

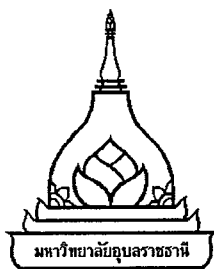
การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

อรรถกร ภูพวก

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



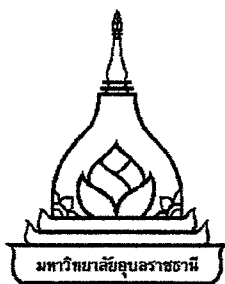
**INQUIRY – BASED PHYSICS TEACHING WITH SIMPLE PENDULUM
EXPERIMENTS FOR MUTHAYOM SUKSA IV STUDENTS**

ATTAKORN PUPHUAK

**AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION FACULTY OF SCIENCE
UBON RAJATHANEE UNIVERSITY**

YEAR 2008

COPYRIGHT OF UBON RAJATHANEE UNIVERSITY



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย นายอรรถกร ภูพวก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช)

..... กรรมการ

(ดร.โชคศิลป์ ธนเชื่อง)

..... กรรมการ

(ดร.สุระ วุฒิพรหม)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาร ไชยณรงค์)

..... คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ อินทรประเสริฐ)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2551

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช ดร.โชคศิลป์ ธนเสียง ดร.สุระ วุฒิพรหม และรองศาสตราจารย์ประสาร ไชยมรงค์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาและกรรมการการศึกษาค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านไว้เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.โชติ จิตรัมย์ ประธานกรรมการบริหาร หลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณวไล อธิวสน์พงศ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำทำให้การศึกษาค้นคว้าอิสระมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.อนุสรณ์ นิยมพันธ์ หัวหน้าภาควิชา ฟิสิกส์ตลอดจนคณาจารย์ในภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้ให้ความห่วงใยและข้อคิดต่าง ๆ ในการศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ รวมถึงการให้คำปรึกษาแนะนำปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือในการทำการวิจัย ให้มีความสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณนายวิสันต์ คุณสุทธิ ผู้อำนวยการโรงเรียนห้องแซงวิทยาคม นายเทอดนคร ห้องแซง รองผู้อำนวยการโรงเรียนห้องแซงวิทยาคม และขอบใจนักเรียนโรงเรียนห้องแซงวิทยาคม ที่ได้ให้ความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัย เป็นผู้ช่วยวิจัย และให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจนสำเร็จด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องมือบูชา พระคุณบิดามารดา และครู-อาจารย์ และผู้ที่ให้ความปรารถนาดีต่อผู้วิจัยตลอดมา



(นายอรรถกร ภูพวก).

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกา
อย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โดย : อรรถกร ภูพวก

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพรราช

ศัพท์สำคัญ : การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้คือเพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อปรับปรุงและทำให้เกิดเจตคติที่ดีและถูกต้องต่อวิชาฟิสิกส์ กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 30 คน โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลองโดยศึกษากลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนหลังเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า $t - test$ ผลจากการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายมีค่า 3.76 และ 6.76 ตามลำดับ สรุปได้ว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียน เฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ซึ่งเทียบเท่าในระดับมาก นอกจากนั้นแล้วนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีเหตุผลบนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งนำไปใช้กับวิชาอื่นได้

ABSTRACT

TITLE : INQUIRY – BASED PHYSICS TEACHING WITH SIMPLE PENDULUM
EXPERIMENTS FOR MUTHAYOM SUKSA IV STUDENTS

BY : ATTAKORN PUPHUAK

DEEGREE : MASTER OF SCIENCE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

CHAIR : ASST. PROF. UDOM TIPPARACH, Ph.D.

KEYWORDS : INQUIRY – BASED TEACHING / SIMPLE PENDULUM EXPERIMENTS /
LEARNING ACHIEVEMENT

The objectives of this independent were to enhance Muthayom Suksa IV students' Learning Achievement and to improve attitude toward physics by Inquiry – based physics teaching with simple pendulum experiments for muthayom suksa IV students student in Hongsang Wittayakom School, Hongsang Discript, Yasothon Province during the first semester of the 2008 academic year. Experimental design was one-group pretest posttest design. The data analysis consisted of mean and standard deviation of dependent t – test. The research findings found that the scores before and after learning by using the simple pendulum experiments were 3.76 and 6.76, respectively. It was concluded the learning achievement was increased with statistical significance at the .05 level. The average score of the students' satisfaction was 3.80 equivalent to a good level. In addition, the students can solve problems effectively and logically on the basis of their knowledge and understanding as well as apply to other subjects.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.7 ความคาดหวังของการวิจัย	6
2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์	7
2.2 ทฤษฎีการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์	11
2.3 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน	
รูปแบบสืบเสาะหาความรู้	14
2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน	
แบบสืบเสาะหาความรู้	18
2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน	
แบบสืบเสาะหาความรู้	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 ทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา	21
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 กลุ่มที่ศึกษา	28
3.2 เนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา	28
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	28
3.4 การออกแบบชุดการทดลองและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	29
3.5 แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการจัดการเรียนการสอน	29
3.6 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30
3.7 การสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน	30
3.8 วิธีการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	30
3.9 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ	33
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	36
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	36
5 สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	41
5.2 อภิปรายผล	42
5.3 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	
ก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	47
ข แผนการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมการทดลอง	53
ค แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ภายหลังการทดลอง	76
ง วัสดุอุปกรณ์ และกิจกรรมการทดลอง	79
ประวัติผู้วิจัย	84

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตัวอย่างตาราง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รายบุคคลวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย	34
4.1	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รายบุคคล วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย	37
4.2	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาฟิสิกส์โดยใช้ การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย	38
4.3	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังการเรียน ฟิสิกส์ แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย	39

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
2.1	แนวการสอนของ Glasser	14
2.2	วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้	16
2.3	ขณะที่เส้นเชือกเอียงทำมุมกับแนวดิ่งมีแรงกระทำเข้าหาจุดสมดุล	22
3.1	รูปแบบการวิจัย	27
3.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ m	31
3.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 กับ ℓ แสดงว่า $T^2 \propto \ell$	32
5.1	แผนภูมิการแจกแจงของคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน	42
ง.1	อุปกรณ์การทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา	80
ง.2	ช่วงมวลลูกตุ้มเมื่อมวลเปลี่ยนไป	80
ง.3	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง	81
ง.4	ทดลองเมื่อกำหนดมวลคงที่ มุมคงที่น้อย ๆ 5 องศา ความยาวเปลี่ยนไป	81
ง.5	บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	82
ง.6	แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองก่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียน	82
ง.7	การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1	83
ง.8	การทดสอบหลังเรียน (Post-test) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1	83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพในสังคมปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความก้าวหน้าทางวิทยาการและเทคโนโลยีต่าง ๆ ผลจากการเปลี่ยนแปลงในสังคมทำให้มนุษย์ต้องเผชิญกับสภาพปัญหาหลายประการ แนวทางที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ได้จะต้องอาศัยคนในสังคมที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ การให้การศึกษาเป็นแนวทางหนึ่งที่จะพัฒนาให้คนในสังคมมีความรู้ความสามารถอยู่ในสังคมได้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการ และเจตคติ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความสงสัย เกิดคำถามในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับธรรมชาติรอบ ๆ ตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจ ด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถามคำตอบ นำข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นได้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Natural World) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิต และประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์ หรือปัญหาที่มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง จะเข้าใจ และเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนายคาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะสังเกตสำรวจ ตรวจสอบ สืบค้นความรู้ที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงต้องสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิต โดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายในห้องเรียน และคำนึงถึงผู้เรียนที่มีวิธีการเรียนรู้ความสนใจและความถนัดแตกต่างกัน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน เป็นการเรียนรู้เพื่อความซาบซึ้ง และเห็นความสำคัญของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้หลาย ๆ ด้าน เป็นความรู้องค์รวมอันจะนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ และพัฒนาคุณภาพชีวิต มีความสามารถในการจัดการ และร่วมกันดูแลรักษาโลกธรรมชาติอย่างยั่งยืน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 1-3)

การพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีจุดเน้นที่สำคัญยิ่งประการหนึ่ง คือการพัฒนาให้มีความเป็นสากลที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของสังคมไทย ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนจึงต้องมีความยืดหยุ่นตามบริบทของชุมชนในท้องถิ่น เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และเป็นไปตามธรรมชาติ เกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ และเห็นความสำคัญของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

วิชา ฟิสิกส์ วิชาพื้นฐานที่สำคัญยิ่งวิชาหนึ่งในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คนที่จะเข้าศึกษาในด้านวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ จะต้องมีความรู้พื้นฐานวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นอย่างดี สรุปว่าในบรรดาวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหลายนั้น ฟิสิกส์เป็นเสมือนวิชาที่มีความสำคัญมาก ดังจะเห็นได้จากการมีข้อกำหนดว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ประสงค์จะสอบแข่งขันเข้าเรียนต่อระดับอุดมศึกษาในหลาย ๆ สาขาวิชาจะต้องผ่านการสอบคัดเลือกวิชานี้ แต่วิชานี้เป็นวิชาที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยประสบความสำเร็จในการเรียนนัก ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน จึงนับได้ว่าเป็นปัญหาจำเป็นเร่งด่วนที่ผู้เกี่ยวข้องจำต้องเร่งพิจารณาหาทางแก้ไขเป็นอันดับแรก

ผู้มีส่วนร่วมรับผิดชอบโดยตรงในปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน คือ ครูฟิสิกส์ ซึ่งก็ได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นและเป็นอยู่ จึงได้มีการพยายามศึกษาวิจัยเพื่อหาสาเหตุหรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์กันมาตลอดเวลา ซึ่งหากทราบสาเหตุที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้น ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการจัดการเรียนการสอน ให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่สำคัญที่สุด เรียงตามลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยดังนี้ คือ (1) ความสามารถเชิงภาษาและคณิตศาสตร์ (2) แบบการคิด (3) วิธีการเรียน (4) การเรียนพิเศษ (5) การรับรู้เกี่ยวกับการสอน (6) การใช้เวลาของ และพบว่าตัวแปรพยากรณ์ที่ดีของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม จังหวัดยโสธร เรียงตามลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย คือ ทักษะการคำนวณ ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ จากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการคิดหาจัดการเรียนการสอนได้ และสามารถขยายขอบเขตเป็นประโยชน์ในด้านการจัดหลักสูตรและการสอนตลอดจนสามารถนำมาใช้ในการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนในชั้นเรียน เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ปี พ.ศ.2542 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา เป็นการปฏิรูปการเรียนรู้ที่ถือว่าเป็นหัวใจของการปฏิรูปการศึกษา ซึ่งทุกหมวดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติจะมุ่งประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน

จากการประเมินคุณภาพการศึกษาทั้งประเทศปี 2544 โดยกรมวิชาการ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาฟิสิกส์ ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษายโสธร เขต 2 เป็นโรงเรียนขนาดกลาง จัดการเรียนการสอน ช่วงชั้นที่ 3 - 4 ซึ่งจากการประเมินผลการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 - 2550 นักเรียนมีระดับผลการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ ต่ำมาก เนื้อหาดังกล่าวคือเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม นาฬิกา ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจในเรื่องการทดลอง ซึ่งการไม่เข้าใจเนื้อหาที่แท้จริงส่งผลทำให้การทดลองไม่ประสบผลสำเร็จตามแผนการสอนที่เขียนไว้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในเรื่องนี้ ไม่สามารถคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้

จากปัญหาด้านคุณภาพการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการยอมรับกันอย่างแพร่หลายทั้งในและนอกประเทศ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน และประเมินผลการเรียนด้วยตนเอง เป็นการสอนที่เน้นให้นักเรียนคิดและลงมือปฏิบัติเอง ซึ่งก่อให้เกิดผลดีกับนักเรียนเอง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพ พัฒนากระบวนการคิด สังคมคุณสมบัตินักเรียนแก้ปัญหา และสามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่ตนเอง และช่วยเหลือสังคมได้ ซึ่งขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ มีขั้นตอนหลัก คือ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ และ (5) ขั้นประเมิน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 219 - 220)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) มาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนบทเรียนต่อไปอีกทั้งเป็นการฝึกทักษะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จะสอบศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาให้มี ทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และทักษะกระบวนการทางสังคม หล่อหลอมให้นักเรียนเป็นคนที่เก่ง ดี และมีความสุข ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ และใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งเป็นวิธีการ ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหา โดยเฉพาะปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะวางแผนเพื่อกำหนดขั้นตอนและวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสะท้อนผลการปฏิบัติการ ซึ่งเป็นขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติมาปรับปรุง และพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.2 เพื่อปรับปรุงและทำให้เกิดเจตคติที่ดีและถูกต้องต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หลังเรียน โดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.2 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ เมื่อได้รับการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 กลุ่มที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มที่ใช้ในการศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษายุทธศาสตร์ เขต 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 1 ห้อง รวมทั้งสิ้น 30 คน

1.4.2 เนื้อหาการวิจัย

เนื้อหาการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

1.4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การเรียน การสอนวิชาฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ใช้การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้การทดลองลูกตุ้มนาฬิกาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำแนกเป็น

1.4.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.4.3.2 เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ กำหนดการดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ใช้เวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) หมายถึง การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างแท้จริง โดยการค้นคว้าใช้ความสามารถในการเรียนด้วยตนเองประกอบด้วย 5 ขั้น (1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (5) ขั้นประเมิน (Evaluation)

1.6.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) หมายถึง ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

1.6.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) หมายถึง ขั้นตอนการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

1.6.1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) หมายถึง ขั้นตอนการนำเอาข้อมูลสนเทศที่ได้มา วิเคราะห์แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ในขั้นตอนนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง

เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใด ก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

1.6.1.4 **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** หมายถึง ขั้นตอนการนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

1.6.1.5 **ชั้นประเมิน (Evaluation)** หมายถึง ขั้นตอนการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

1.6.2 **ผลการเรียนรู้** หมายถึง ผลการเรียนรู้อันเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

1.6.3 **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง ความสามารถของบุคคล ในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านความรู้ทักษะกระบวนการ ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้ วัดได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.4 **เจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์** หมายถึง ระดับความคิดเห็น และความรู้สึที่ดีที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ ซึ่งวัดจากคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.5 **นักเรียน** หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษายโสธร เขต 2 จังหวัดยโสธร

1.6.6 **นักวิจัย** หมายถึง ผู้ศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ข้อมูลหรือครูผู้สอนที่ปฏิบัติหน้าที่ในการสอนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คน

1.6.7 **แบบทดสอบก่อนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์** หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ฉบับ 10 ข้อ โดยกำหนดจุดประสงค์และเนื้อหาของแบบทดสอบตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยแบบทดสอบนี้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ หาความยากง่าย อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

1.7 ความคาดหวังของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อคาดหวังให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายโดยการทดลองจริง ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น และคาดหวังให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์หลังจากได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

2.1.1 ความหมายและพัฒนาการด้านความคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์

ฟิสิกส์เป็นศาสตร์ที่ศึกษาธรรมชาติของสสารและพลังงานโดยมีขอบเขตศึกษาที่กว้างมาก ครอบคลุมเอกภพที่มีขนาด 10^{26} เมตร เล็กไปจนถึงอนุภาคในอะตอมที่มีขนาด 10^{-35} เมตร กระบวนการที่สำคัญในการศึกษาวิชาฟิสิกส์ คือ ทฤษฎีและการทดลอง และการแสดงผลการวัดปริมาณต่าง ๆ เป็นระบบหน่วยสากล เพื่อสะดวกในการติดต่อและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิทยาศาสตร์และการถ่ายทอดผลการวัดปริมาณต่าง ๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ คำว่าฟิสิกส์ (Physics) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก แปลว่าธรรมชาติ (nature) ดังนั้นความหมายดั้งเดิมของวิชาฟิสิกส์ คือการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติทั้งหมด แต่พัฒนาการด้านความคิดของความหมายมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจากยุคของอริสโตเติลมาจนถึงปัจจุบันในคริสต์ศตวรรษที่ 19 ความหมายของวิชาฟิสิกส์เปลี่ยนมามีความหมายแคบเข้า และมีการจัดกลุ่มการศึกษาวิชาฟิสิกส์เป็นแขนงย่อยต่าง ๆ คือ กลศาสตร์ ความร้อน แสง เสียง และแม่เหล็กไฟฟ้าและวิชาเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ถึงแม้ว่ากลศาสตร์จะมีบทบาทมากที่สุดก็ตาม ในปัจจุบันนี้วิชาฟิสิกส์ที่มีการจัดกลุ่มรายละเอียดเนื้อหาวิชาตามหลักการคริสต์ศตวรรษที่ 19 มักจะเรียกกันว่าฟิสิกส์แบบฉบับ (classical physics) ในคริสต์ศตวรรษที่ 20 มีการพัฒนาความคิดของวิชาฟิสิกส์ขึ้นมาใหม่ที่สำคัญ คือ ฟิสิกส์ควอนตัม (quantum physics) และทฤษฎีสัมพัทธภาพ (relativity theory) ซึ่งให้หลักการพื้นฐานสำคัญของฟิสิกส์ปัจจุบัน จนกระทั่งเร็ว ๆ นี้ แขนงของวิชาฟิสิกส์ควอนตัมและทฤษฎีสัมพัทธภาพรวม เรียกว่าฟิสิกส์ยุคใหม่ (modern physics) ให้แตกต่างจากฟิสิกส์แบบฉบับ (ทพวงมหาวิทยาลัย, 2527 : 3)

