

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
วิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กันยายน 2556

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
วิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กันยายน 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
วิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กันยายน 2556

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย . ปรินทิพ
กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
อาจารย์ที่ปรึกษาปรินทิพกศ.ด.: รองศาสตราจารย์ ดร. สุนีย์ เหมะประสิทธิ์,
รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรศิริชัย, ดร. ประมวล ศิริพันธ์แก้ว,
ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถ
ในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) ศึกษาผลการ
ทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (R&D) โดยมีวิธีการ
ดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 2) การสร้างรูปแบบการเรียนการสอน
3) ทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน และ 4) การประเมินผลและปรับปรุง ในขั้นการทดลองใช้
รูปแบบการเรียนการสอน มีแบบแผนการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมและทดสอบก่อนและหลังการทดลอง
(Pretest-Posttest Control Group Design) มีกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่
เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมที่มีการสอนแบบปกติ
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบวัด
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้
ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples , One-
sample t test และ t-test for independent samples)

ผลการวิจัยพบว่า

1) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์
(PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบและมีความ
เหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P) ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E)
ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) และขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้มโนทัศน์
(Apply : A)

2) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการ
ทดลองในภาพรวมและรายด้านทุกด้านสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม และสูงกว่า
เกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในกลุ่มทดลอง 2 เมื่อเทียบกับ
เกณฑ์ที่กำหนด คะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านเชิงทฤษฎี และด้านเชิงความสัมพันธ์ แตกต่างกันอย่างไม่มี
นัยสำคัญทางสถิติ

3) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวมและรายด้าน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในด้านตรวจสอบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดพบว่า กลุ่มทดลอง 1 ในภาพรวม และรายด้านทุกด้าน ยกเว้นด้านตรวจสอบคำตอบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มทดลอง 2 พบว่าในภาพรวมและรายด้านทุกด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นด้านวิเคราะห์และวางแผนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลอง ในภาพรวมและรายด้านทุกด้านสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในด้านเนื้อหาที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 ซึ่งเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้

6) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้โน้ตค้นฟิสิกส์ ในภาพรวมและรายด้านทุกด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

7) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ในภาพรวม และรายด้านทุกด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในด้านตรวจสอบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL (PECA) WITH EMPHASIS ON
PHYSICS PROBLEMS SOLVING ABILITY OF
UPPER SECONDARY STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

September 2013

Krirk Saksuparb. (2013). *Development of an Instructional Model (PECA) with Emphasis on Physics Problems Solving Ability of Upper Secondary Students*.

Dissertation , Ed.D. (Science Education). Bangkok : Graduate school,

Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Sunee

Haemapasith, Assoc. Prof. Dr. Pongkaew Udomsamuthirun, Dr. Pramuan

Siripankaew , Dr.Theerapong Sangpradit.

The purposes of this research were to 1) develop the instructional model (PECA) with emphasis on physics problems solving ability of upper secondary students. 2) study the result of Instructional model (PECA) with emphasis on physics problems solving ability of upper secondary students . This research was R&D and had 4 processes as 1) studying basic information for developing instructional model 2) developing the instructional model 3) conducting a pilot study and 4) evaluating the instructional model. This study was based on pretest-posttest and the control group design was used to evaluate the effectiveness of the model. The samples were two classrooms of the grade 10 students. One classroom was serving as an experimental group taught with the teaching instructional model development whereas the other was serving as a control group taught with the traditional instruction. Research instrument consisted of the instructional plans, the concepts physics test , the physics problem solving test and the attitude toward physics test. Arithmetic mean, standard deviation and t-test were applied to analyze the results of the study.

The research results found that :

1) An instructional model (PECA) with emphasis on physics problems solving ability of upper secondary students had all components were which appropriate components for its quality in a high to highest level. The learning process consisted of 4 steps which were to prepare, to engage, to conceptualize and to apply.

2) The posttest score on physics concepts of the experimental group 1 and group 2 was higher than the pretest score, higher than the control group and the criteria in overall and individual aspects at the 0.01 of statistical significance except the score of theoretical concept and relational concept from the experimental group 2 was non-significantly difference.

3) The posttest score on physics problems solving ability of the experimental group 1 and group 2 was higher than the pretest score and higher than the control group in overall and individual aspects at the 0.01 level of statistical significance except the score of check the solution is non-significantly different. Besides, the criteria and the score of the experimental group1 are significantly difference at the 0.01 level in overall and individual aspect except in check the solution aspect and the score of the experimental group 2 was significantly difference at the 0.01 level in overall and individual aspect except the score of analytical and preparation aspect was non-significantly difference.

4) The posttest score on attitude towards physics of the experimental group 1 and group 2 was higher than of the pretest and higher than that control group in overall and individual aspects at the 0.01 level of statistical significance except in content aspect which is non-significantly difference. Besides the criteria and the score of the experimental group 1 and group 2 were significantly higher the criteria at the 0.01 level of statistical significance.

5) The experimental group taught through the instructional model (PECA) with emphasis on physics problems solving ability of upper secondary students had retention.

6) The retention score on physics concepts of the experimental group1 and group 2 was higher than the control group in overall and individual aspects at the 0.01 of statistical significance.

7) The retention score on physics problems solving ability of the experimental group1 and group 2 was higher than higher than the control group in overall and individual aspects at the 0.01 level of statistical significance except the score of check the solution is non-significantly different.

ปริญญาโท
เรื่อง
การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA)
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ของ
เกริก ศักดิ์สุภาพ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุซงวิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลักประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุนัย เหมะประสิทธิ์) (ดร. ประสงค์ เหมะพินิตกุล)

.....ที่ปรึกษาร่วมกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรทรัพย์) (รองศาสตราจารย์ ดร. สุนัย เหมะประสิทธิ์)

.....ที่ปรึกษาร่วมกรรมการ
(ดร. ประมวล ศิริผั่นแก้ว) (รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรทรัพย์)

.....ที่ปรึกษาร่วมกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชีรพงษ์ แสงประดิษฐ์) (ดร. ประมวล ศิริผั่นแก้ว)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

.....กรรมการ
(ว่าที่ร้อยตรี ดร. มนัส บุญประกอบ)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุณีย์ เหมะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์แก้ว อุดมสมุทรหิรัญ ดร.ประมวล ศิริพันธ์แก้ว และ ดร. ชีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเมตตา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัย ตลอดจน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ดร. ประสงค์ เมธีพินิตกุล และว่าที่ร้อยตรี ดร. มณัส บุญประกอบ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ทำให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและพัฒนาเครื่องมือในการวิจัยและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

กราบขอบพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบใจนักเรียนโรงเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนายสมควร ไช้แก้วที่ร่วมดำเนินการวิจัยมาด้วยกัน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและปรึกษาหารือร่วมกัน และขอขอบคุณเพื่อนๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้องทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดามารดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านดังที่กล่าวมา

