	.88	.61	.51
18	.34	.84	.60	.52
19	.31	.81	.57	.51
20	.34	.81	.58	.48

ข้อที่	P_L	P_H	P	r
21	.31	.78	.55	.47
22	.38	.91	.67	.58
23	.34	.88	.63	.57
24	.31	.84	.59	.54
25	.31	.78	.55	.47
26	.34	.88	.63	.57
27	.38	.88	.65	.54
28	.41	.91	.69	.56
29	.31	.88	.61	.59
30	.31	.84	.59	.54
			17.85	15.51

$$\text{ค่าความยากง่ายเฉลี่ย} = \frac{\sum P}{n} = \frac{17.85}{30} = 0.595$$

$$\text{ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย} = \frac{\sum r}{n} = \frac{15.51}{30} = 0.517$$

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบขี้นเกลียวโรโมนิก
2. ข้อทดสอบในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นข้อทดสอบแบบปรนัย แบบเลือกตอบ ก ข ค ง และ จ มีจำนวน 30 ข้อ
3. ให้เวลาทำแบบทดสอบ 120 นาที ในการทำแบบทดสอบนั้น นักเรียนไม่ควรเสียเวลากับข้อใดข้อหนึ่งนานเกินไป
4. ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยกากบาท (X) บนตัวอักษรตรงกับข้อที่เลือกในกระดาษคำตอบดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

ข้อ (0) ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกลดลงว่าปัจจุบันผลจะเป็นอย่างไร

- ก. วัตถุจะเบาลง
- ข. วัตถุจะตกเร็วขึ้น
- ค. นกจะบินได้เร็วขึ้น
- ง. ผิวโลกจะมีอากาศมากขึ้น
- จ. คนจะกระโดดจากพื้นได้ต่ำกว่าเดิม

ในที่นี้คำตอบที่ถูกต้องที่สุดคือข้อ ก. วัตถุจะเบาลง นักเรียนควรจะต้องเลือกตอบข้อ ก. และทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงบนข้อ ก. ในกระดาษคำตอบในข้อที่ตรงกันดังนี้

ข้อ (0) ~~X~~ ข. ค. ง. จ.

ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้นักเรียนขีดฆ่าคำตอบเดิมออกเสียก่อน

ดังตัวอย่าง สมมติ ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบจาก ข. เป็นคำตอบ ง.

ข้อ (00) ก. ~~ข~~ ค. ~~ง~~ จ.

5. รอจนกว่าผู้คุมสอบบอกให้ลงมือทำ จึงค่อยเปิดแบบทดสอบ
6. เมื่อทำเสร็จหรือหมดเวลา ให้นักเรียนคืนแบบทดสอบ และกระดาษคำตอบ
7. ห้ามขีดฆ่าทำเครื่องหมาย หรือเขียนตัวอักษรใด ๆ ในแบบทดสอบ

1. การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก มีลักษณะดังต่อไปนี้

- (1) เป็นการเคลื่อนที่แบบสั่นผ่านตำแหน่งสมดุล
- (2) การขจัดสูงสุดเทียบกับตำแหน่งสมดุลมีค่าคงที่
- (3) ขณะที่การขจัดมีค่ามากที่สุด ความเร็วเป็นศูนย์
- (4) เกิดแรงกระทำในทิศทางตรงข้ามกับความเร็ว

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (1) และ (3)
- ค. (1), (2) และ (3)
- ง. (2), (3) และ (4)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

2. ข้อใดบ้างจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

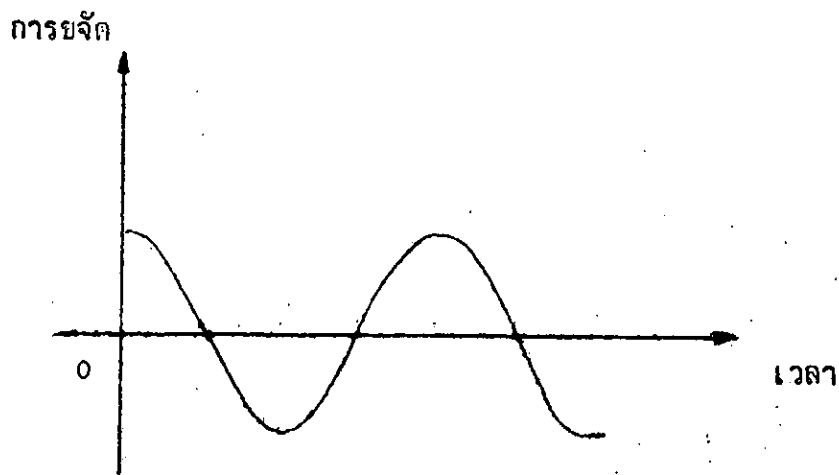
- (1) การสั่นของกล่องเสียงมนุษย์ขณะพูด
- (2) การสั่นของสายกีตาร์
- (3) การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา
- (4) การเคลื่อนที่แบบวงกลม
- (5) การแกว่งของชิงช้า
- (6) การเคลื่อนที่ขึ้นลงของเด็กที่เล่นกระดานหก

คำตอบที่ถูกต้องที่สุดคือ

- ก. (1), (2) และ (3)
- ข. (1), (3) และ (4)
- ค. (2), (3) และ (5)
- ง. (2), (4) และ (6)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

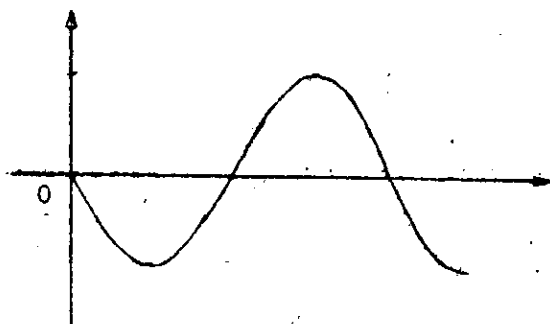
คำสั่ง จงศึกษากราฟที่กำหนดให้ แล้วนำไปตอบคำถามในข้อ 3 และ 4

กำหนดให้ กราฟระหว่างการขจัดกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของอนุภาคหนึ่ง

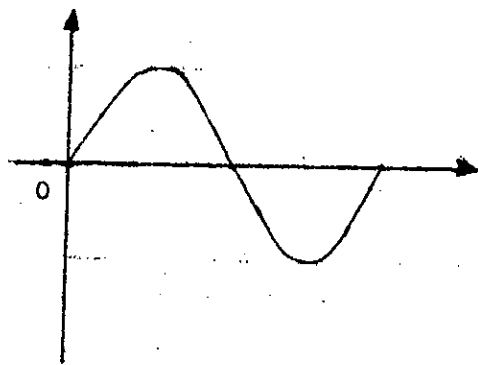


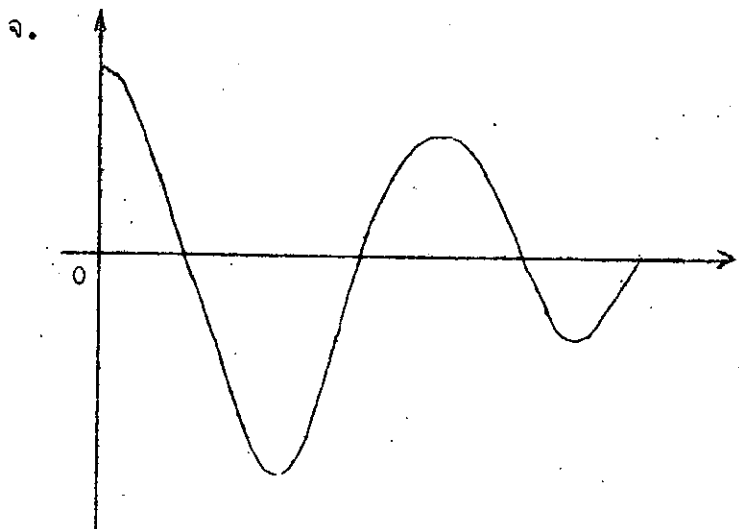
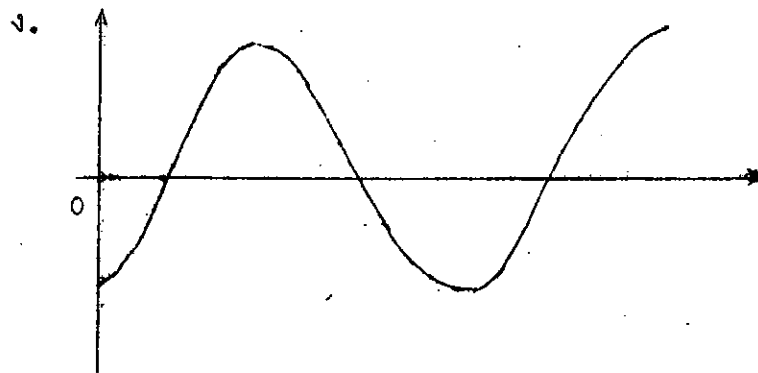
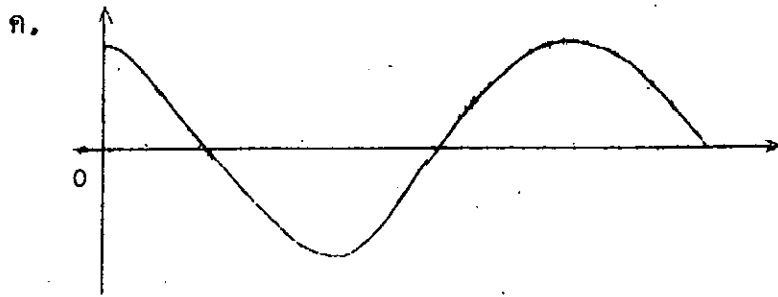
คำตอบ

ก.



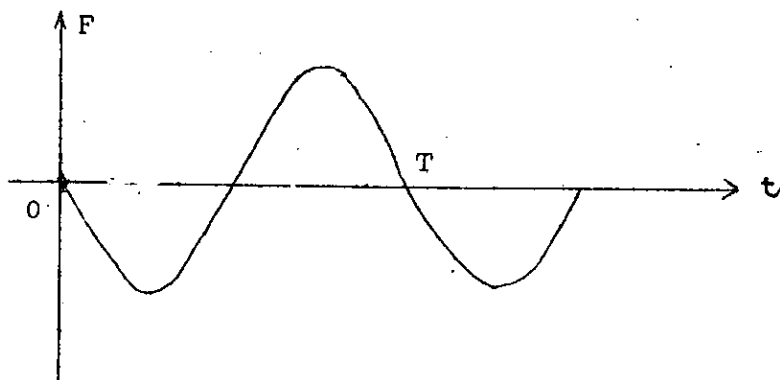
ข.





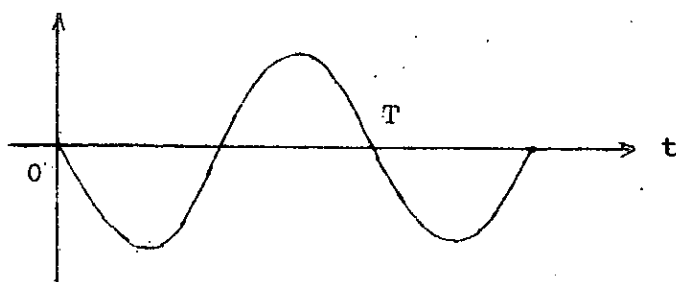
3. กราฟรูปใดแทนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของอนุภาคนี้
4. กราฟรูปใดแทนกราฟระหว่างความเร่งกับเวลาของอนุภาคนี้

5. อนุภาคหนึ่งได้รับแรงกระทำเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังรูป

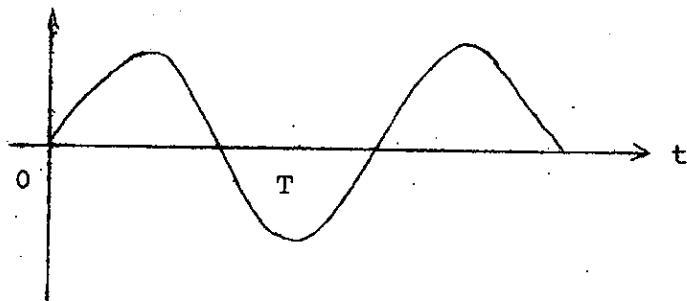


กราฟรูปใดแทนกราฟระหว่างการขจัดกับเวลา ของอนุภาคนี้

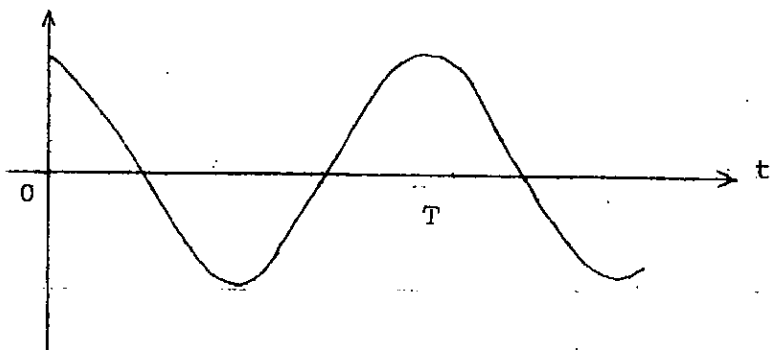
ก. - การขจัด

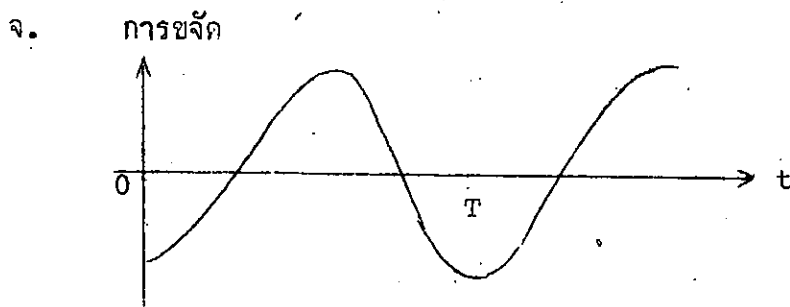
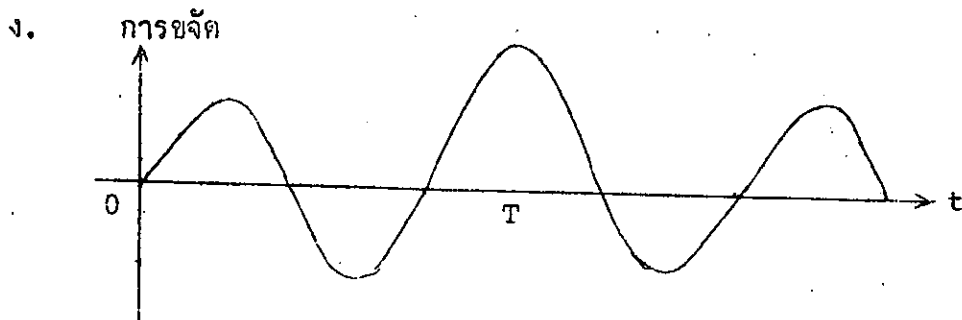


ข. การขจัด



ค. การขจัด





6. การเคลื่อนที่ของเงาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่ จัดเป็น การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้เพราะอะไร

- (1) ขนาดของการขจัดสูงสุดมีค่าคงที่
- (2) กราฟของการขจัดกับเวลา เป็นกราฟรูปโคไซน์
- (3) กราฟของความเร็วกับเวลาเป็นกราฟรูปไซน์
- (4) ความเร่งมีขนาดแปรผันตรงกับขนาดของการขจัด แต่ทิศตรงกันข้าม

ข้อใดถูกบ้าง

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (1) และ (4)

ง. (3) และ (4)

จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

7. สิ่งที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ข้อใดถูกต้องบ้าง

- (1) อัมพลิจูด หมายถึง ระยะขั้วที่มีค่ามากที่สุด
 - (2) คาบ หมายถึง ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ครบ 1 รอบ
 - (3) ในการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกครบ 1 รอบ ตำแหน่งที่มีการขจัดสูงสุด จะอยู่ในเฟส 90 องศา และ 270 องศา
 - (4) ความถี่ หมายถึง จำนวนครั้งของการสั่นในช่วงเวลา 1 คาบ
 - (5) คาบของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก แปรผกผันกับอัมพลิจูด
- คำตอบที่ถูกต้องที่สุดคือ

ก. (1), (2) และ (3)

ข. (1), (3) และ (4)

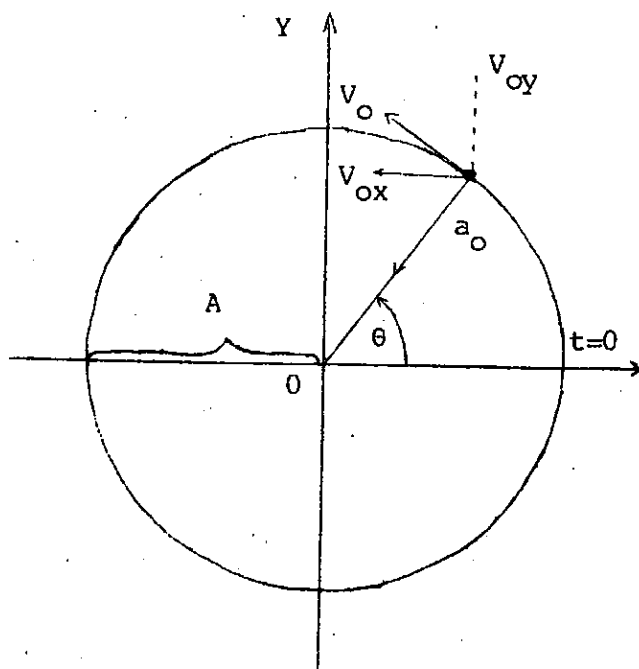
ค. (2), (3) และ (4)

ง. (2), (3) และ (5)

จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

คำสั่ง จงศึกษาโจทย์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แล้วนำไปตอบคำถาม ข้อ 8 และ 9

กำหนดให้ อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับรัศมี A รอบจุดศูนย์กลาง O ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงที่ อัตราเร่งสู่ศูนย์กลาง a_0 และอัตราเร็วเชิงเส้น v_0 เมื่อเวลาผ่านไป t อนุภาคนี้ มีการขจัดเชิงมุมเป็น θ ดังรูป



จากรูปสรุปสมการการเคลื่อนที่แบบวงกลมไว้ดังนี้

- (1) อัตราเร็วเชิงเส้น $v_o = \omega A$
- (2) อัตราเร่งสู่ศูนย์กลาง $a_o = \omega^2 A$
- (3) คาบเวลา $T = 2\pi/\omega$
- (4) การขจัดเชิงมุม $\theta = \omega t$

8. ข้อสรุปใดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคถูกต้องที่สุด

- ก. ความถี่ของการเคลื่อนที่ของอนุภาคเท่ากับ $2\pi/\omega$
- ข. ความเร่งของเงาของอนุภาคเท่ากับความเร่งสู่ศูนย์กลางของอนุภาค
- ค. การขจัดของเงาของอนุภาคเท่ากับ $A \cos \omega t$
- ง. ความเร็วของเงาของอนุภาคเท่ากับความเร็วสู่ศูนย์กลางของอนุภาค
- จ. ถูกทุกข้อ

9. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอในการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคนั้นจะเป็นอย่างไร

- (1) จุดกึ่งกลางของการเคลื่อนที่เป็นตำแหน่งสมดุล
- (2) การเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาค แรงกับการขจัดมีเวกเตอร์อยู่ในทิศทางเดียวกันเสมอ
- (3) ขนาดของการขจัดสูงสุดของเงาของอนุภาคมีค่าเท่ากับรัศมี A
- (4) ความเร็วกับความเร่งของเงาของอนุภาคเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา
- (5) ความเร็วของเงาของอนุภาคที่เวลา t เท่ากับ ωA

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1), (2) และ (3)
- ข. (1), (2) และ (4)
- ค. (2), (3) และ (4)
- ง. (2), (3) และ (5)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

10. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω ขนาดของการขจัดสูงสุดเท่ากับ A วัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล ที่เวลา t ใด ๆ

- (1) การขจัดของวัตถุจากตำแหน่งสมดุลเท่ากับ $A \cos \omega t$
- (2) ความเร็วของวัตถุมีขนาดสูงสุดเท่ากับ ωA
- (3) ความเร่งของวัตถุที่ขนาดการขจัด x ใด ๆ เท่ากับ $-\omega^2 x$

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (1) และ (3)
- ค. (2) และ (3)
- ง. (1), (2) และ (3)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

11. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω ขนาดของการขจัดสูงสุดเท่ากับ A วัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งแอมพลิจูด ที่เวลา t ใด ๆ

- (1) การขจัดจากตำแหน่งแอมพลิจูดเท่ากับ $A \cos \omega t$
- (2) ความเร็วของวัตถุที่ระยะขจัด x ใด ๆ เท่ากับ $-\omega \sqrt{A^2 - x^2}$
- (3) ความเร่งสูงสุดของวัตถุมีขนาดเท่ากับ $\omega^2 A$

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (1) และ (3)
- ค. (2) และ (3)
- ง. (1), (2) และ (3)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

คำสั่ง จงศึกษาโจทย์ข้างล่างนี้ แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 12 - 14

วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกโดยมีแอมพลิจูด 15 เซนติเมตร และ ความถี่ 4 รอบ/วินาที จงคำนวณหา

12. อัตราเร็วเชิงมุมมีค่าเท่าไร

- ก. 2π เรเดียน/วินาที
- ข. 4π เรเดียน/วินาที
- ค. 8π เรเดียน/วินาที
- ง. 10π เรเดียน/วินาที
- จ. 64π เรเดียน/วินาที

13. ขนาดของความเร่งสูงสุดมีค่าเท่าไร

- ก. 1.2π เมตร/วินาที
- ข. 3.0π เมตร/วินาที
- ค. 4.0π เมตร/วินาที
- ง. 6.6π เมตร/วินาที
- จ. 9.6π เมตร/วินาที

14. ขนาดของความเร่งสูงสุดมีค่าเท่าไร

- ก. $1.2\pi^2$ เมตร/วินาที²
- ข. $3.0\pi^2$ เมตร/วินาที²
- ค. $4.0\pi^2$ เมตร/วินาที²
- ง. $6.6\pi^2$ เมตร/วินาที²
- จ. $9.6\pi^2$ เมตร/วินาที²

15. อนุภาคมวล m ติดกับปลายสปริงเบาเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยมีค่า n ของ

สปริงเป็น k ในขณะที่การขจัดของอนุภาคเป็น $+x$ ความเร่งของอนุภาคจะเป็นเท่าไร

- ก. KX
- ข. $-KX$
- ค. $-KX/m$
- ง. KX/m
- จ. ไม่มีข้อถูก

16. จงบอกสภาวะของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก และอยู่ที่จุดซึ่งมีค่าเฟสเท่ากับ $\pi/2$ เรเดียน (90 องศา) เมื่อสภาวะเริ่มต้นการเคลื่อนที่ของวัตถุ วัตถุอยู่ที่ตำแหน่งสมดุล และกำลังจะเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง

ข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. มีความเร็วสูงสุด และกำลังเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง
- ข. มีการขจัดเป็นศูนย์และกำลังเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง
- ค. มีการขจัดเป็นศูนย์และกำลังเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง
- ง. มีการขจัดสูงสุด และ กำลังเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง
- จ. มีการขจัดสูงสุด และ กำลังเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง

17. มวล m ติดอยู่กับปลายสปริงเบาซึ่งมีค่าคงที่เท่ากับ K สันอยู่บนพื้นราบเกลี้ยง คาบเวลาในการเคลื่อนที่ครบรอบจะมีค่าเท่าไร

- ก. $2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$
- ข. $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{m}{K}}$
- ค. $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$
- ง. $2\pi\sqrt{\frac{K}{m}}$
- จ. $2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

18. มวล 0.01 กิโลกรัม ติดกับปลายสปริงเบาซึ่งแขวนไว้ในแนวดิ่ง ค่าเฉลี่ยของสปริงเท่ากับ 100 นิวตัน/เมตร ถ้าทำให้สปริงสั้นมวลจะสั้นด้วยควมกี่เท่าไร
- 10/๓ รอบ/วินาที
 - 10๓ รอบ/วินาที
 - 50/๓ รอบ/วินาที
 - 50๓ รอบ/วินาที
 - 100๓ รอบ/วินาที
19. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม ผูกติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น ปลายสปริงด้านหนึ่งผูกติดกับกำแพง ออกแรง 20 นิวตัน ดึงมวลทำให้ลวดสปริงยืดออก 5 เซนติเมตร แล้วปล่อยวัตถุจะสั้นกลับไม่กลับมา จงหาอัตราเร็วเมื่อผ่านตำแหน่งสมดุล
- 0.5 เมตร/วินาที
 - 1.0 เมตร/วินาที
 - 2.0 เมตร/วินาที
 - 2.5 เมตร/วินาที
 - 5.0 เมตร/วินาที
20. มวล m ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น สั่นครบรอบในเวลา 2 วินาที เมื่อเพิ่มมวลอีก 1 กิโลกรัม จะสั่นครบรอบในเวลา 4 วินาที มวล m นี้มีค่าเท่าไร
- $1/8$ กิโลกรัม
 - $1/6$ กิโลกรัม
 - $1/4$ กิโลกรัม
 - $1/3$ กิโลกรัม
 - $1/2$ กิโลกรัม
21. กรอบครัวหนึ่งประกอบด้วยสมาชิก 10 คน ซึ่งมีมวลคนละ 50 กิโลกรัม เมื่อคนทั้งหมดขึ้นไปนั่งบนรถของเขา มวล 1,000 กิโลกรัม ปรากฏว่าทำให้แหนบถูกกดลงไปจากเดิม 10 มิลลิเมตร จงคำนวณหาว่าถ้าคน 5 คน ขึ้นไปนั่งบนรถจะกดแหนบลงไปได้ระยะทางเท่าไร (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)

- ก. 6.34 มิลลิเมตร
- ข. 7.34 มิลลิเมตร
- ค. 8.34 มิลลิเมตร
- ง. 9.34 มิลลิเมตร
- จ. 10.34 มิลลิเมตร

22. มวล m ผูกเชือกแกว่งแบบลูกตุ้มนาฬิกา ถ้าเชือกยาว L คาบเวลาในการเคลื่อนที่ครบรอบจะมีค่าเท่าไร

- ก. $2\pi\sqrt{g/L}$
- ข. $2\pi\sqrt{L/g}$
- ค. $\frac{1}{2\pi}\sqrt{g/L}$
- ง. $\frac{1}{2\pi}\sqrt{L/g}$
- จ. $2\pi\sqrt{g/L}$

23. จากคำถาม 22 ลูกตุ้มจะแกว่งด้วยอัตราเร็วเชิงมุมเท่าไร

- ก. g/L
- ข. L/g
- ค. $\sqrt{L/g}$
- ง. $\sqrt{g/L}$
- จ. $2\pi\sqrt{g/L}$

24. ลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 1 เมตร แกว่งไปมาโดยมีคาบเวลา 2 วินาที ถ้าลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 4 เมตร จะแกว่งไปมาโดยมีคาบเท่าไร

- ก. 2 วินาที
- ข. 4 วินาที
- ค. 6 วินาที
- ง. 8 วินาที
- จ. 10 วินาที

25. นักธรณีวิทยาคนหนึ่งต้องการหาขนาดของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 (อ) ณ ที่แห่งหนึ่งบนพื้นผิวโลกโดยใช้ลูกตุ้มธรรมดาผูกด้วยเชือกยาว 25 เซนติเมตร
 แล้วนำไปแกว่ง ณ ที่แห่งนั้น ปรากฏว่าลูกตุ้มแกว่งโดยมีความถี่ 1 รอบ/วินาที
 จงคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ที่แห่งนั้น
 (กำหนดให้ $\pi = 3.14$, $\pi^2 = 9.86$)
- ก. 9.50 เมตร/วินาที²
 ข. 9.68 เมตร/วินาที²
 ค. 9.86 เมตร/วินาที²
 ง. 9.92 เมตร/วินาที²
 จ. 10.0 เมตร/วินาที²

คำสั่ง จงศึกษาสิ่งที่กำหนดให้นี้ แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 26 และ 27

ในการทดลองการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาได้ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง ดังนี้

L (cm)	เวลาแกว่งครบ 50 รอบ (วินาที)					T เฉลี่ย (วินาที)	T ² เฉลี่ย (วินาที) ²
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		

ในเมื่อ T แทน คาบเวลา

L แทน ความยาวของสายลูกตุ้ม

26. จากตารางที่กำหนดให้ จะตั้งจุดประสงค์ของการทดลองดังนี้

- (1) เพื่อศึกษาและหาเวลาของการแกว่งครบรอบของลูกตุ้มนาฬิกา
- (2) เพื่อศึกษาและหาเวลาของการแกว่งครบรอบของลูกตุ้มนาฬิกา
เมื่อมีมวลเปลี่ยนค่าต่าง ๆ กัน
- (3) เพื่อศึกษาและหาเวลาของการแกว่งครบรอบของลูกตุ้มนาฬิกา
เมื่อสายลูกตุ้มมีความยาวต่าง ๆ กัน

ข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. (1)
- ข. (2)
- ค. (3)
- ง. (1), (2) และ (3)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

27. จากตารางที่ใช้บันทึกผลการทดลองที่กำหนดให้ เราควรจะนำข้อมูลมาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างอะไร

- (1) L กับ T , ให้ T อยู่บนแกน Y
- (2) L กับ T^2 , ให้ T^2 อยู่บนแกน Y
- (3) L กับ T , ให้ T อยู่บนแกน X
- (4) L กับ T^2 , ให้ T^2 อยู่บนแกน X