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาวิทยาศาสตร์แห่งการทดลอง นักฟิสิกส์ได้สังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติแล้วนำมาหารูปแบบและหลักการต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์เหล่านั้น รูปแบบเหล่านี้ ก็คือทฤษฎีต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ และถ้าทฤษฎีเหล่านี้สามารถใช้ได้ทั่วไป และตั้งหลักเกณฑ์ไว้อย่างดีก็เรียกว่า กฎทางฟิสิกส์ การพัฒนาทางฟิสิกส์ต้องอาศัยความคิดเชิงสร้างสรรค์ทุก ๆ ขั้นตอน นักฟิสิกส์ต้องเรียนรู้ที่จะตอบปัญหาอย่างเหมาะสม ออกแบบการทดลองต่าง ๆ

เพื่อนำไปสู่ความพยายามที่จะตอบปัญหาเหล่านั้น และท้ายสุดนำผลการทดลองมารวบรวมสรุปให้เหมาะสมและชัดเจน การพัฒนาการทางฟิสิกส์จะมีอยู่สองประการ คือ จุดเริ่มและจุดจบ ต้องเกิดจากการสังเกตหรือการทดลองเสมอ มีการลองผิดลองถูก จนกว่าจะได้ข้อสรุปที่สมจริงกับธรรมชาติ ฟิสิกส์ไม่ใช่วิชาที่ว่าด้วยการคัดลอกข้อเท็จจริงหรือหลักการต่าง ๆ แต่เป็นกระบวนการที่ซึ่งต้องอาศัยหลักการทั่ว ๆ ไป อธิบายพฤติกรรมทางธรรมชาติของจักรวาล (ศรีธน วรศักดิ์โยธิน, 2546 : 2)

ฟิสิกส์ เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสสาร (matter) พลังงาน (energy) การเคลื่อนที่ (motion) อันตรกิริยา (interaction) ระหว่างสสารกับพลังงานซึ่งทั้งหมดนี้เกิดขึ้นและดำเนินไปในสเปซ (space) และในเวลา (time) (วุทธิพันธ์ ปรังชญฤทธิ์, 2547 : บทนำ)

จากความหมายและพัฒนาการด้านความคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ สรุปได้ว่า วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มุ่งจะหากฎเกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ในธรรมชาติทุกชนิด และเป็นพื้นฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์

2.1.2 หลักสูตรวิชาฟิสิกส์

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ให้เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ โดยกำหนดจุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายและกรอบทิศทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดี และมีขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีระดับโลก หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กำหนดโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็น 4 ช่วงชั้น ตามระดับพัฒนาการของผู้เรียนคือ ช่วงชั้นที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 จัดสาระการเรียนรู้ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ทั้งหมด 8 กลุ่มโดยวิชาฟิสิกส์จัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ คือ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน ซึ่งกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ไว้ดังนี้

2.1.2.1 สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.2.2 ตารางที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

วิชาฟิสิกส์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 แบ่งเป็นรายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐานและรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม คำอธิบายรายวิชาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาฟิสิกส์ ศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการกระจัด เวลา อัตราเร็ว อัตราเร่ง การเคลื่อนที่ในแนวตรง โพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลมและฮาร์มอนิก อย่างง่าย การเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก การใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ แรงแม่เหล็กเหนี่ยวนำอนุภาคในนิวเคลียส คลื่นกล เสียงและสมบัติของเสียง เสียงและการได้ยิน สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ปฏิกริยานิวเคลียร์ กัมมันตรังสี ไอโซโทป และการใช้ประโยชน์ในทางสร้างสรรค์ รวมถึงผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล อภิปรายและการทดลองเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

2.1.3 วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การกำหนดวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กรอบความคิดในเรื่องของการพัฒนาการศึกษา เพื่อเตรียมคนในสังคมแห่งความรู้และสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545 : 3-4)

2.3.1 หลักสูตรและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชื่อมโยงเนื้อหาแนวคิดหลักและกระบวนการที่เป็นสากล แต่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศและมีความยืดหยุ่นหลากหลาย

2.3.2 หลักสูตรและการเรียนรู้ต้องตอบสนองผู้เรียนที่มีความถนัด และสนใจแตกต่างกันในการใช้วิทยาศาสตร์ สำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

2.3.3 ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการส่งเสริม และพัฒนาให้พัฒนาระบวนการคิดความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหาและการคิดค้นสร้างสรรค์องค์ความรู้

2.3.4 ใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่นโดยถือว่ามีความสำคัญควบคู่กับการเรียนในสถานศึกษา

2.3.5 ใช้ยุทธศาสตร์การเรียนรู้หลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการความสนใจและวิธีเรียนที่แตกต่างกันของผู้เรียน

2.3.6 การเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญที่ทุกคนต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถเรียนรู้ตลอดชีวิต จึงจะประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิต

2.3.7 การเรียนรู้ต้องส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียน ให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.4 คุณภาพของผู้เรียน

การจัดการศึกษาสำหรับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการไปสู่การสร้างความรู้ โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน ทุกชั้นทุกตอนผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งเป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคล โดยอาศัยแหล่งเรียนรู้ทั้งที่เป็นสากลและท้องถิ่น ผู้สอนมีบทบาทในการวางแผนการเรียนรู้ กระตุ้น แนะนำช่วยเหลือให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

เพื่อให้การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์บรรลุผลตามเป้าหมายและวิสัยทัศน์ที่กล่าวไว้จึงกำหนดคุณภาพผู้เรียนวิทยาศาสตร์ที่จบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปี ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2545 : 5-6)

(1) เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่มีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

(2) เข้าใจสมบัติของสารและการเปลี่ยนแปลงของสาร แรงการเคลื่อนที่ พลังงาน

(3) เข้าใจโครงสร้าง ส่วนประกอบของโลกความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ คาราศาสตร์และอวกาศ

(4) ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหาในการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง ศึกษาค้นคว้า สืบค้นจากแหล่งเรียนรู้หลากหลาย และจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และสื่อสารความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้อื่นรับรู้

(5) เชื่อมโยงความรู้ความคิดกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปใช้ในการดำรงชีวิตและศึกษาชีวิตและศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการวิทยาศาสตร์หรือสร้างชิ้นงาน

(6) มีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ มีความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

(7) มีเจตคติ คุณธรรม ค่านิยมที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม มีความพอใจ ความซาบซึ้ง ความสุขใจการสืบเสาะหาความรู้และรักที่จะเรียนรู้ต่อเนื่องตลอดชีวิต

ตระหนักถึงความสำคัญ และประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและเทคโนโลยีมีผลต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม แสดงความชื่นชม ยกย่อง และเคารพในสิทธิของผลงานที่ผู้อื่นและตนเองคิดค้น ขึ้นแสดงความซาบซึ้งในความงามและตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมใน โรงเรียนและท้องถิ่น ตระหนักและยอมรับความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้และการทำงานต่าง ๆ

2.2 ทฤษฎีในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

ในการสอนวิทยาศาสตร์ครูต้องทำหน้าที่ในการสอนให้ผู้เรียนมีความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ควรมีเทคนิค และวิธีการสอนที่เหมาะสม การสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้ สามารถนำความรู้ที่ได้เรียน มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ดังนั้น ในการวิจัย ครั้งนี้จึงได้นำทฤษฎีนักจิตวิทยาใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ

(1) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget)

(2) ทฤษฎีเกี่ยวกับการสอนของบรูเนอร์ (Bruner)

2.2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget)

เพียเจต์ นักจิตวิทยาชาวสวิส ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการทางด้านความคิดของเด็ก โดยเน้นความสำคัญของการเข้าใจธรรมชาติ และพัฒนาการของเด็กมากกว่าการกระตุ้นเด็กให้มี พัฒนาการเร็วขึ้น เพียเจต์ ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ระยะ คือ (กรมวิชาการ, 2546 : 217 – 218)

(1) ระยะใช้ประสาทสัมผัส (Sensory - Organs Stage) เป็นการพัฒนาของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 2 ปี ในวัยนี้เด็กจะเริ่มพัฒนาการรับรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ฝึกการได้ยิน และการมอง ฝึกยืน เดิน ฝึกพูด และโต้ตอบ การพัฒนาเหล่านี้จัดเป็นพัฒนาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาขั้นต่อไป เด็กในวัยนี้จึงเรียนรู้โดยการหยิบ จับ สัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

(2) ระยะควบคุมอวัยวะต่าง ๆ (Preoperational Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2 ปี จนถึง 7 ปี เด็กวัยนี้จะเริ่มมีพัฒนาการอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการพัฒนาของสมองเพื่อใช้ควบคุม การพัฒนาลักษณะนิสัย เช่น นิสัยการจับถ้ำย มีการฝึกใช้อวัยวะต่าง ๆ ให้มีความสัมพันธ์กันภายใต้การควบคุมของสมอง และเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมที่เด็กได้สัมผัส เช่น การเล่นเกม การขี่จักรยาน

(3) ระยะที่คิดอย่างเป็นรูปธรรม (Concrete - Operational Stage) เป็นพัฒนาการ ในช่วง อายุ 7 ปี ถึง 11 ปี เด็กช่วงนี้จะมีการพัฒนาสมองมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสามารถเรียนรู้

และจำแนกสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ แต่ยังไม่สามารถจินตนาการเรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้ เด็กในวัยนี้จึงสามารถเล่นสิ่งของที่เป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถเรียนรู้เรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้เช่น โครงสร้างอะตอม การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

(4) ระยะที่คิดอย่างเป็นนามธรรม (Formal - Operational Stage) เป็นพัฒนาการในช่วง สดุดท้ายของเด็กอายุประมาณ 11 ถึง 15 ปี ก่อนจะเป็นผู้ใหญ่ เด็กในช่วงนี้สามารถคิดอย่างเป็นเหตุผลและคิดในสิ่งที่ซับซ้อนอย่างเป็นนามธรรมได้มากขึ้น เมื่อเด็กพัฒนาได้อย่างเต็มที่แล้วจะสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล และแก้ปัญหาได้อย่างดีจนพร้อมที่จะเป็นผู้ใหญ่ที่มีวุฒิภาวะต่อไป

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ มีประโยชน์กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้เด็กในระดับมัธยมมีความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมได้ การสอนบางส่วนอาจใช้ วิธีการให้ศึกษาจากเอกสาร จากหนังสือ หรือการบรรยายของครู แต่ไม่ได้หมายความว่าครูจะสอน โดยการบรรยายเพียงอย่างเดียว เพราะเพียเจต์เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ช่วยให้ครูวางแผนจัดกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน และเลือกเนื้อหาหรือกิจกรรมให้เหมาะสมกับเด็กแต่ละวัย หากเรื่องที่สอนยากเกินกว่าจะเข้าใจ นักเรียนจะเกิดความเบื่อหน่ายเพราะการเรียนรู้เป็นกระบวนการนักเรียนแต่ละคนมีระดับการใช้ความสามารถทางสมองที่แตกต่างกันไปตามความแตกต่างของเนื้อหากิจกรรม

2.2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสอนของบรูเนอร์ (Bruner)

บรูเนอร์ (Bruner) นักจิตวิทยาชาวอเมริกันได้เสนอหลักการสำคัญในการจัดการศึกษาว่า ควรคำนึงถึงทฤษฎีพัฒนาการในการกำหนดเนื้อหาความรู้กับวิธีสอน

การนำทฤษฎีของบรูเนอร์มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

(1) ในระดับมัธยมศึกษาชั้นนั้นนักเรียนสามารถใช้สัญลักษณ์ได้มากขึ้น ครูมีวิธีช่วยให้พัฒนาขึ้นไปได้อีกโดยกระตุ้นให้ใช้การค้นพบด้วยตนเอง โดยเน้นความเข้าใจในมโนคติ และสิ่งที่เป็นนามธรรม

(2) หลักการสำคัญที่เกี่ยวกับการสอน และการเรียนรู้ ของบรูเนอร์ มีดังนี้

(2.1) เนื้อหาวิชาควรจัดแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดลำดับให้เหมาะสมกับ

ผู้เรียน

(2.2) การสอนต้องคำนึงถึงความพร้อม และแรงจูงใจของผู้เรียน

(2.3) การเสนอกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้แบ่งเป็น 3 ขั้น คือ

(2.3.1) ขั้นลงมือปฏิบัติจากของจริง

(2.3.2) ชั้นเรียนรู้จากรูปแบบ และใช้จินตนาการ

(2.3.3) ชั้นการใช้สัญลักษณ์ และตัวเลขในการแทนค่า

(3) วิธีสอนที่จะให้ผู้เรียนมีความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้คือ วิธีการค้นพบด้วยตนเอง ซึ่งทำได้ ดังนี้

(3.1) นำเสนอปัญหา

(3.2) ทำความเข้าใจกับปัญหา

(3.3) แก้ปัญหาโดยครูจัดหาวัสดุอุปกรณ์มาให้

(3.4) แสดงผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

(3.5) ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันอภิปรายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหา

(3.6) สรุปผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

การสอนให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเองของบรูเนอร์เป็นแนวทางให้นักการศึกษา นำมาดัดแปลงเป็นวิธีสอนแบบต่าง ๆ เช่น การสอนแก้ปัญหา การสอนแบบวิทยาศาสตร์ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

(4) การจัดกิจกรรมประสบการณ์การเรียนรู้ต้องให้ท้าทายความคิดและการกระทำ โดยการจัดกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหา

(5) การเรียนรู้กระบวนการมีความสำคัญมากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาความรู้

2.2.3 ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้มีการสอนที่หลากหลายรูปแบบการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันต่อการศึกษาเรียนรู้มีผู้กล่าวและให้ความหมายเกี่ยวกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

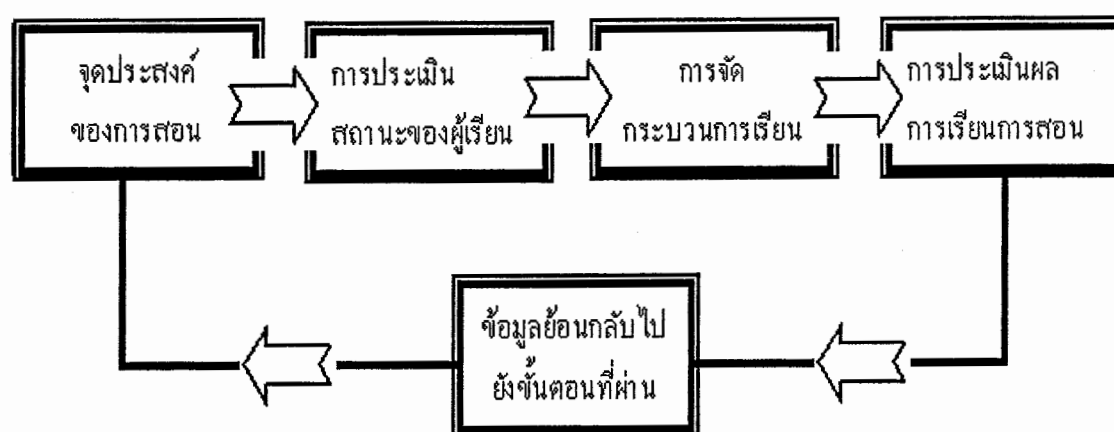
การที่จะทำให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จนั้นจะต้องมีระบบของการเรียนการสอน ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

ตัวป้อนในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน ผู้สอน หลักสูตรวิทยาศาสตร์ เนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หนังสือเรียน คู่มือครู วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอนแหล่งวิชาการ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

กระบวนการในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หมายถึงกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้แก่ การปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ บทบาทและกิจกรรมของผู้สอน

ผลผลิตในระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หมายถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ อันเป็นผลมาจากระบบการเรียนการสอน

ข้อมูลป้อนกลับ ผู้สอนวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากการสอนไปแล้ว ตรวจสอบพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียนว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ถ้าหากว่าไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ก็ต้องย้อนกลับไปพิจารณาปรับปรุงองค์ประกอบขั้นตอนของระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นซึ่งระบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จะตรงกับแนวการสอนของ Glasser ซึ่งเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แนวการสอนของ Glasser (ภพ เลาหไพฑูริย์, 2537 : 61)

2.3 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบสืบเสาะหาความรู้

2.3.1 ความหมายของการสอนตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 219 - 220) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ

2.3.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้อาแล้ว เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนฝึกสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นนี้มาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่



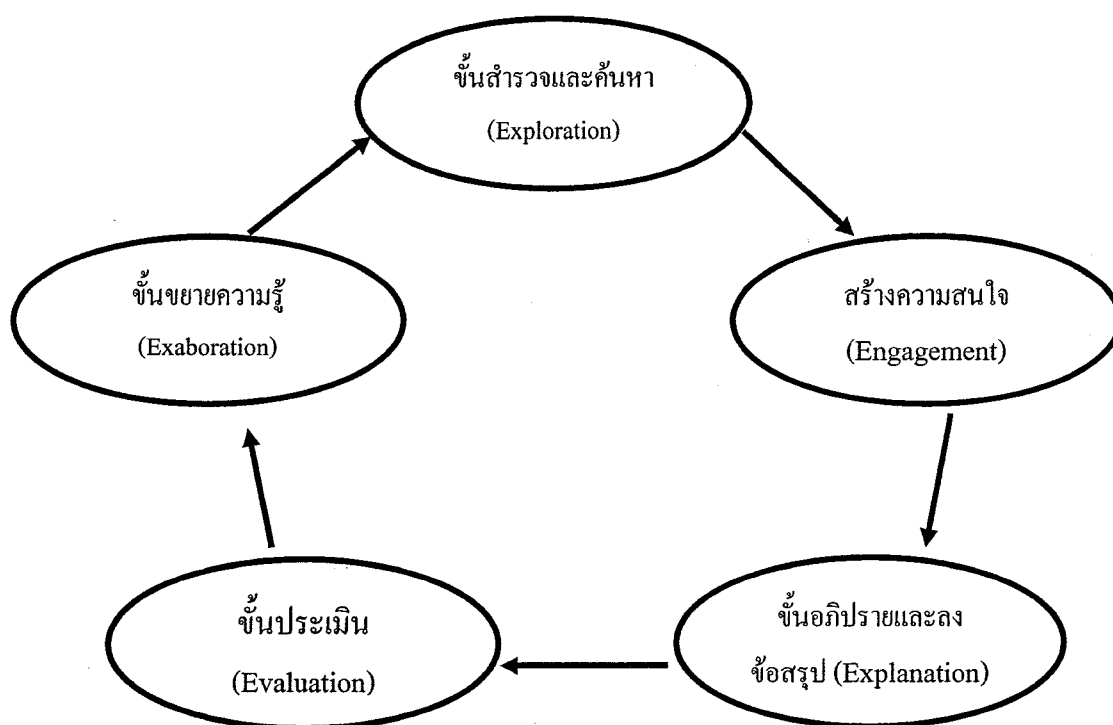
ครูผู้สอนกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียด ของ เรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จาก แหล่งต่างที่จะช่วยให้เข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ใน การสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2.3.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะ ศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอหรือปรากฏการณ์ ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบสร้างสถานการณ์จำลองการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจาก แหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.3.1.3 ขั้นอธิบายและข้อสรุป เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจ สอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูป ต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาดสร้างตาราง เป็นต้น การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐาน ที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างองค์ ความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้

2.3.1.4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ค้นเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือ เหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับ เรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

2.3.1.5 ขั้นประเมิน เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ หรือเรื่อง อื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหา ที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า วงจรการสืบเสาะ หาความรู้ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นฐานใน การเรียนรู้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 220)

2.3.2 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method)

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการที่ครูจัดสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ และสิ่งเร้าต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาส สังเกตเปรียบเทียบ จนเกิด ปัญหาข้อขัดแย้ง แล้วครูเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนโดยการใช้คำถาม หรือเร้าให้นักเรียนตั้งคำถามเพื่อ สืบเสาะหาสาเหตุของปัญหา ในรูปของการอธิบาย จากนั้นครูจะถามให้นักเรียนหาวิธีที่จะพิสูจน์ การอธิบายสาเหตุของปัญหาที่นักเรียนช่วยกันเสนอนั้นเป็นไปตามความเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้ นักเรียนจะช่วยกันตั้งสมมติฐานเชิงทำนายแล้วหาทางพิสูจน์ด้วยการทดลองของข้อมูล นักเรียนจะ ช่วยกันสรุปโดยมีครูเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือ ขั้นสุดท้ายครูจะส่งเสริมให้นักเรียนนำเอา หลักฐานและเกณฑ์ที่ค้นพบไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

กำหนดขั้นตอนของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

2.3.2.1 กำหนดปัญหา

- 1) จัดสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต สงสัยในเหตุการณ์ หรือเรื่องราว
- 2) กระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาจากการสังเกตว่าอะไรคือปัญหา

2.3.2.2 กำหนดสมมติฐาน

- 1) ตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิด
- 2) ให้นักเรียนสรุปสิ่งที่คาดคิดว่าจะเป็นคำตอบของปัญหานั้น

2.3.2.3 รวบรวมข้อมูล

- 1) มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าหาข้อมูลจากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ
- 2) ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเมินว่าข้อมูลเหล่านั้นมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาหรือไม่ ความถูกต้องน่าเชื่อถือเพียงใด

2.3.2.4 ทดสอบสมมติฐาน

นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันอภิปรายเพื่อสนับสนุนสมมติฐาน

2.3.2.5 สร้างข้อสรุป

นักเรียนสรุปว่าปัญหานั้นมีคำตอบหรือข้อสรุปอย่างไร อาจสรุปในรูปแบบของรายงานหรือเอกสาร (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2542 : 17)

การสืบเสาะ การแสวงหา การสืบสวน การสอบสวน การสืบค้น เหล่านี้น่าจะมี ความหมายคล้ายคลึงกัน คำภาษาอังกฤษใช้คำว่า inquiry กิจกรรมดังกล่าวจะอาศัยคำถาม การตั้งคำถาม ได้ถาม ถามถึง ถามหา เป็นหลัก ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ นั่นคือกิจกรรมการสอนแบบนี้เริ่มต้นจากคำถาม ดังนั้นการเรียนการสอนแบบสืบเสาะนี้ ผู้เรียนจะเสาะแสวงหาคำตอบ ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ค้นหา สืบค้น ค้นหา ทดลอง ทดสอบส่วนผู้สอนเป็นเพียงช่วยเหลืออย่าง ใกล้เคียง คอยสนับสนุนให้ผู้เรียนได้พบกับคำตอบด้วยวิธีต่างๆ กำหนดกิจกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียน ได้คำตอบที่ถูกต้องเช่น ตั้งคำถามนำไปสู่กิจกรรม ชี้แนะแนวทาง สืบสวนค้นหาสาเหตุ

จากความหมายดังกล่าว พอสรุปได้ว่า การสอน แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ กล่าวคือ นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ปรึกษาหารือ แลกเปลี่ยนความรู้และมุ่งให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการเป็นขั้นเป็นตอนต่อเนื่องกันเป็นวัฏจักร

2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายขั้นตอนดังที่ได้สรุปไว้ดังนี้

2.4.1 บทบาทของครู

2.4.1.1 ศึกษาแนวคิดและวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ให้เข้าใจอย่างชัดเจน

2.4.1.2 เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างอิสระ และสรุปสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.4.1.3 ชักจูงและกระตุ้นให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนให้มากที่สุด

2.4.1.4 กระตุ้นให้นักเรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนนักเรียน และปฏิสัมพันธ์กับครู

2.4.1.5 กระตุ้นให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการในทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้

2.4.1.6 กระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายโต้แย้ง และแสดงความคิดเห็นในระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกัน

2.4.1.7 สนับสนุนให้มีการสะท้อนความคิดวิเคราะห์และวิจารณ์ความเห็นระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกัน

2.4.1.8 คั่นคว้าความคิดของผู้เรียนก่อนเสนอความคิดของตนเอง รวมทั้งอธิบายหรือให้ความรู้ต่าง ๆ หลังจากที่นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

2.4.1.9 จัดเตรียมอุปกรณ์ ข้อมูล ความรู้และสื่อต่าง ๆ ที่เหมาะสม

2.4.1.10 ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ผู้สังเกตและผู้ช่วยนักเรียนโดยช่วยเหลือหรือให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็น เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอนดำเนินตามแบบสืบเสาะหาความรู้ ครูอาจให้การซักถามหรือตอบคำถามของนักเรียน คำถามที่ใช้ควรเป็นคำถามมีที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรือการให้เหตุผล ซึ่งทำให้ครูสามารถวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจ

เกี่ยวกับมโนคติของนักเรียนได้ นอกจากนี้ครูควรให้เวลานักเรียนในการตอบคำถามพอสมควร ไม่ควรเร่งรัดหรือบอกว่าถูกหรือผิดทันที

2.4.1.11 กระตุ้นให้นักเรียนบอกหรืออภิปรายเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ด้วยคำพูดของนักเรียนเอง เพื่อตรวจสอบช่วยแก้มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.4.1.12 มีบุคลิกภาพที่เป็นกันเอง ขอมรับและสนับสนุนความคิดของนักเรียนให้โอกาสนักเรียนในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ รวมถึงมีเจตคติที่ดีต่อนักเรียน เพื่อเสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ดีที่นักเรียนสามารถกล้าพูด กล้าทำ และกล้าแสดงออก ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตามรูปแบบสืบเสาะหาความรู้

2.4.1.13 ทำการประเมินผลหลังการสอนทุกครั้ง เพื่อนำผลมาปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.4.2 บทบาทของนักเรียน

2.4.2.1 ลงมือปฏิบัติเพื่อศึกษาและสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยศึกษา คิดวิเคราะห์ วิจัย จัดกระทำวัสดุอุปกรณ์และข้อมูลต่าง ๆ ที่ครูเตรียมให้ กำหนดวิธีการศึกษาออกแบบการทดสอบ ทำการทดสอบและสรุปผลการทดสอบ

2.4.2.2 มีความตั้งใจและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนตลอดเวลา โดยกล้าคิด กล้าทำ และกล้าแสดงออก

2.4.2.3 แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนนักเรียนโดยเฉพาะสมาชิกภายในกลุ่ม

2.4.2.4 เปิดโอกาสและรับฟังความคิดเห็นและประสบการณ์ของเพื่อนนักเรียนด้วยกัน

2.4.2.5 ขอมรับฟังหรือตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล

2.4.2.6 ซักถามเมื่อเกิดปัญหาที่สงสัย ตลอดจนศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ

2.4.2.7 ประเมินและปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองอย่างสม่ำเสมอ เห็นได้ว่าทั้งครูและนักเรียนมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยการความสะดวก แนะนำแนวทางให้ได้สร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเอง

2.5 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom เป็นนักการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของการจัดการเรียนการสอนผลงานทางด้านการศึกษานำมาใช้เป็นแนวปฏิบัติ โดยทั่วไปในการจัดการศึกษาทุกระดับคือ เรื่องของจุดประสงค์ทางการศึกษาและกลวิธีการเรียนรู้โดยต้องคำนึงถึงธรรมชาติของนักเรียนซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญที่นำมาสู่กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มีชื่อว่า การเรียนเพื่อรอบรู้ (Mastery Learning)

Bloom ได้กล่าวถึงธรรมชาติของนักเรียนแต่ละคนว่ามีความแตกต่างกัน นักเรียนจะสามารถรู้เนื้อหาในหน่วยย่อยต่าง ๆ ได้โดยใช้เวลาเรียนที่แตกต่างกัน ในการสอนจึงต้องมีการเตรียมเงื่อนไขที่จะช่วยให้นักเรียนทุกคนสามารถผ่านลำดับขั้นตอนของทุกหน่วยการเรียนรู้ได้นักเรียนได้เรียนอัตราการเรียนรู้ของตนเอง ก็จะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนมากขึ้น

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของ Bloom (1982 : 45) ถือว่าสิ่งใดก็ตามที่มีปริมาณอยู่จริงสิ่งนั้นสามารถวัดได้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่อยู่ภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าวซึ่งผลการวัดจะเป็นประโยชน์ในการประเมินระดับความรู้ ทักษะและเจตคติของนักเรียนซึ่งจำแนกตัวองค์ความรู้ในเนื้อหาที่ต้องการวัดและคุณลักษณะของพฤติกรรมออกตามความเชื่อ เช่นระดับความรู้ความสามารถตามแนวคิดของ Bloom มี 6 ระดับ ดังนี้

(1) ความจำ คือ สามารถจำเรื่องต่าง ๆ ได้ เช่น คำจำกัดความ สูตรต่าง ๆ วิธีการ เช่น นักเรียนสามารถบอกชื่อสารอาหาร 5 ชนิดได้ นักเรียนสามารถบอกชื่อธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนได้ครบถ้วน

(2) ความเข้าใจ คือ สามารถแปลความ ขยายความ และสรุปใจความสำคัญได้

(3) การนำไปใช้ คือ สามารถนำความรู้ ซึ่งเป็นหลักการ ทฤษฎี ไปใช้ในสถานการณ์ที่ต่างออกไปได้

(4) การวิเคราะห์ คือ สามารถแยกแยะข้อมูลและปัญหาต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อย เช่น วิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการดำเนินการ

(5) การสังเคราะห์ คือ สามารถนำองค์ประกอบ หรือส่วนต่าง ๆ เข้ามาร่วมกันเป็นหมวดหมู่อย่างมีความหมาย

(6) การประเมินค่า คือ สามารถพิจารณาและตัดสินจากข้อมูล คุณค่าของหลักการ โดยใช้มาตรการที่ผู้อื่นกำหนดไว้หรือตัวเองกำหนดขึ้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

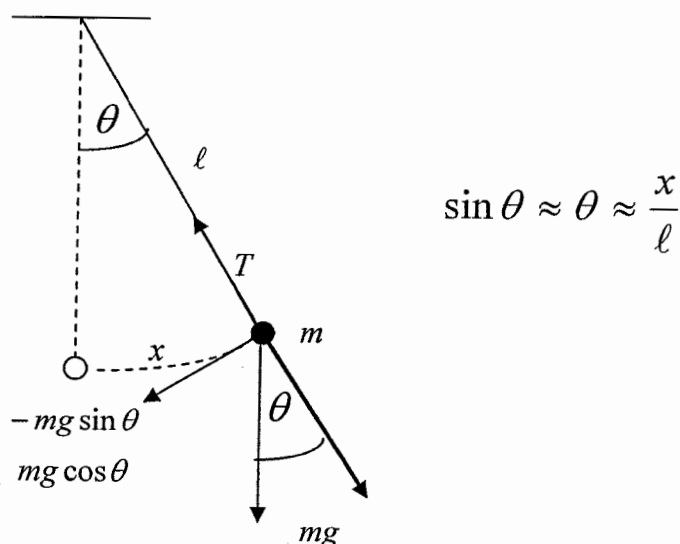
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 3-9) ได้ศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาความคิดระดับสูงวิชาชีววิทยาชั้้นมัธยมศึกษาตอนปลายระยะที่ 1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าส่วนมากครูจะดำเนินการในขั้นตอนการสร้างแรงบันดาลใจ ขั้นการสำรวจและค้นหา และขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ส่วนขั้นการขยายความรู้และขั้นประเมินผล ครูดำเนินการน้อยมาก บทบาทส่วนใหญ่ยังอยู่ที่ครู และคำถามส่วนมากเป็นด้านความจำความเข้าใจ ส่วนนักเรียนได้คิดและปฏิบัติโดยครูคอยให้คำปรึกษาชี้แนะ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนส่วนมากอยู่ในระดับวิเคราะห์ ข้อมูลเบื้องต้นเชิงระบบอย่างมีเหตุผลรองลงมาพัฒนาขึ้นเป็นระดับการคาดคะเนหรือคาดเดาอย่างสมเหตุสมผลความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนลดลงความสามารถในการคิด สร้างสรรค์ส่วนมากอยู่ในระดับการระดมความคิดและสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนและจากการวิเคราะห์ คำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนมากเขียนตอบสั้น ๆ ไม่ชัดเจน ไม่ครบประเด็น ไม่อธิบายบริบท ไม่เชื่อมโยงข้อมูลกับความรู้เดิมหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ค่อยให้เหตุผล ขาดความรู้พื้นฐาน และเรียบเรียงคำบรรยายสับสนข้อเสนอแนะคือควรเตรียมความพร้อมให้ครูมากกว่านี้ควรจัดเตรียมสื่อวัสดุอุปกรณ์ให้พร้อมและควรสอดแทรกทักษะการคิดลักษณะการคิด และกระบวนการคิดในกระบวนการเรียนการสอน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการแบบสืบเสาะหาความรู้ส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงขึ้น ทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ การแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมการเรียน และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน

2.6 ทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย (simple pendulum)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 122 - 123) การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย ลูกตุ้มประกอบด้วยมวลขนาดเล็ก ตามอุดมคติเป็นจุดแขวนที่ปลายด้ายหรือเชือกอ่อน โดยธรรมชาติวัตถุแขวนห้อยในแนวตั้งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อดึงวัตถุเอียงทำมุมเล็ก ๆ กับแนวตั้งแล้วปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่แกว่งกลับไปกลับมา ซึ่งจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแสดงได้อย่างง่าย ดังภาพที่ 2.3