เกริก ศักดิ์สุภาพ

สารบัญ

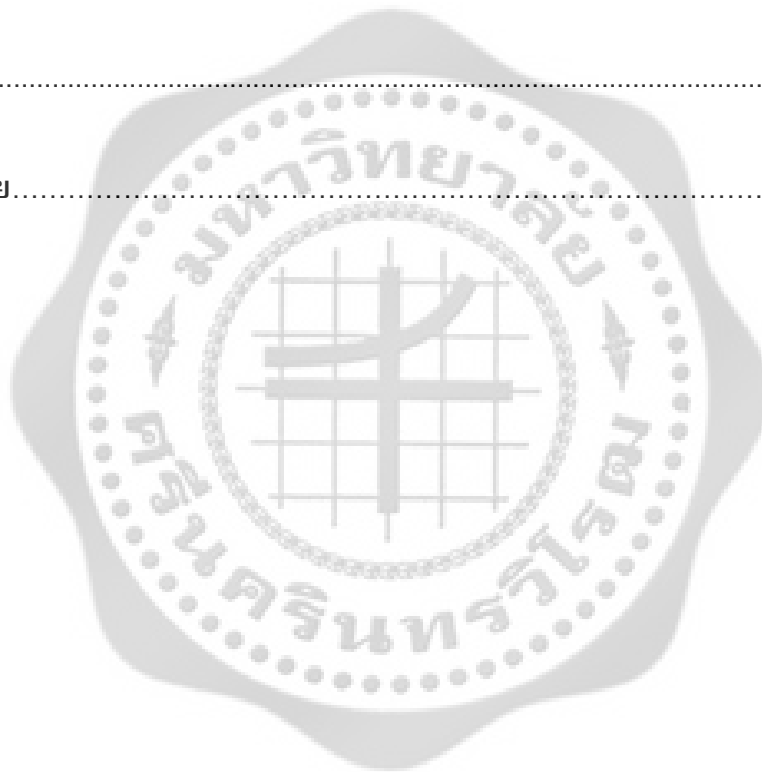
บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามของการวิจัย.....	4
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	11
กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	12
สมมติฐานการวิจัย.....	13
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์.....	15
ความหมายของมโนทัศน์.....	15
ประเภทของมโนทัศน์.....	16
แนวทางการวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์.....	17
แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์.....	19
ความหมายของปัญหา.....	19
การแก้ปัญหา.....	19
ประเภทของปัญหา.....	23
ขั้นตอนในการแก้ปัญหาฟิสิกส์.....	25
ความสามารถในการแก้ปัญหา.....	38
การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา.....	39
แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสมรรถนิยม.....	41
แนวทางการสอนตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม.....	41
แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	47
ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน.....	48
องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน.....	48

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	51
รูปแบบการสอนฟิสิกส์.....	53
เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์.....	78
ความหมายของเจตคติ.....	78
องค์ประกอบของเจตคติ.....	78
แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์.....	79
ความคงทนในการเรียนรู้.....	82
ความสำคัญของความคงทนในการเรียนรู้.....	82
การวัดความคงทนในการเรียนรู้.....	83
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย.....	83
3 วิธีดำเนินการวิจัย	88
การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	90
การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	91
การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน.....	102
การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน.....	108
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	109
ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน.....	114

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	138
สรุปผลการวิจัย.....	140
อภิปรายผลการวิจัย.....	142
ข้อเสนอแนะ.....	149
บรรณานุกรม.....	151
ภาคผนวก.....	165
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	246



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เกณฑ์ในการแบ่งประเภทของปัญหา.....	23
2 ประเภทของปัญหา.....	25
3 เปรียบเทียบและสรุปรูปแบบการแก้ปัญหา.....	33
4 สรุปการสังเคราะห์รูปแบบการแก้ปัญหา.....	34
5 สรุปองค์ประกอบรูปแบบการเรียนการสอน.....	50
6 ประเภทของคำถาม.....	56
7 สรุปการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	68
8 บทบาทครูและนักเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนการสอน.....	75
9 การกำหนดหัวข้อการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน.....	95
10 ค่าความเชื่อมั่น ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดที่ใช้ในงานวิจัย.....	102
11 แบบแผนการทดลอง	105
12 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	106
13 โครงสร้างรูปแบบการเรียนการสอน.....	109
14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละสมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	115
15 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละสมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	116
16 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละสมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด.....	117
17 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละสมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	118
18 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	120
19 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	122
20 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด.....	123

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
21 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	124
22 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	126
23 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง.....	128
24 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด.....	129
25 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง.....	130
26 ความคงทนในการเรียนรู้โน้ตศัณฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง หลังการทดลองและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์.....	132
27 ความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์.....	133
28 ความคงทนในการเรียนรู้โน้ตศัณฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	134
29 ความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	136
30 ผลการประเมินความเหมาะสมส่วนประกอบของโครงร่างรูปแบบการเรียนการสอนฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	224
31 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของส่วนประกอบของโครงร่างรูปแบบการเรียนการสอน ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	225
32 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	226
33 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์.....	230
34 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) แสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์.....	232
35 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) และอำนาจจำแนก (t) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์.....	233
36 ผลการสังเกตและข้อบันทึกของผู้วิจัยที่ได้ตรวจแบบฝึกหัดโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง1และกลุ่มทดลอง 2.....	235

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การสร้างแผนภาพฟิสิกส์.....	7
2 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
3 กรอบแนวคิดในการศึกษา.....	12
4 ความสัมพันธ์ของการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเจตคติ กระบวนการ และเนื้อหา.....	20
5 ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์.....	37
6 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้.....	64
7 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้จาก 5E เป็น 7E.....	65
8 ลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา.....	72
9 กระบวนการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน.....	73
10 หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่สนับสนุนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	74
11 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน.....	89
12 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	112

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สภาพการเรียนการสอนของไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ ซึ่งสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน) หรือ สทศ. ได้แสดงให้เห็นข้อจำกัด และปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยปัญหาหลักประกอบด้วย 1) ความขาดแคลนในหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ 2) ขาดทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้ผลคะแนนค่าเฉลี่ยของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ในแบบทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (O-net) ในปีการศึกษา 2553 และ 2554 มีค่าเท่ากับ 30.90 และ 27.90 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ตามลำดับ ส่วนแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในปี พ.ศ. 2555 (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS 2011) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ในภาพรวมของประเทศไทย โดยจำแนกคะแนนในด้าน เนื้อหาวิชา (Content Domain) และพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) มีผลคะแนนอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ โดยมีคะแนนวิชาชีววิทยา 460 คะแนน เคมี 436 คะแนน ฟิสิกส์ 430 คะแนนจากคะแนนเต็ม 1000 คะแนน (สทศ. 2555: 20) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ฟิสิกส์มีคะแนนรวมต่ำกว่าวิชาอื่นๆ สอดคล้องกับการจัดอันดับการเปรียบเทียบสมรรถนะของ ประเทศไทยกับนานาชาติ โดยใช้ดัชนีของสถาบันเพื่อพัฒนาการจัดการหรือ International Institute for Management Development (IMD) ในปีการศึกษา 2553 จัดอันดับประเทศต่างๆ ทั่วโลก 58 ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 26 หากเปรียบเทียบกับประเทศในภูมิภาคเอเชีย 11 ประเทศ ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ต่ำกว่าประเทศอื่นๆ ถึง 6 ประเทศ โดยเฉพาะโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จัดว่าเป็นจุดอ่อนก็ว่าได้ เพราะทำให้ปัจจัยโครงสร้างพื้นฐานโดยรวมของประเทศ อยู่ในอันดับที่ 46 ตกลงมาจากปี พ.ศ. 2552 ถึง 4 อันดับ ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในอันดับที่ 40 เมื่อเปรียบเทียบแล้วอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก อีกทั้งผลการสำรวจของ IMD ยังพบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จัดอยู่ในอันดับที่ 32 (สำนักงานเลขาธิการศึกษา. 2553: ออนไลน์)