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (2) และ (3)
- ค. (3) และ (4)
- ง. (1) และ (4)
- จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

28. ในการทดลองเพื่อศึกษาการขจัด ความเร็วและความเร่งที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก มีวิธีการทดลองดังนี้

- (1) ผูกสายลูกตุ้มกับที่ยึด
- (2) ปลดปล่อยให้ลูกตุ้มแกว่ง
- (3) คึงสายลูกตุ้มให้เฉียงออกไปทางด้านข้างเพียงเล็กน้อย
- (4) ปิดสวิทช์เครื่องเคาะสัญญาณเวลาให้ทำงาน
- (5) คิดแถบกระดาษเข้ากับลูกตุ้มแล้วสอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา

ลำดับขั้นตอนการทดลองในข้อใดเรียงถูกต้อง

- ก. (5) → (1) → (3) → (4) → (2)
- ข. (5) → (1) → (4) → (3) → (2)
- ค. (1) → (5) → (4) → (3) → (2)
- ง. (1) → (5) → (3) → (4) → (2)
- จ. (1) → (3) → (5) → (2) → (4)

คำสั่ง จงศึกษาสิ่งที่กำหนดให้ และนำไปตอบคำถามข้อ 29

กำหนดตารางบันทึกผลการทดลองให้ ดังนี้

มวล (m) (kg) $\times 10^{-3}$	เวลาการแกว่งครบรอบ 50 รอบ (t วินาที)			t เฉลี่ย (วินาที)	T เฉลี่ย (วินาที)	T ² เฉลี่ย (วินาที) ²
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
200						
250						
300						
400						
450						

$$T = t/N$$

ในเมื่อ t = เวลาในการสั่นครบ N รอบ

$$N = 50 \text{ รอบ}$$

$$T = \text{คาบเวลา}$$

29. จากตารางบันทึกผลการทดลองที่กำหนดให้นี้ ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลของการทดลองที่มีสมมติฐานว่าอย่างไร

- (1) คาบเวลาของการแกว่งครบรอบของสปริงจะแปรผันตามมวลที่ใช้แขวนสปริง
- (2) คาบเวลาของการแกว่งครบรอบของสปริงยกกำลังสองจะแปรผันตามมวลที่ใช้แขวนสปริง
- (3) ถ้าสมการ $F = -kx$ เป็นจริง ค่า n ของสปริงที่ทำให้จะต้องคงที่
- (4) คาบเวลาของการแกว่งครบรอบของสปริงจะแปรผันตามรากที่สองของมวลที่ใช้แขวนสปริง

ข้อใดถูกบ้าง

ก. (1) และ (2)

ข. (1) และ (3)

ค. (2) และ (4)

ง. (3) และ (4)

จ. คำตอบเป็นอย่างอื่น

30. ในการทดลองเพื่อหาขนาดของความเร็วเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) โดยใช้ ลูกตุ้มผูกเชือกแล้วนำไปแกว่ง ถ้าบันทึกความยาวของสายลูกตุ้มเป็น L และคาบเวลาของการแกว่งครบรอบเป็น T ถ้า g สามารถหาได้จากความชัน (Slope) ของกราฟระหว่างอะไร

ก. $\log T$ กับ $\log L$

ข. T กับ $1/L$

ค. T กับ L

ง. T กับ L^2

จ. T^2 กับ L

ภาคผนวก ง

เอกสารวิชาฟิสิกส์และคู่มือทำการทดลอง

แผนการสอน

วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก (simple harmonic motion) โดยใช้วิธีสอนแบบผสม (The Integrated Teaching Method)

วิธีสอนแบบผสม (The Integrated Teaching Method) หมายถึง วิธีสอนที่ประกอบไปด้วย

1. เอกสารวิชาฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
2. สไลด์ประกอบเทปเสียงและคู่มือทำการทดลอง
3. การสอนโดยการสาธิต การทดลอง การอภิปราย และการสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม

การวิเคราะห์ภารกิจ (Task Analysis)

จุดประสงค์ทั่วไป (General Objectives)

1. Cognitive Domain เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ด้านความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีขั้นพื้นฐานทางกลศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก อันจะสามารถ นำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และการคำนวณปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบ ซิมเปิลฮาร์โมนิก และนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องคลื่นได้ อีกด้วย

2. Psychomotor Domain เพื่อให้นักเรียนมีทักษะในการอ่านและศึกษาเหตุผล ในการอธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีลักษณะเป็นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก และมีทักษะในการใช้เครื่องมือทดลอง ให้รู้จักสังเกต รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล หาเหตุผล มาสรุปผลการทดลอง ตลอดจนให้นักเรียนมีทักษะในการคำนวณและแก้โจทย์ได้

3. Affective Domain เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้มีเหตุผล มีสมาธิ มีความรอบคอบ อดทน รู้จักยอมรับความจริง และรู้จักรับผิดชอบตนเอง เป็นตัวของตัวเอง สามารถทำงาน ความลำพัง และร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมั่นใจ รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และมีความ กระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาความรู้ได้กว้างขวางอยู่เสมอ

จุดประสงค์เฉพาะ (Specific Objectives)

1. ต้องการให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่อไปนี้ คือ
 - 1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
 - 1.2 คาบ ความถี่ อัมพลิจูด เฟสและการจัดของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
 - 1.3 การคำนวณหา คาบ ความถี่ อัมพลิจูด เฟสและการจัดของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
 - 1.4 การหาสมการการจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

1.5 การคำนวณหาการจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แบบ ชิมเปิดฮาร์โมนิก

1.6 การหาสมการการเคลื่อนที่ของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและ ในแนวตั้ง

1.7 การหาสมการหาคาบและความถี่ของการเคลื่อนที่ของมวลที่ติดกับ ปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง

1.8 การคำนวณหาการจัด ความเร็ว ความเร่ง คาบและความถี่ของ การเคลื่อนที่ของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง

1.9 การหาสมการหาคาบและความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

1.10 การคำนวณหาคาบและความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

1.11 การคำนวณหาค่า g ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกโดยอาศัยการแกว่ง ของลูกตุ้มนาฬิกา

2. ต้องการให้นักเรียนได้รับความคิดรวบยอดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การเคลื่อนที่แบบชิมเปิดฮาร์โมนิก หมายถึง การเคลื่อนที่ที่มีลักษณะเป็น แบบซ้ำๆ เดิมกลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุลโดยมีอันพลีจุดของการแกว่งแต่ละรอบคงที่ และมี ความเร่งแปรผันตรงกับปริมาณการจัดแต่มีทิศทางตรงกันข้าม

2.2 การจัด หมายถึง ระยะการเคลื่อนที่ซึ่งวัดจากตำแหน่งสมดุลออกไป ขนาดของการจัดที่มากที่สุดเรียกว่า อันพลีจุด ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ เรียกว่า คาบ และจำนวนรอบในการเคลื่อนที่ใน 1 หน่วยเวลาเรียกว่า ความถี่

2.3 เฟส หมายถึง ค่าที่ใช้กำหนดลักษณะของการเคลื่อนที่ใน 1 รอบ ซึ่งใน การบอกเฟสนั้นจะบอกเป็นค่ามุม กล่าวคือ ที่เวลาหนึ่งเวลาใด เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ไปอยู่ใน ลักษณะใดลักษณะหนึ่งของรอบ เรียกว่า อยู่ในเฟสหนึ่งนั่นเอง

2.4 คาบเวลาของการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและใน แนวตั้งจะขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ และค่าคงที่ของสปริง ถ้าเราทำให้อัตราส่วน $\frac{m}{K}$ คงที่แล้ว ถ้า T ย่อมคงที่ด้วย หรือถ้า m มากขึ้น เราจะได้ T มากขึ้น (มวลแกว่งช้าลง) แต่ถ้า K มากขึ้น ค่า T จะน้อยลง (มวลแกว่งเร็วขึ้น)

2.5 คาบเวลาของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาจะไม่ขึ้นกับมวลที่แขวนกับเชือก แต่จะขึ้นกับความยาวของเชือก ถ้าเชือกยาวมากขึ้นจะแกว่งช้า แต่ถ้าเชือกสั้นมันจะแกว่งเร็ว

2.6 ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ที่ระดับเส้นรุ้งต่าง ๆ กัน มีค่าไม่เท่ากัน สามารถทำการทดลองหาได้โดยอาศัยการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

2.7 สมการการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกมีทั้งที่เป็นฟังก์ชันไซน์และโคไซน์

3. ต้องการให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ทั้งสี่ด้านซึ่งได้แก่

- 3.1 ทักษะในการจัดกระทำข้อมูล
- 3.2 ทักษะในการแปลความหมายข้อมูลและสรุป
- 3.3 ทักษะในการสร้างสมมุติฐาน
- 3.4 ทักษะในการออกแบบการทดลอง

4. ต้องการให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่

- 4.1 ความคิดที่จะหาหลักฐานมาประกอบการพิจารณาคำกล่าวอ้าง
- 4.2 การตัดสินใจด้วยการใช้เหตุผลที่หนักแน่น
- 4.3 การใช้คำอธิบายที่มีเหตุผล
- 4.4 ไม่เชื่อคำกล่าวที่เลื่อนลอย
- 4.5 เปลี่ยนความคิดเห็นเมื่อได้ข้อมูลที่มีเหตุผลถูกต้องกว่า
- 4.6 มีความมานะและซื่อสัตย์ต่อการทำงาน
- 4.7 ให้ความร่วมมือกับผู้อื่นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- 4.8 มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนและรับผิดชอบต่อความผิดพลาด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

เมื่อนักเรียนเรียนจบเนื้อหาเรื่องนี้แล้ว นักเรียนต้องมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมดังต่อไปนี้

1. สามารถอธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้
2. เมื่อกำหนดการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ให้ สามารถจำแนกได้ว่า การเคลื่อนที่ใดจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเพิลฮาร์โมนิก
3. สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร่งกับการจัดของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้ หลังจากได้ศึกษาเรื่อง ลักษณะของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M.
4. สามารถอธิบายความหมายและคำนวณหา คาบ ความถี่ อัมพลิจูด และการจัดของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้
5. สามารถทำการทดลองและเขียนกราฟระหว่างการจัดกับเวลา และความเร่งกับเวลา ของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้
6. เมื่อกำหนดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา หรือความเร่งกับเวลา ของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ให้แล้ว สามารถเขียนกราฟระหว่างการจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลาหรือความเร่งกับเวลาได้
7. สามารถนำความสัมพันธ์ระหว่าง การจัด ความเร็ว และความเร่งเทียบกับเวลาของเงาของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับไปอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการจัด ความเร็ว และความเร่งเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้
8. สามารถบอกสภาวะการเคลื่อนที่ที่มุมเฟสใด ๆ ของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้
9. สามารถหาสมการ การจัด ความเร็ว และความเร่ง ของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. โดยพิจารณาจากการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบวงกลม
10. สามารถคำนวณหา การจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ได้ เมื่อกำหนด อัมพลิจูด คาบ หรือความถี่ให้

11. สามารถอธิบายการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงแบบบนพื้นลื่นและในแนวตั้งได้
12. สามารถหาสมการ การสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงแบบบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง โดยอาศัยคุณสมบัติของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
13. สามารถหาสมการสำหรับหา คาบและความถี่ของการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงแบบบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง โดยอาศัยสมการ $ma = -KX$, $a = -\omega^2 X$ และ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ได้
14. สามารถคำนวณหา ความเร็ว ความเร่ง คาบ และความถี่ ของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ของมวลที่ติดกับปลายสปริงแบบบนพื้นลื่นและในแนวตั้งได้ เมื่อกำหนดแรงที่กระทำต่อมวลของวัตถุ การขจัดและค่านิจของสปริงได้
15. สามารถคำนวณหาระยะขจัดของการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงแบบบนพื้นลื่นและในแนวตั้งได้ เมื่อกำหนดแรงที่กระทำหรือค่านิจของสปริงได้
16. สามารถหาสมการสำหรับหา คาบ และความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาได้ โดยอาศัยสมการ $F = ma = mg \sin \theta$ และ $a = -\omega^2 X$ ในเมื่อมุม θ มีค่าน้อย ๆ
17. สามารถคำนวณหา คาบ และความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาได้ เมื่อกำหนดความยาวของสายลูกตุ้มได้
18. สามารถคำนวณหาค่า g ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลกได้ เมื่อกำหนด คาบ ความถี่ และความยาวของสายลูกตุ้มนาฬิกาได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

หน่วยที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิงเปิลฮาร์โมนิก

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยทำการสาธิตให้นักเรียนดู ดังนี้

2.1 ดึงมวลที่ผูกติดกับยางยืดซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้งแล้วปล่อยมือ บอกให้นักเรียนสังเกตดูลักษณะการเคลื่อนที่ของมวล จากนั้นให้ตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป

2.2 ถึงมวลที่ผูกติดกับเส้นด้ายซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้งให้เฉียงออกไปทางด้านข้าง แล้วปล่อยมือ บอกให้นักเรียนสังเกตคุณลักษณะของการเคลื่อนที่ของมวล จากนั้นให้ตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป

3. ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปราย พร้อมทั้งช่วยกันยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของมวลที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ซ้ำกลับไปกลับมา

4. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้มารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

หน่วยที่ 2 การทดลองเรื่อง การศึกษาการขจัดและความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M.

1. ผู้วิจัยฉายสไลด์ประกอบเทปเสียงเรื่อง การประกอบเครื่องมือเพื่อใช้สำหรับการทดลองเรื่องนี้ ให้นักเรียนดู

2. ผู้วิจัยอภิปรายก่อนที่จะให้นักเรียนทำการทดลอง

3. ให้นักเรียนจัดกลุ่มทำการทดลองกลุ่มละ 5 คน โดยทำการทดลองตามคู่มือที่แจกให้

4. ให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายและสรุปผลการทดลองโดยส่งตัวแทนอภิปรายกลุ่มละ 1 คน

5. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

6. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วให้มารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

หน่วยที่ 3 การเคลื่อนที่แบบ S.H.M. กับวงกลมอ้างอิง

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยและตัวแทนนักเรียน 1 คน ทำการสาธิตให้นักเรียนทั้งชั้นได้ดู ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยใช้ด้ายผูกนอตแล้วแกว่งให้เคลื่อนที่บนวงกลมในระนาบระดับ
ด้วยอัตราเร็วและรัศมีคงที่

2.2 ให้ตัวแทนนักเรียนใช้กล่องแสงฉายไฟไปตกกระทบกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เพื่อให้เงาไปปรากฏบนฉากรับ บอกให้นักเรียนทุกคนสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ของเงา แล้วช่วยกันอภิปราย จากนั้นก็ให้ศึกษาเนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปต่อไป

3. ผู้วิจัยพบทบทวนบทเรียนเรื่องนี้ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม โดยผู้สังเกตเป็นรายบุคคล

4. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้มารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

หน่วยที่ 4 การสั้นของมวลติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยทำการสาธิตการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นให้นักเรียนดู จากนั้นให้ศึกษาเนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปตามลำดับต่อไป

3. ผู้วิจัยพบทบทวนบทเรียนเรื่องนี้ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม โดยผู้สังเกตเป็นรายบุคคล

4. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้มารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

หน่วยที่ 5 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง

2. ผู้วิจัยทำการสาธิตการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาให้นักเรียนดู

3. ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปตามลำดับต่อไป

4. ผู้วิจัยพบทบทวนบทเรียนเรื่องนี้ โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม โดยผู้สังเกตเป็นรายบุคคล

5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วให้มารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

การประเมินผลหลังการเรียน

เมื่อนักเรียนเรียนจบแต่ละหน่วย ก็ให้ทำแบบทดสอบย่อยประจำแต่ละหน่วยพร้อมกัน ซึ่งได้แก่ แบบทดสอบย่อยชุดที่ 1 - 5

การเรียนซ่อมเสริม

ให้นักเรียนผู้ที่ทำแบบทดสอบย่อยประจำแต่ละหน่วยซึ่งได้คะแนนไม่ถึงเกณฑ์ 80% ของคะแนนเต็มไปเรียนทบทวนกับผู้วิจัยนอกเวลาเรียนปกติ ซึ่งในการสอนซ่อมเสริมนี้นักวิจัยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถาม

เอกสารวิชาฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบขีมิเบิลยาร์โมนิก ประกอบด้วย 5 หน่วย
คือ

1. ลักษณะการเคลื่อนที่แบบขีมิเบิลยาร์โมนิก
2. การทดลองเรื่อง การศึกษาการขจัดและความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ของ
การเคลื่อนที่แบบขีมิเบิลยาร์โมนิก
3. การเคลื่อนที่แบบขีมิเบิลยาร์โมนิกกับวงกลมอ้างอิง
4. การสั้นของมวลที่ติดกับปลายสปริงแบบบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง
5. การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

ในแต่ละหน่วยประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป ตัวอย่าง แบบฝึกหัด บัตรเฉลยแบบฝึกหัด และแบบทดสอบย่อยเพื่อประเมินผลหลังการเรียนของแต่ละหน่วย

หน่วยที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

1. อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้
2. แยกออกได้ว่า การเคลื่อนที่ใดจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
เมื่อกำหนดการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ให้
3. เขียนความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับการขจัดของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
ได้ หลังจากได้ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
4. อธิบายความหมายและคำนวณหา คาบ ความถี่ อัมพลิจูด และการขจัดของ
การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยทำการสาธิตให้นักเรียนดูดังนี้
 - 2.1 คึงมวลที่ผูกติดกับยางยืดซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้งแล้วปล่อยมือบอให้นักเรียน
สังเกตคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของมวล จากนั้นให้ตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป
 - 2.2 คึงมวลที่ผูกติดกับเส้นด้ายซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้งให้เฉียดออกไปทางด้าน
ข้างแล้วปล่อยมือ บอให้นักเรียนสังเกตคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของมวล จากนั้นให้ตอบคำถาม
ในบทเรียนสำเร็จรูป
3. ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายพร้อมทั้งช่วยกันยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของ
มวลที่พบเห็นในชีวิตประจำวันซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
4. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วให้มารับบัตรเฉลย
จากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

การประเมินผลหลังการเรียนรู้

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 1 เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้

การเรียนรู้ซ่อมเสริม

ให้นักเรียนผู้ที่ทำคะแนนได้ไม่ถึงเกณฑ์ 80% ของคะแนนเต็ม ไปเรียนทบทวนกับผู้วิจัยนอกเวลาเรียนปกติ

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 1/1

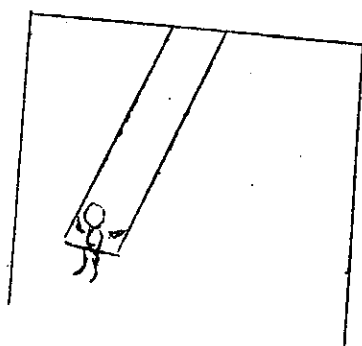
คำแนะนำ

1. อ่านบทเรียนซ้ำ ๆ และทำความเข้าใจไปเรื่อย ๆ พร้อมกับปฏิบัติตามคำแนะนำในบทเรียน
2. บทเรียนนี้เป็นบทเรียนสำเร็จรูปมีลักษณะเป็นข้อสนทนาทั้งที่เป็นคำอธิบายและคำถามให้นักเรียนตอบ ซึ่งแต่ละคำถามจะเว้นที่ว่างเอาไว้ให้นักเรียนเขียนตอบ
3. แต่ละคำถามจะมีเฉลยทุกข้อ การตอบคำถามนี้นักเรียนควรชั่งน้ำหนักด้วยตนเอง โดยไม่ต้องคำตอบ เมื่อตอบเสร็จแล้วจึงค่อยตรวจดูเฉลย เพื่อทำความเข้าใจ

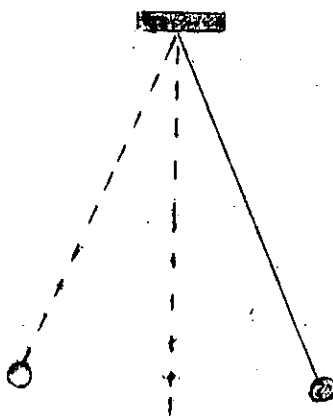
บทเรียนสำเร็จรูป
เรื่อง ลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

ในชั้น ม.4 นักเรียนได้ศึกษาการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุและปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่มาแล้ว ต่อไปนี้ นักเรียนจะได้ศึกษาการเคลื่อนที่อีกแบบหนึ่งซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากที่ได้ศึกษามาแล้ว

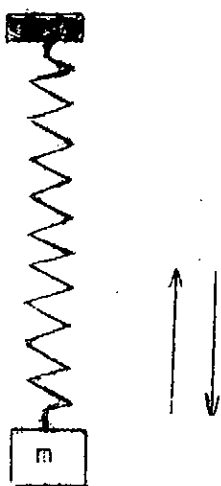
ให้นักเรียนดูรูปประกอบการเคลื่อนที่ต่อไปนี้



รูป 1 แสดงการเคลื่อนที่ของชิงช้า



รูป 2 แสดงการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา



รูป 3 แสดงการเคลื่อนที่ของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาในแนวตั้ง

ทั้งสามรูปนี้นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่า มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร
ถ้ายังตอบไม่ได้ให้นักเรียนคอยดูการสาธิต โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้สาธิตให้ดูดังต่อไปนี้

การสาธิตที่ 1 กระทำดังนี้

1. นำมือมาติดกับปลายลวดสปริง แล้วนำไปแขวนไว้ในแนวตั้ง
2. จับมือตึงให้ลวดสปริงยืดออกแล้วปล่อยมือ

จงตอบคำถามต่อไปนี้

คำถาม 1 เมื่อครูผูกมือติดกับปลายลวดสปริง แล้วนำไปแขวนไว้ในแนวตั้งให้หยุดนิ่ง
ขณะนั้นมืออยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่

คำถาม 2 นักเรียนสังเกตเห็นมือมีการเคลื่อนที่ในลักษณะอย่างไร

คำถาม 3 ตำแหน่งที่มือหยุดนิ่งหรืออยู่ในสภาพสมดุลเรียกว่าตำแหน่งอะไร

คำถาม 4 มือมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุลหรือไม่เพราะอะไร

เฉลยคำถาม 1 - 4

ตอบคำถาม 1 สมดุล

ตอบคำถาม 2 นี้อัตมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง

ตอบคำถาม 3 ตำแหน่งสมดุล

ตอบคำถาม 4 นี้อัตมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุล เพราะมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่ง
ผ่านตำแหน่งสมดุลซึ่งนี้อัตเคยหยุดนิ่ง

การสาธิต 2 กระทำดังนี้

1. นำนี้อัตมาผูกติดกับเส้นด้าย แล้วนำปลายที่เหลืออีกข้างหนึ่งไปแขวนไว้ในแนวดิ่ง
2. จับนี้อัตดึงให้เส้นด้ายเฉียงออกไปทางด้านข้างให้กางเป็นมุมไม่มากนักแล้วปล่อยมือ
จึงตอบคำถามต่อไปนี้

คำถาม 5 เมื่อครูผูกนี้อัตติดกับเส้นด้ายแล้วนำไปแขวนไว้ในแนวดิ่งให้นี้อัตนิ่ง ขณะนั้นนี้อัต
อยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่

คำถาม 6 ตำแหน่งที่นี้อัตหยุดนิ่งหรืออยู่ในสภาพสมดุล เรียกว่า ตำแหน่งอะไร

คำถาม 7 นักเรียนสังเกตเห็นนี้อัตมีการเคลื่อนที่ในลักษณะอย่างไร

คำถาม 8 นี้อัตมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุลหรือไม่เพราะอะไร

เฉลยคำถาม 5 - 8

ตอบคำถาม 5 สมดุล

ตอบคำถาม 6 ตำแหน่งสมดุล

ตอบคำถาม 7 นี้อัตมีการเคลื่อนที่ที่กลับไปกลับมา (ซ้ายไปขวา ขวาไปซ้าย)

ตอบคำถาม 8 นี้อัตมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุล เพราะมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่ง
ที่นี้อัตเคยหยุดนิ่ง

คำถาม 9 จงยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีลักษณะกลับ ไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุล (เหมือนกับที่นักเรียนได้ศึกษาจากการสาคติของครู)

คำตอบ การแกว่งของชิงช้า การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบา การสั่นของสายกีตาร์หรือสายของเครื่องคิดเลขต่าง ๆ การสั่นของผิวกลองและการเคลื่อนที่ของมวลที่ผูกติดกับยางยืดซึ่งแขวนไว้ในแนวตั้ง เป็นต้น

คำถาม 10 การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบกลับ ไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุล เกิดขึ้นจากสาเหตุอะไร

คำตอบ เกิดขึ้นเนื่องจากมีแรงมากระทำต่อวัตถุทำให้เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมดุล

คำถาม 11 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาหรือมวลที่ผูกติดกับเส้นด้าย ดังการสาธิตที่ 2 เกิดขึ้นจากสาเหตุอะไร

คำตอบ เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก จึงทำให้เกิดแรงย้อนกลับดึงให้ลูกตุ้มหรือมวลแกว่ง

คำถาม 12 การสั่นของมวลติดกับปลายสปริงเบาในแนวตั้งหรือบนพื้นลื่น เกิดขึ้นจากสาเหตุอะไร

คำตอบ เกิดขึ้นเนื่องจากออกแรงดึงมวลให้สปริงยืดออก หรือดันมวลเพื่อกดให้สปริงหดเข้า แล้วปล่อยมือก็จะเกิดการสั่นด้วยแรงยืดหยุ่นย้อนกลับให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาซ้ำทางเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล จะนิยามปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ดังนี้ ให้นักเรียนจงจำให้ได้เพื่อที่จะนำไปใช้ในการตอบคำถามในเนื้อหาต่อไป

นิยาม

การขจัด (Displacement) หมายถึง ระยะการเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล โดยวัดจากตำแหน่งสมดุลออกไป ใช้สัญลักษณ์ x

แอมพลิจูด (Amplitude) หมายถึง ระยะขจัดไกลสุดจากตำแหน่งสมดุล ใช้สัญลักษณ์ แทนด้วย A

คาบ (period) หมายถึง ช่วงเวลาในการเคลื่อนที่หรือการแกว่งทั้งไปและกลับหรือขึ้นและลงครบ 1 รอบ ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย T มีหน่วยเป็น วินาที/รอบ

ความถี่ (frequency) หมายถึง จำนวนรอบของการเคลื่อนที่หรือการแกว่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย f มีหน่วยเป็น รอบ/วินาที หรือเรียกว่า เฮิรตซ์ (Hz)

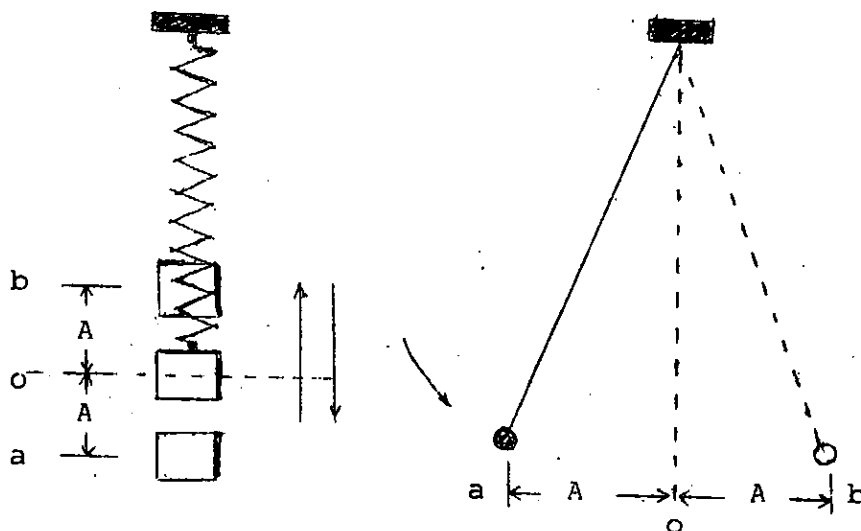
คำถาม 13 จากคำนิยาม คาบและความถี่ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร ให้นักเรียนพิจารณาจากหน่วยของคาบและความถี่แล้วนำมาตอบ

คำตอบ เป็นส่วนกลับกัน

คำถาม 14 จงสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบและความถี่โดยใช้สัญลักษณ์ตามที่กำหนดไว้ในคำนิยาม

คำตอบ $T = \frac{1}{f}$ หรือ $f = \frac{1}{T}$

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษารูปต่อไปนี้แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 15 - 24



รูป 1 แสดงการแกว่งของมวลที่ติดกับ
ปลายสปริงเบาในแนวตั้ง

รูป 2 แสดงการแกว่งของลูกตุ้มเบา
ที่ผูกติดกับเส้นด้าย

คำถาม 15 จากรูปที่ 1 และ 2 วัตถุจะสมดุล ณ จุดใด เพราะอะไร

คำตอบ ณ จุด O เพราะเป็นจุดที่ไม่มีการแกว่งหรือไม่มีการยืดหด ความเร่งเป็นศูนย์

คำถาม 16 ในการสั่นหรือการแกว่งของวัตถุทั้งสองนี้ ระยะใดแทนแอมพลิจูด และระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ใช้เวลา 1 คาบ มีค่าเท่าไร

คำตอบ ระยะ Oa และ Ob , ประมาณ $4A$

คำถาม 17 ตำแหน่งใดที่วัตถุมีความเร็วมากที่สุดและน้อยที่สุด (อาศัยหลักทรงพลังงาน
มาช่วยในการวิเคราะห์)

คำตอบ 1. ตำแหน่งที่วัตถุมีความเร็วมากที่สุดคือ 0
2. ตำแหน่งที่วัตถุมีความเร็วน้อยที่สุดคือ a และ b

คำถาม 18 เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่ง a ความเร่งของวัตถุจะมีขนาดสูงสุด หรือต่ำสุด

คำตอบ สูงสุด

คำถาม 19 การขจัดเสถียรจากจุดใดไปยังจุดใดบ้าง

คำตอบ จาก $0 \rightarrow a$ หรือ $0 \rightarrow b$

คำถาม 20 เมื่อวัตถุมีความเร็วมากที่สุด การขจัด แรงและความเร่ง มีค่าเท่าไร

คำตอบ เป็นศูนย์

คำถาม 21 จากรูปที่ 1 เมื่อออกแรงดึงสปริงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ระยะขจัดก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ
และแรงย้อนกลับก็จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ด้วย ถ้ากล่าวนี้ถูกต้องหรือไม่
(นักเรียนอาจจะลองเอาเครื่องขึงสปริงมาแขวนไว้ในแนวตั้ง แล้วออกแรงดึง
สปริงให้ยืดออกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อตรวจสอบคำกล่าวนี้)

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 22 จากรูปที่ 2 เมื่อเราออกแรงดึงมวลให้เชือกกางเป็นมุมมากขึ้นเรื่อย ๆ การจัดจากตำแหน่งสมดุลจะมากขึ้นเรื่อย ๆ และแรงดึงย้อนกลับก็จะมากขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยคำกล่าวนี้นี้ ถูกต้องหรือไม่ (ให้นักเรียนตรวจสอบคำกล่าวนี้นี้ โดยอาจจะทำการทดลองดู)

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 23 ทิศทางของแรงย้อนกลับกับทิศทางของการจัดสวนทางกันหรือตามกัน

คำตอบ สวนทางกัน (ทิศตรงกันข้าม) ทิศทางของแรงดึงย้อนกลับจะเข้าสู่ตำแหน่งสมดุลเสมอ.