ถ้าแกว่งลูกตุ้มมวล m ผูกด้วยเชือก ความยาว ℓ เอียงเป็นมุม θ เรเดียนกับแนวตั้งลูกตุ้มมวล m จะมีแรงสองแรงกระทำต่อมวล m คือน้ำหนักของลูกตุ้ม mg และแรงดึงในเส้นเชือก T ซึ่งทำมุม θ เรเดียนกับแนวตั้ง สองแรงนี้รวมกันได้แรงลัพธ์เป็น $mg \sin \theta$ ตามแนวเส้นสัมผัสซึ่งตั้งฉากกับเส้นเชือก



ภาพที่ 2.3 ขณะที่เส้นเชือกเอียงทำมุมกับแนวตั้งมีแรงกระทำเข้าหาจุดสมดุล

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 : 122)

เนื่องจากแรง mg สามารถคิดแยกออกเป็น 2 แรง ในแนวตั้งฉากกัน ดังรูป จะเห็นว่า $mg \sin \theta$ เป็นแรงที่ดึงมวล m กลับสู่ตำแหน่งสมดุล ให้แรงนี้เป็นแรง F ขณะที่ $mg \cos \theta$ มีขนาดเท่ากับ T ทำให้เชือกตึงยาวเท่าเดิม เมื่อคำนึงถึงทิศด้วย แรงลัพธ์ F คือ $F = -mg \sin \theta$

ถ้ามุม θ เป็นมุมเล็กๆ $\sin \theta \approx \theta = \frac{x}{\ell}$ การเคลื่อนที่ที่โค้งประมาณได้ว่าเป็นเส้นตรง คือการกระจัด x จะได้

$$F = -mg \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F = -mg \frac{x}{\ell} \quad \dots\dots\dots (2)$$

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน $F = ma$ จะได้

$$-\frac{mg}{\ell} x = ma \quad \text{หรือ} \quad a = -\frac{g}{\ell} x$$

จะเห็นว่า ความเร่งของลูกตุ้มแปรผันตรงกับการกระจัด และมีทิศตรงข้ามการแกว่งของลูกตุ้มจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วย เนื่องจากอัตราเร่งของการแกว่ง $a = -\omega^2 x$

$$\omega^2 = \frac{g}{\ell}$$

จาก $\omega = 2\pi f$ จะได้ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

หรือ $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ (3)

สมการที่ (3) เป็นความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ครบหนึ่งรอบ หรือ คาบ (T) กับความยาว (ℓ) ของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

อาจนับว่าเป็นสมการที่ทำนายคาบการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายจากที่ได้วิเคราะห์มาตามหลักของการเคลื่อนที่ที่ต้องเป็นไปตามกฎของนิวตัน คาบการแกว่งอย่างไรก็ตาม เมื่อ θ เป็นมุมโต $\theta > 5^\circ$ (Young and Freedman, 1996)

$$ma = -mg \sin \theta$$
 (4)

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = -mg \sin \theta$$
 (5)

เมื่อ $s = \ell \theta$ จะได้ว่า

$$m\ell \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -mg \sin \theta$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \sin \theta$$
 (6)

เมื่อ $\frac{d\theta}{dt} = u$ จะได้

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{du}{dt} = \frac{du}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = u \frac{du}{d\theta}$$

และแทนค่าในสมการที่ (6)

$$u \frac{du}{d\theta} = -\frac{g}{l} \sin \theta \quad \dots\dots\dots (7)$$

อินทิเกรตทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{u^2}{2} = \frac{g}{l} \cos \theta + c$$

เมื่อ $\theta = \theta_o$, $u = 0$ ดังนั้น $c = -(g/l)\cos\theta_o$ สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$u^2 = (2g/l)(\cos \theta - \cos \theta_o)$$

หรือ $\frac{d\theta}{dt} = \pm \sqrt{(2g/l)(\cos \theta - \cos \theta_o)} \quad \dots\dots\dots (8)$

เมื่อ $\theta = \theta_o$ ถึง $\theta = 0$ แทนค่าในสมการที่ (8) จะได้

$$\frac{d\theta}{dt} = -\sqrt{(2g/l)(\cos \theta - \cos \theta_o)}$$

อินทิเกรตทั้ง 2 ข้าง

$$t = -\sqrt{\frac{l}{2g}} \int \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_o}}$$

เมื่อ $t = 0$ ที่ $\theta = \theta_o$ และ $t = T/4$ ที่ $\theta = 0$ จะได้คาบการแกว่ง คือ

$$T = 4\sqrt{\frac{l}{2g}} \int_0^{\theta_o} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_o}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ทำให้อยู่ในรูปตรีโกณมิติ เมื่อ $\cos \theta = 2 \sin^2(\theta/2) - 1$ แทนค่า θ ด้วย θ_o , (9)
สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$T = 2 \sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\theta_o} \frac{d\theta}{\sqrt{\sin^2(\theta_o/2) - \sin^2(\theta/2)}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{เมื่อ } \sin(\theta/2) = \sin(\theta_o/2) \sin \phi \dots\dots\dots (11)$$

เขียนในรูปอนุพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{1}{2} \cos(\theta/2) d\theta = \sin(\theta_o/2) \cos \phi d\phi$$

$$\text{เมื่อ } k = \sin \frac{\theta_o}{2}$$

$$d\theta = \frac{2 \sin(\theta_o/2) \cos \phi d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}}$$

$$\text{จากสมการที่ (11) จะเห็นว่า } \theta = 0, \phi = 0 \text{ และ } \theta = \theta_o, \phi = \frac{\pi}{2}$$

นั่นคือสมการของคาบจะได้ดังนี้

$$T = 4 \sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}} \dots\dots\dots (12)$$

$$= 4 \sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{2} k^2 \sin^2 \phi + \frac{1.3}{2.4} k^4 \sin^4 \phi + \dots \right\} d\phi$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 k^2 + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 k^4 + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 k^6 + \dots \right\}$$

จะได้
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta_o}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta_o}{2} + \dots \right) \dots\dots\dots (13)$$

สมการที่ (13) เป็นความสัมพันธ์ของคาบและมุมของการแกว่ง เมื่อมุม θ มีค่ามากกว่า 5 องศา (Murray r. Spiegel, 1967)

ถ้ามุม θ มีค่าน้อยกว่า 5 องศา

หรือ
$$\frac{5\pi}{180} = 0.087266 \text{ เรเดียน}$$

แล้วค่าของ
$$\sin^2 \frac{\theta_o}{2} \Rightarrow 0$$

พจน์มากกว่ากำลังสองสามารถตัดทิ้งไปได้

สรุปได้ว่าเมื่อมุมมีค่าน้อยๆ ไม่เกิน 5 องศา เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง T^2 กับ ℓ ค่าความชันที่ได้จากการทดลองมีค่า

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

ดังนั้น
$$g = \frac{4\pi^2}{slope}$$

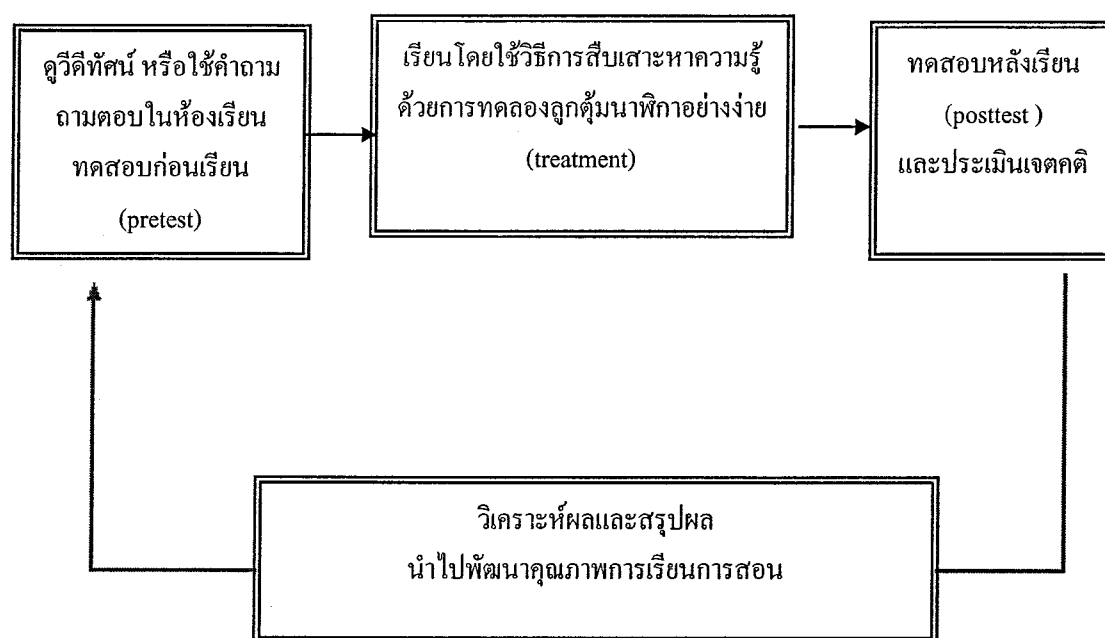
เมื่อมุมมีค่ามากขึ้นจนทำให้การแกว่งไม่เป็น SHM แล้ว คาบของการแกว่งจะมีค่าดังสมการที่ (13)

เมื่อเพิ่มมวลพบว่าคาบการแกว่งไม่ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ เนื่องจาก ℓ และ g คงที่

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการวิจัยเชิงปฏิบัติการพัฒนานักเรียนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องการสั่นพ้องแบบสลับเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษายโสธร เขต 2 ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัย

เริ่มต้นจากผู้สอนให้นักเรียนคู่มือทัศน์หรือใช้คำถามนำ เพื่อค้นหาความรู้ความเข้าใจ ทักษะ หรือทดสอบสมมติฐาน เพื่อให้รู้ว่ามีพื้นฐานในระดับใดและมีเจตคติต่อวิชาที่จะเรียนอย่างไร จากนั้นเริ่มทำการทดสอบก่อนเรียน (pretest) เก็บคะแนนก่อนเรียน (X_i) เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย เมื่อได้คะแนนแล้วทำการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสลับเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย (treatment) นักเรียนได้ลงมือทดลองจริง ทำการทดสอบหลังเรียน (posttest) เก็บคะแนนสอบหลังเรียน (X_f) และประเมินเจตคติ

โดยใช้แบบประเมินเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ สรุปผล พร้อมทั้งจะนำไปพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนต่อไป

3.1 กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 30 คน โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษายโสธร เขต 2

3.2 เนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพิจารณาจากหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษายโสธร เขต 2 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาคำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 4 ชั่วโมง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบคู่ขนานวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 10 ข้อ และแบบวัดเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง คือ ลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายชนิดแปรค่ามวลได้และวัดความยาวการแกว่งได้ มวลเริ่มต้นประมาณ 10, 15, 20, 25, 30, ... กรัม ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ค่าความยาวเชือก และมุมคงที่น้อย ๆ และความยาวเชือกเริ่มต้นที่ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, ... เมตร ตามลำดับ เมื่อกำหนดค่ามวลคงที่ และมุมคงที่น้อย ๆ โดยสามารถทำการทดลองต่อไปได้อีกเมื่อแปรค่ามุมให้มุมโตมากขึ้นเรื่อย ๆ จาก 30, 35, 40, 45, 50, ... องศา ตามลำดับ ใช้นาฬิกาจับเวลาเพื่อหาค่าคาบการแกว่งเฉลี่ย การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แปรค่ามวลโดยใช้ดินน้ำมันติดที่ลูกตุ้ม เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ 4 -5 ค่าความยาวคงที่ มุมคงที่น้อย ๆ

ตอนที่ 2 แปรค่าความยาว โดยให้มวลคงที่ มุมคงที่น้อยไม่เกิน 5 องศา

ตอนที่ 3 แปรค่ามุม โดยให้มุมเพิ่มขึ้น มากกว่า 5 องศา มวลและความยาวคงที่

3.4 การออกแบบชุดการทดลองและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การออกแบบชุดการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ขั้นเตรียมการโดยกำหนดจุดมุ่งหมายว่าผู้เรียนจะเรียนเนื้อหาอะไร กำหนดเป็น
จุดมุ่งหมาย จากนั้นเตรียมกิจกรรมการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.4.2 ขั้นวางแผนวัตถุประสงค์ กำหนดขอบเขตของกิจกรรมการทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่
แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย ซึ่งเฉพาะลงไปว่ามีวัตถุประสงค์อย่างไร เมื่อเรียนจบแล้วเกิดผลอย่างไร
กับนักเรียน

3.4.3 ขั้นรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์เนื้อหาและขั้นตอนความสำคัญพิจารณาอุปกรณ์ ที่ใช้
ในการกำหนดรูปแบบ การเริ่มการดำเนินการและการสรุปพร้อมก็นำไปใช้จริงภาคสนามกับกลุ่ม
ที่ศึกษาจำนวน 30 คน

3.5 แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการจัดการเรียนการสอน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 หลักสูตรสถานศึกษา
ขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ คู่มือครู
และหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.5.2 ศึกษาวิเคราะห์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การออกข้อสอบ การวิเคราะห์
ข้อสอบ การวิเคราะห์หลักสูตร ตลอดจนระเบียบวิธีการทางสถิติ

3.5.3 กำหนดคำที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้

3.5.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนมีส่วนประกอบดังนี้ สำคัญ ผลการ
เรียนรู้ที่คาดหวัง สาระการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สื่อ / แหล่งเรียนรู้ การวัดและ
ประเมินผล

3.5.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ให้ครูที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของ
เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผล ปรับปรุง
ตามคำแนะนำ

3.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือวิชาครูวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว40101 หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว40101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่วัดพฤติกรรมระดับต่าง ๆ คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า แล้วนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม วิเคราะห์ความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลองสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม จำนวน 30 คน

3.7 การสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการ

3.7.2 กำหนดขอบเขต จุดมุ่งหมาย และรูปแบบการวัด

3.7.3 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดจากหนังสือพื้นฐานการวิจัยทางการศึกษา

3.7.4 สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนจำนวน 10 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์

ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 ขึ้นไป	มีเจตคติระดับสูงมาก
3.51 – 4.50	มีเจตคติระดับมาก
2.51 – 3.50	มีเจตคติระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	มีเจตคติระดับน้อย
1.50 และต่ำกว่า	มีเจตคติระดับน้อยที่สุด

3.7.5 นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา คุณภาพแบบสอบถาม ความพึงพอใจ ฉบับรวมแล้วนำไปใช้

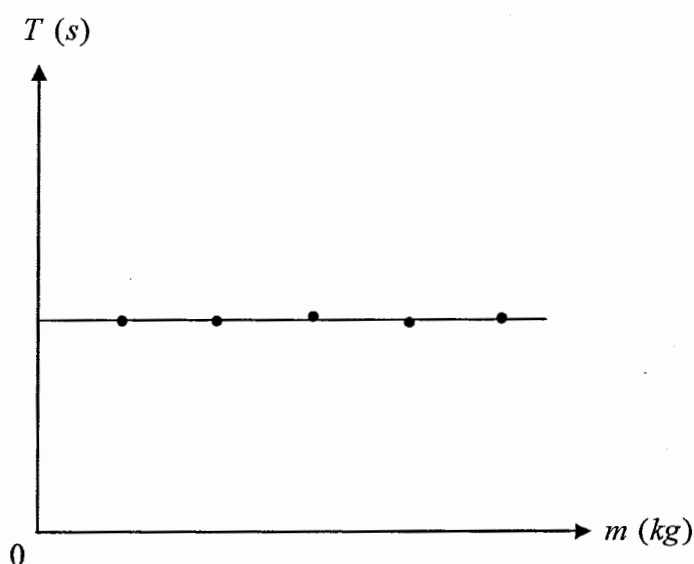
3.8 วิธีการดำเนินการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากออกแบบและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

3.8.1 นำแบบทดสอบคู่ขนาน วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม นาฬิกาอย่างง่ายจำนวน 10 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้เวลาในการทดสอบ จำนวน 20 นาที แล้วบันทึกคะแนนเก็บไว้เปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบหลังเรียน

3.8.2 ดำเนินการสอนเนื้อหาตามแผนการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ให้ นักเรียนเรียนโดยใช้การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย ใช้เวลาสอนรวม 4 ชั่วโมง ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง ครูสังเกตพฤติกรรมการให้ความ ร่วมมือในการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองเพื่อใช้ในการอธิบายตอบ คำถามของแต่ละกลุ่มหลังการทดลอง การจดบันทึกข้อมูลเวลาในการแกว่งครบรอบ การเขียน กราฟเพื่อใช้ในการหาค่าความชัน