วิชาฟิสิกส์ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่างๆ (Constant. 1967 อ้างอิงจาก มนต์ชัย สิทธิจันทร์. 2547: 1) และในระบบการศึกษาในประเทศไทยได้บรรจุวิชาฟิสิกส์ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสาระหนึ่งใน 8 สาระการเรียนรู้ ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักการ กฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ สามารถนำหลักการทางฟิสิกส์ไปแก้ปัญหาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ แต่สภาพการเรียนการสอนรายวิชา

ฟิสิกส์ ในโรงเรียนส่วนใหญ่ยังคงสอนในรูปแบบการสอนตามตำราที่เน้นการท่องจำ ผู้สอนไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ปฏิบัติการทางความคิดขั้นสูง และผู้สอนยังมีลักษณะเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนการสอน จึงทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ ซึ่งสอดคล้องกับอัสวรัฐ นามะกันคำ(2550: 1) ที่กล่าวถึงการสอนฟิสิกส์ของครูผู้สอนยังมีลักษณะเป็นศูนย์กลาง เน้นการบอกความรู้ การใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นให้จดจำสมการและนำไปใช้ จึงทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ นอกจากนี้ แม็กเดอมอด (McDermott. 1990: 734) กล่าวว่า วิธีการสอนแบบบอกความรู้แก่นักเรียนนี้ เป็นวิธีการสอนที่ไม่ได้ผลสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ สอดคล้องกับสุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ(2545: 123) การสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจทฤษฎีปรากฏการณ์ต่างๆ และไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาแบบประยุกต์ได้ นอกจากนี้ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ผู้เรียนจะต้องต้องอาศัยกระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอนจึงจะสามารถแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้ นักการศึกษามีความเชื่อว่า การคิดเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นและเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาขั้นสูง ซึ่งเป็นสิ่งที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อนักเรียนในการนำไปใช้ในการจัดการปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องเผชิญในชีวิตประจำวัน (Tsui. 2002: 740) และการคิดยังเป็นกลไกสำคัญที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในอนาคตที่ต้องส่งเสริมให้เกิดขึ้นในเด็กไทย เป็นกระบวนการทางสมองของมนุษย์ที่มีศักยภาพสูงมาก และเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มนุษย์แตกต่างไปจากสัตว์อื่นๆ (กรมวิชาการ. 2542: 1; ทิศนา ขัมมณี และคนอื่นๆ. 2544: 5) นอกจากนี้ยังพบประเด็นเรื่องความยากในวิชาฟิสิกส์ที่มาจาก การแก้ปัญหาโจทย์ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่แสดงปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ การนำนิยามหลักการ กฎ และทฤษฎีมาใช้ อีกทั้งยังพบว่านักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง และไม่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องเพียงพอ(สมศักดิ์ โสภณพินิจ.2543:41) ซึ่งสอดคล้องกับบริติช (Redish. 2003: 135) ที่ได้กล่าวถึงว่า ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ต้องมีการอาศัยความสามารถในการแปลความโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร พิจารณา สมการต่างๆทางฟิสิกส์และทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์ต่ำลง จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ของประเทศไทยยังคงเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข

นักฟิสิกส์ศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่าการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เพื่อที่จะขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ไปสู่ผลสำเร็จ (Metallidou. 2009: 76-82) ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นได้มีนักวิจัยทางสาขาฟิสิกส์ และในสาขาอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้คิดค้นและพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา (Newell; & Simon. 1972; Cummings; & Curtis. 1992; Foshay. 1998 : 255-268) ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาที่ดี นักเรียนต้องมีกระบวนการขั้นตอนที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจต่อการแก้ปัญหาและมีการกระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่างๆได้ ซึ่งในระยะเวลา 40 ปี ที่ผ่านมานั้นตอนใน

การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้นั้นนักวิชาการทำการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Gök, T; & Silay, İ. 2010: 8) โดยส่วนใหญ่ได้พิจารณากลยุทธ์ เทคนิค กระบวนการแก้ปัญหาย่อยบนพื้นฐานของนักการศึกษาที่สำคัญอย่างโพลยา(Polya. 1957: 6-19) ได้เสนอขั้นตอนเทคนิคขั้นตอนของการคิดแก้ปัญหามาไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) 2. การวางแผนในการแก้ปัญหา (Devising a Plan) 3. การลงมือทำตามแผน (Carrying Out the Plan) และ 4. การตรวจสอบวิธีการและคำตอบ (Looking Back) ซึ่งพบว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังกล่าวสามารถช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาคำนวณได้ สอดคล้องกับ โปรโตเลสและโรเปส(Portoles & Lopez. 2008: 106) ที่กล่าวสรุปไว้ว่า ปัจจัย 2 ประการที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือ นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา จากแนวคิดดังกล่าวนำไปสู่คำถามว่า ทำอย่างไรนักเรียนจึงจะมีความรู้ความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้

จากการศึกษาเอกสารต่างๆเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ รูปแบบการเรียนการสอนที่จะสามารถทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนได้ต้องเป็นลักษณะที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากที่สุด สามารถทำให้ผู้เรียนรู้สึกได้ว่าสิ่งที่เรียนไม่ใช่เรื่องไกลตัว ต้องทำให้การเรียนรู้นี้เกิดขึ้นที่ตัวผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการสืบค้นเสาะหา ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ โดยนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น มิใช่เรียนอย่างโดดเดี่ยว และครูผู้สอนต้องเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยการเรียนการสอน คือ เป็นผู้จัดประสบการณ์ และเตรียมสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนใช้เป็นแนวทางในการสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีสรคินิยม (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. 2541: 8; พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2542: 41; กรมวิชาการ. 2546: 218) และจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนพบว่าแนวคิดทฤษฎีสรคินิยม และแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ ที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยเป็นผู้ลงมือกระทำถามคำถามรวบรวมข้อมูลจากวัตถุและเหตุการณ์ วิเคราะห์ข้อมูล ลงข้อสรุปจากข้อมูล สร้างความรู้จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติได้ ตรวจสอบคำอธิบายที่สร้างขึ้นได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันหลาย ๆ วิธีและสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนเองได้ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนลักษณะนี้ ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสืบสวนสอบสวนมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนกับครูและกับเพื่อนนักเรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้จากการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ได้รับจากการเรียนในชั้นเรียนกับความรู้ทางฟิสิกส์ที่ได้จากแหล่งการเรียนรู้อื่น ๆ เข้าด้วยกันได้ (National Research Council. 1996: 20)

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการพัฒนารูปแบบ การเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายโดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำแนวคิดพื้นฐานของ รูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย แนวคิดทฤษฎีสรคณิยม และ แนวคิดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรการเรียนรู้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมุ่งเน้น ศึกษากระบวนการเรียนรู้และผลผลิตจากการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนการสอน ที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เพื่อมุ่งให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น ได้เกิดการ พัฒนาความรู้ สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง สามารถแก้ปัญหาใน สถานการณ์ต่างๆได้ อีกทั้งมีความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์