คำถาม 24 จากการตอบคำถาม 21 - 23 ทำให้สรุปได้ว่า แรงดึงย้อนกลับจะแปรผันตรงกับการจัด แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ข้อสรุปนี้ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 25 จงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับการจัดของการเคลื่อนที่ที่มีลักษณะแกว่งกลับไปกลับมาดังกล่าวยังข้างต้น

คำตอบ ความเร่งเป็นปฏิภาคกับ (แปรผกผันตรงกับ) การจัด แต่มีทิศทางตรงกันข้าม เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ อ : ค : ข

คำถาม 26 วัตถุเคลื่อนที่มีลักษณะซ้ำกลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีอัตราเร็วคงที่ใน
แต่ละรอบคงที่ตลอดเรียกว่า เป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก (Simple
Harmonic Motion) เรียกสั้น ๆ ว่า การเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ให้นักเรียน
สรุปลักษณะทั่วไปของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเป็นข้อ ๆ

คำตอบ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก สรุปได้ดังนี้

1. เป็นการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีอัตราเร็วคงที่ของ
การแกว่งหรือการสั่นแต่ละรอบคงที่
2. มีความเร่งหรือแรงกระทำ (แรงย้อนกลับ) ในทิศตรงข้ามกับการขจัดของ
วัตถุผ่านตำแหน่งสมดุลตลอดเวลา และขนาดของความเร่งหรือแรงเป็น
แปรผันกับขนาดของการขจัดจากตำแหน่งสมดุลเสมอ

คำสั่ง ให้นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัดมาศึกษาและทำด้วยตนเอง

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 1/2

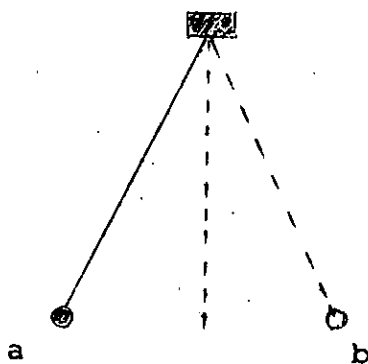
คำแนะนำ

1. เอกสารชุดนี้ประกอบด้วยตัวอย่างและแบบฝึกหัด
2. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างก่อนแล้วจึงค่อยทำแบบฝึกหัด
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างนี้

ตัวอย่างที่ 1 วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา โดยมีอัมพลิจูดคงที่ตลอด และใช้เวลาในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งอัมพลิจูดข้างหนึ่งไปถึงตำแหน่งอัมพลิจูดข้างหนึ่ง 2 วินาที จงคำนวณหาคาบและความถี่ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

วิธีทำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ขึ้นเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก การเคลื่อนที่ที่ไปและกลับจึงใช้เวลาเท่ากัน ดังนั้น วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ จะใช้เวลาเท่ากับ 4 วินาที ดูรูปประกอบ



วัตถุเคลื่อนที่จาก $a \rightarrow b$ ใช้เวลา 2 วินาที และเคลื่อนที่จาก $b \rightarrow a$ ก็ใช้เวลา 2 วินาทีเช่นกัน เพราะฉะนั้น วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ คือ กลับมาอยู่ ณ ตำแหน่งเริ่มต้นอีกครั้ง จึงใช้เวลาทั้งหมดเท่ากับ 4 วินาที นั่นคือ

$$T = 4 \text{ วินาที} \quad \text{โดยที่ } T \text{ แทน คาบ}$$

$$\text{และ } T = \frac{1}{f} \quad f \text{ แทน ความถี่}$$

$$\text{ดังนั้น } f = \frac{1}{T} \text{ รอบ/วินาที}$$

ตอบ

คำสั่ง ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดดังต่อไปนี้

1. จงอธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกและพร้อมกับยกตัวอย่างการเคลื่อนที่ที่จัดเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกด้วย
2. การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเป็นการเคลื่อนที่แบบถ่ายเทพลังงานจลน์กับพลังงานศักย์ โดยไม่หยุดยั้ง คำกล่าวนี้ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร
จงอธิบายโดยอาศัยการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาและหลักทรงพลังงานมาช่วยวิเคราะห์
3. การเคลื่อนที่แบบสั่น คือการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก คำกล่าวนี้เป็นจริงทุกแบบของการสั่นหรือไม่ เพราะอะไร จงอธิบาย
4. ผูกมวลติดกับปลายสปริง แล้วนำไปแขวนไว้ในแนวตั้ง จากนั้นทำให้สปริงสั่นขึ้นลงในแนวตั้ง ปรากฏว่าจับเวลาใน 2 วินาที สปริงเคลื่อนที่ได้ครบ 4 รอบ จงคำนวณหาคาบของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

คำสั่ง เมื่อนักเรียนตอบคำถามครบทั้ง 4 ข้อแล้ว ให้ไปรับบัตรเฉลยที่ 1 ใต้ตู้ผู้วิจัย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ถ้ามีข้อสงสัยให้สอบถามผู้วิจัยทันที

บัตรเฉลยหมายเลข 1

ตอบคำถาม

1. การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเป็นการเคลื่อนที่แบบสั่นหรือแกว่งกลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีอัมพลิจูดของการสั่นแต่ละรอบคงที่ และมีความเร่งหรือแรงที่กระทำเป็นปริมาณโดยตรงกับการจัด แต่มีทิศตรงกันข้ามเสมอ ตัวอย่างการเคลื่อนที่ที่จัดเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ได้แก่ การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การสั่นของมวลติดกับสปริงเบาในแนวตั้งหรือบนพื้นลื่น การสั่นของสายไวโอลิน หรือกีตาร์ และการแกว่งของชิงช้า เป็นต้น
2. ถูกต้อง เพราะว่า ตำแหน่งสมดุล พลังงานจลน์มีค่ามากที่สุด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ห่างจากตำแหน่งสมดุลออกไป พลังงานจลน์จะลดลงเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์ แต่พลังงานศักย์กลับเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่ามากที่สุด ณ ตำแหน่งอัมพลิจูด (ตำแหน่งที่มีการจัดสูงสุด) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ย้อนกลับพลังงานศักย์ก็จะลดลงไปเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์ แต่พลังงานจลน์กลับเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และมีค่าสูงสุด ณ ตำแหน่งสมดุล เมื่อผ่านตำแหน่งสมดุลไปอีกด้านหนึ่ง พลังงานจลน์ก็จะลดลงไปเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์ แต่พลังงานศักย์จะมีค่ามากที่สุด เป็นเช่นนี้ตลอดไปจนกว่าวัตถุจะหยุดเคลื่อนที่ ลักษณะเช่นนี้จึงกล่าวได้ว่าเป็นการถ่ายเทพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานศักย์และพลังงานศักย์ไปเป็นพลังงานจลน์ ตามหลักทรงพลังงาน
3. ไม่เป็นจริงตลอดไป เพราะการสั่นบางแบบการจัดสูงสุดหรืออัมพลิจูดอาจจะไม่คงที่ตลอด

4. วิธีทำ จาก $T = \frac{1}{f}$

$$f = \frac{4}{2} = 2 \text{ รอบ/วินาที}$$

เพราะฉะนั้น $T = \frac{1}{2} \text{ วินาที}$

ตอบ

แบบทดสอบย่อยชุดที่ 1

คำสั่ง จงกากบาท (X) กับตัวเลือกที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความเร่งเข้าสู่จุดสมดุลตลอดเวลา
2. มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแนวคาบกับเวลา
3. มีความเร็วสูงสุด ณ ตำแหน่งสมดุล
4. คาบของการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับอัมพลิจูด
5. แรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่มีค่าคงที่

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. 1, 2 และ 3
- ข. 2, 3 และ 4
- ค. 3, 4 และ 5
- ง. 2, 4 และ 5
- จ. คำตอบเกินแบบอื่น

2. ข้อใดจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

1. การเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา
2. การสั่นของผิวกลอง
3. การหมุนของล้อรถจักรยาน
4. การสั่นของสายไวโอลิน
5. การเคลื่อนที่ขึ้นลงของเข็มจักรเย็บผ้า
6. การหมุนของพัดลม

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. 1, 2 และ 3
- ข. 2, 4 และ 5
- ค. 3, 4 และ 5
- ง. 4, 5 และ 6
- จ. คำตอบเป็นแบบอื่น

3. วัตถุหนึ่งเคลื่อนแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยมีแอมพลิจูดของการแกว่งเป็น A จงหาว่าเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ จะได้ระยะทางเป็นกี่เท่าของแอมพลิจูด

- ก. 1 เท่า
- ข. 2 เท่า
- ค. 3 เท่า
- ง. 4 เท่า
- จ. 5 เท่า

4. ในขณะที่วัตถุมีการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ปริมาณในข้อใดมีเวกเตอร์อยู่ในทิศเดียวกันเสมอ

- ก. แรงกับการขจัด
- ข. ความเร็วกับความเร่ง
- ค. แรงกับความเร่ง
- ง. การขจัดกับความเร่ง
- จ. ข้อ ก และ ง ถูก

5. กำหนดข้อความให้ดังต่อไปนี้

1. อัมลิจจุด หมายถึง ระยะทางที่อนุภาคเคลื่อนที่ได้ครบ 1 รอบ
2. คาบ หมายถึง ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ครบ 1 รอบ
3. ความถี่ หมายถึง จำนวนรอบของการสั่นใน 1 หน่วยเวลา
4. ความถี่ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกขึ้นอยู่กับอัมลิจจุด
5. เมื่อปล่อยให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกที่ตำแหน่งอัมลิจจุด เมื่อเคลื่อนที่ได้ $\frac{3}{4}$ รอบ วัตถุจะอยู่ที่ตำแหน่งสมดุล

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. 1, 2 และ 3
 - ข. 1, 2 และ 4
 - ค. 2, 3 และ 4
 - ง. 2, 3 และ 5
 - จ. คำตอบเป็นแบบอื่น
-

หน่วยที่ 2 การทดลองเรื่อง การศึกษาการจัดและความเร็ว ที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว

1. สามารถทำการทดลองและเขียนกราฟระหว่างการจัดกับ เวลาและความเร็ว
กับเวลาของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้
2. เมื่อกำหนดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา
หรือความเร่งกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกให้ สามารถเขียนกราฟระหว่างการ
การจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา หรือความเร่งกับเวลาได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ผู้วิจัยฉายสไลด์เรื่อง ขั้นตอนในการประกอบเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดลอง
พร้อมกับเปิดเทปคำบรรยายให้นักเรียนฟัง
2. ให้นักเรียนจัดกลุ่มทำการทดลอง กลุ่มละ 5 คน โดยทำการทดลองตามคู่มือ
ที่แจกให้
3. ให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง โดยส่งตัวแทนอภิปราย
กลุ่มละ 1 คน
4. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วให้มารับบัตรเฉลย
กับผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยให้

การประเมินผลหลังการเรียนรู้

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 2 เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วย
การเรียนรู้

การเรียนซ่อมเสริม

ให้นักเรียนผู้ที่ทำคะแนนได้ไม่ถึงเกณฑ์ 80% ของคะแนนเต็ม ไปเรียนพบทวนกับ
ผู้วิจัยนอกเวลาเรียนปกติ

คู่มือทำการทดลอง

การทดลองเรื่อง การศึกษาการจัดและความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบ
ซิมเปิลฮาร์โมนิก

วัตถุประสงค์ เมื่อนักเรียนทำการทดลองนี้แล้วให้สามารถ

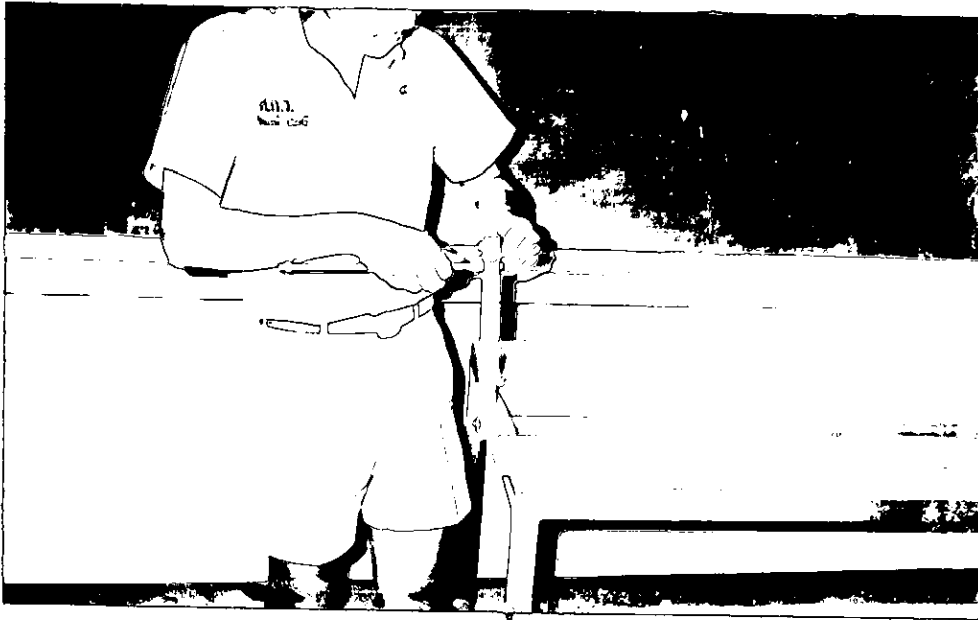
1. หาการจัดและความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ได้
2. เขียนกราฟระหว่างการจัดกับเวลาได้
3. เขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาได้
4. เปรียบเทียบการจัดกับความเร็ว ณ เวลาใด ๆ จากกราฟในข้อ 2 และ 3 ได้

อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

- | | |
|--|-----------|
| 1. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา | 1 เครื่อง |
| 2. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ | 1 เครื่อง |
| 3. รางไม้พร้อมแขนรางไม้ | 1 ชุด |
| 4. แท่งเหล็ก | 2 แท่ง |
| 5. ท่ออลูมิเนียมยาวประมาณ 30 เซนติเมตร | 1 อัน |
| 6. สายไนลอนยาวประมาณ 1 เมตร | 1 อัน |
| 7. แถบกระดาษ | 1 เส้น |

วิธีการทดลอง

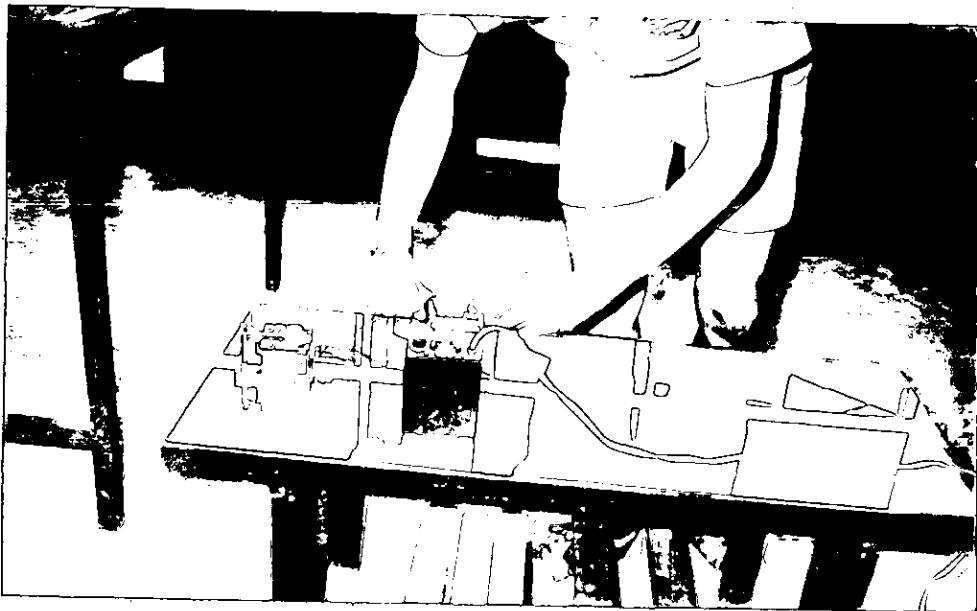
1. วางรางไม้บนโต๊ะ นำแขนรางไม้มาประกอบกับรางไม้ สอดท่ออลูมิเนียมเข้ากับ
รูของแขนรางไม้ โดยให้ด้านที่ผ่าไว้สำหรับร้อยเชือกยื่นออกมานอกขอบโต๊ะพอประมาณ ชันสกรู
ยึดท่ออลูมิเนียมให้แน่น ดังรูป 1



รูป 1

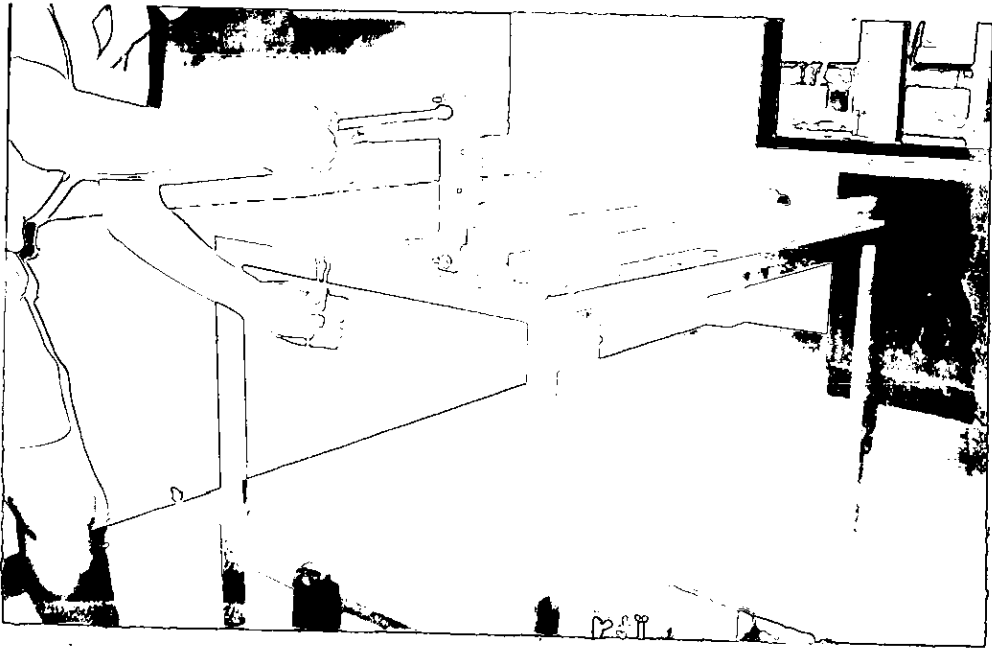
2. ต่อสายไฟเข้ากับเครื่องเคาะสัญญาณเวลาและหม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำประมาณ

5 - 12 โวลต์ ดังรูป 2



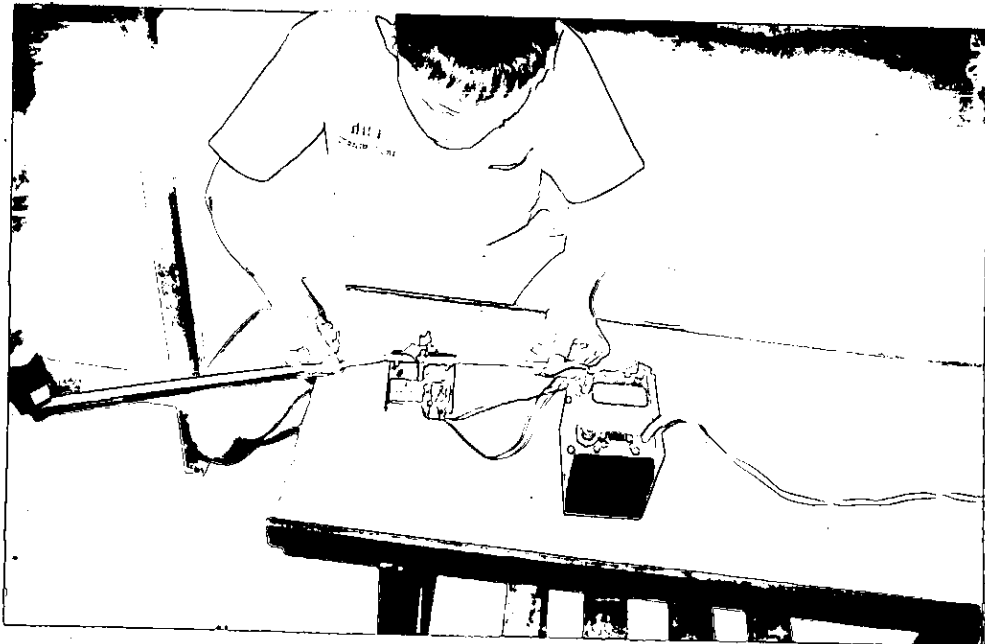
รูป 2

3. ประกอบแท่งเหล็ก 2 อัน เข้าด้วยกันใช้ปลายหนึ่งของสายในลอนมัดกับขั้วเกี่ยวของแท่งเหล็กให้แน่น นำปลายที่เหลือไปสอดเข้ากับรอยผ่าของท่ออลูมิเนียม ดึงสายในลอนขึ้นให้แท่งเหล็กอยู่สูงจากพื้นประมาณ 3 - 4 เซนติเมตร ดังรูป 3



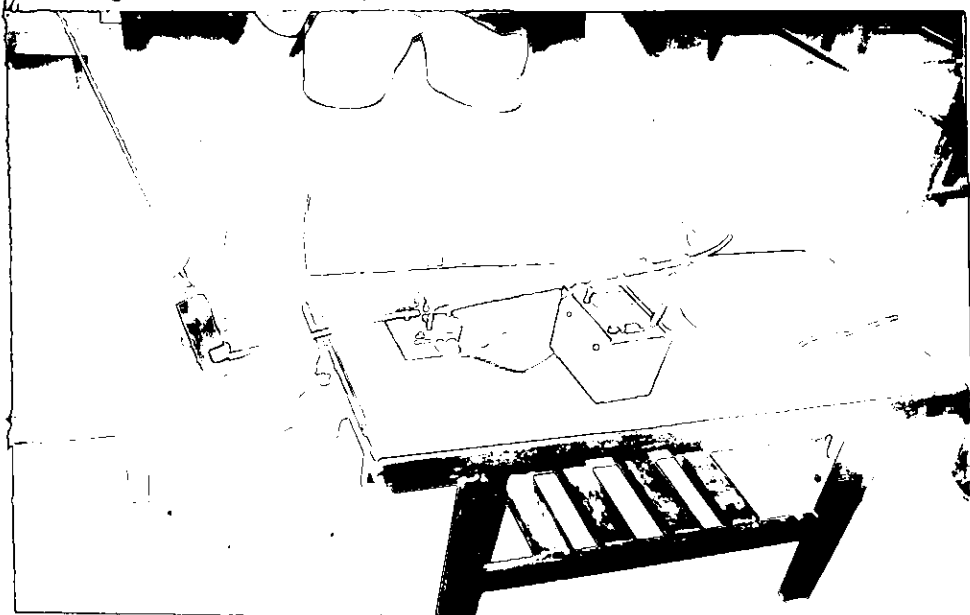
รูป 3

4. ตัดปลายหนึ่งของแถบกระดาษเข้ากับแท่งเหล็ก นำอีกปลายหนึ่งสอดผ่านเครื่อง
เคาะสัญญาณเวลาซึ่งวางห่างจากตำแหน่งสมดุลของแท่งเหล็กประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร
จัดให้แถบกระดาษขนานกับพื้น ดังรูป 4



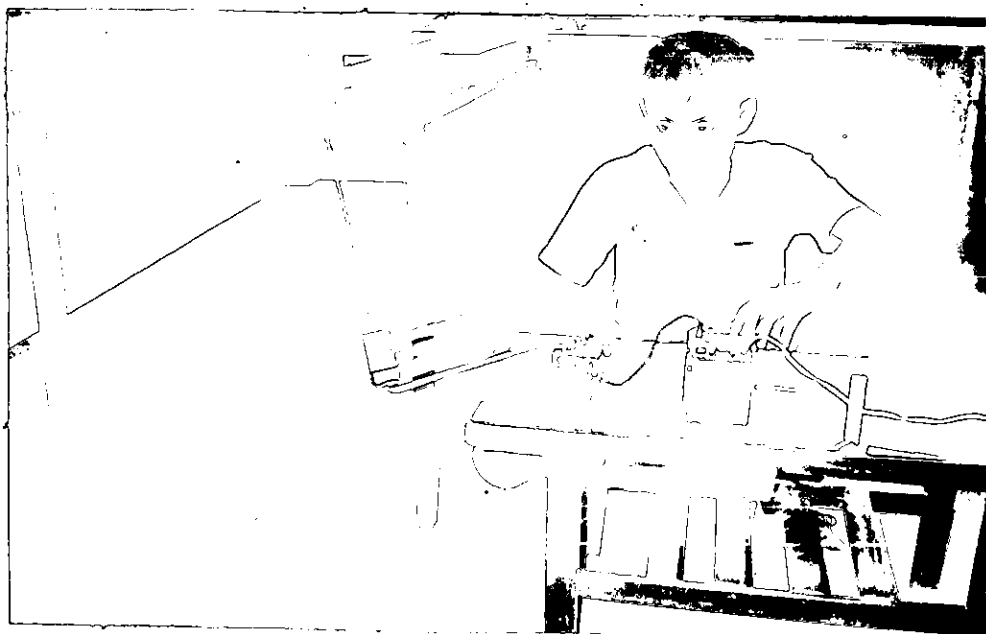
รูป 4

5. ดึงปลายแถบกระดาษให้ห่างเหล็กเคลื่อนที่มากลึงกับเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยให้ห่างเหล็กอยู่ห่างจากตำแหน่งสมดุลประมาณ 10 - 15 เซนติเมตร ดังรูป 5



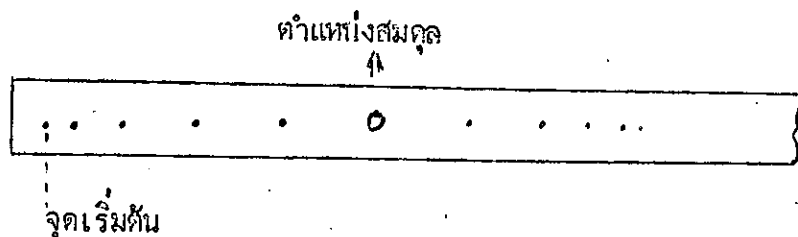
รูป 5

6. เปิดสวิทช์ให้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาทำงานแล้ว สอยมือให้ห่างเหล็กเคลื่อนที่ ดึงแถบกระดาษผ่านเครื่องเคาะสัญญาณ ดังรูป 6



รูป 6

7. นำแถบกระดาษที่ได้จากข้อ 6 มาหาคำแหน่งสมมูลของแท่งเหล็ก โดยให้นักเรียน เอาจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่และเอาจุดสุดท้ายที่เห็นชัดเจนที่สุดประกบกัน แล้วพับแถบกระดาษ นั้นเป็นสองส่วน คำแห่งตรงรอยพับถือว่าเป็นตำแหน่งสมมูล ดังรูป 7