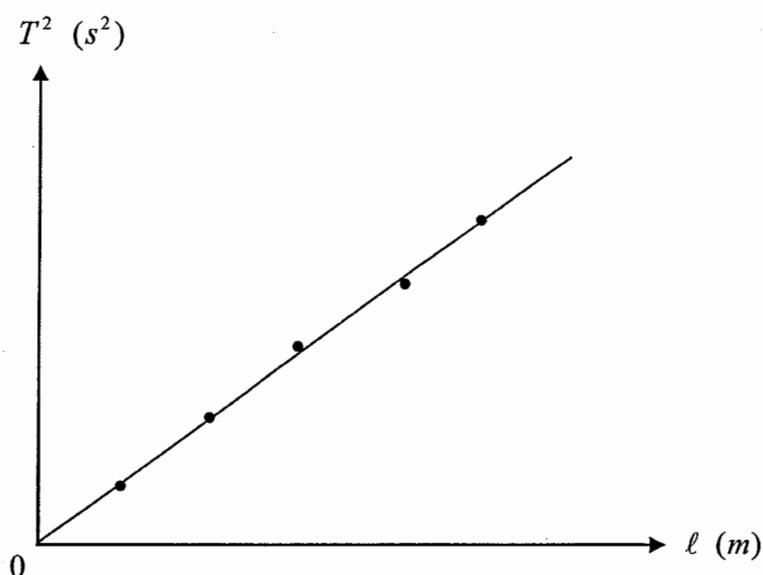
ตอนที่ 1 เมื่อกำหนดความยาวคงที่ มุมคงที่น้อย ๆ ไม่เกิน 5 องศา มวลเพิ่มขึ้น ได้ข้อมูลดังกราฟ



ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ m

ดังนั้นสรุปได้ว่า T ไม่ขึ้นกับมวล เมื่อ l คงที่แล้วไม่ว่ามวลจะเป็นเท่าไร T มีค่าคงที่

ตอนที่ 2 เมื่อกำหนดให้มวลคงที่ มุมคงที่น้อยๆ ไม่เกิน 5 องศา ความยาวเปลี่ยนไปได้ข้อมูลดังกราฟ



ภาพที่ 3.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 กับ l แสดงว่า $T^2 \propto l$

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกราฟระหว่าง T^2 ในแกน y กับ l ในแกน x

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

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

การลากเส้นตรงผ่านจุดตัดของกราฟมีวิธีการอย่างไร

จากความสัมพันธ์ $\frac{4\pi^2}{g}$ นำไปใช้หาค่าอะไร

ตอนที่ 3 เมื่อกำหนดให้มวลคงที่ ความยาวคงที่ มุมเปลี่ยนไปเรื่อยๆ มีผลต่อการคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งนักเรียนต้องไปเรียนในระดับที่สูงขึ้น

3.8.3 วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจากการทดลอง 3 ตอน (1) เมื่อความยาวคงที่ มุมคงที่น้อยๆ มวลเปลี่ยนไป (2) เมื่อมวลคงที่มุมคงที่น้อยๆ ไม่เกิน 5 องศา ความยาวเปลี่ยน (3) เมื่อ

ความยาวคงที่ มวลคงที่ มุมเปลี่ยนไป ทั้ง 3 ตอน จากการทดลอง แล้วเสริมความรู้จากการทำใบงาน หลังกิจกรรมการทดลอง

3.8.4 ทำการทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบคู่ขนานวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย จำนวน 10 ข้อ โดยใช้เวลาในการสอบ จำนวน 20 นาที จากนั้นให้นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ แล้วบันทึกคะแนนเก็บไว้เปรียบเทียบกับคะแนนก่อนเรียน ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายให้คะแนนข้อถูก 1 คะแนน ข้อผิด 0 คะแนน

3.9 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.9.1 คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา หาความยากง่าย ของแบบทดสอบรายข้อ โดยใช้สูตร

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

R คือ จำนวนผู้ที่ตอบข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

3.9.2 ค่าเฉลี่ย (MEAN) จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

3.9.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STANDARD DEVIATION) โดยใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน

N คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

3.9.4 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนหลังใช้ชุดการสอน โดยใช้ t -test for dependent samples

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตาราง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
รายบุคคลวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_i)	คะแนนหลังเรียน (X_f)	$D_i = X_f - X_i$	D_i^2
1				
2				
3				
.				
.				
.				
n				
N =	$\sum X_i = \dots\dots\dots$	$\sum X_f \dots\dots\dots$	$\sum D_i = \dots\dots\dots$	$\sum D_i^2 = \dots\dots\dots$

$$t = \frac{\sum D_i}{\sqrt{\frac{N \sum D_i^2 - (\sum D_i)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ t คือ ค่า t -test จากการคำนวณ

D_i คือ คะแนนความก้าวหน้า

$$D_i = X_f - X_i$$

X_i คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

X_f คือ คะแนนสอบหลังเรียน

$\sum D_i$ คือ ผลรวมของคะแนนความก้าวหน้า

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษครั้งนี้ เพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา อย่างง่ายโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น ดังนี้

- (1) การวิเคราะห์ข้อมูล
- (2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ก่อนการทดลองและภายหลังการทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4.1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รายบุคคล วิชาฟิสิกส์
พื้นฐาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนำพิกาย่างง่าย

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_i)	คะแนนหลังเรียน (X_f)	$D_i = X_f - X_i$	D_i^2
1	3	7	4	16
2	3	8	5	25
3	3	6	3	9
4	4	8	4	16
5	5	6	1	1
6	3	7	4	16
7	5	6	1	1
8	3	8	5	25
9	3	7	4	16
10	4	6	2	4
11	2	7	5	25
12	4	5	1	1
13	5	8	3	9
14	3	5	2	4
15	4	6	2	4
16	2	7	5	25
17	3	5	2	4
18	4	6	2	4
19	5	5	0	0
20	3	6	3	9
21	4	9	5	25
22	5	5	0	0
23	4	8	4	16
24	3	7	4	16
25	4	9	5	25

ตารางที่ 4.1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน รายบุคคล วิชาฟิสิกส์
พื้นฐาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (X_i)	คะแนนหลังเรียน (X_f)	$D_i = X_f - X_i$	D_i^2
26	5	6	1	1
27	4	7	3	9
28	5	7	2	4
29	3	9	6	36
30	5	7	2	4
N = 30	$\sum X_i = 113$	$\sum X_f = 203$	$\sum D_i = 90$	$\sum D_i^2 = 35$

ตารางที่ 4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาฟิสิกส์
โดยใช้การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ผลการทดสอบ	N	$\bar{X}$	SD	ร้อยละ	t – test
ก่อนเรียน (X_i)	30	3.76	0.87	37.67	9.89*
หลังเรียน (X_f)	30	6.76	1.49	67.67	

มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

$$t_{.05,29} = 1.69, df = 29$$

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน ได้คะแนนเฉลี่ย 3.76 คิดเป็น ร้อยละ 37.67 และคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ย 6.76 คิดเป็น ร้อยละ 67.67 และจากการใช้เครื่องมือทางสถิติ t -test พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกดุนาฬิกาอย่างง่าย สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

จากการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกดุนาฬิกาอย่างง่าย โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นและความรู้สึกต่อวิชาฟิสิกส์ ได้ผลดังตารางที่ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังการเรียน ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกดุนาฬิกาอย่างง่าย

รายการ	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	SD	ระดับความคิดเห็น
1. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นการทดลองลูกดุนาฬิกา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	3.40	1.52	ปานกลาง
2. ฟิสิกส์เป็นวิชาที่น่าสนใจ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้	4.00	1.17	มาก
3. นักฟิสิกส์ที่จะต้องเป็นผู้คิดค้นสิ่งใหม่ๆ อยู่เสมอ	3.46	1.22	ปานกลาง
4. กิจกรรมการทดลองช่วยสร้างความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น	3.53	1.46	มาก
5. พัฒนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนฟิสิกส์พอใจอย่างยิ่ง	3.26	1.55	ปานกลาง
6. วิทยาศาสตร์และสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหลายมีผลดีมากกว่าผลเสีย	4.16	1.08	มาก
7. สื่อและการเตรียมการสอนของครูมีความพร้อม	3.76	1.22	มาก

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังการเรียนรู้ ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองถูกดัดแปลงอย่างง่าย (ต่อ)

รายการ	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	SD	ระดับความคิดเห็น
8. นักเรียนสนุกสนานกับการเรียนฟิสิกส์	3.90	1.15	มาก
9. สร้างความสามัคคีในการทำงานเป็นกลุ่ม	4.33	0.88	มาก
10. สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลองครั้งต่อไป	4.23	0.89	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.80	1.21	มาก

จากตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองถูกดัดแปลงอย่างง่าย แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความคิดเห็นด้านเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเรื่องการเคลื่อนที่แบบถูกดัดแปลงอย่างง่ายโดยกิจกรรมการทดลองสูงสุดคือ ข้อ 9 สร้างความสามัคคีในการทำงานเป็นกลุ่ม $\bar{X} = 4.33$, SD = 0.88 รองลงมาคือ ข้อ 10 สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลองครั้งต่อไป $\bar{X} = 4.23$, SD = 0.89 ส่วนข้อที่ส่งผลต่อเจตคติของนักเรียนต่ำสุด (ระดับความคิดเห็นปานกลาง) คือข้อที่ 5 พัฒนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนฟิสิกส์พอใจอย่างยิ่ง $\bar{X} = 3.264$, SD = 1.55 ภาพรวมมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ในระดับความคิดเห็นมาก $\bar{X} = 3.80$, SD = 1.21 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

บทที่ 5

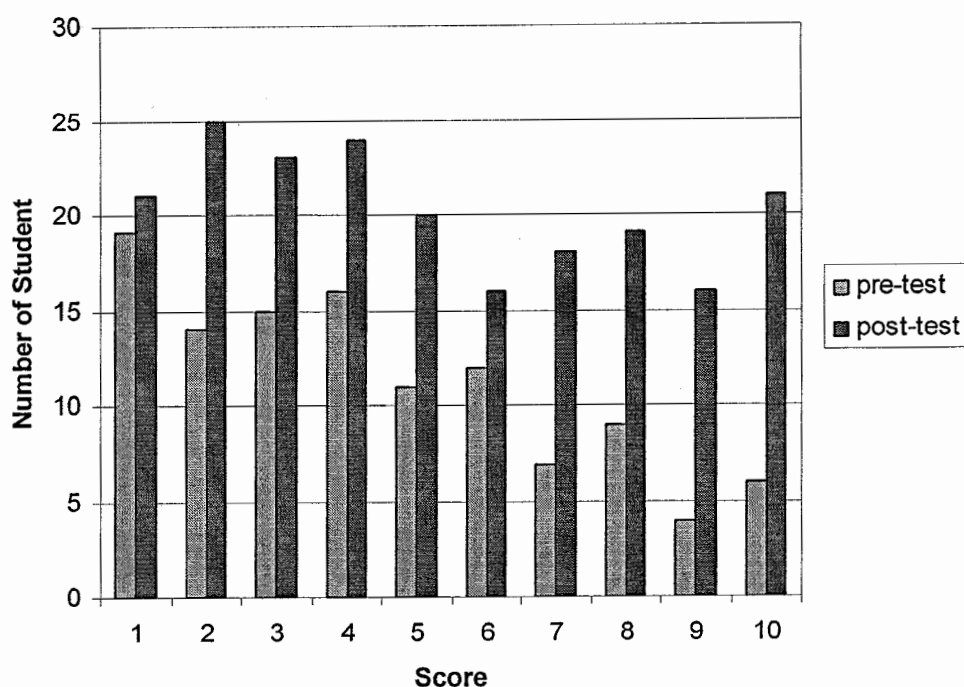
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้โดยมีจุดประสงค์เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อปรับปรุงและทำให้เกิดเจตคติที่ดีและถูกต้องต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายก่อนเรียน และหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ย 3.76 และ 6.76 ตามลำดับ จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย t-test พบว่า หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.2 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความคิดเห็นด้านเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายโดยกิจกรรมการทดลองสูงสุดคือ ข้อ 9 สร้างความสามัคคีในการทำงานเป็นกลุ่ม $\bar{X} = 4.33$, $SD = 0.88$ รองลงมาคือข้อ 10 สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลองครั้งต่อไป $\bar{X} = 4.23$, $SD = 0.89$ ส่วนข้อที่ส่งผลต่อเจตคติของนักเรียนต่ำสุด (ระดับความคิดเห็นปานกลาง) คือข้อที่ 5 พัฒนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนฟิสิกส์พอใจอย่างยิ่ง $\bar{X} = 3.264$, $SD = 1.55$ ภาพรวมมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ในระดับความคิดเห็นมาก $\bar{X} = 3.80$, $SD = 1.21$ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย ส่งผลให้นักเรียนมีการปรับปรุงและทำให้เกิดเจตคติที่ดีและถูกต้องต่อวิชาฟิสิกส์



ภาพที่ 5.1 แผนภูมิการแจกแจงของคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน

จากภาพที่ 5.1 เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย และทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบทดสอบคู่ขนาน นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจสรุปได้ว่า คาบไม่ขึ้นกับมวลเมื่อความยาวคงที่ ไม่ว่ามวลจะเป็นเท่าไร คาบมีค่าคงที่เมื่อกำหนดให้มวลคงที่ มุมคงที่น้อย ๆ 5 องศา เมื่อความยาวเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คาบการแกว่งของลูกตุ้มเพิ่มขึ้น เพราะคาบกำลังสองแปรผันตรงกับความยาวที่ใช้แขวนลูกตุ้ม และเมื่อกำหนดให้มวลคงที่ ความยาวคงที่ มุมเปลี่ยนไปต่ำกว่า 5 องศา จะมีผลต่อคาบการแกว่ง

5.2 อภิปรายผล

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ด้าน คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย และ ด้านเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ดังนี้

5.2.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เมื่อเรียนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจาก ความรู้ได้มาด้วยความพยายามของนักเรียนที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(Scientific Process) ในการสืบเสาะหาความรู้ (Scientific Inquiry) การแก้ปัญหาโดยผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (Investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ และการค้นหาข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้เพิ่มพูนมากขึ้น ดังที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 219-220) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ และใช้ในการหาคำตอบของปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้องต่อไป

5.2.2 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ในระดับสูง เพราะกิจกรรมการสอนเน้นกระบวนการให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย ปรับปรุงและทำให้เกิดเจตคติที่ดีและถูกต้องต่อวิชาฟิสิกส์ในระดับที่สูงขึ้นจากเดิม เพราะเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการทดลองนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มทำให้ได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ ผู้เรียนเกิดความรู้สึกลึกซึ้งแน่นกับการทดลองทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่ากิจกรรมการทดลองนี้ สามารถใช้เป็นความรู้พื้นฐานในการทดลองเรื่อง Physical Pendulum เพื่อพิสูจน์หลักการเชิงทฤษฎี และสามารถหาค่า g ได้

5.3.2 หากนักเรียนไม่มีทักษะในการคำนวณคณิตศาสตร์ชั้นสูง ครูควรใช้วิธีการสอนฟิสิกส์โดยการสอนคณิตศาสตร์พื้นฐานก่อนกิจกรรมการทดลอง

5.3.2 การทำกิจกรรมการทดลองจะ ควบลักษณะการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาได้ยาก จุดที่ใช้ในการแขวนลูกตุ้มยังแน่นไม่พอสำหรับการแกว่งของลูกตุ้ม ดังนั้นควรทดลองในห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมไม่มีตัวแปรภายนอกมาเกี่ยวข้อง และเลือกจุดแขวนที่แน่นพอรวมถึงการใช้เชือกที่ไม่ยืดหด เพื่อให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

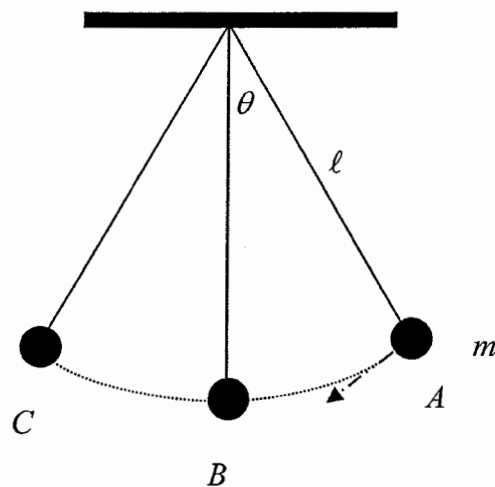
- กระทรวงศึกษาธิการ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545 พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องและพระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ พ.ศ. 2545. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ, 2546.
- _____. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2545.
- กรมวิชาการ. กระทรวงศึกษาธิการ. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.
- _____. คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2545.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. ฟิสิกส์เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์บริษัทเบญจรักษ์, 2547.
- ทีศนา แคมมณี. ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยการวัดผลและประเมินผล. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น, 2540.
- ภพ เลหาไพบุลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช, 2537.
- ภาควิชาฟิสิกส์, ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1. คณะวิทยาศาสตร์ : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2549.
- วุทธิพันธุ์ ปรังญพฤทธิ. ฟิสิกส์. กรุงเทพมหานคร : มุลนิธิ สอวน, 2547.
- ศรีธน วรศักดิ์โยธิน. ฟิสิกส์ 1. กรุงเทพมหานคร : สกายบุ๊กส์, 2546.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.
- _____. คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. การสอนแบบสืบเสาะ. <http://globethailand.ipst.ac.th/R2/HandOut/sompong/>. 9 เมษายน, 2552.
- Bloom, B.S. Human Characteristics and School Learning. New York: McGraw – Hill, 1982.
- Murray r. Spiegel. Theoretical Mechanics. Singapor: McGraw – Hill, 1967.
- Young, Hugh D. and Freeman, Roger A. University Physics. USA: Addison – Wesley, 1996.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม นาฬิกาอย่างง่าย