คำถามของการวิจัย

1. รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (PECA) ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะส่งผลต่อนักเรียนในด้าน มโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์และความคงทนในการเรียนรู้ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในด้าน
 - 2.1 มโนทัศน์ฟิสิกส์
 - 2.2 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
 - 2.3 เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
 - 2.4 ความคงทนในการเรียนรู้

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (PECA)สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ส่งเสริมการสร้างมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ การแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
3. ทำให้ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการ เรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในหัวข้ออื่นๆได้ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 1 ห้องเรียน ที่ใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

กลุ่มตัวอย่าง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง จำนวน 1 ห้องเรียน ที่ใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

กลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน

กลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 มัธยมวัดธาตุทอง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ตัวแปรตาม คือ ผลของการเรียนรู้ของนักเรียน ในด้าน
 - 2.1 มโนทัศน์ฟิสิกส์
 - 2.2 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
 - 2.3 เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
 - 2.4 ความคงทนในการเรียนรู้

เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ รายวิชา ฟิสิกส์ (เพิ่มเติม) เรื่อง สมดุลกล งาน และพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการเรียนการสอนที่เห็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชา

ฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอนที่ประกอบด้วย แนวคิด ทฤษฎีสมรรถนิยม และแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมอย่างเป็นขั้นตอนในชั้นเรียน โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนคอยกระตุ้น สร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน ซึ่งกระบวนการเรียนการสอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P)

เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนทบทวนความรู้เดิมในเรื่องที่ผ่านมา หรือความรู้เดิมที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียน โดยใช้วิธีการ ตั้งคำถาม หรือทดสอบย่อย และให้นักเรียนร่วมกัน แสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อม และเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอน พร้อมทั้งชี้แจงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละครั้งในเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E)

เป็นขั้นตอนการจูงใจและท้าทายให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น อยากเรียนรู้ โดยผู้สอนจัดหาสื่อการสอน หรือกิจกรรม การสาธิตที่น่าสนใจ ตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่เรียน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C)

เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างมโนทัศน์

ผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมนำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองด้วยการลงมือปฏิบัติ โดยครูผู้สอนอำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ และเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้นักเรียน และหลังกิจกรรม ในแต่ละกลุ่มย่อยร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

3.2 ขั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์

ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อค้นพบมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง

3.3 ขั้นกระจำมโนทัศน์

ครูผู้สอนอธิบายกฎ นิยาม และหลักการเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนในชั้นเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A)

เป็นขั้นตอนที่นำมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้ โดยผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน : เป็นขั้นอ่านเพื่อทำความเข้าใจ คิด

วิเคราะห์โจทย์เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยพิจารณาจาก คำสำคัญทางฟิสิกส์ การเขียนแผนภาพที่ระบุตัวแปรทางฟิสิกส์ และวางแผนเพื่อเลือกมโนทัศน์ ทฤษฎี หลักการ สูตรต่างๆทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาในขั้นถัดไป โดยสามารถทำได้ดังนี้

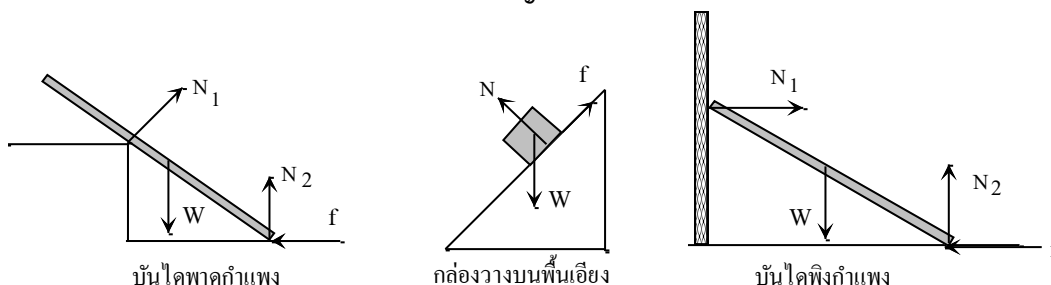
1.1 ค้นหาคำสำคัญ ชีตเส้นได้คำสำคัญทางฟิสิกส์ ส่วนที่โจทย์ต้องการทราบ ส่วนที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมแทนคำสำคัญนั้นด้วย สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ตัวอย่างคำสำคัญที่อาจจะพบในโจทย์ เช่น

ปล่อย หมายถึง ความเร็วต้นเป็นศูนย์ ($u = 0 \text{ m/s}$)

เชือกขาด หมายถึง แรงดึงเชือกมีค่าเป็น 0 นิวตัน ($T = 0 \text{ N}$)

พื้นลื่น หมายถึง ไม่คิดแรงเสียดทาน ($f = 0 \text{ N}$)

1.2 สร้างแผนภาพ หลังจากรวบรวมคำสำคัญทางฟิสิกส์แล้วให้เชื่อมโยงข้อความจากโจทย์และคำสำคัญให้เป็นแผนภาพ เช่น บันไดพาดกับกำแพง วัตถุผูกเชือกคล้องผ่านรอก พื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ พร้อมระบุ สัญลักษณ์ ตัวแปรกำกับไว้ในกรอบข้างแผนภาพ ใช้เวกเตอร์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ หรือเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) เพื่อที่จะให้ได้แนวทางการได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา



ภาพประกอบ 1 การสร้างแผนภาพทางฟิสิกส์

1.3 หลักการทางฟิสิกส์ ก่อนการคำนวณหาคำตอบ ต้องวางแผนการแก้ โจทย์ปัญหาโดยรวบรวมสูตร กฎ สมการ ทฤษฎีหลักการทางฟิสิกส์ ที่เป็นประโยชน์ในการ แก้ปัญหา เช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แล้วอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่เลือกไว้ว่าสอดคล้อง เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาหรือไม่ โดยพิจารณาสูตร กฎ สมการ หลักการ ที่นำมาใช้นั้นเกี่ยวข้องกับ ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา : เป็นขั้นที่สอดคล้องและต่อเนื่องมาจากขั้นที่ 1 โดยมีเป้าหมายสำคัญคือเป็นการนำความสัมพันธ์จากการหลักการทางฟิสิกส์ ไปใช้ในการแก้โจทย์ ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการ โดยสามารถทำได้ ดังนี้

2.1 การแก้สมการ ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา ซึ่ง หากมีการแก้สมการมากกว่า 1 สมการ เพื่อความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหา ควรจะกำหนดให้เป็น สมการที่ 1 , 2 หรือ 3 ตามลำดับ หากการแก้โจทย์ปัญหานั้นต้องอาศัยหลักคณิตศาสตร์สำหรับ ฟิสิกส์มาใช้ก็ควรเขียนสูตร สมการทางคณิตศาสตร์กำกับไว้ด้านข้างของกระดาษ

2.2 ตรวจสอบหน่วย ก่อนที่จะแทนค่าตัวเลขในสมการให้ทำการตรวจสอบ หน่วย(Check Unit) ทั้งสองข้างของสมการว่าถูกต้องหรือไม่ แล้วจึงค่อยทำการแทนตัวเลขในสมการ สุดท้ายของการแก้ปัญหา หากพบปัญหาสามารถกลับไปยังขั้นที่ 1 ได้ หรืออาจปรับปรุงแผนการที่ วางไว้

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ : เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ ปัญหา เมื่อนักเรียนได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เพื่อหา ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นมีความ ถูกต้อง โดยสามารถทำได้ ดังนี้