รูป 7 แสดงตำแหน่งสมมูลของการเคลื่อนที่ของแท่งเหล็กบนแถบกระดาษ

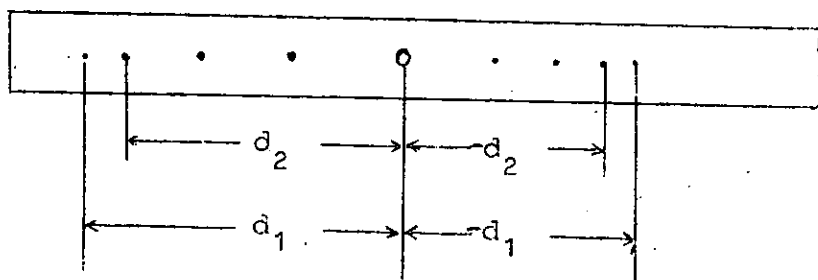
8. วิศวกรการจัดจากตำแหน่งสมมูลไปยังจุดเริ่มต้นและจุดถัดเข้ามาที่ละจุดจนถึง ตำแหน่งสมมูล แล้ววัดต่อไปอีกทางด้านหนึ่งที่ละจุดเช่นเดียวกันจนถึงจุดสุดท้ายได้การจัด $d_1, d_2, d_3, \dots, 0, \dots, -d_3, -d_2, -d_1$ ที่เวลา $0, \frac{1}{50}, \frac{2}{50}, \dots$ วินาที ตามลำดับ บันทึกผลลงในตารางบันทึก

9. หาความเร็วขณะใดขณะหนึ่งตลอดการเคลื่อนที่ โดยวัดระยะทางสองช่วงจุด ตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปเรื่อย ๆ แล้วคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย ซึ่งจะขึ้นความเร็วที่เวลา $0, \frac{1}{50}, \frac{2}{50}, \dots$ วินาที ตามลำดับ บันทึกผลลงในตารางบันทึก

10. สำหรับการกำหนดทิศทางของความเร็วให้ถือเอาทิศทางของการจัดเป็นหลักคือ ถ้ากำหนดให้ทิศทางของการจัดจากตำแหน่งสมมูลทางด้านที่แท่งเหล็กเริ่มเคลื่อนที่เป็นบวก ที่จุดเริ่มต้นการจัดมีค่ามากที่สุดและเป็นบวก แต่แท่งเหล็กกำลังจะเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งสมมูล ความเร็วจึงมีค่าเป็นลบ เพราะมีทิศสวนทางกับการจัด เมื่อแท่งเหล็กเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งสมมูล ไปอีกด้านหนึ่งการจัดจะมีค่าเป็นลบ และความเร็วของการเคลื่อนที่ของแท่งเหล็กก็มีค่าเป็นลบ เช่นเดียวกัน

รูปที่แสดงนี้ เป็นการเคลื่อนที่เพียงครั้งรอบของแท่งเหล็ก

ตำแหน่งสมดุล



11. เขียนกราฟระหว่างการจัดกับ เวลา และความเร็วกับเวลาบนกระดาษกราฟ โดยให้แกนเวลาเป็นแกนนอน

12. ให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายผล และสรุปผลการทดลอง โดยส่งตัวแทนอภิปราย กลุ่มละ 1 คน

ตัวอย่าง การออกแบบตารางบันทึกผล

เวลา (s)	การจัด (m)	ความเร็ว (m/s)	เวลา (s)	การจัด (m)	ความเร็ว (m/s)

หมายเหตุ นักเรียนควรทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 2/1

คำแนะนำ

1. ให้นักเรียนศึกษาเอกสารชุดนี้ด้วยตนเอง
2. พยายามทำความเข้าใจโดยอ่านบทบทหลาย ๆ ครั้ง
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

บทเรียนสำเร็จรูป

คำถาม 1 เมื่อเราทำการทดลองให้แถบกระดาษผ่านเครื่องเจาะสัญญาณเวลาแล้ว เมื่อ นำแถบกระดาษนั้นมาหับ เป็นครึ่งส่วน เหตุใดตำแหน่งตรงรอยพับนี้จึงเป็น ตำแหน่งสมดุล

คำตอบ เพราะว่าตรงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายบนแถบกระดาษเป็นตำแหน่งอัมพลิจูดแต่ละข้าง

คำถาม 2 ทำไมเราจึงคิดว่าการขจัดอีกข้างหนึ่งเป็นลบ

คำตอบ เนื่องจากมีทิศทางตรงข้ามกับทิศการขจัดตอนเริ่มต้นจะ เคลื่อนที่

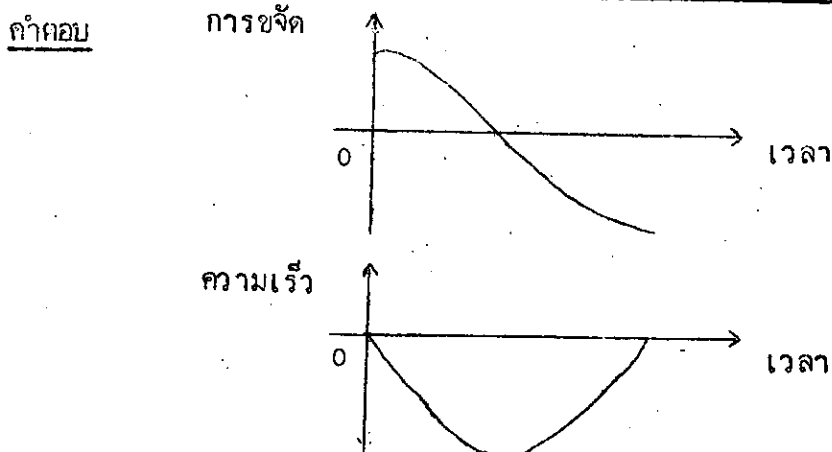
คำถาม 3 ขณะที่แท่งเหล็ก เริ่มเคลื่อนที่การขจัดกับความเร็วอยู่ในทิศทางเดียวกันหรือไม่

คำตอบ อยู่ในทิศทางตรงกันข้ามคือ การขจัดมีทิศออกจากตำแหน่งสมดุล แต่ความเร็ว มีทิศเข้าสู่ตำแหน่งสมดุล

คำถาม 4 จากการพิจารณาในการทดลอง การเคลื่อนที่ของแท่งเหล็กจากจุดเริ่มต้นไปถึง ตำแหน่งอัมพลิจูดข้างหนึ่งนั้น ทำไมความเร็วจึงมีค่าเป็นลบตลอด

- คำตอบ เพราะว่า 1. แท่งเหล็กเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งอัมพลิจูดไปสู่ตำแหน่งสมดุล
ทิศทางการเคลื่อนที่มีทิศสวนกับการขจัด ซึ่งเรากำหนดให้
การขจัดมีค่าเป็นบวก ความเร็วจึงต้องมีค่าเป็นลบ เพราะมี
ทิศสวนกับการขจัด
2. เมื่อแท่งเหล็กเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสมดุล และต่อไปก็จะเคลื่อนที่
ไปถึงตำแหน่งอัมพลิจูดอีกข้างหนึ่ง ซึ่งตอนนี้การขจัดจะมีทิศทาง
ตรงข้ามกันกับตอนแรก จึงเป็นลบ ดังนั้นความเร็วจึงมีค่าเป็น
ลบ เพราะมีทิศเดียวกับทิศของการขจัด ขณะที่ผ่านจุดสมดุลไปแล้ว
หรือมีทิศเดียวกับทิศของความเร็วในตอนแรก

คำถาม 5 เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างการขจัดกับเวลา และความเร็ว
กับเวลาจะได้กราฟลักษณะอย่างไร (ให้นักเรียนเขียนกราฟอย่างคร่าว ๆ)



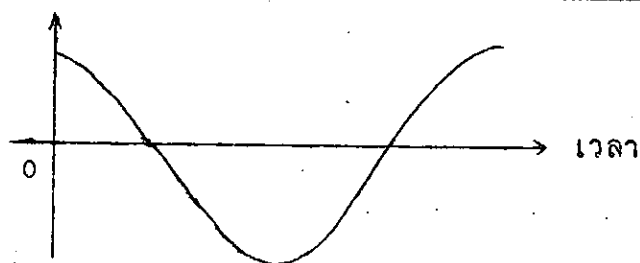
คำถาม 6 กราฟที่ได้ในการตอบคำถาม 5 ณ เวลาที่มีการจัดเป็นศูนย์ และการจัดมีขนาดสูงสุด ความเร็วของแท่งเหล็กมีค่าเท่าไร

คำตอบ ณ เวลาที่มีการจัดเป็นศูนย์ ความเร็วของแท่งเหล็กมีขนาดสูงสุด และ
ณ เวลาที่มีการจัดมีขนาดสูงสุด ความเร็วของแท่งเหล็กมีค่าเป็นศูนย์

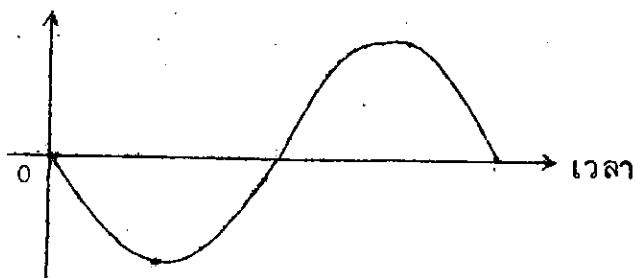
คำถาม 7 ถ้าแท่งเหล็กเคลื่อนที่กลับมายู่ตำแหน่งเริ่มต้นอีก (ครบ 1 รอบ) นักเรียน
คาดว่าลักษณะของกราฟที่ได้จะเป็นอย่างไร (แสดงให้เห็นโดยการเขียนกราฟ)

คำตอบ

การจัด



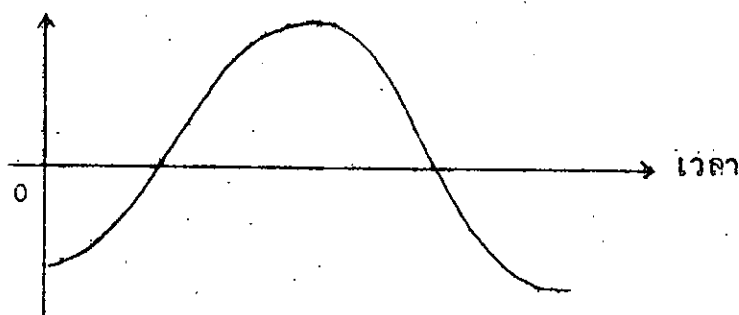
ความเร็ว



คำถาม 8 ถ้าเขียนกราฟระหว่างความเร่งกับเวลาควรจะได้กราฟมีลักษณะอย่างไร

คำตอบ

ความเร่ง



คำถาม 9 จงสรุปผลการทดลองที่ได้จากกราฟ

คำตอบ

- พิจารณากราฟระหว่างการขจัดกับเวลา และความเร็วกับเวลา เมื่อ $t = 0$ คือเริ่มต้นการเคลื่อนที่การขจัดมีขนาดสูงสุด แต่ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อเวลาผ่านไปการขจัดจะลดลงเรื่อย ๆ จนเป็นศูนย์ ขณะผ่านตำแหน่งสมดุลขณะนั้นความเร็วมีขนาดสูงสุด เมื่อผ่านตำแหน่งสมดุลไปแล้ว การขจัดจะเพิ่มขึ้นในทิศตรงข้าม ความเร็วลดลงจนเป็นศูนย์ เมื่อการขจัดมีขนาดสูงสุด

2. กราฟที่ได้จากการทดลองเป็นกราฟของการเคลื่อนที่เพียงครึ่งรอบ
ถ้าปล่อยให้แท่งเหล็กเคลื่อนที่ย้อนกลับทางเดิมอีกครั้งรอบจะได้กราฟมี
ลักษณะเหมือนเดิมแต่อยู่ในทิศตรงข้าม

คำสั่ง ให้นักเรียนรับตัวอย่างและแบบฝึกหัดมาศึกษาและทำด้วยตนเองต่อไป

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 2/2

คำแนะนำ

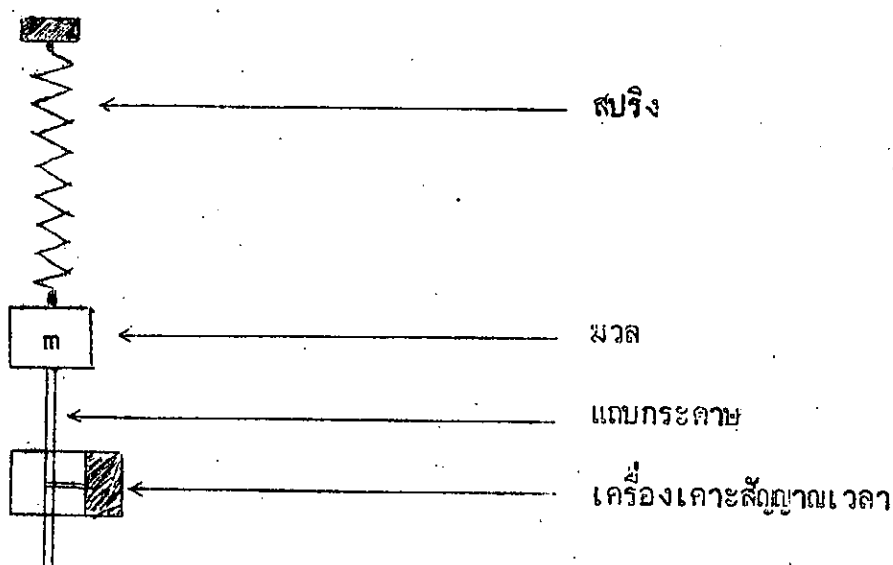
1. เอกสารชุดนี้ประกอบด้วยตัวอย่างและแบบฝึกหัด
2. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างก่อนแล้วจึงค่อยทำแบบฝึกหัด
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 2/2

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง ในการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับการจัดของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยใช้การแกว่งของมวลติดกับปลายสปริงเบาในแนวตั้ง จะออกแบบการทดลองและมีขั้นตอนในการทดลองอย่างไร

อธิบาย จะออกแบบการทดลอง ดังรูป!



ขั้นตอนในการทดลอง

1. นำชดสวสปริงมาแขวนไว้แนวตั้ง แล้วนำมวลมาผูกติดกับปลายสปริงเบา

ดังรูป

2. นำแถบกระดาษมาติดกับมวล แล้วนำไปสอดผ่านเครื่องเคาะสัญญาณเวลา

ดังรูป

3. ออกแรงดึงให้สปริงยืดออก แล้วเปิดสวิทซ์ให้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาทำงาน
4. ปลปล่อยมือให้มวลติดกับปลายสปริงเคลื่อนที่ขึ้น

5. นำแผนกระดาษมาหาระยะจัด คำนวณหาความเร็วและความเร่งขณะใด
 หนึ่ง แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผล

6. นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างการจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา
 และความเร่งกับเวลา

7. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

คำสั่ง ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดข้อต่อไปนี้

1. จากตัวอย่างการศึกษาการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของการแกว่งของมวลติดกับ
 ปลายสปริงเบาในแนวตั้ง ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผล และเขียนกราฟระหว่าง
 การจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา และความเร่งกับเวลาอย่างคร่าว ๆ
2. จงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับการจัดของการเคลื่อนที่ของมวลที่ผูกติดกับ
 ปลายสปริงในแนวตั้ง ให้เขียนกราฟอย่างคร่าว ๆ
3. การแกว่งของมวลที่ผูกติดกับปลายสปริงเบาในแนวตั้ง หรือการแกว่งของลูกตุ้ม ดังที่
 นักเรียนได้ทำการทดลอง จะได้กราฟการจัด ความเร็ว และความเร่งเทียบกับเวลา
 มีลักษณะอย่างไร ให้นักเรียนเขียนกราฟอย่างคร่าว ๆ

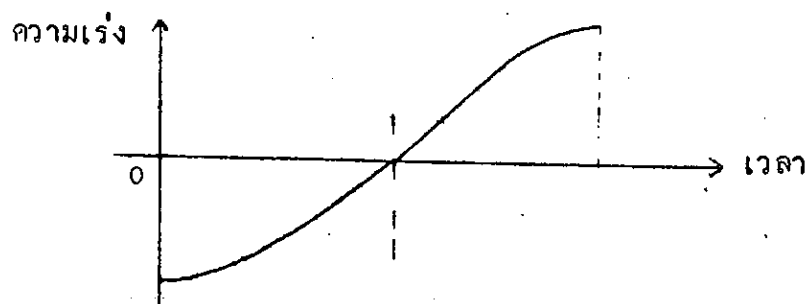
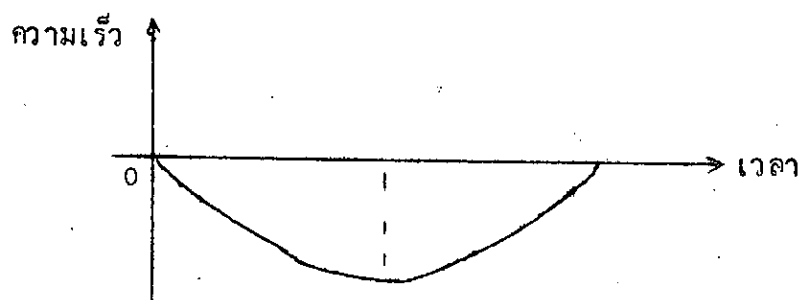
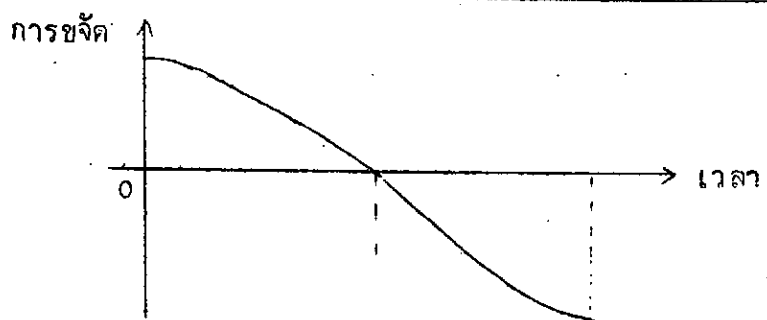
คำสั่ง เมื่อนักเรียนตอบคำถามครบทั้ง 3 ข้อแล้ว ให้ไปรับบัตรเฉลยที่ 2 ใต้ตู้ผู้วิจัย
 เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ถ้ามีข้อสงสัยให้สอบถามผู้วิจัยได้ทันที

บัตรเฉลยหมายเลข 2

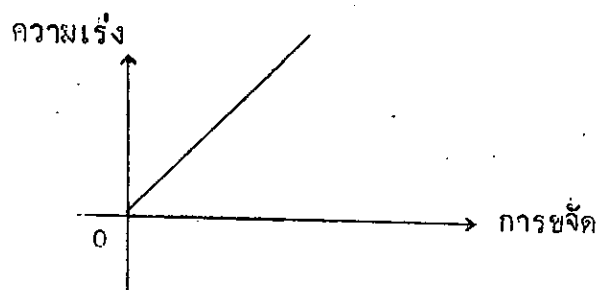
ตอบคำถาม

1. ออกแบบตารางบันทึกผลได้ ดังนี้

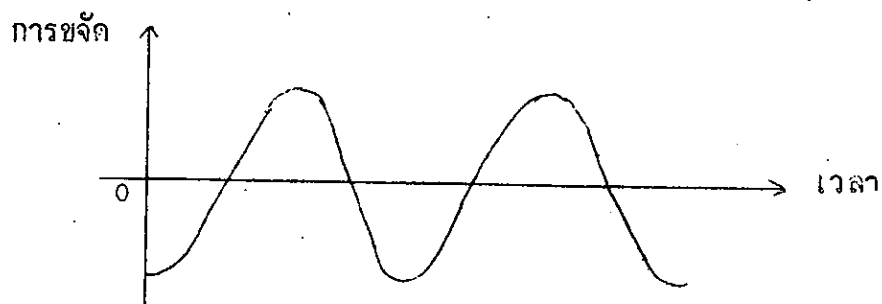
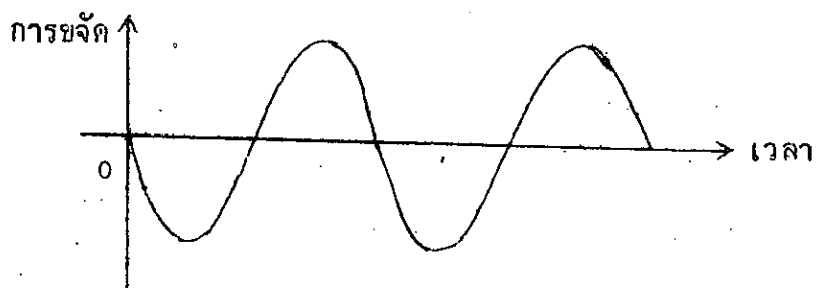
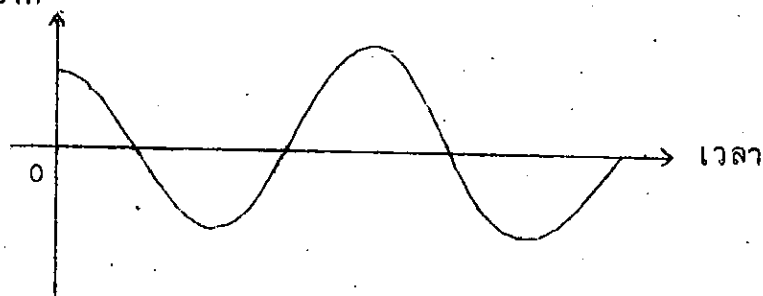
เวลา (s)	การขจัด (m)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s ²)



2. อี ๓ - ๕ , ความเร่งเป็นฟังก์ชันกับการจัด



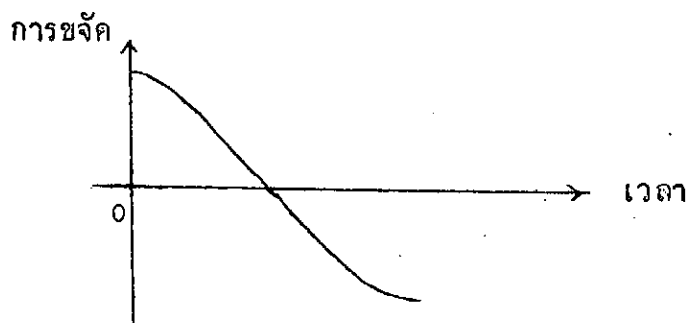
3. การจัด



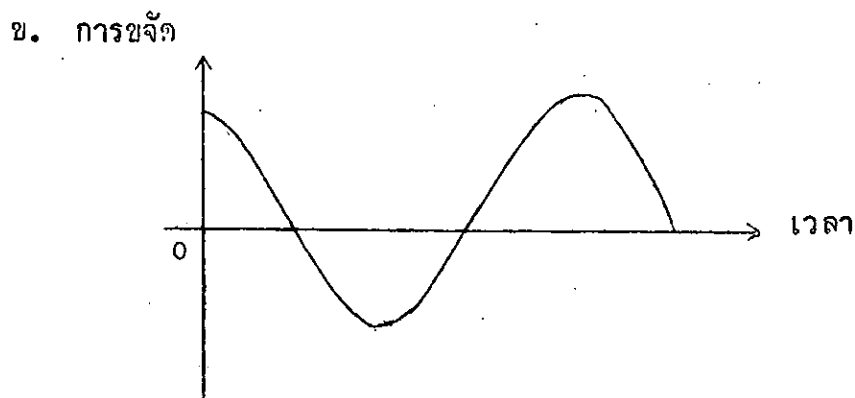
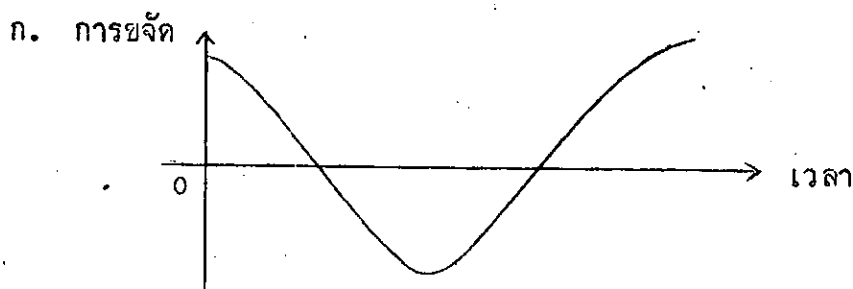
แบบทดสอบย่อยชุดที่ 2

คำสั่ง จงกากบาท (X) ทับตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

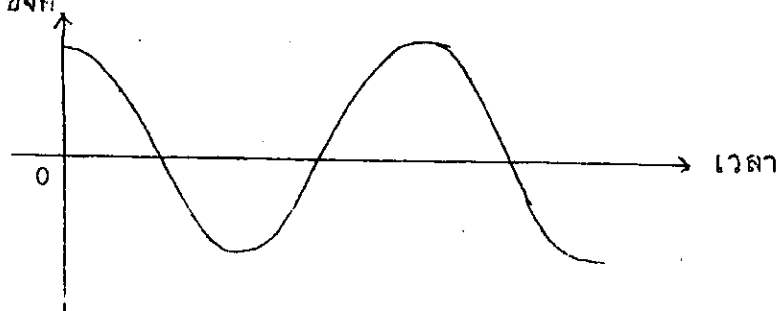
1. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ได้กราฟระหว่างการจัดกับเวลา ดังรูป



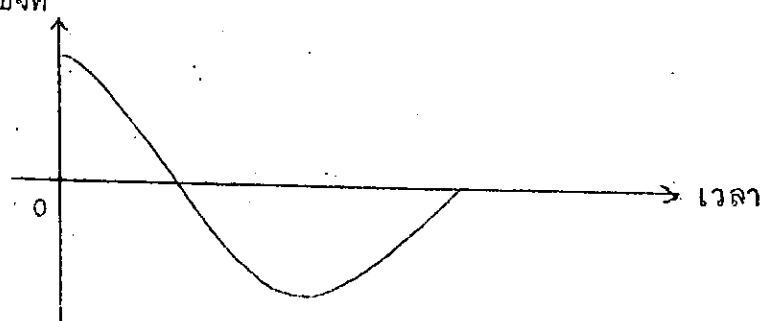
กราฟนี้แสดงการจัดกับเวลาในการเคลื่อนที่ได้ $1/2$ รอบ เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ใช้เวลา 1 คาบ กราฟที่ได้คือรูปใด



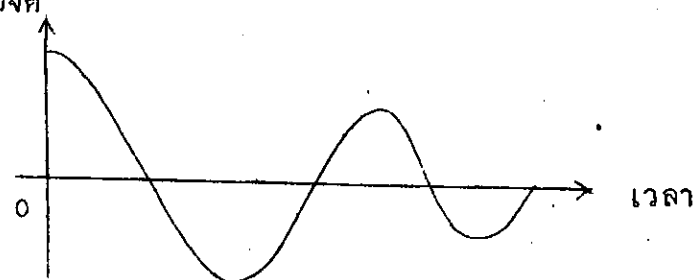
ค. การขจัด



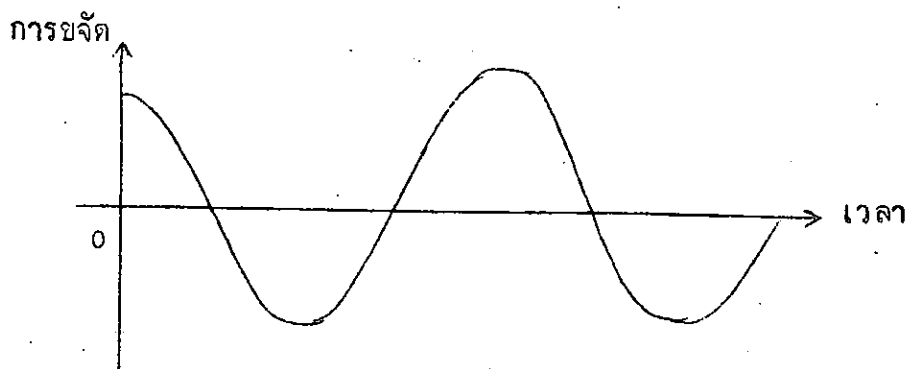
ง. การขจัด



จ. การขจัด

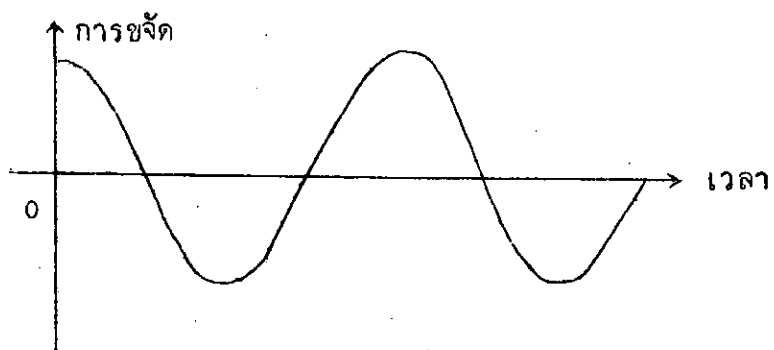


2. กำหนดให้กราฟระหว่างการขจัดกับเวลาในการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก เป็นดังรูป!

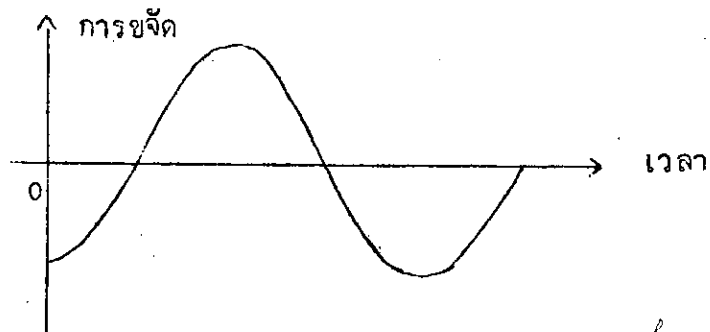


ถ้าเริ่มพิจารณาเมื่อเวลาผ่านไป $T/4$ คือให้เวลาขณะนั้นเป็นเวลาเริ่มต้น
กราฟที่ได้คือรูปใด

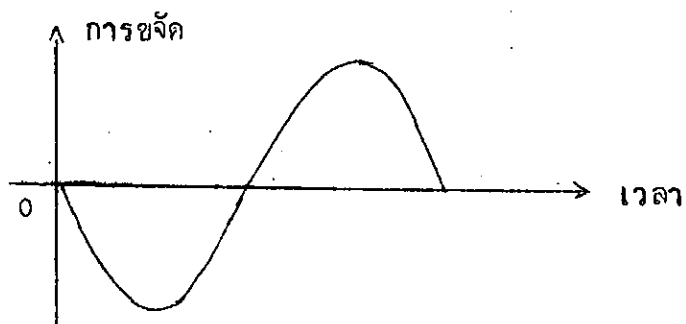
ก.