จากรูป จงตอบคำถามข้อ 1–3 เมื่อกำหนดให้มวล m ขนาดเล็ก ๆ แขนงด้วยเส้นเชือกยาว (ℓ) ปลอ่ยให้แกว่งโดย คึงออกไปเป็น มุม(θ) เล็ก ๆ ประมาณ 5 องศา



- ถ้ามวลเริ่มต้นเคลื่อนที่จากจุด A ข้อใดกล่าวถึงคาบของการแกว่งของมวล m ได้ถูกต้อง
 - $A \rightarrow B$
 - $A \rightarrow B \rightarrow C$
 - $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B$
 - $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$
- ขนาดมวล m ของวัตถุมีผลต่อคาบของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างไร
 - มวลน้อยทำให้คาบมาก
 - มวลมากทำให้คาบมาก
 - มวลไม่มีผลต่อคาบ
 - มวลมีผลเมื่อมีขนาดใหญ่มากๆ
- ความถี่ที่ได้จากการแกว่งของมวล m จากข้อ (2) จะเป็นเท่าไร
 - ความถี่เพิ่มขึ้น
 - ความถี่ลดลง
 - ความถี่ไม่ขึ้นกับมวล
 - พยากรณ์ไม่ได้
- ความยาว ℓ ของเส้นเชือกความตึงพันรั้งกับปริมาณใด
 - ความถี่
 - คาบการแกว่ง
 - อัตราเร็ว
 - ถูกทุกข้อที่กล่าวมา

5. เมื่อคีมวล m ให้แก่วงเป็นมุมโต ๆ คาบการแก่วงมีค่าเป็นอย่างไร

- ก. คาบเพิ่มขึ้น ข. คาบลดลง ค. คาบคงที่ ง. พยากรณ์ไม่ได้

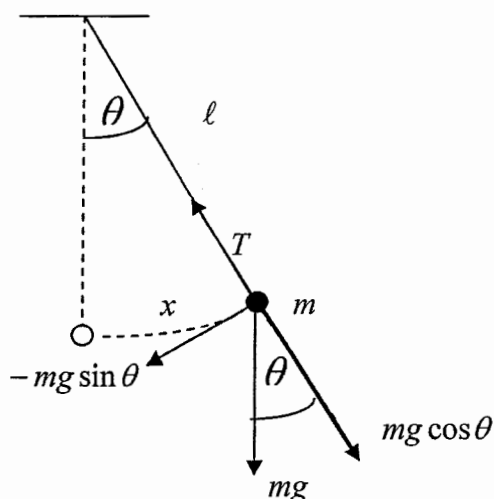
6. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาครบ 10 รอบใช้เวลา 30 วินาที คาบเป็นเท่าไร

- ก. 3 วินาที ข. 4 วินาที ค. 5 วินาที ง. 6 วินาที

7. กราฟจากข้อที่ 6 ความถี่จากการแก่วงมีค่าเท่าไร

- ก. $\frac{1}{2}$ ข. $\frac{1}{3}$ ค. $\frac{1}{4}$ ง. $\frac{1}{5}$

8. จากรูปข้อใดกล่าวผิดเมื่อมวล m ถูกแก่วงเป็นมุมน้อย ๆ



- ก. $\sin \theta \approx \cos \theta$ ข. $\theta \approx \frac{x}{l}$ ค. $\sin \theta \approx \frac{x}{l}$ ง. $\theta \approx \sin \theta$

9. เมื่อนำมวลดังกล่าวไปแก่วงบนดวงจันทร์ คาบของการแก่วงจะเป็นเท่าไร (ใช้คำตอบข้อ 1)

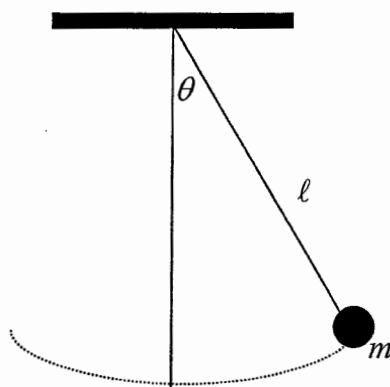
- ก. คาบเพิ่มขึ้น ข. คาบลดลง ค. คาบคงที่ ง. พยากรณ์ไม่ได้

10. ลูกตุ้มนาฬิกาในข้อใดต่อไปนี้มีคาบมากที่สุด ถ้ากำหนดให้มวลและความยาวของเชือกที่ใช้แขวนลูกตุ้มนาฬิกา

- ก. มวล 2 กิโลกรัม และความยาว 2 เมตร ข. มวล .05 กิโลกรัม และความยาว 2.5 เมตร
ค. มวล 1 กิโลกรัม และความยาว 1 เมตร ง. มวล 1 กิโลกรัม และความยาว 2.5 เมตร

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน
เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

จากรูป จงตอบคำถามข้อ 1 – 2 เมื่อกำหนดให้มวล m ขนาดเล็ก ๆ แขนงด้วยเส้นเชือกยาว (ℓ) คึง ออกไปเป็น มุม(θ) เล็ก ๆ ประมาณ 5 องศา



1. นักเรียนคิดว่าหากมวล m เพิ่มมากขึ้นแล้วแกว่งด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ คาบของการแกว่งจะเป็นเท่าไร

- ก. คาบเพิ่มขึ้น ข. คาบลดลง ค. คาบคงที่ ง. พยากรณ์ไม่ได้

2. ถ้าเพิ่มความยาวเชือกที่สั้น ๆ โดยให้แกว่งเป็นมุมน้อย ๆ มวลคงที่ คาบของการแกว่งเป็นอย่างไร

- ก. คาบเพิ่มขึ้น ข. คาบลดลง ค. คาบคงที่ ง. พยากรณ์ไม่ได้

3. เมื่อนำมวลดังกล่าวไปแกว่งบนดวงจันทร์ คาบของการแกว่งจะเป็นเท่าไร

- ก. คาบเพิ่มขึ้น ข. คาบลดลง ค. คาบคงที่ ง. พยากรณ์ไม่ได้

4. เมื่อจับเวลาในการแกว่งมวลขนาดเล็ก 5 นาทีได้ 120 ครั้ง คาบเวลาในการแกว่งเป็นเท่าไร

- ก. 2.5 วินาที/ รอบ ข. 4.0 วินาที/ รอบ ค. 0.4วินาที/ รอบ ง. 0.25 วินาที/ รอบ

5. จากสูตรการแกว่งลูกตุ้มนาฬิกา $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ต้องการกราฟเส้นตรง ที่หาค่า g จากความชันได้

ควร plot กราฟระหว่างค่าใด

- ก. $\sqrt{l}$ กับ T ข. l กับ T^2 ค. $\frac{l}{g}$ กับ T^2 ง. $\frac{l}{\sqrt{g}}$ กับ T

6. ถ้าต้องการทำลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายให้มีคาบของการแกว่งเป็น 2 วินาที ด้วยลูกตุ้มมวล 5 กก. จะต้องใช้เชือกยาวเท่าไร

- ก. 0.99 m ข. 3.1 m ค. 31 m ง. 99 m

7. ลูกตุ้มนาฬิกาในข้อใดต่อไปนี้เป็นแกว่งด้วยความถี่สูงสุด ถ้ากำหนดให้ มวลและความยาวของเชือกที่ใช้แขวนลูกตุ้มนาฬิกา

- ก. มวล 2 กิโลกรัม และความยาว 2 เมตร ข. มวล 0.05 กิโลกรัม และความยาว 2.5 เมตร
ค. มวล 1 กิโลกรัม และความยาว 1 เมตร ง. มวล 1 กิโลกรัม และความยาว 2.5 เมตร

8. ข้อใดถูกต้องที่สุดเกี่ยวกับการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกที่มีค่าคงที่

- ก. คาบของการแกว่งแปรผันตรงกับรากที่สองของความยาวของสายลูกตุ้ม
ข. ความถี่ของการแกว่งแปรผกผันกับรากที่สองของความยาวของสายลูกตุ้ม
ค. คาบของการแกว่ง แปรผกผันกับรากที่สองของความยาวของสายลูกตุ้ม
ง. ถูกทั้ง ก และ ข

9. แกว่งลูกตุ้มโดยจับลูกตุ้มเอียงทำมุม 30 องศา กับแนวตั้ง เมื่อแกว่ง 20 รอบใช้เวลาในการแกว่ง 30 วินาที ผลเปรียบเทียบ คาบต่อความถี่ มีค่าดังนี้

- ก. 1:1 ข. 9:4 ค. 4:9 ง. 16:81

10. ลูกตุ้มมวล m แขวนไว้กับเชือกเบา มีความถี่ของการแกว่งที่มุมน้อยๆ เท่ากับ f_1 Hz ถ้าใช้เชือกที่มีความยาวเป็น 4 เท่าของเชือกเส้นเดิม ลูกตุ้มจะมีความถี่ของการแกว่งเป็นกี่เท่าของ f_1

- ก. $\frac{1}{4}$ ข. $\frac{1}{2}$ ค. 2 ง. 1

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน - หลังเรียน)

เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

ข้อที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	ง	ค
2	ค	ก
3	ค	ก
4	ง	ก
5	ง	ข
6	ก	ก
7	ข	ค
8	ก	ง
9	ก	ค
10	ข	ค

ภาคผนวก ข
แผนการจัดการเรียนรู้และ กิจกรรมการทดลอง
คำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชาฟิสิกส์

รหัสวิชา ว40101

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551

สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ หน่วยที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

จำนวน 4.00 ชั่วโมง

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการ

สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 ดำรงตรวจสอบและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

แบบวงกลม แบบโพรเจกไทล์ รวมทั้งการนำมาใช้ประโยชน์

ผู้สอน นายอรรถกร ภูพวง

1. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

- 1) ทำการทดลองและหาความสัมพันธ์ระหว่างคาบของการแกว่งกับความยาวของสายลูกตุ้ม

- 2) วิเคราะห์จากสถานการณ์เมื่อความยาวเชือกต่างกัน เมื่อปล่อยให้เคลื่อนที่แบบลูกตุ้ม

นาฬิกามีผลต่อการคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

- 3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาที่กำลังสองกับความยาวเชือก

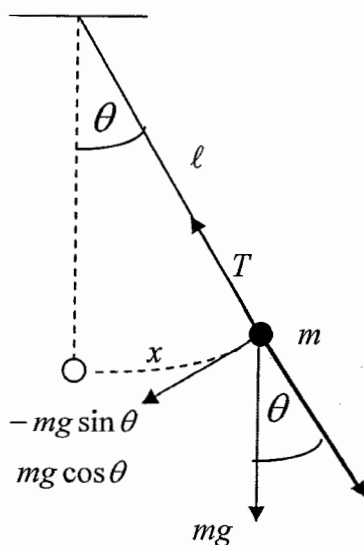
เพื่อคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

2. ឥរិយាបថ

ทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย (simple pendulum)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 122 - 123) การแกว่งของ ลูกตุ้มอย่างง่ายลูกตุ้มประกอบด้วยมวลขนาดเล็ก ตามอุดมคติเป็นจุดแขวนที่ปลายด้ายหรือเชือก อ่อน โดยธรรมชาติวัตถุแขวนห้อยในแนวตั้งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อดึงวัตถุเอียงทำมุมเล็ก ๆ กับแนวตั้งแล้วปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่แกว่งกลับไปกลับมา ซึ่งจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแสดงได้ค่อนข้างง่าย ดังภาพที่ 2.3

ถ้าแกว่งลูกตุ้มมวล m ผูกด้วยเชือก ความยาว l เอียงเป็นมุม θ เปรียบเทียบกับแนวตั้งลูกตุ้มมวล m จะมีแรงสองแรงกระทำต่อมวล m คือน้ำหนักของลูกตุ้ม mg และแรงดึงในเส้นเชือก T ซึ่งทำมุม θ เปรียบเทียบกับแนวตั้ง สองแรงนี้รวมกันได้แรงลัพธ์เป็น $mg \sin \theta$ ตามแนวเส้นสัมผัสซึ่งตั้งฉากกับเส้นเชือก



$$\sin \theta \approx \theta \approx \frac{x}{l}$$

ขณะที่เส้นเชือกเอียงทำมุมกับแนวตั้งมีแรงกระทำเข้าหาจุดสมดุล

เนื่องจากแรง mg สามารถคิดแยกออกเป็น 2 แรง ในแนวตั้งฉากกัน ดังรูป จะเห็นว่า $mg \sin \theta$ เป็นแรงที่ดึงมวล m กลับสู่ตำแหน่งสมดุล ให้แรงนี้เป็นแรง F ขณะที่ $mg \cos \theta$ มีขนาดเท่ากับ T ทำให้เชือกตึงยาวเท่าเดิม เมื่อคำนึงถึงทิศด้วย แรงลัพธ์ F คือ $F = -mg \sin \theta$

ถ้ามุม θ เป็นมุมเล็กๆ $\sin \theta \approx \theta = \frac{x}{l}$ การเคลื่อนที่โค้งประมาณได้ว่าเป็นเส้นตรง คือ การกระจัด x จะได้

$$F = -mg \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F = -mg \frac{x}{l} \quad \dots\dots\dots (2)$$

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน $F = ma$ จะได้

$$-\frac{mg}{l}x = ma \quad \text{หรือ} \quad a = -\frac{g}{l}x$$

จะเห็นว่า ความเร่งของลูกตุ้มแปรผันตรงกับการกระจัด และมีทิศตรงข้ามการแกว่งของลูกตุ้มจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วย เนื่องจากอัตราเร่งของการแกว่ง $a = -\omega^2 x$

$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

จาก $\omega = 2\pi f$ จะได้ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

หรือ $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ (3)

สมการที่ (3) เป็นความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ครบหนึ่งรอบ หรือ คาบ (T) กับความยาว (ℓ) ของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

อาจนับว่าเป็นสมการที่ทำนายคาบการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายจากที่ได้วิเคราะห์ มาตามหลักของการเคลื่อนที่ที่ต้องเป็นไปตามกฎของนิวตัน คาบการแกว่ง อย่างไรก็ตาม เมื่อ θ เป็นมุมโต $\theta > 5^\circ$ (Young and Freedman, 1996)

$$ma = -mg \sin \theta \quad \text{..... (4)}$$

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = -mg \sin \theta \quad \text{..... (5)}$$

เมื่อ $s = \ell \theta$ จะได้ว่า

$$m\ell \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -mg \sin \theta$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \sin \theta \quad \text{..... (6)}$$

เมื่อ $\frac{d\theta}{dt} = u$ จะได้

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = \frac{du}{dt} = \frac{du}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = u \frac{du}{d\theta}$$

และแทนค่าในสมการที่ (6)

$$u \frac{du}{d\theta} = -\frac{g}{l} \sin \theta \quad \dots\dots\dots (7)$$

อินทิเกรตทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{u^2}{2} = \frac{g}{l} \cos \theta + c$$

เมื่อ $\theta = \theta_o$, $u = 0$ ดังนั้น $c = -(g/l)\cos\theta_o$ สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$u^2 = (2g/l)(\cos\theta - \cos\theta_o)$$

หรือ $\frac{d\theta}{dt} = \pm \sqrt{(2g/l)(\cos\theta - \cos\theta_o)} \quad \dots\dots\dots (8)$

เมื่อ $\theta = \theta_o$ ถึง $\theta = 0$ แทนค่าในสมการที่ (8) จะได้

$$\frac{d\theta}{dt} = -\sqrt{(2g/l)(\cos\theta - \cos\theta_o)}$$

อินทิเกรตทั้ง 2 ข้าง

$$t = -\sqrt{\frac{l}{2g}} \int \frac{d\theta}{\sqrt{\cos\theta - \cos\theta_o}}$$

เมื่อ $t = 0$ ที่ $\theta = \theta_o$ และ $t = T/4$ ที่ $\theta = 0$ จะได้คาบการแกว่ง คือ

$$T = 4\sqrt{\frac{l}{2g}} \int_0^{\theta_o} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos\theta - \cos\theta_o}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ทำให้อยู่ในรูปตรีโกณมิติ เมื่อ $\cos\theta = 2\sin^2(\theta/2) - 1$ แทนค่า θ ด้วย θ_o , (9) สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$T = 2\sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\theta_o} \frac{d\theta}{\sqrt{\sin^2(\theta_o/2) - \sin^2(\theta/2)}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{เมื่อ } \sin(\theta/2) = \sin(\theta_o/2)\sin\phi \dots\dots\dots (11)$$

เขียนในรูปอนุพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{1}{2} \cos(\theta/2) d\theta = \sin(\theta_o/2) \cos\phi d\phi$$

$$\text{เมื่อ } k = \sin \frac{\theta_o}{2}$$

$$d\theta = \frac{2 \sin(\theta_o/2) \cos\phi d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}}$$

จากสมการที่ (11) จะเห็นได้ว่า $\theta = 0, \phi = 0$ และ $\theta = \theta_o, \phi = \frac{\pi}{2}$

นั่นคือสมการของคาบจะได้ดังนี้

$$T = 4\sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}} \dots\dots\dots (12)$$

$$= 4\sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{2} k^2 \sin^2 \phi + \frac{1.3}{2.4} k^4 \sin^4 \phi + \dots \right\} d\phi$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 k^2 + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 k^4 + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 k^6 + \dots \right\}$$

จะได้
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta_o}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta_o}{2} + \dots \right) \dots\dots\dots (13)$$

สมการที่ (13) เป็นความสัมพันธ์ของคาบและมุมของการแกว่ง เมื่อมุม θ มีค่ามากกว่า 5 องศา (Murray r. Spiegel, 1967)

ถ้ามุม θ มีค่าน้อยกว่า 5 องศา

หรือ
$$\frac{5\pi}{180} = 0.087266 \text{ เรเดียน}$$

แล้วค่าของ $\sin^2 \frac{\theta}{2} \Rightarrow 0$

พจน์มากกว่ากำลังสองสามารถตัดทิ้งไปได้

สรุปได้ว่าเมื่อมุมมีค่าน้อย ๆ ไม่เกิน 5 องศา เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง T^2 กับ ℓ ค่าความชันที่ได้จากการทดลองมีค่า

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

ดังนั้น
$$g = \frac{4\pi^2}{slope}$$

เมื่อมุมมีค่ามากขึ้นจนทำให้การแกว่งไม่เป็น SHM แล้ว คาบของการแกว่งจะมีค่าดังสมการที่ (13)

เมื่อเพิ่มมวลพบว่าคาบการแกว่งไม่ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ เนื่องจาก ℓ และ g คงที่

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (40 นาที)

1.1 ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย แล้วสาธิตการแกว่งลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายให้นักเรียนดู พร้อมตั้งคำถามให้นักเรียนร่วมกันคิดเพื่อตอบคำถามของครู

คำถามข้อที่ 1 เมื่อเพิ่มมวลมากยิ่งขึ้นความยาวคงที่ม้วนน้อย ๆ มีผลต่อเวลาในการแกว่งครบรอบหรือไม่อย่างไร

คำถามข้อที่ 2 เมื่อความยาวเชือกต่างกัน มวลคงที่ ม้วนน้อย ๆ เวลาที่ใช้ในการแกว่งครบรอบมีค่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (กำหนดสถานการณ์เพิ่มเติมเมื่อแกว่งหลาย ๆ รอบ)

คำถามข้อที่ 3 เมื่อเพิ่มมุมขึ้นเรื่อย ๆ มวลคงที่ ความยาวคงที่ มีผลต่อคาบการแกว่งหรือไม่ อย่างไร

1.2 นักเรียนระดมความคิดกลุ่มอภิปรายข้อซักถาม บันทึกความคิดเห็นกลุ่มลงในใบงานที่ (ข้อที่ 1 และ 2)

1.3 ครูใช้แบบทดสอบคู่ขนานวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ทดสอบเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา จำนวน 10 ข้อ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (60 นาที)

2.1 ครูเตรียมกิจกรรมการทดลองให้กับเด็กเพื่อให้ทันเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

2.2 ก่อนทำการทดลองครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจในตำแหน่งการเคลื่อนที่ครบรอบการใช้นาฬิกาจับเวลา มุมที่มีค่าน้อยไม่เกิน 5 องศา และเรื่องการพล็อตกราฟ

2.3 นักเรียนศึกษาใบกิจกรรมการทดลองในทฤษฎี เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา โดยศึกษากราฟที่ใช้ในกิจกรรมตอนที่ 1 ตอนที่ 2 และสมการการคำนวณหาคาบเวลาในการแกว่งครบรอบ ความถี่ แล้วสรุปสาระสำคัญ บันทึกลงในสมุดจด

2.5 แบ่งนักเรียน ออกเป็น 6 กลุ่ม ให้ศึกษาใบงานการทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

2.6 ทำการทดลองโดยแยกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เมื่อเพิ่มมวลมากยิ่งขึ้นความยาวคงที่มุมน้อย ๆ ไม่เกิน 5 องศา

ตอนที่ 2 เมื่อความยาวเชือกต่างกัน มวลคงที่ มุมน้อย ๆ

ตอนที่ 3 เมื่อเพิ่มมุมขึ้นเรื่อย ๆ มวลคงที่ ความยาวคงที่

ใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ โดยให้นักเรียนออกแบบการทดลองเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็น เพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้การสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนทำการทดลองเพิ่มมวลทีละน้อย ๆ เปลี่ยนค่าความยาวเชือก และเปลี่ยนมุม โดยการระดมความคิดแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม

2.7 บันทึกผลการทดลองในตารางที่นักเรียนออกแบบเอง

2.8 นำค่า มวลและคาบการแกว่งไปเขียนกราฟ ของตอนที่ 1 และนำค่าความยาวเชือกและคาบกำลังสองไปเขียนกราฟ ของตอนที่ 2

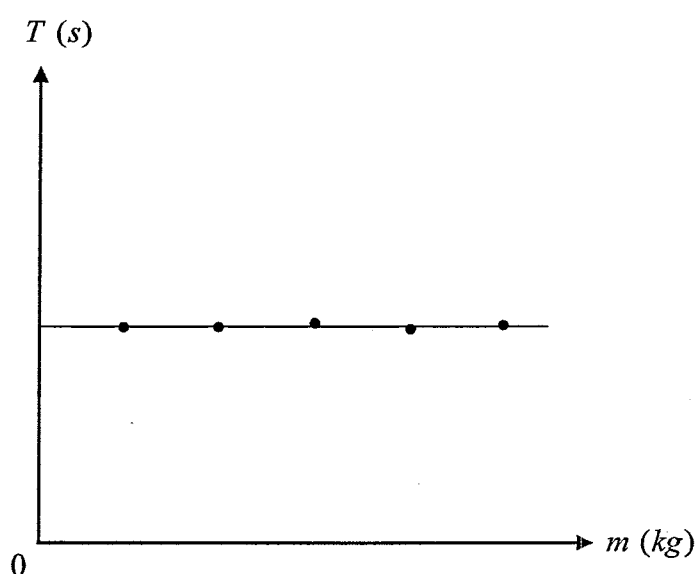
2.9 คำนวณความชันจากกราฟ และหาค่าความเร่ง (g) เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงจากค่าที่ยอมรับกัน โดยทั่วไปคือ ค่า $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ความแตกต่าง} = \frac{[(\text{ผลการทดลองที่ได้} - \text{ค่าที่ยอมรับ}) / \text{ค่าที่ยอมรับ}] \times 100}{}$$

3. ขั้วอธิบายและลงข้อสรุป (40 นาที)

ตอนที่ 1 เมื่อกำหนดความยาวคงที่ มุมคงที่น้อย ๆ ไม่เกิน 5 องศา มวลเพิ่มขึ้นได้

ข้อมูลดังกราฟ



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ m

3.1 ครูอธิบายจนสรุปได้ว่า T ไม่ขึ้นกับมวล เมื่อ ℓ คงที่แล้วไม่ว่ามวลจะเป็นเท่าไร T มีค่าคงที่

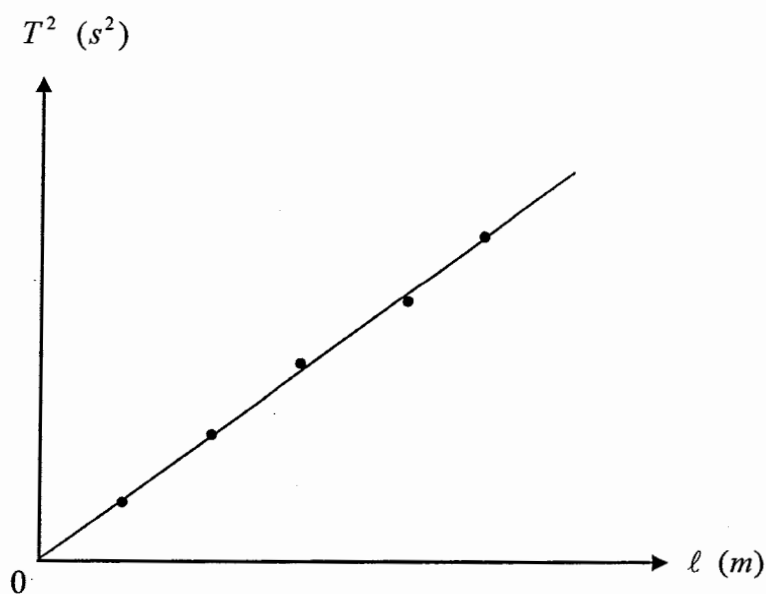
3.2 ครูอธิบายสมการจากกราฟระหว่าง คาบการแกว่งยกกำลังสอง (T^2) กับความยาวเชือก (ℓ)

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

ดังนั้น

$$g = \frac{4\pi^2}{\text{slope}}$$

การลากเส้นตรงผ่านจุดตัดของกราฟต้องให้ผ่านได้มากทุกจุดค่าความชันที่หาได้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากกราฟ



กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง T^2 กับ ℓ แสดงว่า $T^2 \propto \ell$

3.3 ครูและนักเรียนหาข้อสรุปค่าของความยาวเชือกและจำนวนรอบที่พอดีในการนำปาคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

3.4 การเคลื่อนที่ที่ครบรอบสามารถคำนวณหาค่าความถี่ที่ใช้ในการแกว่ง และอัตราเร็วเชิงมุมได้ โดยเน้นว่า

$$3.4.1 \text{ อัตราเร็วเชิงมุม สามารถอธิบายได้จากความสัมพันธ์ } \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

3.4.2 เมื่อใช้ความยาวเชือกต่างกัน นำค่าความชันจากกราฟ (ช่วงต่าง ๆ) ไปคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าคงที่เสมอ

3.5 นักเรียนสรุปสาระสำคัญลงในสมุดจด

4. ขั้นขยายความรู้ (50 นาที)

4.1 ครูยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาที่พบเห็นในชีวิตประจำวันพร้อมกับอธิบายสมการเรื่อง Physical Pendulum เป็นการทดลองหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และใช้หลักการหาแบบเดียวกัน กับการเคลื่อนที่แบบ Simple Pendulum

4.2 ครูตั้งคำถาม หากนำมวลไปแกว่งบนดวงจันทร์ คาบการแกว่งจะเป็นอย่างไร

4.3 สุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถาม

4.4 นักเรียนสนทนาซักถามครู ในประเด็นที่เป็นข้อสงสัยต่าง ๆ

4.5 นักเรียนร่วมกันสืบค้น แก้ปัญหา ในใบงานที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

5. ขั้นประเมินผล (50 นาที)

5.1 ครูสอบถามนักเรียนด้วยประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ พร้อมเฉลยปัญหาของคำถามร่วมกันอีกครั้ง

5.2 ครูให้โจทย์บนกระดาน จำนวน 10 ข้อ ส่งในชั่วโมงถัดไป

5.3 ครูใช้แบบทดสอบคู่ขนานวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน ทดสอบเรื่องการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา จำนวน 10 ข้อ

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและสาระเพิ่มเติม

6.2 ชุดทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

6.3 กิจกรรมการทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย ใช้ศึกษาเป็นใบความรู้และคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง

7. การวัดและประเมินผล

- 7.1 วัดความเข้าใจของนักเรียน โดยดูจากการตอบคำถามของนักเรียนหลังกิจกรรม
- 7.2 แบบทดสอบคู่ขนานวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน - หลังเรียน
- 7.3 การอภิปรายในกลุ่มและการนำเสนอหน้าชั้นเรียน
- 7.4 วัดความมีส่วนร่วมของนักเรียน โดยดูจากการตั้งใจฟังครูบรรยาย และการพยายามตอบคำถามครู และมีความสนใจที่จะถามข้อสงสัย และการให้ความร่วมมือในการเรียน
- 7.5 ประเมินเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

8. เกณฑ์การประเมิน

- 8.1 ผ่านการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ได้ตั้งแต่ 50 % ขึ้นไป
- 8.2 ตอบคำถามในคำถามท้ายการทดลอง ถูกตั้งแต่ 3 ข้อขึ้นไป
- 8.3 ผ่านการประเมินการอภิปรายกลุ่ม ระดับดี ขึ้นไป
- 8.4 ผ่านการประเมินการมีส่วนร่วม ระดับดี ขึ้นไป

9. บันทึกหลังสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายอรรถกร ภูพวก)

ผู้สอน

10. ความคิดเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นายวิสันต์ คุณสุทธิ)

ผู้อำนวยการ โรงเรียนห้องแซงวิทยาคม

กิจกรรมการทดลอง

รายวิชาฟิสิกส์

รหัสวิชา ว40101

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย Simple pendulum จำนวน 2 ชั่วโมง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคำนวณหาค่าคาบเวลาที่ใช้ในการทดลองจากการแกว่งแบบลูกตุ้มนาฬิกา
2. เพื่อหาค่าความยาวที่เหมาะสมใช้เขียนกราฟระหว่าง คาบเวลา T^2 และ l สามารถหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ได้
3. บอกได้ว่าขนาดของมุมมีผลต่อการหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ได้
4. เพื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) จากการเพิ่มค่ามวลที่ละน้อย ๆ ได้

วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

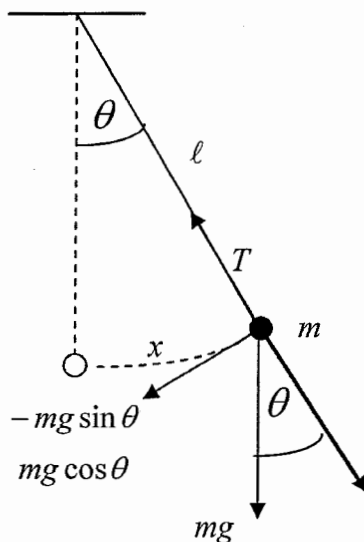
1. เชือกเบา
2. น็อตที่ใช้ในการทดลอง
3. นาฬิกาจับเวลา
4. ไม้เมตร
5. กระดาษกราฟ
6. ดินน้ำมัน

ทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย (simple pendulum)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 122 - 123) การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายลูกตุ้มประกอบด้วยมวลขนาดเล็ก ตามอุดมคติเป็นจุดแขวนที่ปลายด้ายหรือเชือกอ่อน โดยธรรมชาติวัตถุแขวนห้อยในแนวตั้งเป็นตำแหน่งสมดุล เมื่อดึงวัตถุเอียงทำมุมเล็กน้อยกับแนวตั้งแล้วปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่แกว่งกลับไปกลับมา ซึ่งจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแสดงได้อย่างง่าย ดังภาพที่ 2.3

ถ้าแกว่งลูกตุ้มมวล m ผูกด้วยเชือก ความยาว l เอียงเป็นมุม θ เรเดียนกับแนวตั้งลูกตุ้มมวล m จะมีแรงสองแรงกระทำต่อมวล m คือน้ำหนักของลูกตุ้ม mg และแรงดึงในเส้นเชือก T ซึ่ง

ทำมุม θ เรเดียนกับแนวตั้ง สองแรงนี้รวมกันได้แรงลัพธ์เป็น $mg \sin \theta$ ตามแนวเส้นสัมผัสซึ่งตั้งฉากกับเส้นเชือก



$$\sin \theta \approx \theta \approx \frac{x}{l}$$

ขณะที่เส้นเชือกเอียงทำมุมกับแนวตั้งมีแรงกระทำเข้าหาจุดสมดุล

เนื่องจากแรง mg สามารถคิดแยกออกเป็น 2 แรง ในแนวตั้งฉากกัน ดังรูป จะเห็นว่า $mg \sin \theta$ เป็นแรงที่ดึงมวล m กลับสู่ตำแหน่งสมดุล ให้แรงนี้เป็นแรง F ขณะที่ $mg \cos \theta$ มีขนาดเท่ากับ T ทำให้เชือกตึงยาวเท่าเดิม เมื่อคำนึงถึงทิศด้วย แรงลัพธ์ F คือ $F = -mg \sin \theta$

ถ้ามุม θ เป็นมุมเล็กๆ $\sin \theta \approx \theta = \frac{x}{l}$ การเคลื่อนที่โค้งประมาณได้ว่าเป็นเส้นตรง คือการกระจัด x จะได้

$$F = -mg \sin \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F = -mg \frac{x}{l} \quad \dots\dots\dots (2)$$