3.1 พิจารณาความสมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความ ถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการทราบหรือไม่ คำตอบที่ได้ ความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

3.2 ทบทวนการหาคำตอบ หากคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ ถูกต้องให้กลับไปทบทวนพร้อมแก้ไขให้ถูกต้อง โดยพิจารณาจากการเลือกใช้สูตรหรือหลักการว่ามี ความถูกต้องหรือไม่ คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหามีผิดหรือไม่ ลืมการเปลี่ยนหน่วยหรือไม่ หรือดู คำสำคัญที่ขีดเส้นใต้ไว้ที่โจทย์ว่า คำตอบนั้นตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามขั้นตอนดังกล่าวนั้น ผู้สอนสามารถชี้แจงนักเรียนใน ส่วนของการเว้นหรือละบางขั้นตอนได้ เช่น ในกรณีที่สถานการณ์มีภาพประกอบโจทย์มาให้แล้ว ผู้สอนควรเสนอแนะนักเรียนให้เพิ่มรายละเอียดของภาพที่กำหนดให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นด้วยการ เขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) เขียนทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น (ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้) อีกทั้งในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ผู้สอนควรมีการ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น หรืออาจใช้วิธีการเพิ่มคะแนนเพื่อเป็น การเสริมกำลังใจให้นักเรียน เมื่อสามารถแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นได้ถูกต้อง และส่งเสริมให้ ผู้เรียนได้ฝึกฝนประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทั้งแบบกระบวนการกลุ่มและรายบุคคล รวมทั้ง แจกใบงาน และการทำแบบประเมินตนเองเพื่อสรุปสิ่งที่เรียนในแต่ละครั้งเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้

2. มโนทัศน์ฟิสิกส์ หมายถึง แนวคิดหลักเกี่ยวกับ กฎ หลักการ และทฤษฎีต่างๆ ทางฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

2.1 มโนทัศน์เชิงบรรยาย หมายถึง มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นจากการสังเกต ด้วยประสาทสัมผัส และเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญ เกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

2.2 มโนทัศน์เชิงทฤษฎี หมายถึง มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ โดยตรง แต่สามารถศึกษาได้จากแนวคิด และทฤษฎีต่างๆ ทางฟิสิกส์

2.3 มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ หมายถึง มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่บอกถึง ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ย่อยๆ หรือความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

ในการวิจัยครั้งนี้มโนทัศน์ฟิสิกส์วัดได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องสมดุลกล งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน (มโนทัศน์เชิงบรรยาย, มโนทัศน์เชิง ทฤษฎี และมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์)

3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 วิเคราะห์และวางแผน หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจ วิเคราะห์และวางแผน ระบุคำสำคัญ แผนภาพแทนโจทย์ หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการ แก้ปัญหาโจทย์

3.2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ โจทย์ต้องการ โดยใช้ข้อมูลจากขั้นวิเคราะห์และวางแผนประกอบ

3.3 ตรวจสอบคำตอบ หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ ดูว่าคำตอบที่ได้ สมเหตุสมผล มีความถูกต้อง ขัดแย้งกับกฎทางฟิสิกส์หรือไม่

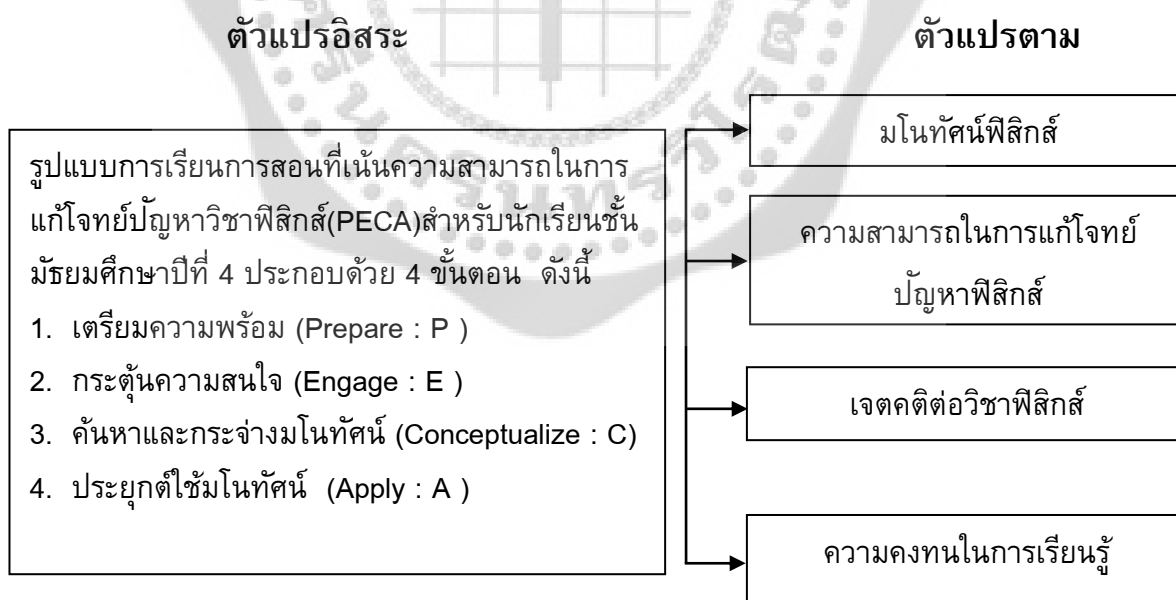
โดยวัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งประกอบไปด้วย สถานการณ์โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ทั้งหมดรวม 5 สถานการณ์ และแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ

4. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ หมายถึง สภาพของความพร้อมทางจิตใจของนักเรียนที่เกิดจากความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ของนักเรียนที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ วัดจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ซึ่งวัดจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการวัดของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมิต(Positive) และข้อความเชิงนิเสธ(Negative) ด้านละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อ 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและดัดแปลงบางส่วนมาจากคยาและโบโยค (KaYa; & Boyuk. 2010: 43-44)

5. ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง การระลึกถึงสิ่งที่ได้รับจากการเรียน หรือ ประสบการณ์ที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน ซึ่งได้จากแบบทดสอบวัด มโนทัศน์ฟิสิกส์ และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องสมดุลกล งานและพลังงาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นการวัดครั้งที่ 2 โดยวัดหลังจากการวัดครั้งที่ 1 เป็นเวลา 2 สัปดาห์