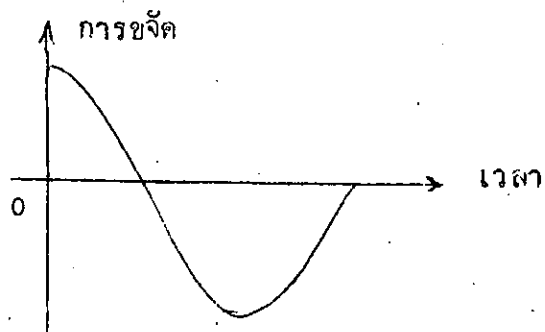
ข.



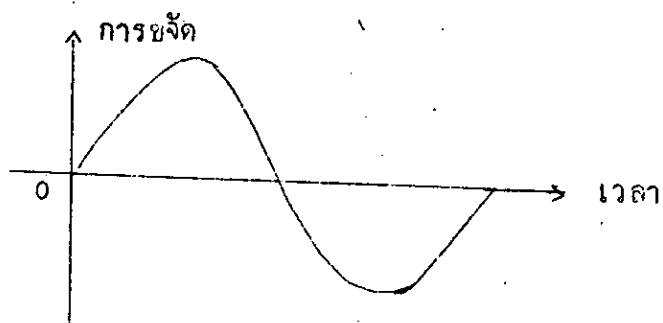
ค.



ง.

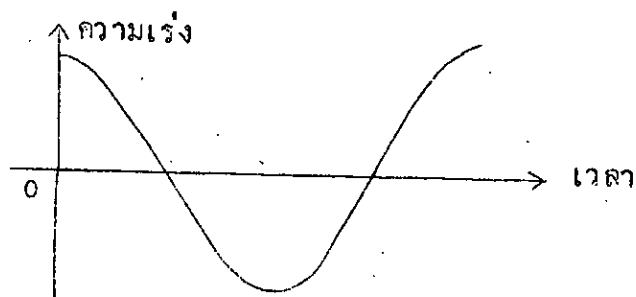


จ.

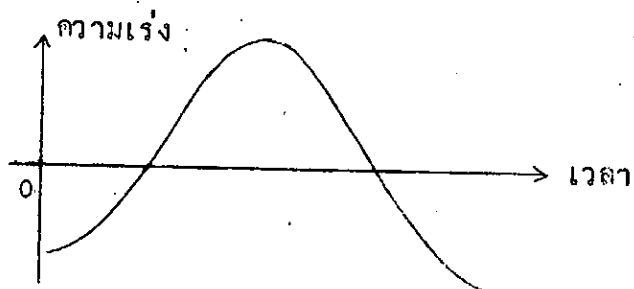


3. จากโจทย์ข้อ 2 กราฟระหว่างความเร่งกับเวลาในการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก คือรูปใด

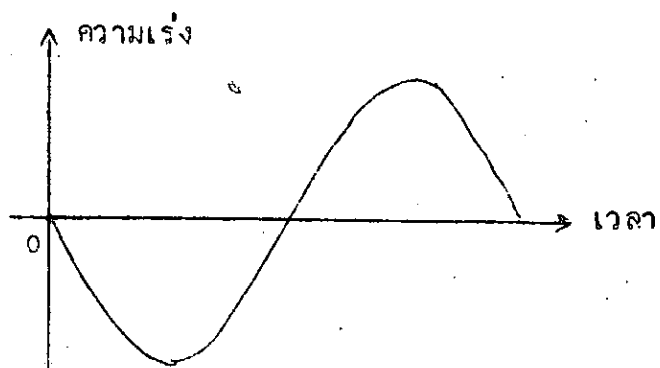
ก.

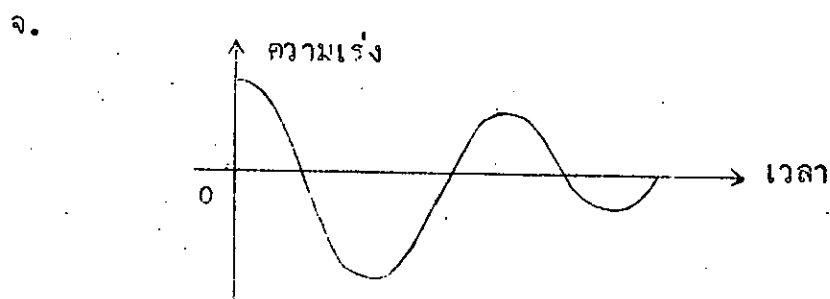
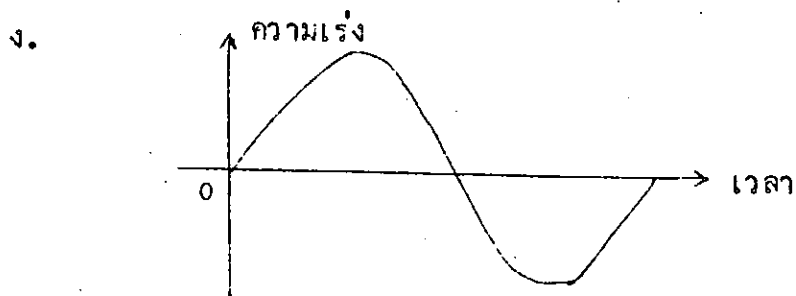


ข.

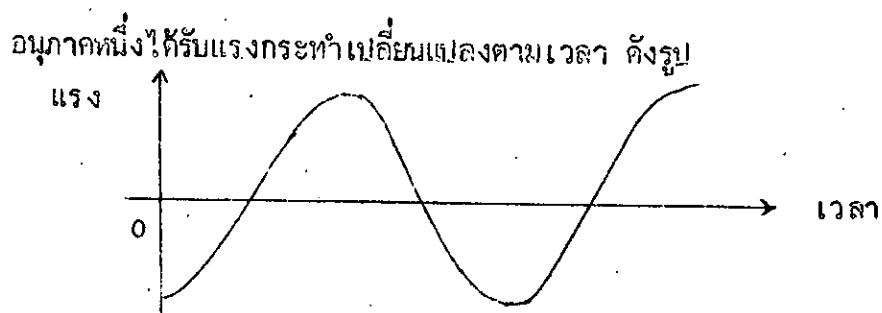


ค.

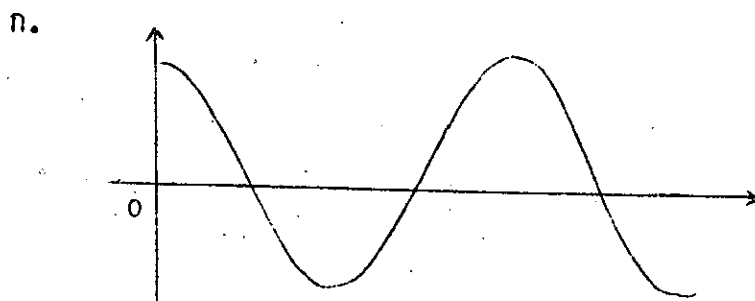




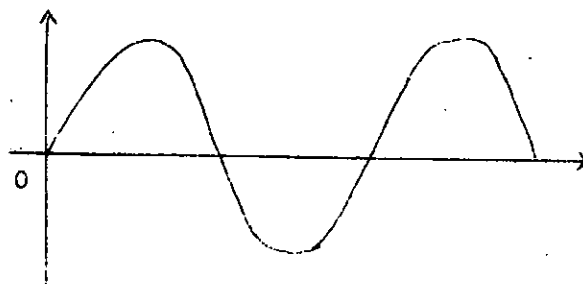
คำสั่ง จงศึกษากราฟที่กำหนดให้ แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 4 และ 5



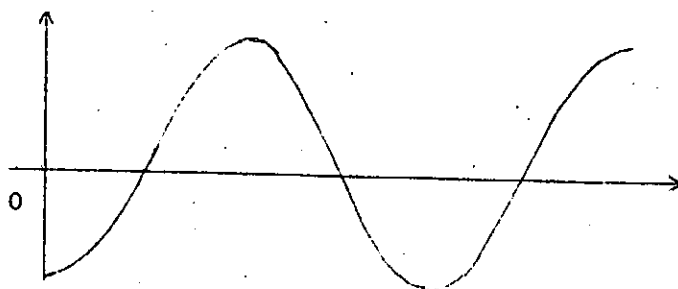
คำตอบต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 4 และ 5



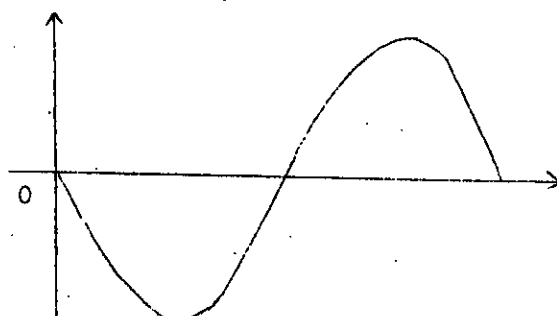
ข.



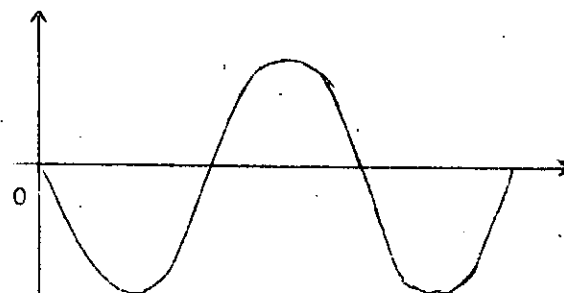
ค.



ง.



จ.



4. กราฟรูปใดแทนกราฟระหว่างการจัดกับเวลาของอนุภาคนี้

5. กราฟรูปใดแทนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาของอนุภาคนี้

หน่วยที่ 3 การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกกับวงกลมอ้างอิง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว

1. สามารถนำความสัมพันธ์ระหว่างการจัด ความเร็ว และความเร่งเทียบกับเวลาของเงาของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบ ระดับไปอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการจัดความเร็ว และความเร่ง เทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้
2. สามารถบอกสภาวะการเคลื่อนที่ที่ขุมเฟสใด ๆ ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้
3. สามารถหาสมการการจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกโดยพิจารณาจากการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบวงกลมได้
4. สามารถคำนวณหา การจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้เมื่อกำหนดแอมพลิจูด คาบ หรือความถี่ของการเคลื่อนที่ไว้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยและตัวแทนนักเรียน 1 คน ทำการสาธิตให้นักเรียนทั้งชั้นได้ดูดังนี้
 - 2.1 ผู้วิจัยใช้ด้ายผูกนอต แล้วแกว่งให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบระดับด้วยอัตราเร็วและรัศมีคงที่
 - 2.2 ให้ตัวแทนนักเรียนนำเชือกคล้องแสงฉายไฟไปตกกระทบนอตที่กำลังเคลื่อนที่เพื่อให้เงาไปปรากฏบนฉากรับ แล้วให้นักเรียนทุกคนสังเกตคุณลักษณะของการเคลื่อนที่ของเงาแล้วช่วยกันอภิปราย จากนั้นก็ให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาในเอกสารตามลำดับต่อไป
3. ผู้วิจัยพบทบทวนบทเรียนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะ โดยการซักถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วให้นักเรียนมารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

การประเมินผลหลังการเรียนรู้

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 3 เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้

การเรียนรู้เสริม

ให้นักเรียนผู้ที่ทำคะแนนได้ไม่ถึงเกณฑ์ 80% ของคะแนนเต็ม ไปเรียนทบทวนกับผู้วิจัย
นอกเวลาเรียนปกติ

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 3/1

คำแนะนำ

1. ให้นักเรียนศึกษาเอกสารวิชาฟิสิกส์ชุดนี้
2. พยายามทำความเข้าใจเนื้อหาโดยอ่านบทวนหลาย ๆ ครั้ง
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

บทเรียนสำเร็จรูป

คำสั่ง ให้นักเรียนดูการสาธิตต่อไปนี้

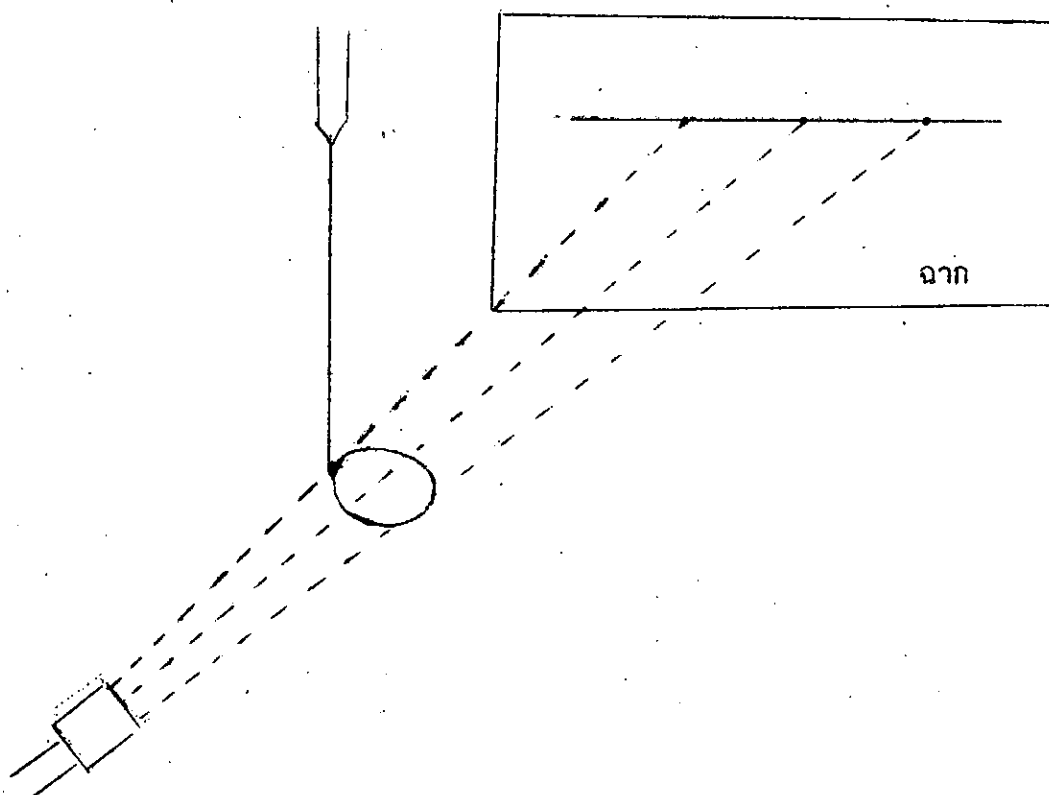
การสาธิตเรื่อง ศึกษาการเคลื่อนที่ของเงาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลม

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของเงาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลม

วิธีสาธิต

1. ใช้เชือกผูกกับวัตถุให้ยาวพอประมาณ
2. แกว่งให้วัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ
3. ให้ไฟฉายหรือกล้องแสงส่องไปยังวัตถุให้เงาของวัตถุปรากฏบนจอรับภาพ

ดังรูป 1



รูป 1 แสดงการเคลื่อนที่ของเงาของวัตถุ

จงตอบคำถามต่อไปนี้

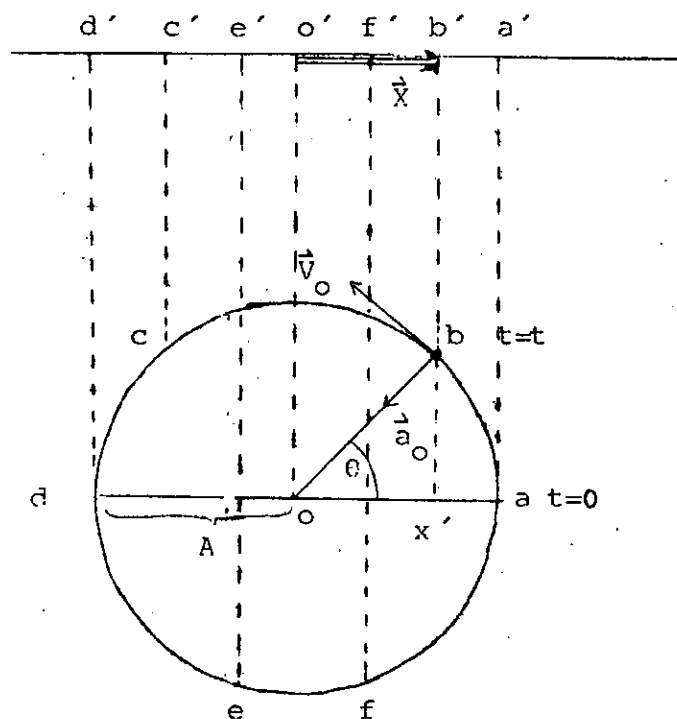
คำถาม 1 เส้นทางเคลื่อนที่ของน้ำตเป็นอย่างไร

คำตอบ เป็นวงกลม

คำถาม 2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของเงาของน้ำตเป็นอย่างไร

คำตอบ เงาของน้ำตเคลื่อนที่กลับไปมาในแนวเส้นตรงตลอดเวลา

สมมุติให้นุภาค P เคลื่อนที่ในแนววงกลมรัศมี A รอบจุดศูนย์กลาง O ด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ ω โดยมีความเร่งสู่ศูนย์กลาง $\vec{a}_0$ และมีความเร็วเชิงเส้น $\vec{v}_0$ เงาของอนุภาค P จะปรากฏบนจอรับภาพ ดังรูป 2



รูป 2 แสดงการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาค P

คำถาม 3 เมื่ออนุภาค P เคลื่อนที่จากตำแหน่ง a ผ่าน b, c ถึง d เงามของอนุภาค P จะเคลื่อนที่อย่างไร

คำตอบ เงามของอนุภาค P จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง a' ผ่าน b' ถึง d'

คำถาม 4 เมื่ออนุภาค P เคลื่อนที่จากตำแหน่ง d ผ่าน e, f ถึง a เงามของอนุภาค P จะเคลื่อนที่อย่างไร

คำตอบ เงามของอนุภาค P จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง d' ผ่าน e', f' ถึง a'

คำถาม 5 ถ้าเราแกว่งอนุภาค P และฉายให้เงามปรากฏบนจอรับภาพไปเรื่อย ๆ เงามของอนุภาคก็จะเคลื่อนที่ซ้ำกลับไปกลับมาในแนวเส้นตรงตลอดเวลา ในการเคลื่อนที่ของเงามของอนุภาคนี้ จุดใดคือจุดกึ่งกลางในการเคลื่อนที่

คำตอบ จุด O'

คำถาม 6 การเคลื่อนที่ของเงามของอนุภาค P นี้ มีลักษณะเหมือนกับการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ เหมือนกัน เพราะว่า มีลักษณะเป็นแบบซ้ำกลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งสมดุลตลอดเวลา

คำถาม 7 พิจารณาจากรูป 2 ระยะจากจุด O' ไปยัง d' และ O' ไปยัง a' เท่ากันหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ เท่ากัน เพราะว่าค่าคงที่เท่ากับรัศมีของวงกลมคือเท่ากับ A

คำถาม 8 ถ้าแกว่งให้อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลมตลอดเวลา เงามของอนุภาคจะเคลื่อนที่อย่างไร

คำตอบ เงามของอนุภาคจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเรื่อย ๆ โดยมีระยะขจัดไกลสุด $o'd'$ หรือ $o'a'$ คงที่ตลอดเวลา

คำถาม 9 ระยะใดแทนแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ของเงา

คำตอบ ระยะขจัดไกลสุดคือ $o'd'$ หรือ $o'a'$

คำถาม 10 ตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งสมดุลของการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาค P เพราะอะไร

คำตอบ ตำแหน่ง ณ จุด o' เพราะว่าจุด o' เป็นจุดกึ่งกลางของการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาค

คำถาม 11 เมื่ออนุภาค P เคลื่อนที่ถึงตำแหน่ง b ขนาดของการขจัด x ของเงาของอนุภาค P จะมีค่าเท่าไร

คำตอบ เท่ากับระยะ ox'

คำถาม 12 ระยะ $ox' = A \cos \theta$ ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะ $ox' = A_x$ โดยที่ A_x แทน องค์ประกอบของ A ในแนวแกน x

คำถาม 15 พิจารณาจากรูป 3 ขนาดของความเร็ว $\vec{v}$ ของเงาของอนุภาค $\vec{v}_0$ จะมีค่าเท่ากับขนาดขององค์ประกอบของความเร็ว $\vec{v}_0$ ในทิศขนานกับเส้น ad ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 16 $\vec{v} = \vec{v}_{ox}$ โดยที่ v_{ox} แทน ขนาดขององค์ประกอบของความเร็ว $\vec{v}_0$ ในทิศขนานกับเส้น ad หรือในแนวแกน x ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 17 ความเร็วของเงาของอนุภาค P มีทิศทางซ้ายหรือขวา

คำตอบ มีทิศไปทางซ้าย

คำถาม 18 v_{ox} มีค่าเท่าไร

คำตอบ $v_{ox} = v_0 \sin \theta$

คำถาม 19 ความเร็วของเงาของอนุภาค P ขณะอยู่ ณ ตำแหน่ง b' มีทิศไปทางซ้าย และเนื่องจากได้กำหนดให้ทิศไปทางขวาเป็นบวก ดังนั้น สมการขนาดของความเร็วหรืออัตราเร็วจะเป็น _____

$$(v = -v_0 \sin \theta / v = v_0 \sin \theta)$$

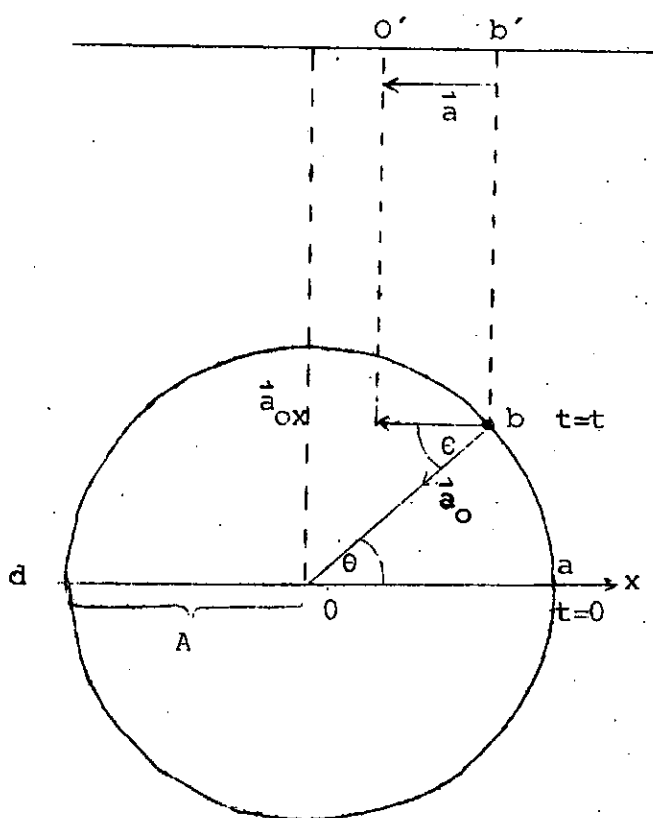
คำตอบ $v = -v_0 \sin \theta$

คำถาม 20 ทำไมสมการอัตราเร็วจึงมีเครื่องหมายลบ

คำตอบ เพราะว่า ความเร็วของเงาของอนุภาค P มีทิศใต้ทางซ้าย

คำถาม 21 จากเรื่องการเดินทางที่แบบวงกลมทราบว่า $\theta = \omega t$ และ $V_O = \omega A$ เมื่อนำไปแทนในสมการ v ในคำตอบของคำถาม 19 สมการใหม่ที่ได้จะเป็น

คำตอบ $v = -\omega A \sin \omega t$ (2)



รูป 4 แสดงความเร่งของเงาของอนุภาค P ที่ตำแหน่ง b

คำถาม 22 พิจารณาจากรูป 4 ความเร่ง $\vec{a}$ ของเงาของอนุภาค P จะมีขนาดเท่ากับขนาดขององค์ประกอบของความเร่ง $\vec{a}_O$ ในทิศขนานกับเส้น ad หรือในแนวแกน x ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 23 $\vec{a} = \vec{a}_{Ox}$ โดยที่ a_{Ox} แทน ขนาดขององค์ประกอบของความเร่ง $\vec{a}_O$ ในทิศขนานกับเส้น ad หรือในแนวแกน x ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 24 ความเร่งของเงาของอนุภาค P ขณะอยู่ ณ ตำแหน่ง b' มีทิศสวนกับการขจัด ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 25 a_{Ox} มีค่าเท่าไร

คำตอบ $a_{Ox} = a_O \cos \theta$

คำถาม 26 ความเร่งของอนุภาค P ขณะอยู่ ณ ตำแหน่ง b' มีทิศไปทางซ้าย สวนทิศกับการขจัด ดังนั้น สมการขนาดของควายเร่ง หรืออัตราเร่งจะเป็น _____
($a = - a_O \cos \theta / a = a_O \cos \theta$)

คำตอบ $a = - a_O \cos \theta$

คำถาม 27 ทำไมสมการอัตราเร่งจึงมีเครื่องหมายลบ

คำตอบ เพราะว่า ความเร่งของเงาของอนุภาค P มีทิศไปทางซ้ายทิศเดียวกับ การเปลี่ยนแปลงความเร็วของเงา Δv

คำถาม 28 จากเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมทราบว่า $a_o = \omega^2 A$, $\theta = \omega t$ เมื่อนำ ไปแทนในสมการ a ในคำตอบของคำถาม 26 สมการใหม่ที่ได้จะเป็น

คำตอบ $a = -\omega^2 A \cos \omega t$ (3)

คำถาม 29 ถ้าแทนสมการที่ 1 (จากคำตอบของคำถาม 14) ลงในสมการที่ 3 จะได้
 _____ ($a = \omega^2 x / a = -\omega^2 x$)

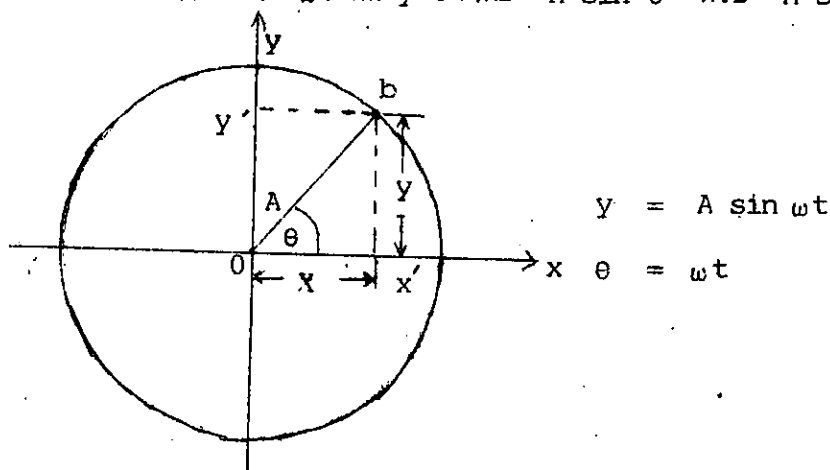
คำตอบ $a = -\omega^2 x$ หรือ $\ddot{x} = -\omega^2 x$ (4)

คำถาม 30 จากสมการ $\ddot{x} = -\omega^2 x$ สรุปได้อย่างไร

คำตอบ สรุปได้ว่า ความเร่งแปรผันตรงกับการขจัด แต่มีทิศตรงกันข้าม เขียนเป็นสัญลักษณ์
 ได้ $\ddot{x} \propto -x$, ω^2 เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน

คำถาม 31 ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ขนาดของการจัดในแนวแกน y มีค่าเท่าไร (ให้รูป 2 ประกอบ)

คำตอบ ขนาดของการจัดในแนวแกน y เท่ากับ $A \sin \theta$ หรือ $A \sin \omega t$ ดังรูป



คำถาม 32 เราสามารถเขียน y ให้อยู่ในเทอมของ A และ x ได้หรือไม่ อย่างไร

คำตอบ ได้ โดยอาศัยทฤษฎีพีทาโกรัส

$$y = \pm \sqrt{A^2 - x^2}$$

คำถาม 33 จงเขียนสมการอัตราเร็วให้อยู่ในเทอมของ A และ x

คำตอบ จาก $v = -\omega A \sin \omega t$

$$\text{แต่ } A \sin \omega t = y = \pm \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$\text{ดังนั้น } v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \quad \dots (5)$$

(ควรจำให้ได้)

คำถาม 34 ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม $\omega = 2\pi f$ เมื่อนำไปแทนลงในสมการขนาดของการขั้ว อัตราเร็ว และอัตราเร่งจะได้

คำตอบ $X = A \cos 2\pi ft$ (6)

$V = -\omega A \sin 2\pi ft$ (7)

$a = -\omega^2 A \cos 2\pi ft$ (8)

คำถาม 35 เมื่อแทน $f = \frac{1}{T}$ ลงในสมการ 6, 7 และ 8 จะได้

คำตอบ $X = A \cos \frac{2\pi t}{T}$ (9)