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน $F = ma$ จะได้

$$-\frac{mg}{l} x = ma \quad \text{หรือ} \quad a = -\frac{g}{l} x$$

จะเห็นว่า ความเร่งของลูกตุ้มแปรผันตรงกับการกระจัด และมีทิศตรงข้ามการแกว่งของลูกตุ้มจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วย เนื่องจากอัตราเร่งของการแกว่ง $a = -\omega^2 x$

$$\omega^2 = \frac{g}{\ell}$$

จาก $\omega = 2\pi f$ จะได้ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}}$

หรือ $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ (3)

สมการที่ (3) เป็นความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ครบหนึ่งรอบ หรือ คาบ (T) กับความยาว (ℓ) ของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย

อาจนับว่าเป็นสมการที่ทำนายคาบการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายจากที่ได้วิเคราะห์ มาตามหลักของการเคลื่อนที่ที่ต้องเป็นไปตามกฎของนิวตัน คาบการแกว่ง อย่างไรก็ตาม เมื่อ θ เป็นมุมโต $\theta > 5^\circ$ (Young and Freedman, 1996)

$$ma = -mg \sin \theta$$
 (4)

$$m \frac{d^2 s}{dt^2} = -mg \sin \theta$$
 (5)

เมื่อ $s = \ell \theta$ จะได้ว่า

$$m\ell \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -mg \sin \theta$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell} \sin \theta$$
 (6)

เมื่อ $\frac{d\theta}{dt} = u$ จะได้

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = \frac{du}{dt} = \frac{du}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = u \frac{du}{d\theta}$$

และแทนค่าในสมการที่ (6)

$$u \frac{du}{d\theta} = -\frac{g}{l} \sin \theta \quad \dots\dots\dots (7)$$

อินทิเกรตทั้ง 2 ข้าง

$$\frac{u^2}{2} = \frac{g}{l} \cos \theta + c$$

เมื่อ $\theta = \theta_o$, $u = 0$ ดังนั้น $c = -(g/l)\cos \theta_o$ สามารถเขียนสมการได้ว่า

$$u^2 = (2g/l)(\cos \theta - \cos \theta_o)$$

หรือ $\frac{d\theta}{dt} = \pm \sqrt{(2g/l)(\cos \theta - \cos \theta_o)} \quad \dots\dots\dots (8)$

เมื่อ $\theta = \theta_o$ ถึง $\theta = 0$ แทนค่าในสมการที่ (8) จะได้

$$\frac{d\theta}{dt} = -\sqrt{(2g/l)(\cos \theta - \cos \theta_o)}$$

อินทิเกรตทั้ง 2 ข้าง

$$t = -\sqrt{\frac{l}{2g}} \int \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_o}}$$

เมื่อ $t = 0$ ที่ $\theta = \theta_o$ และ $t = T/4$ ที่ $\theta = 0$ จะได้คาบการแกว่ง คือ

$$T = 4\sqrt{\frac{l}{2g}} \int_{\theta_o}^0 \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \theta_o}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ทำให้อยู่ในรูปตรีโกณมิติ เมื่อ $\cos \theta = 2\sin^2(\theta/2) - 1$ แทนค่า θ ด้วย θ_o , (9) สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$T = 2\sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\theta_o} \frac{d\theta}{\sqrt{\sin^2(\theta_o/2) - \sin^2(\theta/2)}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{เมื่อ } \sin(\theta/2) = \sin(\theta_o/2)\sin\phi \dots\dots\dots (11)$$

เขียนในรูปอนพัทธ์ได้ดังนี้

$$\frac{1}{2}\cos(\theta/2) d\theta = \sin(\theta_o/2)\cos\phi d\phi$$

$$\text{เมื่อ } k = \sin\frac{\theta_o}{2}$$

$$d\theta = \frac{2\sin(\theta_o/2) \cos\phi d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}}$$

จากสมการที่ (11) จะเห็นได้ว่า $\theta = 0, \phi = 0$ และ $\theta = \theta_o, \phi = \frac{\pi}{2}$
 นั่นคือสมการของคาบจะได้ดังนี้

$$T = 4\sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}} \dots\dots\dots (12)$$

$$= 4\sqrt{\frac{\ell}{g}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{2} k^2 \sin^2 \phi + \frac{1.3}{2.4} k^4 \sin^4 \phi + \dots \right\} d\phi$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 k^2 + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 k^4 + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 k^6 + \dots \right\}$$

$$\text{จะได้ } T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta_o}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\theta_o}{2} + \dots \right) \dots\dots\dots (13)$$

สมการที่ (13) เป็นความสัมพันธ์ของคาบและมุมของการแกว่ง เมื่อมุม θ มีค่ามากกว่า 5 องศา (Murray r. Spiegel, 1967)

ถ้ามุม θ มีค่าน้อยกว่า 5 องศา

$$\text{หรือ} \quad \frac{5\pi}{180} = 0.087266 \text{ เรเดียน}$$

$$\text{แล้วค่าของ} \quad \sin^2 \frac{\theta}{2} \Rightarrow 0$$

พจน์มากกว่ากำลังสองสามารถตัดทิ้งไปได้

สรุปได้ว่าเมื่อมุมมีค่าน้อย ๆ ไม่เกิน 5 องศา เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง T^2 กับ ℓ ค่าความชันที่ได้จากการทดลองมีค่า

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

$$\text{ดังนั้น} \quad g = \frac{4\pi^2}{\text{slope}}$$

เมื่อมุมมีค่ามากขึ้นจนทำให้การแกว่งไม่เป็น SHM แล้ว คาบของการแกว่งจะมีค่าดังสมการที่ (13)

เมื่อเพิ่มมวลพบว่าคาบการแกว่งไม่ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ เนื่องจาก ℓ และ g คงที่

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียน ออกแบบการทดลองจากกิจกรรมที่กำหนดให้
ให้ครบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ออกแบบการทดลอง
ปฏิบัติการทดลอง
2. เมื่อกำหนดสถานการณ์ ต่าง ๆ ดังนี้
 - ตอนที่ 1 เมื่อความยาวเชือกต่างกัน มวลคงที่ มุมน้อย ๆ (5 องศา)
 - ตอนที่ 2 เมื่อลูกตุ้มถูกแกว่งด้วยมุมเปลี่ยนไป ความยาวที่คงที่ มวลคงที่
 - ตอนที่ 3 เมื่อเพิ่มมวลขึ้นเรื่อย ๆ ความยาวที่คงที่ (มุมน้อย ๆ)
3. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง จากค่าที่ยอมรับกันโดยทั่วไปคือ ค่า $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ความแตกต่าง} = \frac{[(\text{ผลการทดลองที่ได้} - \text{ค่าที่ยอมรับ}) / \text{ค่าที่ยอมรับ}] \times 100\%}{}$$
4. นักเรียนบันทึกผลในตารางบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบเอง
5. สรุปผลการทดลอง / อภิปรายผลการทดลอง

ตารางที่เป็นมาตรฐานที่ได้จากความคิดรวบยอดจากกิจกรรมการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

ตอนที่ 1 ความยาวคงที่ มวลคงที่น้อย ๆ เพิ่มมวลทีละน้อย ๆ

มวล (kg)	เวลาครบรอบการแกว่ง 20 รอบ (วินาที)				T (s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	เฉลี่ย	

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

ตอนที่ 2 มวลคงที่ มุมคงที่ (ไม่เกิน 5 องศา) ความยาวที่เปลี่ยนไป

ความยาว เชือก (m)	เวลาครบรอบการแกว่ง 20 รอบ (วินาที)				T (s)	T ² (s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	เฉลี่ย		

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

ตอนที่ 3 มวลคงที่ ความยาวคงที่ มุมที่เปลี่ยนไป

มุม (องศา)	เวลาครบรอบการแกว่ง 20 รอบ (วินาที)				T (s)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	เฉลี่ย	

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง

ตอนที่ 1

1. เมื่อเพิ่มมวลคาบของการแกว่งเท่ากันทุกมุมหรือไม่ ความเร่ง g เทียบกับค่ามาตรฐานต่างกันหรือไม่

[illegible]

ตอนที่ 2

1. จงหาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังสองกับความยาวเชิงฉากจากกราฟที่ได้

[illegible]

2. จากกราฟระหว่างคาบกำลังสองกับความยาวเชือก

ความชัน มีค่า.....

แสดงการหาค่า g จากกราฟและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3

1. จากผลการทดลองคาบของการแกว่งเท่ากันทุกมุมหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้แสดงวิธีคำนวณค่า g กรณีแกว่งลูกตุ้มเป็นมุมโต 45 องศา และเปรียบเทียบกับค่า g กับค่ามาตรฐาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ก
แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ภายหลังการทดลอง
แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel Data Analysis

แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

เรื่อง การเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา รายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน รหัสวิชา ว40101

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย / ในช่องทางขวามือที่ตรงตามความรู้สึกที่เกิดขึ้นครั้งแรกหลังจากที่อ่านข้อความแต่ละข้อแล้ว

รายการ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นการทดลองลูกตุ้มนาฬิกา สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					
2. ฟิสิกส์เป็นวิชาที่น่าสนใจ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้					
3. นักฟิสิกส์ที่จะต้องเป็นผู้คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ					
4. กิจกรรมการทดลองช่วยสร้างความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น					
5. พัฒนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนฟิสิกส์พอใจอย่างยิ่ง					
6. วิทยาศาสตร์และสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหลายมีผลดีมากกว่าผลเสีย					
7. สื่อและการเตรียมการสอนของครูมีความพร้อม					
8. นักเรียนสนุกสนานกับการเรียนฟิสิกส์					
9. สร้างความสามัคคีในการทำงานเป็นกลุ่ม					
10. สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลองครั้งต่อไป					

ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

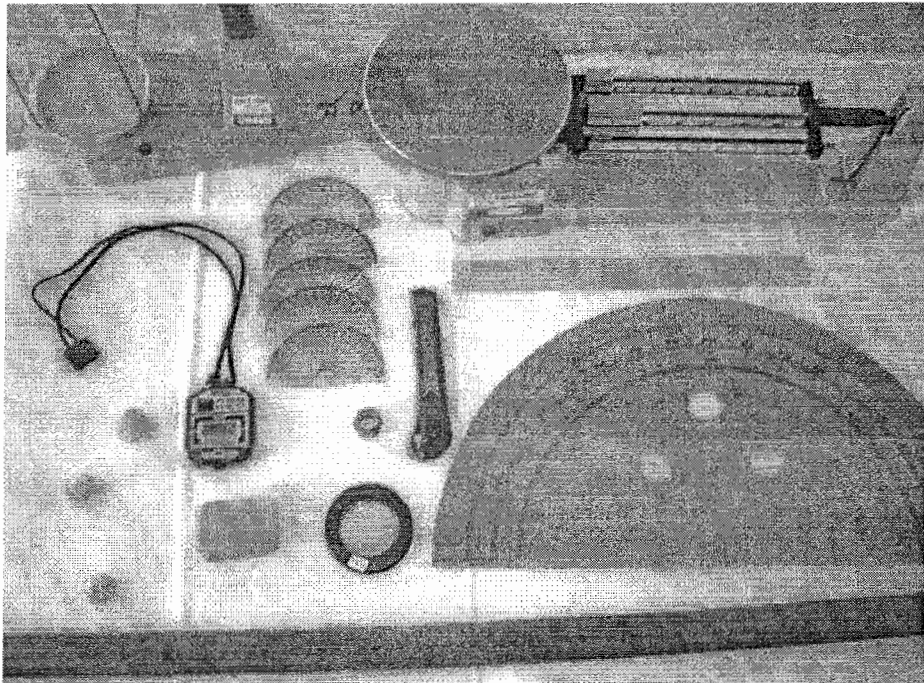
.....

.....

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม Excel Data Analysisl

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	3.766666667	6.766666667
Variance	0.874712644	1.495402299
Observations	30	30
Pearson Correlation	-0.169846158	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	29	
t Stat	-9.893179469	
P(T<=t) one-tail	4.208E-11	
t Critical one-tail	1.699127097	
P(T<=t) two-tail	8.416E-11	
t Critical two-tail	2.045230758	

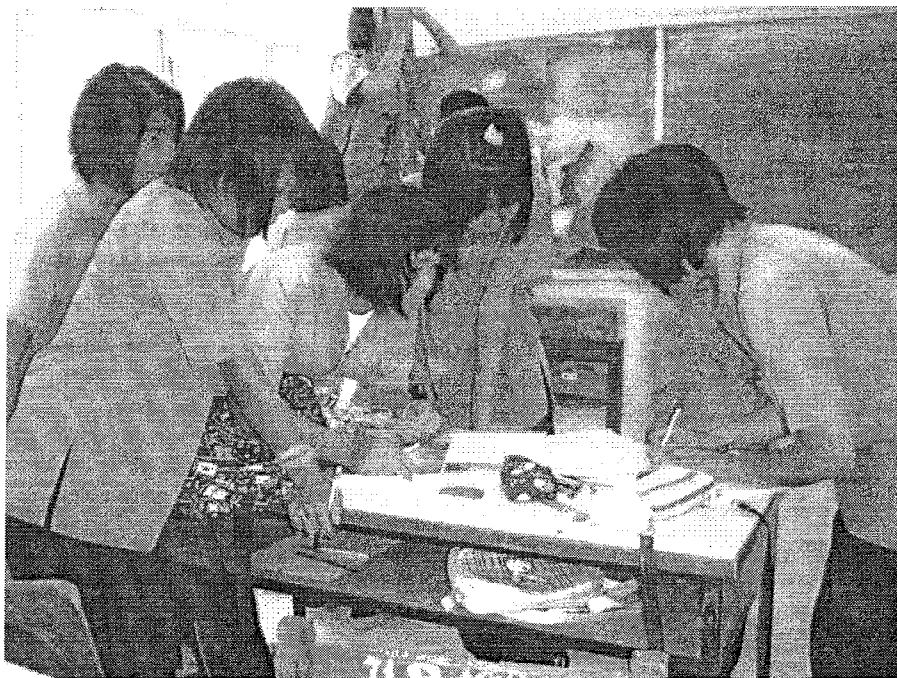
ภาคผนวก ง
ภาพวัสดุอุปกรณ์ และกิจกรรมการทดลอง



ภาพที่ ง.1 อุปกรณ์การทดลองการเคลื่อนที่แบบลูกตุ้มนาฬิกา



ภาพที่ ง.2 ชั่งมวลลูกตุ้มเมื่อมวลเปลี่ยนไป



ภาพที่ ง.3 ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง



ภาพที่ ง.4 ทดลองเมื่อกำหนดมวลคงที่ มุมคงที่น้อย ๆ 5 องศา ความยาวเปลี่ยนไป



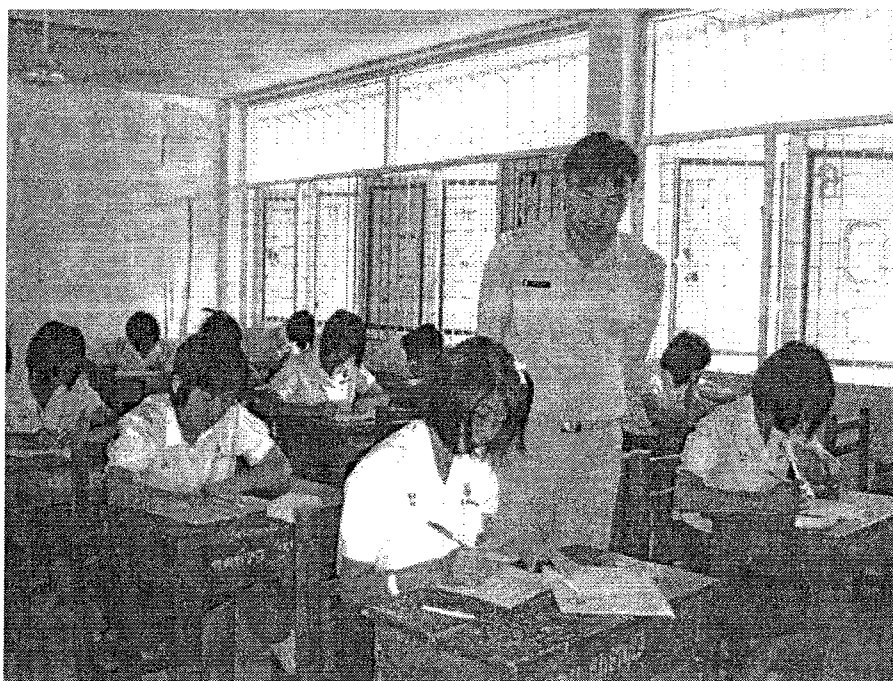
ภาพที่ ง.5 บันทึกผลการทดลอง เขียนกราฟเพื่อหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก



ภาพที่ ง.6 แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองก่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียน



ภาพที่ ง.7 การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1



ภาพที่ ง.8 การทดสอบก่อนเรียน (Post-test) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1