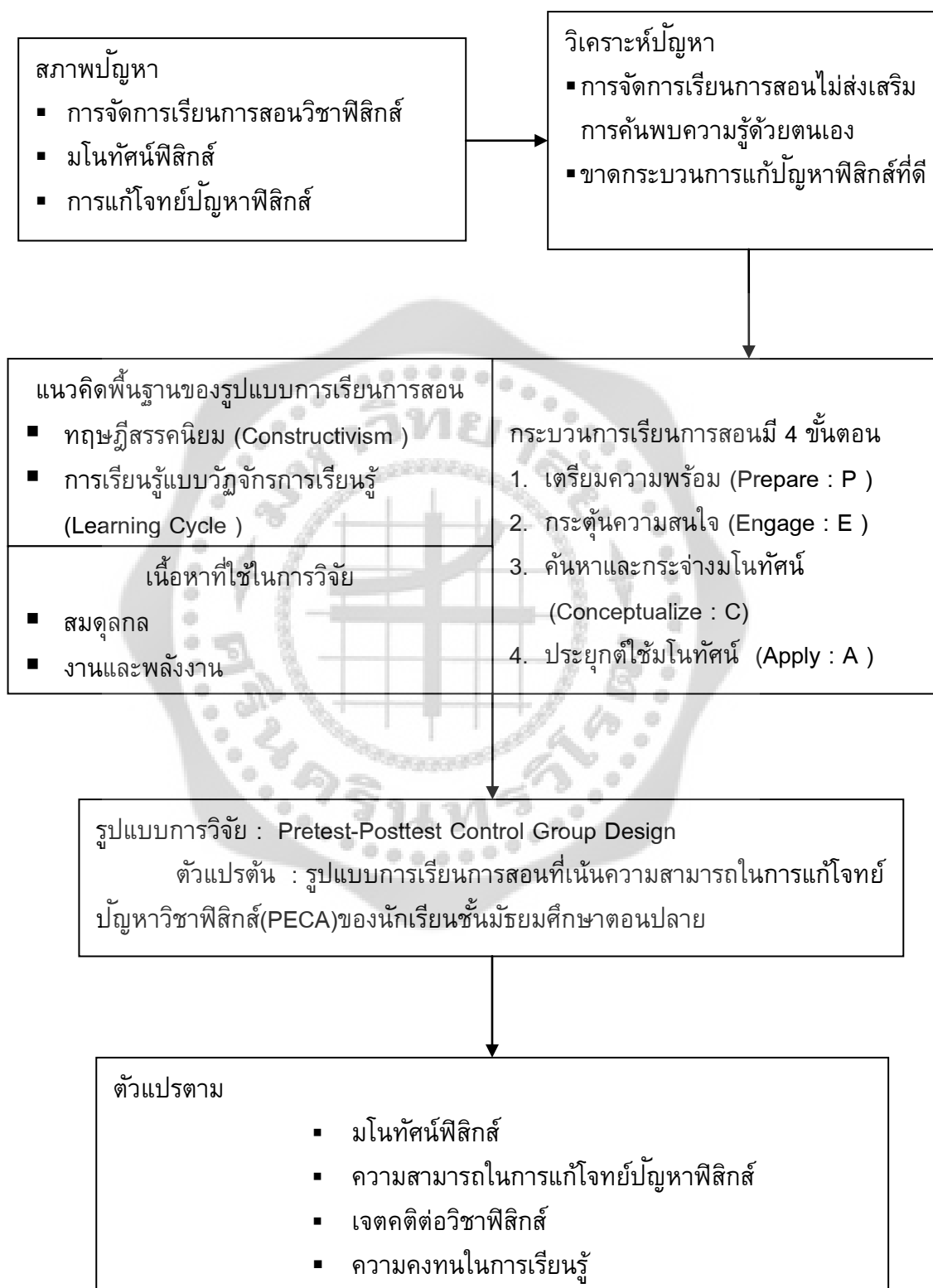
กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้เกิดจากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism) แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) มโนทัศน์ฟิสิกส์ (Concepts Physics) และการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (Physics Problem Solving) ซึ่งพบว่าจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ควรเน้นที่กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Approach) และให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำ การถาม-ตอบ รวบรวมข้อมูลจากวัตถุและเหตุการณ์ วิเคราะห์ข้อมูล ลงข้อสรุปจากข้อมูล สร้างความรู้จนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติได้ ตรวจสอบคำอธิบายที่สร้างขึ้นได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันหลาย ๆ วิธี และสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนเอง (National Research Council. 1996: 20) การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จะทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ฟิสิกส์และนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่เป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์(Metallidou. 2009 :76-82) อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ และมีความคงทนในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ จากภาพประกอบที่ 2 เป็นการอธิบายกรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยและบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนฟิสิกส์ มโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ดังนี้



ภาพประกอบ 2 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการศึกษา



ภาพประกอบ 3 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

การพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาจากพื้นฐานตามแนวคิดทฤษฎีสมรรถนะ แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ มโนทัศน์ฟิสิกส์ และกระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ซึ่งโปรโตเลสและโรเปส (Portoles; & Lopez. 2008: 106) ที่กล่าวสรุปไว้ว่า ปัจจัย 2 ประการ ที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือ นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา หรือชี้แจงงาน” สอดคล้องกับซิงค์ (Singh. 1993: 18) ได้กล่าวเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ไว้ว่า การแก้ปัญหาเป็นกิจกรรมของการสืบสวนสอบสวน (Investigative Task) ที่ผู้แก้ปัญหาต้องสืบเสาะหาวิธีการในการแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายจากข้อมูลที่ได้รับ แนวคิดดังกล่าวนำไปสู่คำถามว่า “ทำอย่างไรนักเรียนจึงจะมีความรู้ความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้จากผลการศึกษาของซาง (Chang. 1993) พบว่า นักเรียนที่เรียนตามแนวคิดทฤษฎีสมรรถนะ ทำคะแนนการอธิบายมโนทัศน์ได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนแบบดั้งเดิมซึ่งเน้นการสอนรวมจุดประสงค์ และผลการวิจัยของไกเซอร์และคนอื่นๆ (Gaigher; et.al. 2007: 1106-1108) พบว่า การใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนสามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์เมื่อการเรียนการสอนส่งเสริมให้มีขั้นตอนการคิดแก้ปัญหา (ปนัดดา. 2552; อมรลักษณ์. 2554)

จากแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. มโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
3. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม
4. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความคงทนในการเรียนรู้และมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัย โดยเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์
 - 1.1 ความหมายของมโนทัศน์
 - 1.2 ประเภทของมโนทัศน์
 - 1.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์
2. แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา
 - 2.1 ความหมายของปัญหา
 - 2.2 การแก้ปัญหา
 - 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา
 - 2.4 ประเภทของปัญหา
 - 2.5 ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
 - 2.6 ความสามารถในการแก้ปัญหา
3. แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสมรรถนียม
 - 3.1 ทฤษฎีสมรรถนียม
 - 3.2 แนวทางการเรียนการสอนตามแนวสมรรถนียม
4. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน
 - 4.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน
 - 4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน
 - 4.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน
 - 4.4 รูปแบบการเรียนการสอนฟิสิกส์
5. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
 - 5.1 ความหมายของเจตคติ
 - 5.2 องค์ประกอบของเจตคติ
 - 5.3 แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
6. ความคงทนในการเรียนรู้
 - 6.1 ความสำคัญของความคงทนในการเรียนรู้
 - 6.2 การวัดความคงทนในการเรียนรู้
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

1. แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์

1.1 ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ ในภาษาอังกฤษตรงกับคำว่า Concept เป็นคำที่นิยมใช้การอย่างแพร่หลายแต่ยังมีคำอื่นๆ ที่นิยมใช้ในความหมายเดียวกันอีกหลายคำ เช่น สังกัป ความคิดรวบยอด มโนมติ หรือ มโนคติ สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ใช้คำว่ามโนทัศน์แทนคำว่า “ Concept ” นักการศึกษาหลายท่าน (Good. 1973: 124; Gagné. 1985: 89; Line. 2000: 2; สมจิต สวชนไพบูลย์. 2534: 1; วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2541: 7; สุวิทย์ มูลคำ; และอรทัย มูลคำ. 2545: 174) ได้ให้นิยามความหมายของมโนทัศน์ไว้โดยมีใจความสำคัญร่วมกันคือ มโนทัศน์เป็น แนวคิดสำคัญ สัญลักษณ์ของส่วนประกอบ ลักษณะร่วมที่สามารถจำแนกเป็นกลุ่มหรือพวกเป็นความคิดเห็นทั่วไปเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์เป็นชื่อเรียกของวัตถุ ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ สอดคล้องกับหน่วยงานที่สำคัญทางการศึกษาของประเทศไทยอย่างราชบัณฑิตยสถาน (2551: 83) ที่ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ ไว้ว่าเป็นภาพหรือความคิดในสมองที่เป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติร่วมที่เป็นลักษณะเฉพาะหรือลักษณะสำคัญของสิ่งนั้นในสิ่งหรือประเด็นเดียวกัน บุคคลอาจมีมโนทัศน์แตกต่างกันก็ได้ อาทิเช่น นกเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลัง เลือดอุ่น มี 2 เท้า 2 ปีก และมีขนปกคลุมร่างกาย ออกลูกเป็นไข่แล้วฟักเป็นตัว เป็นต้น จากคำกล่าวดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามโนทัศน์เป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญในการเรียนรู้ของมนุษย์ บรูเนอร์ (Bruner. อ้างอิงจาก Singh. 1993: 18) และ ออซูเบล (Ausubel. 1968: 505) กล่าวถึงความสำคัญของมโนทัศน์ ว่าการสอนให้มนุษย์เกิดมโนทัศน์ในสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้นจะก่อให้เกิดประโยชน์ อาทิเช่น ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นระบบ แบบแผน ไม่สับสน เรียนรู้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ทำให้เกิดความประหยัดที่ไม่ต้องเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้มากจนเกินความจำเป็น โดยเฉพาะเรื่องราวต่างๆในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคนนั้น ต้องพบกับปัญหาที่ต้องเผชิญอย่างมากมาย ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้มนุษย์อยู่ในโลกของมโนทัศน์มากกว่าวัตถุ เหตุการณ์ สถานการณ์ การตัดสินใจล้วนแต่ต้องผ่านเครื่องกรองที่เป็นมโนทัศน์ทั้งสิ้น

จากคำจำกัดความข้างต้น สรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง แนวความคิด ความคิดรวบยอด ความเข้าใจซึ่งแสดงถึงความคิดซึ่งแสดงถึงความรู้ความเข้าใจที่สรุปรวมเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลายๆแบบแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน และสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้ หรือการให้คำจำกัดความในสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปและมโนทัศน์นั้นจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดระบบข้อมูลอย่างเป็นระบบช่วยให้มีความคิดแตกฉานเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางเป็นประสบการณ์สั่งสมเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป

1.2 ประเภทของมโนทัศน์

จากความหมายและความสำคัญของมโนทัศน์ จะเห็นได้วามโนทัศน์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการคิดที่เป็นพื้นฐานที่นำไปต่อยอดในการนำไปแก้ปัญหาต่างๆได้ โดยเฉพาะมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) ที่เป็นแนวความคิดที่เกี่ยวกับความเข้าใจในปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น มีนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกเป็นหมวดหมู่เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ ซุนด์และทรอบริดจ์ (Sund; & Trobridge. 1973: 17-18) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ มโนทัศน์ที่เป็นรูปธรรม (Concrete Concepts) และมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมหรือเชิงกระบวนการพลวัต (Dynamic Process Concepts) นอกจากนี้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงที่เน้นหนักเชิงปริมาณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ แม่นยำ ซึ่งข้อมูลต่างๆจึงเน้นที่ได้จากการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ นอกจากนั้น มโนทัศน์วิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียน (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน การผลิตสื่อวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. 2525: 29-31) สอดคล้องกับโรเมย์ (Romey. 1986 : 117) และลอว์สัน (Lawson. 2000: 996-1018) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะสำคัญ รวม 5 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงการแบ่งประเภท (Classification Concepts) คือ มโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วมข้อเท็จจริงต่างๆที่นำไปบรรยายถึงคุณสมบัติของวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ
2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (Descriptive Concepts) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์โดยตรง หลายๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญของวัตถุหรือเหตุการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น เช่น มโนทัศน์เก้าอี้ โต๊ะ เรือ รถยนต์ การกิน รวมถึงมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับตำแหน่งและขนาด เช่น ข้างใต้ ถัดไป เป็นต้น
3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Relational Concepts) คือ มโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน ก่อนฝนตกอากาศจะร้อนอบอ้าว ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว เป็นต้น
4. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) คือ มโนทัศน์ที่อยู่นอกเหนือประสบการณ์ทางประสาทสัมผัสหรือข้อเท็จจริง ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานที่สนับสนุนให้เกิดความเข้าใจในสิ่งเหล่านั้น เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลนำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์ เช่น การดูดซึมแอลกอฮอล์จะเกิดขึ้นในกระเพาะอาหาร อะตอม คือ อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอน เป็นต้น
5. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (Intermediate Concept) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถรับรู้ได้ เช่น มโนทัศน์กระบวนการทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ เป็นต้น ซึ่งการรับรู้ หรือการเกิดมโนทัศน์ประเภทนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาที่จะสังเกตสถานการณ์นั้นๆ

โดยสรุปประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จากการศึกษาข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่ามโนทัศน์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงบรรยาย คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตด้วยประสาทสัมผัส และเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญ เกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น เช่น สารมี 3 ประเภท คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พลังงานจลน์ เกิดขึ้นขณะวัตถุมีการเคลื่อนที่เป็นต้น
2. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถศึกษาจากแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอไว้ เช่น แรงดึงดูดระหว่างมวลขึ้นกับผลคูณของมวลทั้งสอง และระยะห่างจากจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสองยกกำลังสอง เป็นต้น
3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ คือ มโนทัศน์ที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ย่อยๆ หรือความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล เช่น แรง คือ อำนาจที่ผลักหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ โลหะเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว เป็นต้น

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการนำแนวคิดของประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้สำหรับการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์โดยมีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ มโนทัศน์เชิงบรรยาย มโนทัศน์เชิงทฤษฎี และมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์

1.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์

การวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในนิยามหรือลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ เพราะถือว่าเป็นเป้าหมายหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านให้แนวทางการวัดมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

คุชเชกซ์และคนอื่นๆ (Cruickshank; et al. 1995: 308-312) ได้เสนอประเภทของแบบวัดเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ สรุปได้ดังนี้

1. แบบวัดที่สร้างการตอบสนองเอง (Created Response Items) ได้แก่ แบบอัตนัยซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบด้วยคำของตนเองมากกว่าการเลือกคำตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญา (Cognitive Level) องค์ความรู้ที่มีและมโนทัศน์ของนักเรียนได้
2. แบบวัดที่ตอบสนองจากสิ่งที่กำหนดให้ (Selected Response Items) ได้แก่ แบบเลือกตอบแบบจับคู่ แบบถูก-ผิด ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดน้อยและครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

โอดัมและเคลลี (Odum; & Kelly. 2001: 615-635) ได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษาโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-Tier Multiple-Choice Format) คือ

2.1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content Question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2- 4 ตัว