$V = -\omega A \sin \frac{2\pi t}{T}$ (10)

$a = -\omega^2 A \cos \frac{2\pi t}{T}$ (11)

คำถาม 36 ค่าของ X , V และ a ที่เวลา $t = 0, \frac{T}{2}, \frac{2T}{2}, \dots$ มีค่าเท่าไร (ใช้สมการ (9), (10) และ (11) คำนวณ)

คำตอบ $t = 0, \frac{T}{2}, \frac{2T}{2}, \frac{3T}{2}, \frac{4T}{2}, \dots$

$X = A, -A, A, -A, A, \dots$

$V = 0, 0, 0, 0, 0, \dots$

$a = -\omega^2 A, \omega^2 A, -\omega^2 A, \omega^2 A, -\omega^2 A, \dots$

คำถาม 37 ค่าของ x , v และ a ที่เวลา $t = \frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}, \dots$ มีค่าเท่าไร
(ใช้สมการ (9), (10) และ (11))

คำตอบ $t = \frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}, \dots$

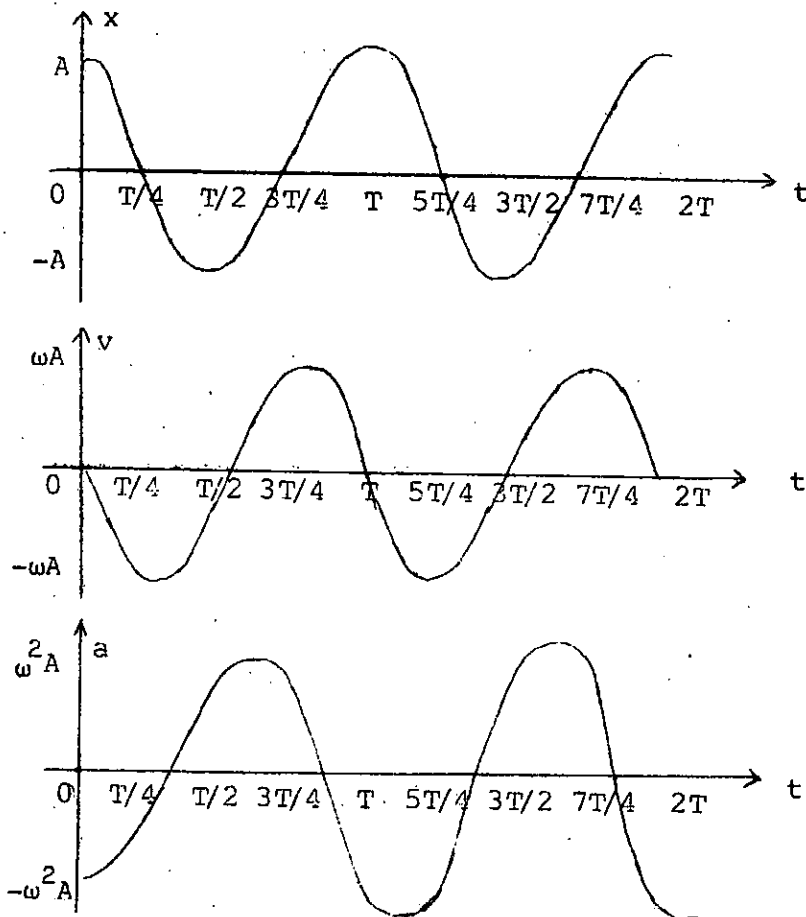
$x = 0, 0, 0, \dots$

$v = -\omega A, \omega A, -\omega A, \dots$

$a = 0, 0, 0, \dots$

คำถาม 38 จงเขียนกราฟระหว่าง x กับ t , v กับ t และ a กับ t อย่างคร่าว ๆ
โดยนำคำตอบของคำถาม 36 และ 37 มาใช้

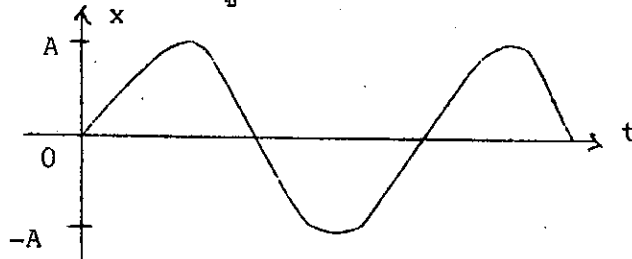
คำตอบ



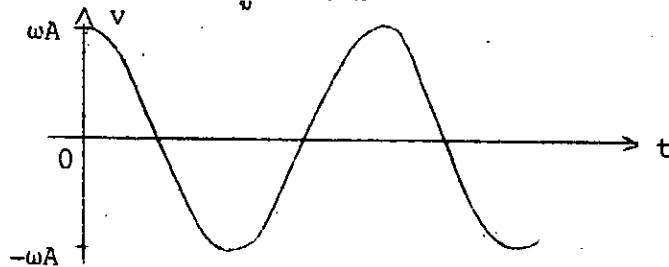
คำถาม 39 จากกราฟทั้ง 3 รูป ถ้าเราเริ่มพิจารณาเมื่อเวลาผ่านไป $3\frac{T}{4}$ คือให้เวลาขณะนั้นเป็นเวลาเริ่มต้น กราฟที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร จงแสดงโดยการเขียนกราฟ

คำตอบ

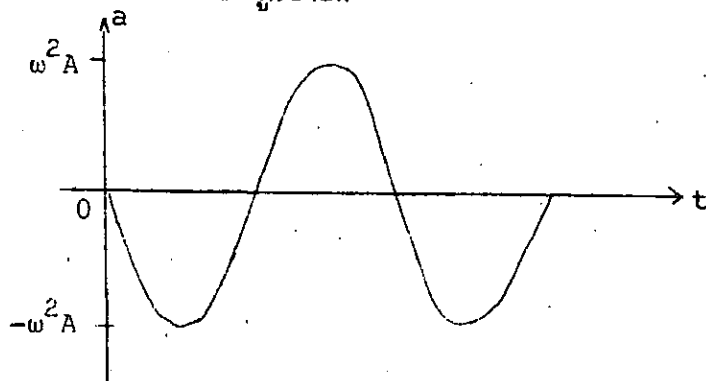
กราฟของการขจัดจะเป็นรูปไซน์



กราฟของความเร็วจะเป็นรูปโคไซน์



กราฟของความเร่งจะเป็นรูปไซน์



คำถาม 40 จงสรุปสมการขนาดของการขจัด อัตราเร็ว และอัตราเร่ง จากคำตอบของ
คำถาม 39

คำตอบ

$$X = A \sin \omega t$$

$$V = \omega A \cos \omega t \quad \text{โดยที่ } \omega = 2\pi f$$

$$a = -\omega^2 A \sin \omega t$$

คำถาม 41 สมการการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. มีกี่แบบ

คำตอบ มี 2 แบบ คือ มีทั้งที่เป็นฟังก์ชันไซน์ และโคไซน์

คำถาม 42 จากสมการ $X = A \cos \omega t$ ณ เวลาเริ่มต้น ($t = 0$) การขจัดมีขนาดเท่ากับ A หมายความว่าอย่างไร

คำตอบ หมายความว่า สมการนี้ ใช้กับวัตถุที่เคลื่อนที่แบบ S.H.M. โดยเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งอัมพลิจูด

คำถาม 43 จงสรุปกลุ่มสมการ การเคลื่อนที่แบบ S.H.M. โดยเริ่มพิจารณาเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งอัมพลิจูด

คำตอบ

$$X = A \cos \omega t$$

$$V = -\omega A \sin \omega t$$

$$a = -\omega^2 A \cos \omega t$$

คำถาม 44 จากสมการ $X = A \sin \omega t$ ณ เวลาเริ่มต้น ($t = 0$) การจัดมีค่าเท่ากับศูนย์ หมายความว่าอย่างไร

คำตอบ หมายความว่า สมการนี้ ใช้กับวัตถุที่เคลื่อนที่แบบ S.H.M. โดยเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล

คำถาม 45 จงสรุปกลุ่มสมการการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. โดยเริ่มต้นที่พิจารณาเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุล

คำตอบ

$$X = A \sin \omega t$$

$$V = \omega A \cos \omega t$$

$$a = -\omega^2 A \sin \omega t$$

คำถาม 46 อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ความเร็วและความเร่งจะมีขนาดสูงสุดและต่ำสุดเมื่อใด (ให้ใช้ สมการ $V = \pm \omega \sqrt{A^2 - X^2}$ และ $a = -\omega^2 X$)

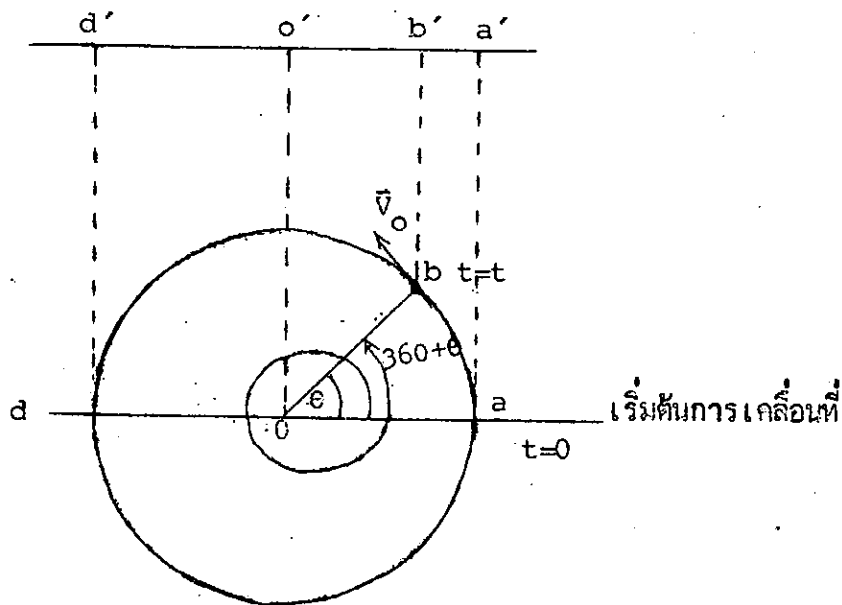
คำตอบ

ความเร็วมีขนาดสูงสุด ($V = \omega A$) เมื่อ การจัดเป็นศูนย์

ความเร็วมีขนาดต่ำสุด ($V = 0$) เมื่อ การจัดมีขนาดเท่ากับแอมพลิจูด ($X = A$)

ความเร่งมีขนาดสูงสุด ($a = \omega^2 A$) เมื่อ การจัดมีขนาดเท่ากับแอมพลิจูด ($X = A$)

ความเร่งมีขนาดต่ำสุด ($a = 0$) เมื่อ การจัดเป็นศูนย์



รูป 5 แสดงเฟสของเงาของอนุภาค p

คำถาม 47 เมื่ออนุภาค P เคลื่อนที่มาอยู่ ณ ตำแหน่ง b ทำมุมที่จุดศูนย์กลางเป็น θ เงาของอนุภาค P อยู่ที่ตำแหน่ง b' ในรอบที่ 2 เมื่อเงาของอนุภาค P มาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมอีก อนุภาค P จะทำมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นเท่าไร

คำตอบ $360 + \theta$

คำถาม 48 ในรอบที่ 3, 4, 5, ..., n เมื่อเงาของอนุภาค p มาอยู่ที่ตำแหน่ง b' เช่นเดิมอีก อนุภาค P จะทำมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นเท่าไร

คำตอบ $720 + \theta$, $1080 + \theta$, $1440 + \theta$, ..., $(n - 1) 360 + \theta$

คำถาม 49 เงามของอนุภาค P เคลื่อนที่มาอยู่ตำแหน่ง b' ในแต่ละรอบ จะทำมุมกับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมมีค่าแตกต่างกันเป็นเท่าไร

คำตอบ 360 องศา

คำถาม 50 เงามของอนุภาคเริ่มต้นเคลื่อนที่จากตำแหน่ง a' อนุภาคทำมุมกับจุดศูนย์กลางของวงกลมเท่ากับ 0 องศา เมื่อเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งสมจุด o' อนุภาคทำมุม 90 องศา และเคลื่อนที่ได้ $1/4$ รอบ ถามว่า เงามอนุภาคเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่ง d' อนุภาคจะทำมุมกับจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นเท่าไร และเคลื่อนที่ได้กี่รอบ

คำตอบ 180 องศา และ เคลื่อนที่ได้ $1/2$ รอบ

คำถาม 51 เมื่อเงามของอนุภาคเคลื่อนที่กลับมาถึงตำแหน่ง o' และ a' อนุภาคจะทำมุมกับจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นเท่าไร และเคลื่อนที่ได้กี่รอบ

คำตอบ 270 องศา $3/4$ รอบ และ 360 องศา ครบรอบพอดี

คำถาม 52 ถ้าเงามของอนุภาคเคลื่อนที่ได้ครบ n รอบ อนุภาคจะทำมุมกับจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็น

คำตอบ $360n$ โดยที่ n คือ จำนวนรอบ

คำถาม 53 การเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาค ไปถึงตำแหน่งต่าง ๆ ในแต่ละรอบ เราสามารถบอกลักษณะของการเคลื่อนที่ได้ง่าย ๆ โดยอาศัยการบอกเป็นค่าของมุมที่อนุภาคทำกับจุดศูนย์กลางของวงกลม จะใช่หรือไม่

คำตอบ ใช่

คำถาม 54 การกำหนดลักษณะของการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยการบอกเป็นค่ามุม เรียกว่า เฟส ดังนั้นในการบอกเฟส (Phase) ของการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคจะใช้อะไรเป็นตัวกำหนดแทน

คำตอบ ใช้มุม θ ที่อนุภาคทำกับจุดศูนย์กลางของวงกลมแทนการบอกค่าของเฟส

คำถาม 55 ในการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. จะบอกเฟสของการเคลื่อนที่ โดยการวัดเป็นค่ามุมถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 56 ในการคำนวณหาเฟสของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ที่เคลื่อนที่ได้ในรอบที่ n ใด ๆ นั้น มีวิธีการคำนวณอย่างไร (ถ้าไม่เข้าใจ ให้พลิกกลับไปดูในคำถาม 52 อีกครั้ง หรืออ่านบทบทวนใหม่อีกครั้งตั้งแต่คำถาม 50 จนถึง 55)

คำตอบ คำนวณได้จากสูตร $360^\circ n$

คำถาม 57 ในการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. กรอบ 1 รอบ ณ ตำแหน่งที่มีการจัดสูงสุด
และความเร็วสูงสุดจะอยู่ในเฟสใดบ้าง

คำตอบ การจัดสูงสุดจะอยู่ในเฟส 0 , 180 , และ 360 องศา
ความเร็วสูงสุดจะอยู่ในเฟส 90 และ 270 องศา

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 3/2

คำแนะนำ

1. เอกสารชุดนี้ประกอบด้วยตัวอย่างและแบบฝึกหัด
2. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างก่อนแล้วจึงค่อยทำแบบฝึกหัด
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่าง

ตัวอย่าง วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยมีแอมพลิจูดเท่ากับ 15 เซนติเมตร และความถี่เท่ากับ 4 รอบ/วินาที จงคำนวณหา

ก. ความเร็วสูงสุด

ข. ความเร่งสูงสุด

วิธีทำ ก. หาขนาดความเร็วสูงสุด

วัตถุจะมีความเร็วสูงสุดเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งสมดุล

$$\text{จาก } v = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \quad (\text{คิดเฉพาะขนาด})$$

$$A = 15 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$f = 4 \text{ รอบ/วินาที}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 4 = 8\pi \text{ เรเดียน/วินาที}$$

ณ ตำแหน่งสมดุลการขจัดเป็นศูนย์

$$v = \omega \sqrt{A^2 - 0} = \omega A$$

แทนค่าจะได้

$$v = 8\pi \times 15 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$v = 1.2\pi \text{ m/s}$$

ดังนั้น ความเร็วสูงสุดมีขนาดเท่ากับ 1.2π เมตร/วินาที

ตอบ

ข. หาขนาดความเร่งสูงสุด

วัตถุจะมีขนาดความเร่งสูงสุดเมื่อเคลื่อนที่ไ้ระยะขจัดไกลสุด คือเท่ากับแอมพลิจูด (A)

$$\text{จาก } a = -\omega^2 x \quad (\text{คิดเฉพาะขนาด})$$

$$a_{\max} = \omega^2 A ; \max \text{ แทนคำว่า สูงสุด}$$

$$a_{\max} = (2\pi \times 4)^2 (15 \times 10^{-2})$$

$$a_{\max} = 9.6 \pi^2 \quad \text{m/s}^2$$

ดังนั้น ความเร่งสูงสุดมีขนาดเท่ากับ $9.6 \pi^2$ เมตร/วินาที²

ตอบ

คำสั่ง ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด ดังต่อไปนี้

1. ถ้าคาบของการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกเท่ากับ 8 วินาที และมีแอมพลิจูดเท่ากับ 1.2 เมตร จงหา

ก. อัตราเร็วสูงสุด

ข. อัตราเร็วขณะที่อยู่ห่างจากตำแหน่งสมดุล 0.6 เมตร

แนวคิด

ก. หาอัตราเร็วสูงสุดจากสมการ $v = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ โดยให้ $x = 0$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

ข. หาอัตราเร็วขณะ $x = 0.6$ เมตร โดยใช้สมการเดียวกับข้อ ก.

2. อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยมีความเร็วที่ตำแหน่งสมดุลมีขนาดเท่ากับ 2 เมตร/วินาที มีแอมพลิจูด 10^{-3} เมตร จงหา

ก. ความถี่และคาบ

ข. สมการของระยะขจัดให้เป็นฟังก์ชันของเวลา

แนวคิด

ก. ใช้สูตร $v = \frac{2\pi}{T} \sqrt{A^2 - x^2}$

ข. $x = A \cos \omega t$, $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

คำสั่ง เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดครบทั้ง 2 ข้อแล้ว ให้ไม่รับบัตรเฉลยที่ 3 จากผู้วิจัย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ถ้ามีข้อสงสัยให้สอบถามผู้วิจัยได้ทันที

บัตรเฉลยหมายเลข 3

1. วิธีทำ จากสมการ $V = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$

ก. อัตราเร็วสูงสุดเมื่อ $x = 0$, $V_{\max} = \frac{2\pi}{T} \cdot A$

ดังนั้น จะได้ $V_{\max} = \frac{2\pi}{8} \times 1.2$

$= 0.94 \text{ m/s}$

ตอบ

ข. อัตราเร็วขณะ $x = 0.6 \text{ m}$

$V = \frac{2\pi}{T} \sqrt{(1.2)^2 - (0.6)^2}$

$V = \frac{2\pi}{8} \sqrt{1.44 - 0.36}$

$V = 0.82 \text{ m/s}$

ตอบ

2. วิธีทำ จากสมการ

$V = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$

แทนค่า

$V = 2 \text{ m/s} , A = 10^{-3} \text{ m} , x = 0$

$2 = \omega \sqrt{A^2 - 0}$

$2 = \omega A = 10^{-3} \omega$

ได้

$\omega = 2 \times 10^3 \text{ เรเดียน/วินาที}$

จากสมการ

$\omega = 2\pi f$

$f = \frac{\omega}{2\pi}$

$f = \frac{2 \times 10^3}{2\pi} = \frac{10^3}{\pi} \text{ รอบ/วินาที}$

$T = \frac{1}{f} = 10^{-3} \pi \text{ วินาที}$

ตอบ

จากสมการ $X = A \cos 2\pi ft$

$$X = 10^{-3} \cos \frac{2\pi \times 10^3}{\pi} t$$

$$X = 10^{-3} \cos 2 \times 10^3 t$$

$$X = 10^{-3} \cos 2000 t$$

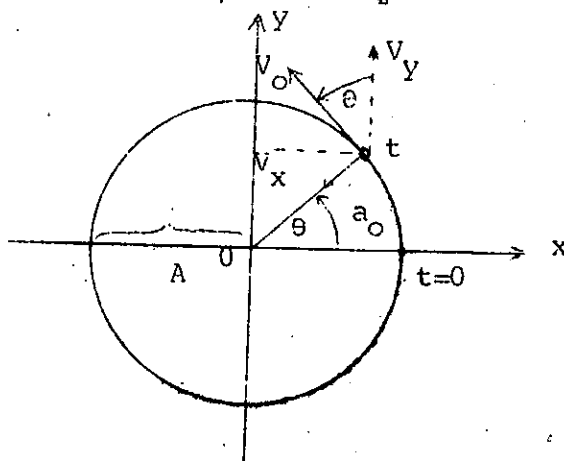
ตอบ

แบบทดสอบย่อยชุดที่ 3

คำสั่ง จงกากบาท (X) กับตัวอักษรที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดานคำตอบ

คำสั่ง จงศึกษาโจทย์ข้างล่างนี้ แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 1 และ 2

กำหนดให้อนุภาคเคลื่อนที่แบบวงกลมรัศมี A รอบจุดศูนย์กลาง O ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω คงที่ อัตราเร่งสู่ศูนย์กลาง a_0 และอัตราเร็วเชิงเส้น v_0 เมื่อเวลาผ่านไป t วินาที อนุภาคนั้น มีการขจัดเชิงมุมเป็น θ ดังรูป



จากรูปสรุปสมการการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้ ดังนี้

1. อัตราเร็วเชิงเส้น $v_0 = \omega A$
2. อัตราเร่งสู่ศูนย์กลาง $a_0 = \omega^2 A$
3. คาบเวลา $T = \frac{2\pi}{\omega}$
4. การขจัดเชิงมุม $\theta = \omega t$

1. ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเงาของอนุภาคนั้น

- (1) การขจัดของเงาของอนุภาคบนแกน x เท่ากับ $A \cos \omega t$
- (2) ความเร็วของเงาของอนุภาคเท่ากับความเร็วของอนุภาคในแนวแกน x
- (3) ความเร่งของเงาของอนุภาคเท่ากับ $-A\omega^2 \cos \omega t$
- (4) ความเร็วของเงาของอนุภาคจะมีขนาดสูงสุดเมื่อมุมเฟสมีค่าเป็นศูนย์
- (5) การขจัดของเงาของอนุภาคจะมีขนาดสูงสุดเมื่อมุมเฟสมีค่าเท่ากับ $\frac{\pi}{2}$ และ $\frac{3\pi}{2}$

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (2) และ (3)
- ค. (1) , (2) และ (3)
- ง. (3) , (4) และ (5)
- จ. คำตอบเป็นแบบอื่น

2. เมื่ออนุภาคอยู่ ณ ตำแหน่งเริ่มต้น ตำแหน่งที่เวลา $t = \frac{T}{2}$ และ $t = T$ การวัดความเร็วและความเร่งของเงาของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบวงกลมที่โจทย์กำหนดทำให้ข้างต้นนั้นจะมีค่าเท่าไร

- ก. $(A, 0, -\omega^2 A)$, $(-A, 0, \omega^2 A)$ และ $(A, 0, -\omega^2 A)$
- ข. $(A, \omega A, 0)$, $(-A, \omega A, 0)$ และ $(A, \omega A, 0)$
- ค. $(A, \omega A, -\omega^2 A)$, $(-A, -\omega A, -\omega^2 A)$ และ $(A, \omega A, -\omega^2 A)$
- ง. $(A, \omega A, \omega^2 A)$, $(-A, -\omega A, \omega^2 A)$ และ $(-A, \omega A, -\omega^2 A)$
- จ. คำตอบเป็นแบบอื่น

3. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เป็นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω การวัดสูงสุดเท่ากับ A วัตถุเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งอัมพลิจูดที่เวลา t ใด ๆ

- (1) การวัดของวัตถุจากตำแหน่งอัมพลิจูดเท่ากับ $A \sin \omega t$
- (2) ความเร็วของวัตถุที่ระยะขจัด x ใด ๆ เท่ากับ $\pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$
- (3) ความเร่งสูงสุดของวัตถุมีค่าเท่ากับ $-\omega^2 A$
- (4) ณ ตำแหน่งสมดุล ความเร็วของวัตถุมีค่าเท่ากับ ωA

ข้อใดถูกบ้าง

- ก. (1) และ (2)
- ข. (1) , (2) และ (3)
- ค. (1) , (2) และ (4)
- ง. (2) , (3) และ (4)
- จ. คำตอบเป็นแบบอื่น

คำสั่ง จงศึกษาโจทย์ข้างล่างนี้ แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 4 และ 5

มวลอันหนึ่งเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก โดยมีความเร่งสูงสุด 32 m/s^2 และมีความถี่ 2 รอบ/วินาที จงคำนวณหา

4. อัมพลิจูดของการเคลื่อนที่มีค่าเท่าไร

ก. $2/\pi^2$ m

ข. $4/\pi^2$ m

ค. $\pi^2/2$ m

ง. $\pi^2/4$ m

จ. ไม่มีข้อถูก

5. อัตราเร็วสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. $\pi/8$ m/s

ข. $2/\pi$ m/s

ค. $\pi/2$ m/s

ง. $4/\pi$ m/s

จ. ไม่มีข้อถูก

0

หน่วยที่ 4 การสั่นของมวลติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

1. อธิบายการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้งได้
2. หาสมการการเคลื่อนที่ของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาโดยอาศัยคุณสมบัติของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกและกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
3. สร้างสมการหาคาบของการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้งโดยอาศัยสมการ $ma = -KX$, $a = -\omega^2 x$ และ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ได้
4. คำนวณหาความเร็ว ความเร่ง คาบ และความถี่ของการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้งได้ เมื่อกำหนดแรงที่กระทำต่อมวลของวัตถุ การขจัด และค่าคงของสปริงได้
5. หาระยะขจัดของการสั่นของสปริงได้ เมื่อกำหนดแรงที่กระทำ หรือค่าคงของสปริงได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยสาธิตการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นให้นักเรียนดู
3. นักเรียนศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปตามลำดับต่อไปจนจบเนื้อหา
4. ผู้วิจัยทบทวนบทเรียนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถามเป็นรายบุคคล
5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้วให้มารับบัตรเฉลยจากผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

การประเมินผลหลังการเรียนรู้

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 4 เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้

การเรียนรู้ซ่อมเสริม

ให้นักเรียนผู้ที่ทำคะแนนได้ไม่ถึงเกณฑ์ 80% ของคะแนนเต็มไปเรียนทบทวนกับผู้วิจัยนอกเวลาเรียนปกติ

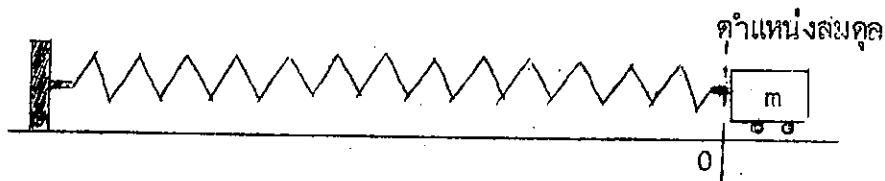
เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 4/1

คำแนะนำ

1. ให้นักเรียนศึกษาเอกสารวิชาฟิสิกส์ชุดนี้ด้วยตนเอง
2. พยายามทำความเข้าใจเนื้อหาโดยอ่านบทบทนหลาย ๆ ครั้ง
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

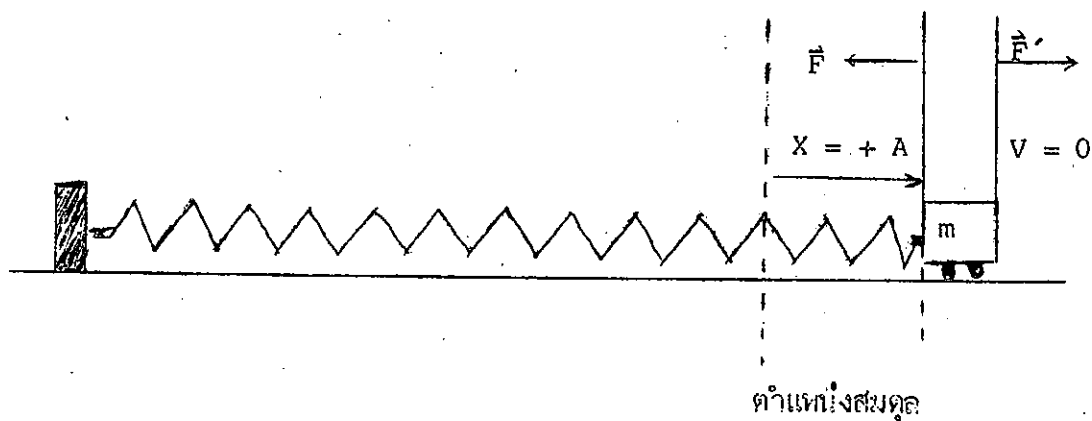
บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง การแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นและในแนวตั้ง

รูป ก แสดงมวล m ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น

คำถาม 1 รูป ก แสดงถึงการนำเอารถทดลองมวล m มายึดติดกับปลายด้านหนึ่งของลวดสปริง ปลายที่เหลือผูกติดกับที่ยึดให้แน่น โดยจัดให้ลวดสปริงวางตัวขนานกับพื้น และให้รถทดลองเคลื่อนที่ได้สะดวก ขณะนี้ มวล m อยู่ในสภาวะสมดุล ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะว่า ณ ตำแหน่งนี้รถอยู่นิ่ง



รูป ข

คำถาม 2 รูป ข ออกแรง F' ถึงมวล m ให้เคลื่อนที่ในแนวราบไปทางขวา ออกจากตำแหน่งสมดุล O ไปยังตำแหน่งที่มีการขจัดสูงสุด (ตำแหน่งแอมพลิจูด) ถ้ากำหนดให้การขจัดวัดไปทางขวาเป็นบวก และให้ขนาดของการขจัดสูงสุดมีค่าเท่ากับ A เขียนเงื่อนไขสมการได้ _____ และ ณ ตำแหน่งนี้ ความเร็วของมวล m มีขนาด _____ (เป็นศูนย์/สูงสุด)

คำตอบ $x = +A, 0 (v = 0)$

คำถาม 3 จากรูป ข แรง F' ที่ใช้ถึงมวล m ให้ลวดสปริงยืดออกจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอะไร

คำตอบ ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากตำแหน่งสมดุล ($F' \propto x$)

คำถาม 4 จากรูป ข ขณะที่ออกแรงถึงมวล m ไปอยู่ที่ตำแหน่งแอมพลิจูด ($x = +A$) จะเกิดแรงหนึ่งพยายามถึงมวล m ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย เรียก แรงนี้ว่า _____ แทนด้วย _____ แรงนี้มีขนาดเท่ากับแรง F'

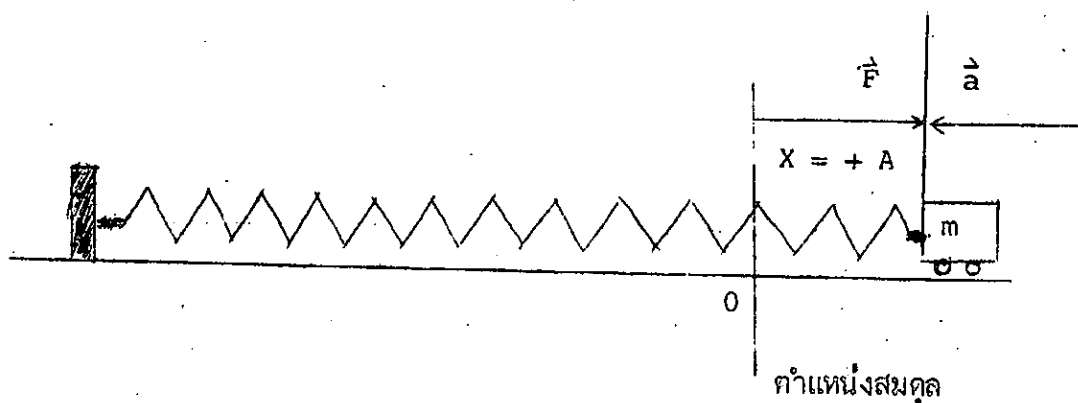
คำตอบ แรงดึงย้อนกลับ, F

คำถาม 5 แรงดึงย้อนกลับ (F) มีขนาดเท่ากับ F' แต่ทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือ $F =$ _____

คำตอบ $F = -F'$

คำถาม 6 แรง $F = -kx$ ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะว่า $F \propto x$, k เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน



รูป ก

คำถาม 7 รูป ก เมื่อเราปล่อยมือแรง _____ จะหมดไป เหลือเพียงแรง _____ เท่านั้น ที่จะดึงมวล m ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้ายด้วยความเร่ง a ที่เวลานั้นนับเป็น เวลาเริ่มต้นของการเคลื่อนที่แบบซิมเพิลฮาร์โมนิกของมวล m ดังนั้น จึงสรุปได้

$$t = 0 \quad x = \underline{\hspace{2cm}} \quad v = \underline{\hspace{2cm}}$$

คำตอบ F' , F , $+A$, 0

คำถาม 8 แรงดึงย้อนกลับ F ทำให้มวล m เคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งสมดุล โดยมีความเร่ง a จงหาสมการของความเร่ง a

คำตอบ จากกฎข้อ 2 ของ Newton

$$F = ma$$

และ $F = -KX$

จะได้ $a = -\frac{K}{m} X$

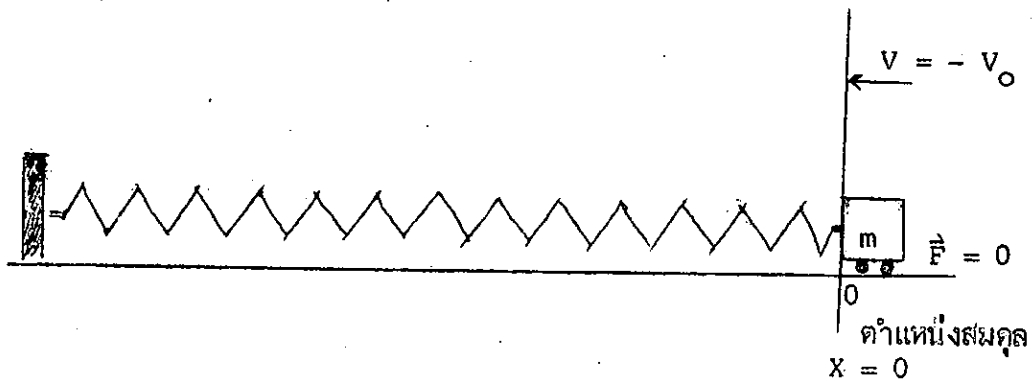
คำถาม 9 สรุปได้ว่า ความเร่งแปรผันตรงกับ _____ แต่มีทิศตรงกันข้ามโดยที่ _____ คือ ค่าคงที่ของการแปรผัน

คำตอบ การขจัด , $\frac{K}{m}$

คำถาม 10 ที่เวลา $t = 0$ การขจัดของมวล m มีขนาดสูงสุด และเป็นบวก ($x = +A$) ความเร่งมีขนาด _____ (สูงสุด/เป็นศูนย์) ซึ่งมีทิศพุ่งเข้าสู่ตำแหน่งสมดุล ไปทางซ้าย a มีทิศสวนกับ x จึงกำหนดให้เป็น _____ (บวก/ลบ) ถ้าแทนขนาดความเร่งสูงสุดด้วย a_0 ดังนั้น เขียนเป็นสมการได้ $a =$ _____ จึงสรุปได้

$$t = 0 \quad x = +A \quad v = 0 \quad a = -a_0$$

คำตอบ สูงสุด , ลบ , $-a_0$



รูป ง

คำถาม 11 ในขณะที่มวล m เคลื่อนที่ไปทางซ้าย การขจัดจะมีขนาด _____ (ลดลง/เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ) ทำให้แรงดึงย้อนกลับของสปริง _____ (ลดลง/เพิ่มขึ้น) และอยู่ในทิศส่วนทางกับ _____ (การขจัด/ความเร็ว) ดังนั้น ขณะที่การขจัดของมวล m ลดลงเรื่อยๆ ความเร่งของมวล m จะมีขนาด _____ (เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ/ลดลงเรื่อยๆ) และมีทิศไปทางซ้าย จนกระทั่งเมื่อมวล m เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสมดุล การขจัดมีขนาดเป็นศูนย์ ความเร่งมีขนาดเป็นศูนย์ด้วย และที่ตำแหน่งสมดุลนี้ ความเร็วของมวล m มีขนาดสูงสุด และมีทิศไปทางซ้าย จึงใช้เขียน _____ (บวก/ลบ) ถ้าแทนขนาดความเร็วสูงสุดด้วย v_0 ดังนั้น เขียนเป็นสมการได้ $v = \underline{\hspace{2cm}}$ ดังรูป ง

คำตอบ ลดลงเรื่อยๆ , ลดลง , การขจัด , ลดลงเรื่อยๆ ลบ , $-v_0$

คำถาม 12 จากรูป ง ทำไม $v = -v_0$

คำตอบ เพราะความเร็วทิศไปทางซ้าย ส่วนทิศการขจัด จึงได้กำหนดให้ทิศไปทางขวา
เป็นบวก

คำถาม 13 ณ ตำแหน่งดังรูป ง นี้ มวล m เคลื่อนที่ได้ _____ รอบ $(\frac{1}{2} / \frac{1}{4})$
จากจุดเริ่มต้น

คำตอบ $\frac{1}{4}$ รอบ

คำถาม 14 เมื่อมวล m เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสมดุล ดังรูป ง จะใช้เวลา t ในเทอมของคาบ
(T) เป็นเท่าไร

คำตอบ $t = \frac{T}{4}$

1 รอบ ใช้เวลา T

$\frac{1}{4}$ รอบ ใช้เวลา $T \times \frac{1}{4} = \frac{T}{4}$

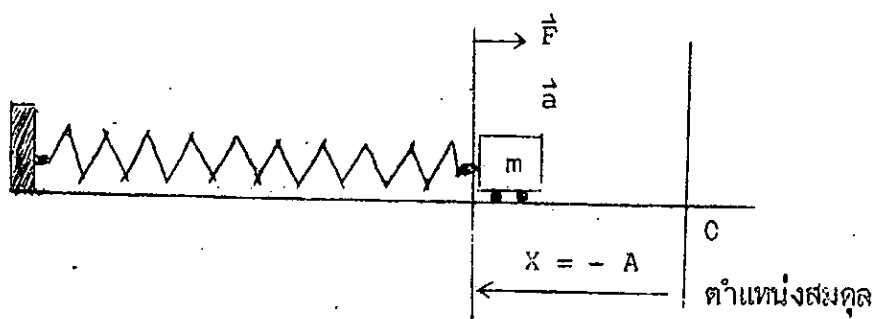
คำถาม 15 เมื่อมวล m เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสมดุล ดังรูป ง $\vec{F} = 0$ หมายความว่า
มวล m หยุดนิ่ง ไม่เคลื่อนที่ต่อไปอีก ใช่หรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ไม่ใช่ เพราะมวล m ยังคงมีพลังงานจลน์ (ความเร็วมีขนาดสูงสุด)

คำถาม 16 จากรูป ง สรุปได้ว่า

$t = \frac{T}{4}$ $x = \underline{\hspace{2cm}}$ $v = \underline{\hspace{2cm}}$ $a = \underline{\hspace{2cm}}$

คำตอบ $0, -v_0, 0$



รูป จ

คำถาม 17 เมื่อมวล m เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสมดุล ดังรูป ง แรง F มีค่าเป็นศูนย์ แต่ขณะนั้นมวล m ยังคงมีพลังงานจลน์จึงสามารถเคลื่อนที่ไปทาง _____ (ซ้าย/ขวา) ได้ พร้อมกับอัตราความถี่ให้หดสั้น ทำให้ขนาดของการขจัดและความเร่ง _____ (เพิ่มขึ้น/ลดลง) จนกระทั่ง มวล m มีขนาดการขจัด _____ (สูงสุด/เป็นศูนย์) เท่ากับ A มีทิศทางพุ่งจากตำแหน่งสมดุลไปทาง _____ (ซ้าย/ขวา) จึงให้เป็น _____ (บวก/ลบ) เขียนเป็นสมการได้ _____ และความเร่งมีขนาด _____ (เป็นศูนย์/สูงสุด) แต่ทิศสวนกับการขจัดจึงเป็น _____ (บวก/ลบ) เนื่องจากได้แทนขนาดความเร่งสูงสุดด้วย a_0 ดังนั้น เขียนเป็นสมการได้ $a =$ _____ และความเร็วของมวล m จะมีขนาด _____ (เป็นศูนย์/สูงสุด) พร้อมทั้งจะเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งสมดุลไปทางขวาอีกดังรูป จ

คำตอบ ข้าย , เพิ่มขึ้น/ลดลง , สูงสุด , ข้าย , ลบ , $x = -A$, สูงสุด , บวก , $a = + a_0$, เป็นศูนย์ ($v = 0$)

คำถาม 18 รูป จ แสดงถึงมวล m อัดขดสปริงให้หดสั้น จนกระทั่งการขจัดมีขนาดสูงสุด และ $x = -A$ เครื่องหมายลบบอกให้ทราบถึงอะไร

คำตอบ ระยะขจัดพุ่งออกจากตำแหน่งสมดุลไปทางซ้าย

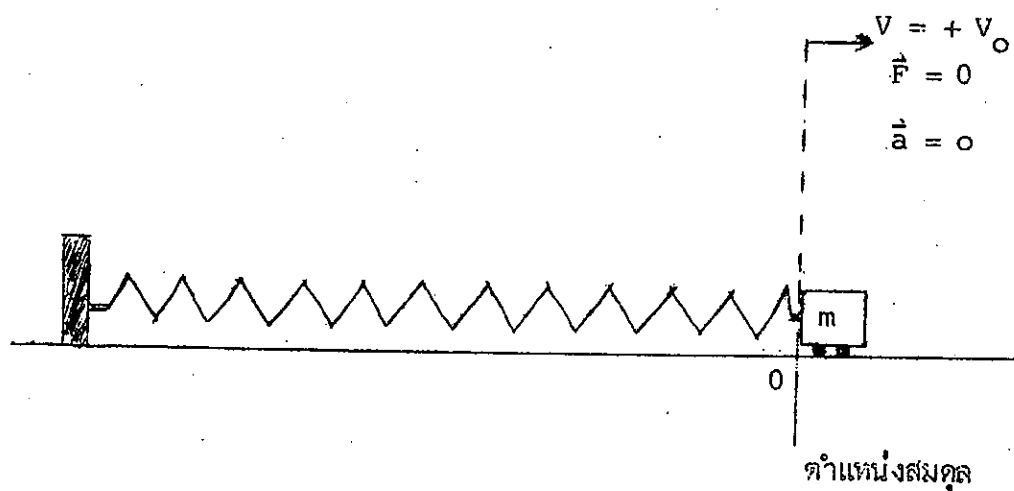
คำถาม 19 จากรูป จ มวล m เคลื่อนที่ให้ครบ และใช้เวลา t ในการเคลื่อนที่ที่แน่นอนเท่าไร ในเทอมของคาบ (T)

คำตอบ $\frac{1}{2}$ รอบ และ $t = \frac{T}{2}$

คำถาม 20 จากรูป จ สรุปได้ว่า

$$t = \frac{T}{2} \quad x = \underline{\hspace{2cm}} \quad v = \underline{\hspace{2cm}} \quad a = \underline{\hspace{2cm}}$$

คำตอบ $-A, 0, +a_0$



คำถาม 21 เมื่อมวล m เคลื่อนที่ไปได้ถึงตำแหน่งซ้ายสุด การขจัดจะมีขนาด _____
 (สูงสุด/เป็นศูนย์) ดังรูป จ หลังจากนั้นแรงต้านของสปริงซึ่งถูกอัดจะ
 ผลักดันมวล m ให้เคลื่อนที่ไปทางขวา ขนาดของการขจัด และขนาดของความเร่ง
 ของมวล m จะ _____ (เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ/ลดลงเรื่อย ๆ) จนกระทั่งมวล
 เคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งสมดุล การขจัดจะมีขนาด _____ (สูงสุด/เป็นศูนย์)
 ความเร่งก็จะมีขนาด _____ (สูงสุด/เป็นศูนย์) ด้วย และที่ตำแหน่งสมดุลนี้
 ความเร็วของมวล m จะมีขนาด _____ (สูงสุด/เป็นศูนย์) มีทิศไปทาง
 _____ (ซ้าย/ขวา) จึงเป็น _____ (บวก/ลบ) เขียนเป็นสสารการได้
 _____ ดังรูป จ

คำตอบ สูงสุด , ลดลงเรื่อย ๆ , ศูนย์ , ศูนย์ , สูงสุด , ขวา , บวก , $v = + v_0$

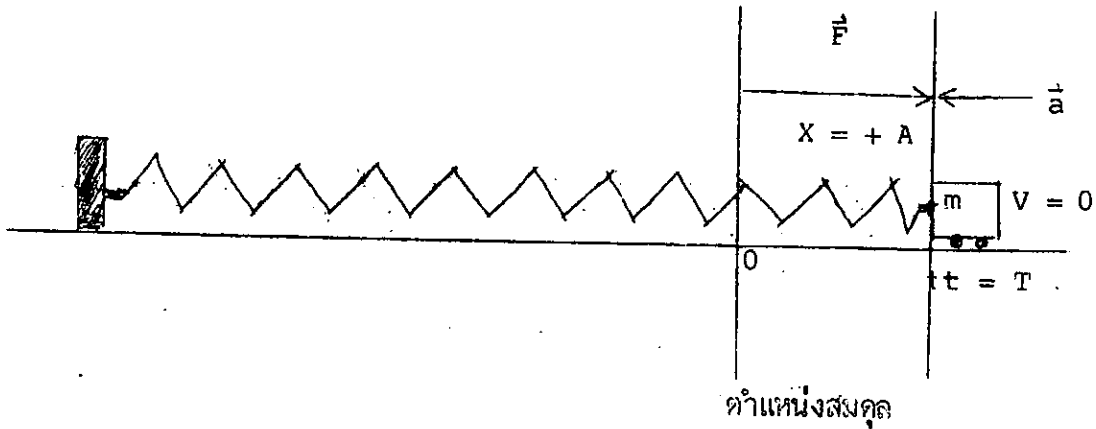
คำถาม 22 เมื่อมวล m เคลื่อนที่ได้ดังรูป จ มวล m เคลื่อนที่ได้กี่รอบ และใช้เวลา
 เป็นกี่เท่าในเทอมของคาบ (T)

คำตอบ $\frac{3}{4}$ รอบ และ $t = \frac{3}{4} T$

คำถาม 23 จากรูป จ สรุปได้ว่า

$$t = \frac{3}{4} T \quad x = \quad v = \quad a =$$

คำตอบ 0 , $+ v_0$, 0



รูป ช

คำถาม 24 รูป ช มวล m เคลื่อนที่จากตำแหน่งสมดุลไปทางขวา ทำให้ขนาดของแรงสปริงมีค่าออก
 ในขณะเดียวกัน แรงดึงย้อนกลับของสปริงจะพยายามดึงกลับ และแรงนี้
 _____ (คงที่/ไม่คงที่) เมื่อการขจัดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แรงนี้จะเพิ่มขึ้นและ
 อยู่ในทิศ _____ (เดียวกัน/ตรงกันข้าม) กับการขจัด ดังนั้น ขณะที่การขจัด
 ของมวล m เพิ่มขึ้นไปทางขวา ความเร่งของมวล จะมีทิศไปทาง _____
 (ซ้าย/ขวา) และมีขนาด _____ (ลดลงเรื่อย ๆ / เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ) จนกระทั่ง
 มวล m เคลื่อนที่ได้ การขจัดสูงสุดมีขนาดเป็น A และมีทิศไปทางขวาจึงเป็น
 _____ (บวก/ลบ) เขียนแทนสมการได้ _____ ความเร่งของมวล m
 จะมีขนาด _____ (สูงสุด/เป็นศูนย์) และมีทิศสวนกับ _____
 (การขจัด/ความเร็ว) จึงเป็น _____ (ลบ/บวก) เขียนแทนสมการได้
 _____ และความเร็วมีขนาด _____ (เป็นศูนย์/สูงสุด) พร้อมทั้งจะ
 เคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งสมดุลอีกต่อไป

คำตอบ ไม่คงที่ , ตรงกันข้าม , ซ้าย , เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ , บวก , $x = + A$,
 สูงสุด , การขจัด , ลบ , $a = - a_0$, เป็นศูนย์

คำถาม 25 จากรูป ข มวล m เคลื่อนที่ได้กักรอบ และใช้เวลา t เป็นกี่เท่าในเทอมของคาบ (T)

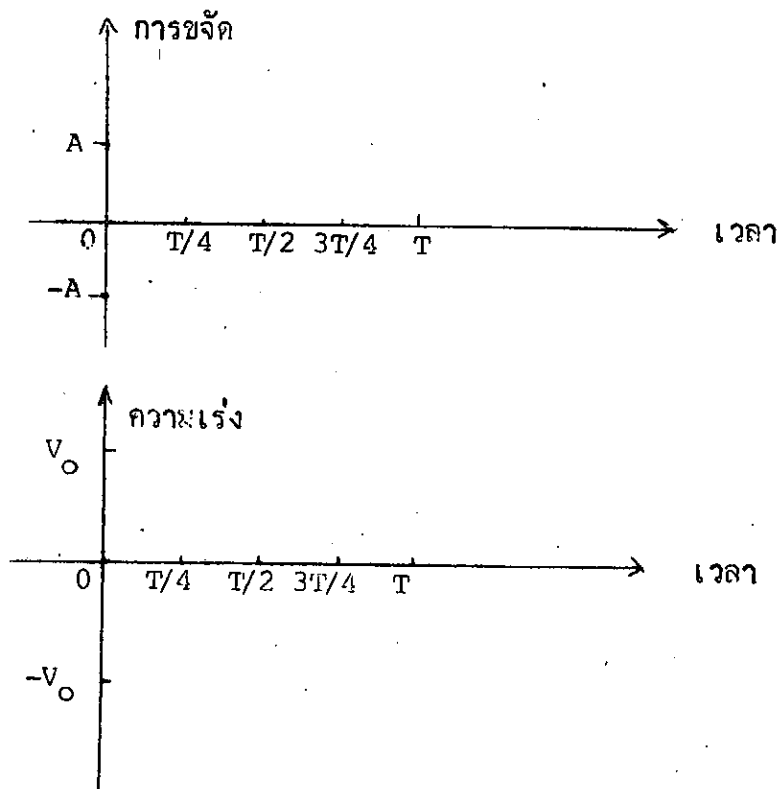
คำตอบ 1 รอบ และ T

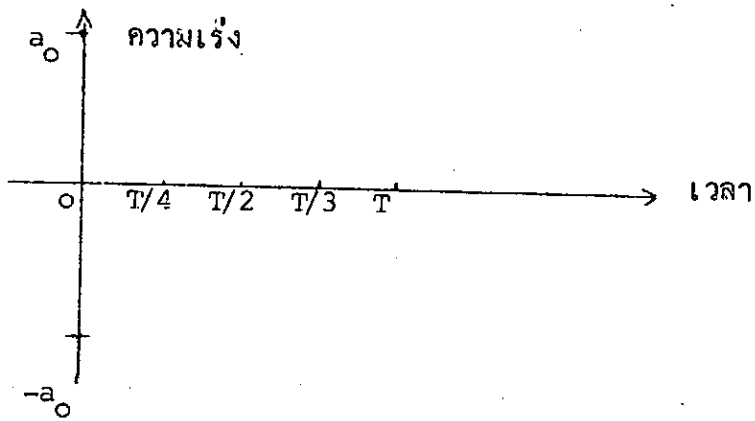
คำถาม 26 จากรูป ข สรุปได้ว่า

$$t = T \quad X = \underline{\hspace{2cm}} \quad V = \underline{\hspace{2cm}} \quad a = \underline{\hspace{2cm}}$$

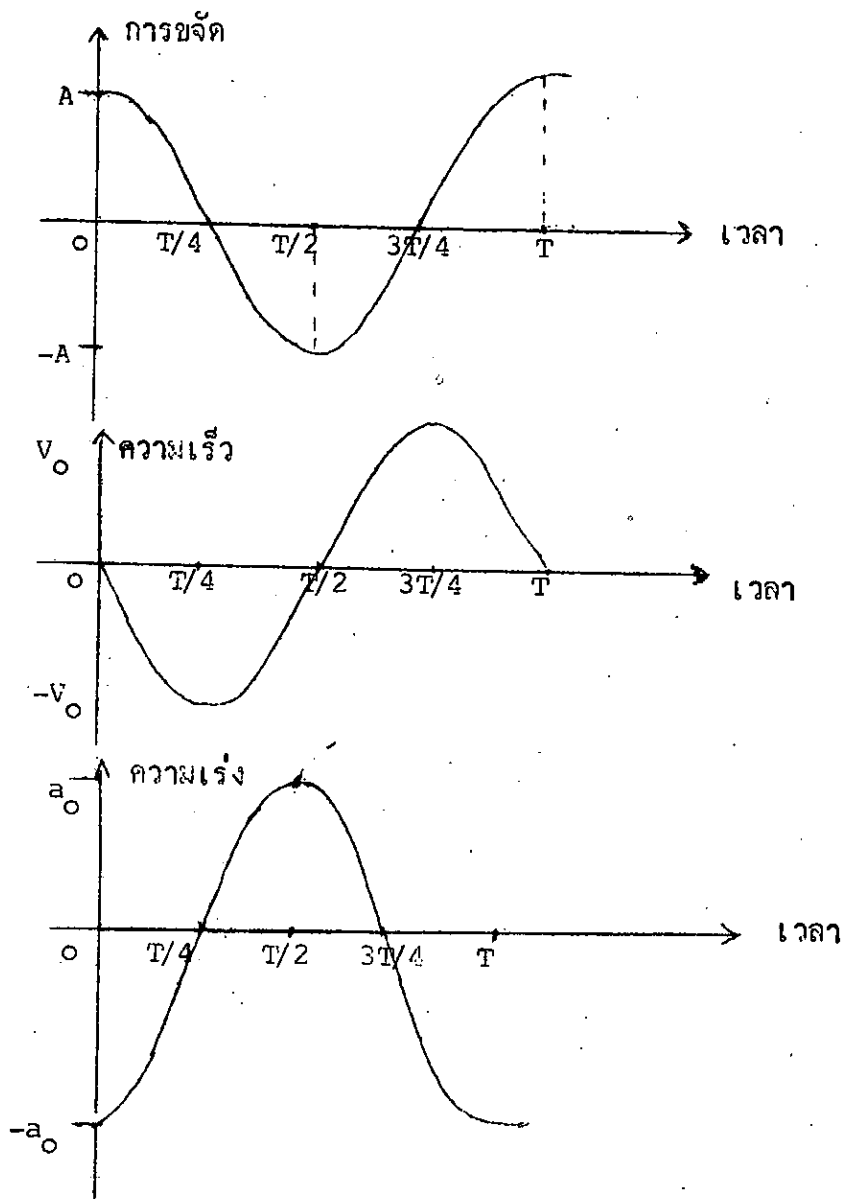
คำตอบ $+A, 0, -a_0$

คำถาม 27 จงนำข้อสรุปในคำถาม 10, 16, 20, 23 และ 26 มาเขียนกราฟอย่างคร่าว ๆ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง การขจัดกับเวลา ความเร็วกับเวลา และ ความเร่งกับเวลา





คำตอบ

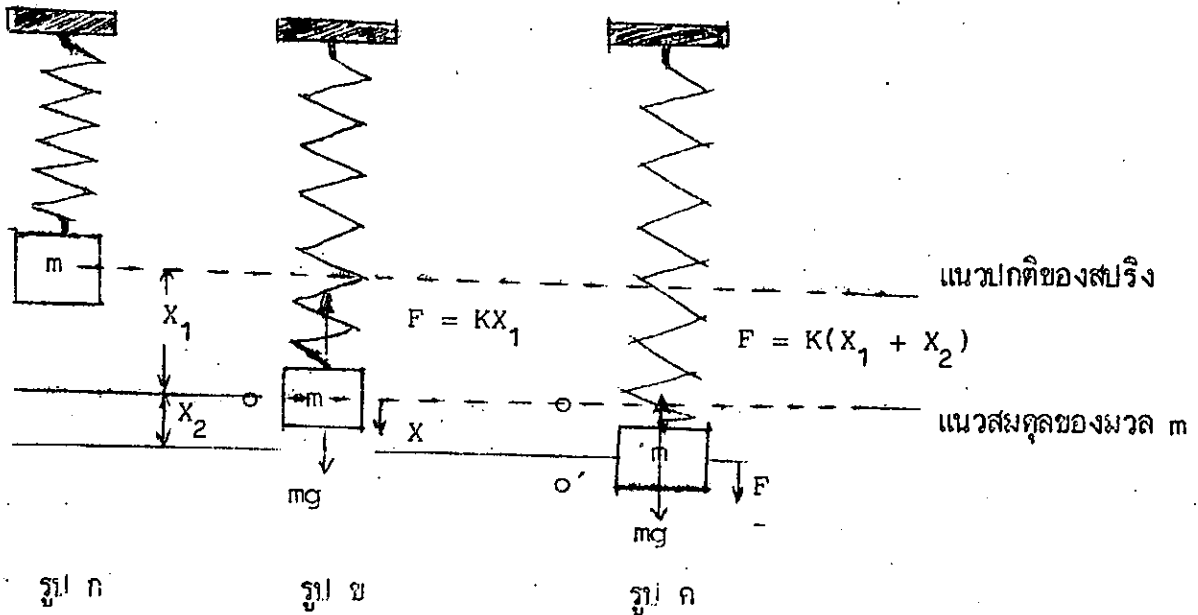


คำถาม 28 การแกว่งของมวล m ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่นจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบใด จงอธิบาย

คำตอบ เป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเพิลฮาร์โมนิก เพราะความเร่งแปรผันตรงกับการขจัด และมีทิศทางตรงกันข้าม และ กราฟระหว่าง การขจัด ความเร็ว และความเร่ง เทียบกับ เวลา มีลักษณะ เหมือนกับที่ได้ศึกษามาแล้วในหน่วยที่ผ่านมา

คำถาม 20 จงแสดงวิธีการหา คาบและความถี่ ของการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น

<u>คำตอบ</u>	จากสมการ	$\ddot{x} = -\omega^2 x$	
	และ	$\ddot{x} = -\frac{K}{m} x$	
	จะได้	$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$	
	เนื่องจาก	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	
	แทนค่าจะได้	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$	
		$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$	ควรจำให้ไว้



รูปแสดงการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาในแนวตั้ง

คำถาม 30 นำมวล m มาแขวนกับสปริงในแนวตั้ง ดังรูป ก แล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยให้สปริงยืดออกจนกระทั่งมวล m อยู่นิ่งดังรูป ข ถ้าให้สปริงยืดออกเป็นระยะ x_1 แรงต้านของชดเชยสปริงจะมีค่าเท่าไร (กำหนดค่าให้ทิศชี้ลงเป็นบวก)

คำตอบ จาก $\vec{F} = -K\vec{x}$
 $\therefore F = -Kx_1$ (คิดเฉพาะขนาด)

คำถาม 31 ณ ตำแหน่ง 0 มวล m อยู่ในสถานะสมดุลหรือไม่ และถ้าอยู่ในสถานะสมดุล แรง mg กับแรง Kx_1 เท่ากันหรือไม่

คำตอบ สมดุล , เท่ากัน ($Kx_1 = mg$)

คำถาม 32 เมื่อออกแรง F_1 ดึงมวล m ลงในแนวตั้ง ทำให้สปริงยืดออกจากตำแหน่ง 0 เท่ากับ x_2 แล้วหยุดนิ่งไว้ที่จุด O' ดังรูป ก ขณะที่ยังไม่ปล่อยมือ แรงดึงลงทั้งหมดมีค่าเท่าไร

คำตอบ เท่ากับ $F_1 + mg$

คำถาม 33 แรงต้านทานภายในสปริงมีค่าเท่าไร

คำตอบ มีขนาดเท่ากับ $K (x_1 + x_2)$

คำถาม 34 ขณะที่ยังไม่ปล่อยมือ แรง $F_1 + mg = K (x_1 + x_2)$ ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะว่า วัตถุยังอยู่นิ่งแรงดึงขึ้นเท่ากับแรงดึงลง

คำถาม 35 เมื่อปล่อยมือแรง F_1 ก็จะหมดไป สปริงจะดึงมวลให้เคลื่อนที่ขึ้น แรงดึงลง (mg) จะมีค่าเท่ากับแรงดึงขึ้น ($K (x_1 + x_2)$) หรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ไม่เท่ากัน

คำถาม 36 แรงลัพธ์ (ΣF) ที่ทำให้มวล m เคลื่อนที่ขึ้น มีค่าเท่าไร

คำตอบ $\Sigma F = -K (x_1 + x_2) + mg$ (แรงมีทิศตรงข้ามกับ x เป็น -)

คำถาม 37 ทำไมจึงกำหนดให้แรงดึงกลับของสปริงมีค่าเป็นลบ

คำตอบ เพราะว่า แรงมีทิศตรงข้ามกับการขจัด ซึ่งได้กำหนดให้ทิศขึ้นเป็นบวก แรงดึงกลับมีทิศขึ้นจึงเป็นลบ

คำถาม 38 จาก $\Sigma F = -K(x_1 + x_2) + mg$ แล้วแทนค่า $Kx_1 = mg$ จะได้ ΣF มีค่าเท่าไร

คำตอบ $\Sigma F = -Kx_2$

คำถาม 39 ถ้าเราแทน ΣF ด้วย F ใด ๆ จะให้ $F = -Kx_2$ จึงสรุปได้ว่า แรงเป็นปฏิภาคกับการขจัด แต่มีทิศตรงกันข้าม ข้อสรุปนี้ ถูกต้องหรือไม่

คำตอบ ถูกต้อง

คำถาม 40 การสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาในแนวตั้งจัดเป็นการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. ใช่หรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ใช่ เพราะว่า 1. มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม
2. $F \propto -x$ หรือ $a \propto -x$ ฯลฯ

คำถาม 41 คาบเวลาของการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาในแนวดิ่ง ควรจะหาได้จากสมการใด จงให้เหตุผลประกอบด้วย

คำตอบ สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ เพราะว่า การแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาในแนวดิ่งก็จัดเป็นการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. เช่นกัน กับการแกว่งของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น ซึ่งแรงที่ทำให้สปริงแกว่งทั้งในแนวดิ่งและบนพื้นลื่น ต่างก็แปรผันตามการขจัด แต่มีทิศทางกันข้ามเช่นเดียวกัน ($F \propto -x$)

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 4/2

คำแนะนำ

1. ให้นักเรียนศึกษาเอกสารชุดนี้ด้วยตนเอง
2. เอกสารชุดนี้ประกอบด้วยตัวอย่างและแบบฝึกหัด
3. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างก่อนแล้วจึงค่อยทำแบบฝึกหัด
4. ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 4/2

คำสั่ง จงศึกษาตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 มวล 4.0 Kg ติดกับปลายสปริงเบาซึ่งแขวนอยู่ในแนวตั้ง สปริงยืดออก 16 เซนติเมตร ถ้าเปลี่ยนเป็นมวล 0.50 Kg จากนั้นจึงมวลแล้วปล่อย มวลจะแกว่งแบบ S.H.M. โคนมีคาบเท่าไร

วิธีทำ หาค่านิจของสปริง (K)

$$\text{จากสมการ } KX = F$$

$$F = mg$$

$$KX = mg, \quad g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$K = \frac{4 \times 10}{16 \times 10^{-2}}$$

$$K = 250 \quad \text{N/m}$$

หาคาบเวลา (T) ของการแกว่ง

$$\text{จากสมการ } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$\text{แทนค่า } m = 0.50 \quad \text{Kg}$$

$$K = 250 \quad \text{N/m}$$

$$\text{จะได้ } T = 0.28 \quad \text{s} \quad (\text{ใช้ } \pi \approx 3.14)$$

ดังนั้น มวลจะแกว่งโดยมีคาบประมาณ 0.28 วินาที

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุมวล 4 kg ผูกติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น ซึ่งปลายด้านหนึ่งผูกติดกับกำแพงออกแรง 20 นิวตัน ถึงมวลทำให้ลวดสปริงยืดออก 5 เซนติเมตร แล้วปล่อยวัตถุจะแกว่งกลับไปกลับมา จงหาอัตราเร็วของวัตถุเมื่อผ่านตำแหน่งสมดุล

วิธีทำ หลักการหาค่า K , T แล้วจึงหา V ดังนี้

จากสมการ $F = KX$ (คิดเฉพาะขนาด)

$$K = \frac{F}{X}$$

$$K = \frac{20}{5 \times 10^{-2}} = 400 \text{ N/m}$$

และสมการ

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4}{400}}$$

$$T = 0.2\pi$$

หา V จากสมการ

$$V = \omega \sqrt{A^2 - X^2} \quad (\text{คิดเฉพาะขนาด})$$

เมื่อวัตถุผ่านตำแหน่งสมดุล การขจัดเป็นศูนย์ ความเร็วมีขนาดสูงสุด

จะได้

$$V = \omega A$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$V = \frac{2\pi A}{T}$$

แทนค่า

$$T = 0.2\pi \text{ s} \text{ และ } A = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

จะได้

$$V = \frac{2\pi \times 5 \times 10^{-2}}{0.2\pi} \text{ m/s}$$

$$V = 0.5 \text{ m/s}$$

ดังนั้น อัตราเร็วของวัตถุเมื่อผ่านตำแหน่งสมดุลเท่ากับ 0.5 เมตร/วินาที

ตอบ

คำสั่ง ให้นักเรียนทำโจทย์แบบฝึกหัด ดังต่อไปนี้

1. ลวดสปริงอันหนึ่งวางอยู่บนพื้นเกลี้ยงปลายด้านหนึ่งยึดแน่นกับผนังปลายที่เคลื่อนมีมวล 1.0 กิโลกรัม ออกแรง 5.0 นิวตัน ถึงมวลทำให้ลวดสปริงยืดออกได้ 0.2 เมตร เมื่อปล่อยมือ มวลจะเคลื่อนที่แบบ S.H.M. โดยมีคาบเท่าไร (กำหนดค่าให้ $\pi \approx 3.14$)

แนวคิด 1. หาค่า K จาก $F = KX$

2. หาค่า T จาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

2. ผู้โดยสาร 4 คนขึ้นน้ำหนักรวมกัน 2,000 นิวตัน ขึ้นนั่งบนรถยนต์คันหนึ่งทำให้แท่นรถยนต์ ถูกกดลงไปจากเดิม 2 เซนติเมตร ถ้ารถยนต์มีมวล 800 กิโลกรัม บรรทุกผู้โดยสาร 4 คนนี้ ถูกขยับแล้วปล่อย จะสั้นโดยมีความถี่เท่าไร

แนวคิด 1. หา K จาก $F = KX$

2. หา f จาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

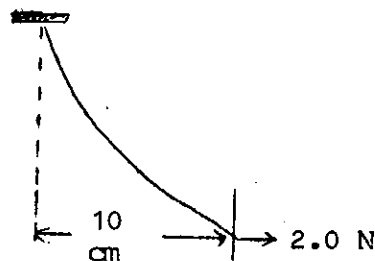
จะได้ $f = \frac{1}{T}$

3. เมื่อออกแรง 2.0 นิวตัน ถึงปลายแผ่นสปริงของเครื่องซึ่งมวล ปลายสปริงเบนไปจาก ตำแหน่งสมดุล 10 เซนติเมตร ถึงรูป ที่ปลายแผ่นสปริงมีมวล 0.3 กิโลกรัม จึงให้ ปลายแผ่นสปริงเบนไปจากตำแหน่งสมดุล 15 เซนติเมตร แล้วปล่อยมือ จงคำนวณหา

ก. คาบของการสั่นของมวล

ข. ความเร็วสูงสุดของมวล

ค. ความเร่งสูงสุดของมวล



แนวคิด 1. หา K จาก $F = KX$

2. หา T จาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

3. หา $v_{\max}$ จาก $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2}$ โดยแทน $x = 0$

4. หา $a_{\max}$ จาก $a = \omega^2 x$ โดยแทน $x = A$

4. สเกลของเครื่องชั่งสปริงบอกค่าจาก 0 - 180 นิวตัน ยาว 9 เซนติเมตร วัตถุหนึ่งแขวนกับเครื่องชั่ง พบว่าสั่นในแนวตั้ง 1.5 รอบ/วินาที จงหามวลของวัตถุนั้น ไม่คิดมวลของสปริง

แนวคิด 1. หา K จาก $F = KX$

2. หา m โดยใช้สมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

$$\text{ให้ } m = \frac{T^2 K}{4\pi^2} \quad \text{และ} \quad T = \frac{1}{f}$$

คำสั่ง เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดเสร็จแล้วให้ไปรับบัตรเฉลยหมายเลข 4 ให้จากผู้วิจัยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ถ้ามีปัญหาก็สอบถามผู้วิจัยได้ทันที

บัตรเฉลยหมายเลข 4

1. วิธีทำ จาก $F = KX$

$$K = \frac{5}{0.2} = 25 \text{ N/m}$$

และจาก $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

แทนค่า $m = 1 \text{ Kg}$

$$K = 25 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{2\pi}{5} \text{ s}$$

แทนค่า $\pi \approx 3.14$

ให้ $T = 1.3 \text{ s}$

ดังนั้น มวล 1 กิโลกรัมมีการเคลื่อนที่ประมาณ 1.3 วินาที

ตอบ

2. วิธีทำ สมมติให้แท่นถูกกดลงเท่ากับ x ขณะที่ไม่มีผู้โดยสาร ซึ่งถูกกดลงเนื่องจากน้ำหนักของรถ น้ำหนักของรถหาได้โดยเอามวลของรถคูณกับค่า $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ จะได้ 8,000 นิวตัน

จาก $F = KX, F = mg$

$$8,000 = KX \quad \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อบรรทุกผู้โดยสาร 4 คน ซึ่งมีน้ำหนักรวมกันเป็น 2,000 นิวตัน ปรากฏว่าแท่นถูกกดลงไปจากเดิมอีก 2×10^{-2} เมตร เพราะฉะนั้น ระยะที่แท่นถูกกดลงทั้งหมดเท่ากับ $X + (2 \times 10^{-2})$ เมตร

จาก $F' = KX'$

$$F' = \text{น.น.รถ} + \text{น.น.ผู้โดยสาร} = 8000 + 2000 \text{ N}$$

$$X' = X + (2 \times 10^{-2}) \text{ m} = 10000 \text{ N}$$

แทนค่าในสูตรจะได้

$$10,000 = K(X + (2 \times 10^{-2})) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(1)/(2) \quad \frac{4}{5} = \frac{X}{X + 0.02}$$

$$5X = 4(X + 0.02)$$

$$X = 0.08 \text{ เมตร}$$

แทนค่า X ใน (1) จะได้

$$K = \frac{8000}{0.08} = \frac{8000}{8 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^5 \text{ N/m}$$

จาก $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

หรือ $= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{K}}$

แทนค่าจะได้ $= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10^5}{\text{มวลรถ+มวลคน}}}$

มวลรถ = 800 Kg , มวลคน = $\frac{2000}{g} = 200 \text{ Kg}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$

โดยที่ $m = \text{มวลรถ} + \text{มวลคน} = 800 + 200 = 1000 = 10^3 \text{ Kg}$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10^5}{10^3}} = \frac{5}{\pi}$$

รอบ/วินาที

ตอบ

3. วิธีทำ หาค่า K

จาก

$$F = KX$$

$$K = \frac{2.0}{10 \times 10^{-2}}$$

$$F = 2.0 \text{ N}$$

$$X = 10 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$K = 20 \text{ N/m}$$

ก. หาค่าของการสั่น (T)

จาก

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0.3}{20}}$$

$$T = 0.77 \text{ s}$$

ตอบ

ข. หาคความเร็วสูงสุดของมวล ($v_{\max}$)

จาก
$$v = \omega \sqrt{A^2 - x^2} , v_{\max} \text{ เมื่อ } x = 0$$

$$v_{\max} = \omega A , \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ และ } A = 15 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v_{\max} = \frac{2\pi}{T} A = \frac{2\pi}{0.77} \times 15 \times 10^{-2} = 1.2 \text{ m/s}$$

$$v_{\max} = 1.2 \text{ m/s}$$

ตอบ

ค. หาคความเร่งสูงสุด ($a_{\max}$)

จาก
$$a = \omega^2 x , a_{\max} \Rightarrow x = A$$

$$a_{\max} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 A$$

$$a_{\max} = \left(\frac{2\pi}{0.77}\right)^2 \times 15 \times 10^{-2}$$

$$a_{\max} = 10 \text{ m/s}^2$$

ตอบ

4. วิธีทำ หาค่า K

จาก
$$K = \frac{F}{x}$$

$$x = 9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = 180 \text{ N}$$

$$K = \frac{180}{9 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^3 \text{ N/m}$$

หามวล (m)

จาก
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$m = \frac{T^2 K}{4\pi^2} = \frac{K}{4\pi^2 f^2}$$

แทนค่าจะได้
$$K = 2 \times 10^3 \text{ N/m}$$

$$f = 1.5 \text{ รอบ/วินาที}$$

$$f = 1.5$$

รอบ/วินาที

$$\text{กังหัน ยวต ม} = \frac{2 \times 10^3}{4\pi^2 (1.5)^2} = 22.52 \text{ กิโลกรัม}$$

ตอบ

แบบทดสอบย่อยชุดที่ 4

1. จงหาความเร่งของมวล m ที่ติดกับปลายสปริงบนพื้นลื่น โดยอาศัยคุณสมบัติของการเคลื่อนที่แบบ S.H.M. และกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน
- วิธีทำ

ตอบ

2. จงหาสมการของคาบของการสั่นของมวลที่ติดกับปลายสปริงเบาโดยอาศัยสมการที่หาได้ในข้อ 1 และ $a = -\omega^2 x$ ซึ่ง $\omega = \frac{2\pi}{T}$

ตอบ

คำสั่ง จงศึกษาโจทย์ข้างล่างนี้ แล้วนำไปตอบคำถามข้อ 3 และ 4

วัตถุก้อนหนึ่งมวล 1 กิโลกรัม ผูกติดกับปลายสปริงเบาบนพื้นลื่น ซึ่งปลายด้านหนึ่งยึดกับผนังกำแพง ออกแรงดึงมวลให้สปริงยืดออกมาที่สุด 1 เมตร เมื่อปล่อยมือวัตถุจะสั่นกลับไปกลับมา โดยมีคาบของการสั่นเท่ากับ 2 วินาที จงคำนวณหา

3. อัตราเร่งสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. $1/\pi$ m/s^2

ข. $2/\pi$ m/s^2

ค. $\pi^2/4$ m/s^2

ง. π m/s^2

จ. π^2 m/s^2

4. อัตราเร็วสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. $1/\pi$ m/s

ข. $2/\pi$ m/s

ค. π m/s

ง. π^2 m/s

จ. $\pi^2/4$ m/s

5. แขนงมวล 1 กิโลกรัม กับสปริงในแนวตั้งแล้วปล่อยให้สั่นขึ้นลง วัดคาบการสั่นได้ 2 วินาที ถ้าเอามวล 1 กิโลกรัมออก สปริงจะสั้นกว่าตอนที่แขนงมวลอยู่เท่าไร

(กำหนด $g = 10$ เมตร/วินาที²)

ก. $10/\pi^2$ m

ข. $8/\pi^2$ m

ค. $6/\pi^2$ m

ง. $4/\pi^2$ m

จ. $2/\pi^2$ m

6. แขนงมวล 2 กิโลกรัม กับสปริงแล้วปล่อยให้สั่นขึ้นลงในแนวตั้ง ปรากฏว่า วัดคาบการสั่นได้ 2 วินาที ถ้านำมวล 8 กิโลกรัม มาแขวนแทนมวล 2 กิโลกรัม แล้วปล่อยให้สั่นขึ้นลงจะสั้นด้วยค่าเท่าไร

ก. 4 รอบ/วินาที

ข. 2 รอบ/วินาที

ค. $1/2$ รอบ/วินาที

ง. $1/4$ รอบ/วินาที

จ. $1/8$ รอบ/วินาที

หน่วยที่ 5 การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างคาบและความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกากับความยาวของสายลูกตุ้มนาฬิกาได้
2. คำนวณหาคาบและความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาได้ เมื่อกำหนดความยาวของสายลูกตุ้มนาฬิกาให้
3. คำนวณหาค่า g ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลกได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. นักเรียนรับบทเรียนสำเร็จรูปมาศึกษาด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยสาธิตการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาให้นักเรียนดู
3. ให้นักเรียนศึกษาบทเรียนตามลำดับต่อไปจนจบเนื้อหา
4. ผู้วิจัยทบทวนบทเรียนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะโดยการซักถามเป็นรายบุคคล
5. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างและทำแบบฝึกหัด เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้มารับบัตรเฉลยกับผู้วิจัยไปตรวจ ถ้ามีข้อสงสัยปรึกษาผู้วิจัยได้

การประเมินผลหลังการเรียนรู้

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยชุดที่ 5 เพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินให้ผ่านหน่วยการเรียนรู้หน่วยนี้

การเรียนรู้ซ่อมเสริม

ให้นักเรียนผู้ที่ทำคะแนนได้ไม่ถึงเกณฑ์ 80% ของคะแนนเต็ม ไปเรียนทบทวนกับผู้วิจัยนอกเวลาเรียนปกติ

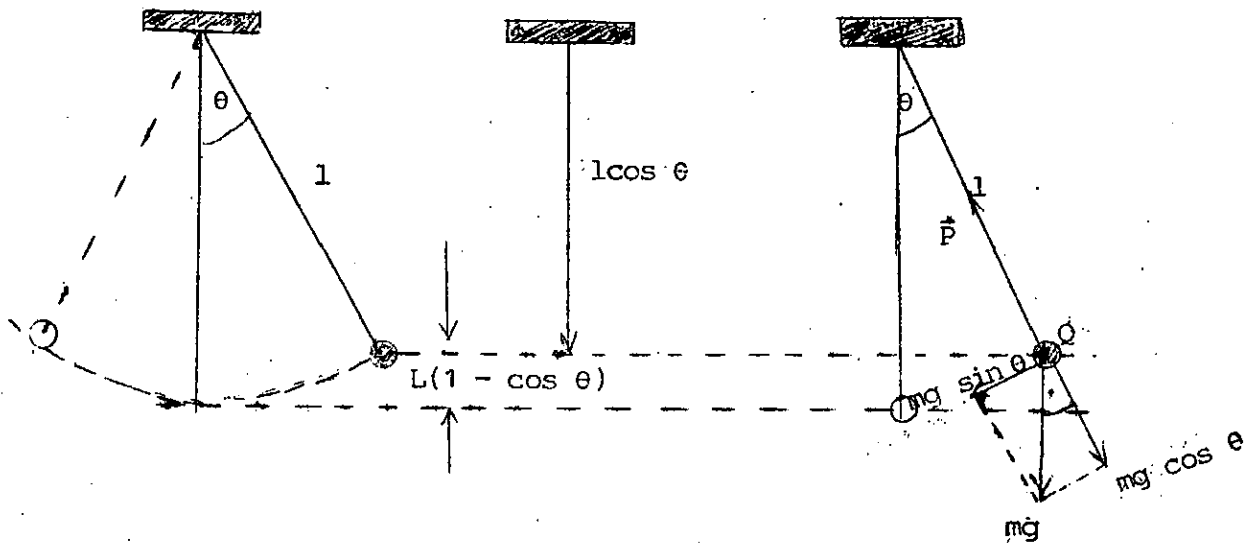
เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 5/1

คำแนะนำ

1. ให้นักเรียนศึกษาเอกสารวิชาฟิสิกส์ชุดนี้ด้วยตนเอง
2. พยายามทำความเข้าใจเนื้อหาโดยอ่านบทบทวนหลาย ๆ ครั้ง
3. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

บทเรียนสำเร็จรูป
เรื่อง การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

แขวนลูกตุ้มนาฬิกามวล m ด้วยเชือกยาว l ให้แกว่งไปมาได้อย่างอิสระ ดังรูป



จงตอบคำถามต่อไปนี้

คำถาม 1 จากรูป ลูกตุ้มอยู่ ณ ตำแหน่ง Q ทำมุมกับแนวตั้งเป็นมุม θ ใด ๆ ณ ตำแหน่งนี้มีแรงใดบ้างเป็นแรงในแนวเส้นเชือก

คำตอบ แรงเนื่องจากความตึงของเส้นเชือก (แรง P) และแรง $mg \cos \theta$

คำถาม 2 แรงในแนวเส้นสัมผัสกับแนวเส้นทางการเคลื่อนที่ ได้แก่แรงใด

คำตอบ แรง $mg \sin \theta$

คำถาม 3 แรงในแนวรัศมีหรือแรงในแนวเส้นสัมผัสคือ แรงสู่ศูนย์กลาง

คำตอบ แรงในแนวรัศมี (แรงในแนวเส้นเชือก)

คำถาม 4 แรงลัพธ์ในแนวรัศมี มีค่าเท่าไร

คำตอบ $P - mg \cos \theta$

คำถาม 5 ถ้าลูกตุ้มขณะอยู่ ณ ตำแหน่ง Q มีอัตราเร็วเท่ากับ v แรงสู่ศูนย์กลาง (แทนด้วย F_C) มีค่าเท่าไร

คำตอบ $F_C = \frac{mv^2}{R}$, R แทน รัศมี $= l \therefore F_C = \frac{mv^2}{l}$

คำถาม 6 แรงลัพธ์ในแนวรัศมีคือ.....เท่ากับ.....

คำตอบ $P - mg \cos \theta$ แรงสู่ศูนย์กลาง F_C

คำถาม 7 ความตึงของเส้นเชือก ณ ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่าไร

คำตอบ $P = mg \cos \theta + \frac{mv^2}{l}$

คำถาม 8 แรงลัพธ์ในแนวเส้นสัมผัส (ΣF) มีค่าเท่าไร

คำตอบ $F = mg \sin \theta$

คำถาม 9 ลูกตุ้มขณะอยู่ ณ ตำแหน่ง θ ความเร่งในแนวเส้นสัมผัสแทนด้วย a จะมีค่าเท่าไร

คำตอบ จาก $\Sigma F = mg \sin \theta$
 $ma = mg \sin \theta \quad \therefore a = g \sin \theta \quad \dots\dots (1)$

คำถาม 10 ถ้าให้มุม θ มีค่าน้อย ๆ ไม่เกิน 10 องศา $\sin \theta \approx \theta$ ในหน่วยเรเดียน และเส้นโค้ง OO จะมีค่าประมาณ x ดังนั้น $\theta = \frac{x}{l}$ ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะว่า $\theta = \sin \theta = \frac{x}{l}$

คำถาม 11 เมื่อแทนค่า $\theta = \frac{x}{l}$ ลงในสมการ $a = g \sin \theta$ จะได้เท่าไร

คำตอบ $a = g \frac{x}{l} ; \sin \theta \approx \theta$

คำถาม 12 ค่า g และ l คงที่หรือไม่

คำตอบ g เป็นค่าคงที่ และ l กำหนดให้คงที่

คำถาม 13 จากคำตอบของคำถาม 11 นักเรียนจะสรุปได้อย่างไร

คำตอบ $a \propto x$, $\frac{g}{l}$ เป็นค่าคงที่ของการแปรผัน

คำถาม 14 เมื่อพิจารณาทิศทางของความเร่ง และการขจัด นักเรียนคิดว่ามีทิศเหมือนหรือต่างกัน

คำตอบ มีทิศตรงกันข้าม การขจัดมีทิศออกจากตำแหน่งสมดุล 0 ความเร่งมีทิศเข้าหาตำแหน่งสมดุล 0

คำถาม 15 จาก $a \propto x$ จะเขียนให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์

คำตอบ $\vec{a} \propto -\vec{x}$, $\frac{g}{l}$ คือ ค่าคงที่ของการแปรผัน
 $\vec{a} = -\frac{g}{l} \vec{x}$ (2)

คำถาม 16 จากสมการการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก ที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้วคือ
 $\vec{a} = -\omega^2 \vec{x}$ ถ้านำสมการที่ 2 มาแทน จะได้ ω มีค่าเท่าไร

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

คำถาม 17 จาก $\omega = \frac{2\pi}{T}$ เมื่อแทนลงในสมการ 3 จะได้ T มีค่าเท่าไร

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

คำถาม 18 จงหาสมการสำหรับหาค่าความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

คำตอบ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ (5)

คำถาม 19 จากสมการ $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ สรุปได้ว่า $T \propto \sqrt{l}$
ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะว่า $2\pi/\sqrt{g}$ เป็นค่าที่คงที่

คำถาม 20 ความถี่เป็นปริมาณผกผันกับ $\sqrt{l}$ ถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

คำตอบ ถูกต้อง เพราะว่า $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 5/2

คำแนะนำ

1. เอกสารชุดนี้ประกอบด้วยตัวอย่างและแบบฝึกหัด
2. ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างก่อนแล้วจึงค่อยทำแบบฝึกหัด
3. ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

เอกสารวิชาฟิสิกส์หมายเลข 5/2

คำสั่ง จงศึกษาตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง ลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 1 เมตร แกว่งไปมาโดยมีคาบ 2 วินาที ถ้าลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 16 เมตร จะแกว่งโดยมีคาบเท่าไร

วิธีทำ จากสมการ $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ (1)

ถ้า $l_1 = 1 \text{ m}$, $T_1 = 2 \text{ s}$

$l_2 = 16 \text{ m}$, $T_2 = ?$

จาก (1) , $T_1 = 2\pi\sqrt{l_1/g}$ (2)

$T_2 = 2\pi\sqrt{l_2/g}$ (3)

(3)/(2) จะได้

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$$

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{l_2}{l_1}}$$

แทนค่าจะได้

$$T_2 = 2 \sqrt{\frac{16}{1}} = 8 \text{ s}$$

ดังนั้น ลูกตุ้มจะแกว่งโดยมีคาบ 8 วินาที

ตอบ

คำสั่ง ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดข้อนี้

1. ลูกตุ้มนาฬิกาเรือนหนึ่งแกว่งบนพื้นโลกโดยมีคาบเวลา T ถ้านำลูกตุ้มนาฬิกาเรือนนี้ไปแกว่งบนดาวอังคาร จะแกว่งโดยมีคาบเวลาเป็นกี่เท่าของ T กำหนดให้ ความเร่งบนดาวอังคารมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{6}$ เท่าของความเร่งบนโลก

แนวคิด ใช้สมการ $T = 2\pi \sqrt{1/g}$

คำสั่ง เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดข้อนี้แล้ว ให้ไปรับบัตรเฉลยที่ 5 เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ถ้ามีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้วิจัยได้

บัตรเฉลยหมายเลข 5

$$\text{วิธีทำ} \quad \text{บนโลก} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$T' = 2\pi \sqrt{1/g/6} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(2)/(1) \quad \frac{T'}{T} = \sqrt{6}$$

$$T' = \sqrt{6} \, T$$

$$T' = 2.45 \, T$$

ดังนั้น คาบเวลาของลูกตุ้มบนดวงจันทร์เป็น 2.45 เท่าบนโลก

ตอบ

แบบทดสอบย่อยชุดที่ 5

คำสั่ง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำลงในกระดาษเขียนตอบ

1. จงหาคาบของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา โดยกำหนดให้ $a = -\omega^2 x$,

$$a = -\frac{g}{l} x \text{ และ } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

วิธีทำ

คำสั่ง จงกาบาท (X) ข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ

2. นำมวล m ผูกเชือกยาว L ไปแกว่งบนดาวเคราะห์ดวงหนึ่งซึ่งมีค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ $2g$ และนำมวล M มาผูกเชือกยาว $5L$ ไปแกว่งบนดาวเคราะห์อีกดวงหนึ่งซึ่งมีความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ $2.5g$ อยากทราบว่าคาบเวลาของการแกว่งของมวล M เป็นกี่เท่าของคาบเวลาของมวล m

ก. 2 เท่า

ข. 3 เท่า

ค. 4 เท่า

ง. 5 เท่า

จ. 6 เท่า

3. ลูกตุ้มแขวนด้วยเชือกยาว 2.4 เมตร แกว่งกลับไปกลับมาโดยมีคาบเท่ากับ ๓ วินาที
อยากทราบว่า ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ที่นั้นมีค่าเท่าไร

ก. 10 m/s^2

ข. 9.9 m/s^2

ค. 9.8 m/s^2

ง. 9.7 m/s^2

จ. 9.6 m/s^2