2.2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.2.1 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก สร้างขึ้นจากการศึกษาโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2.2.2 เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

3. นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

เจนคินและดีโน(Jenkins; & Deno. 1971. อ้างอิงจาก Nitko. 2004: 205) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ไว้ 4 วิธี คือ

3.1 การกำหนดให้นักเรียนเขียนนิยาม (Definition) ของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบ อัตนัยหรือการพูดอธิบาย

3.2 การกำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

3.3 การกำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

3.4 กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

จากแนวคิดเกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์ข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและออกแบบเครื่องมือในการวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุมองค์ประกอบมโนทัศน์ทั้ง 3 ด้าน คือ มโนทัศน์เชิงบรรยาย มโนทัศน์เชิงทฤษฎีและมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์

2. แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

2.1 ความหมายของปัญหา

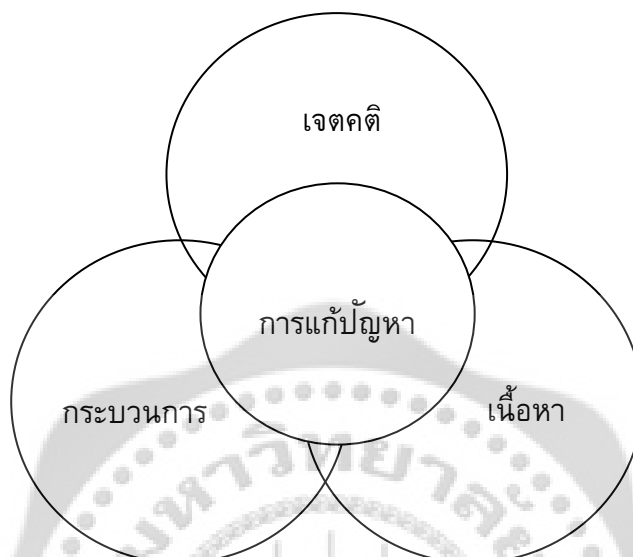
นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายที่แตกต่างกันออกไปของคำว่า “ปัญหา” แต่หลักใหญ่ใจความแล้วพบว่าสิ่งที่ตรงกันคือ ปัญหาเป็นสถานการณ์ ข้อคำถาม ข้อสงสัยที่เมื่อเผชิญแล้วไม่สามารถที่จะใช้วิธีการใดในการแก้ไขเหตุการณ์ได้ในทันที (Leighton; & Sternberg. 2003: 623; Krulik; & Rudnick. 1996: 3; Andre. 1986: 170) นอกจากนี้หน่วยงานที่สำคัญอย่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2546: 221)ที่กล่าวถึงปัญหาคือเป็น สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันทีซึ่งสอดคล้องกับราชบัณฑิตยสถาน (2546 : 687) ได้ให้ความหมายว่า “ปัญหา” ว่าเป็นคำนาม แปลว่า ข้อสงสัย เช่น ทำได้โดยไม่มี ปัญหา เป็นคำนาม แปลว่า คำถาม เช่น ตอบปัญหา เป็นคำนาม แปลว่า ข้อที่ต้องพิจารณาแก้ไข เช่น ปัญหาเฉพาะหน้า ปัญหาการเมือง หรือสิ่งที่คนไม่รู้

จากคำจำกัดความของความหมายของปัญหา กล่าวได้ว่า ปัญหา คือสิ่งต่างๆ ที่ทำให้เกิดความสงสัย เกิดความขัดแย้งหรือเป็นอุปสรรคต่อการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

2.2 การแก้ปัญหา

การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการสำคัญ ในการนำความรู้ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้ใน สถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิม เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ต้องการ จากความสำคัญ ดังกล่าวข้างต้นนี้ได้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ในหมวดที่ 4 มาตรา 24 ข้อที่ 2 ที่ระบุว่า สถานศึกษาควรให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิด การจัดการการเผชิญ สถานการณ์และการประยุกต์ความรู้มาใช้แก้ปัญหาคือ การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ วิชาฟิสิกส์ไม่ควรใช้วิธีเหมือนกับการให้ทำแบบฝึกหัดที่ทำซ้ำๆ ด้วยปัญหาประเภทเดิมๆ แต่ควรใช้ ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยสำหรับใช้ประเมินหรือสะท้อนความสามารถต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวนักเรียนผ่านวิธีการ แก้ปัญหา (Foong. 2007: 54-55) การแก้ปัญหานั้นหน่วยงานทั้งไทยและต่างประเทศได้กล่าวถึง ดังที่ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544 : 54) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาคือเป็น กระบวนการทำงานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด การรับรู้ ความชำนาญ รูปแบบ พฤติกรรมต่างๆ ประสบการณ์เดิมทั้งจากทางตรงและ ทางอ้อม มโนทัศน์ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทางสติปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความ เข้าใจต่างๆ อย่างมีวิจรรย์ญาณ มีเหตุผลและจินตนาการเพื่อ หาแนวทางปฏิบัติให้ปัญหานั้นหมดสิ้นไป สอดคล้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของรัฐมนตรีกระทรวงศึกษาธิการใน ประเทศสหรัฐอเมริกา (NYSED.1985 อ้างอิงจาก Meng; & Doran. 1993) กล่าวถึง การแก้ปัญหา เป็นผลผลิตที่สำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาในทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการ วางแผนการทดลอง การรวบรวม และการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจุดประสงค์ในการค้นพบและอธิบาย ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นการแก้ปัญหาคือเป็นการนำเอาเนื้อหาวิชาและทักษะกระบวนการ

ที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหานั้นจะเกี่ยวข้องกับเจตคติ โดยมีความสัมพันธ์ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ความสัมพันธ์ของการแก้ปัญหากับเจตคติ กระบวนการ และเนื้อหา

ที่มา : ดัดแปลงจาก เมิงและโดแรน(Meng; & Doran. (1993). *Improving Instruction and Learning Through Evaluation Elementary School Science*. p.33.)

นอกจากนั้น ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553: 153) และมนัส บุญประกอบ และคนอื่นๆ (2547: 11) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกันว่า การแก้ปัญหเป็นการเรียนรู้ การแก้ปัญหาเป็นการคิดไตร่ตรองอย่างพินิจพิเคราะห์สิ่งต่างๆที่เป็นประเด็นสำคัญของเรื่องหรือสิ่งต่างๆที่ สร้างความยุ่งยากสับสนและความวิตกกังวล และพยายามหาหนทางคลี่คลายสิ่งเหล่านั้น

จากแนวคิดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการในการใช้ ความรู้ ความคิดและประสบการณ์ ในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องอาศัยทั้งสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ โดยมีขั้นตอนหรือกระบวนการในการศึกษาทำความเข้าใจกับปัญหาจนสามารถ ค้นพบทางออกของปัญหาเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้วางไว้

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาคือกระบวนการที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางด้านสติปัญญาและการเรียนรู้ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหามาจากนักจิตวิทยาทางสติปัญญาของเพียเจต์และทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ สามารถสรุปได้ดังนี้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553)

2.3.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ แบ่งความสามารถในการแก้ปัญหามนุษย์ตามลำดับอายุเป็น 4 ขั้น คือ

1. ระยะการแก้ปัญหด้วยการกระทำ (Sensorimotor Stage) ตั้งแต่แรกเกิดถึง 2 ปี เด็กจะรู้เฉพาะสิ่งที่เห็นรูปธรรม มีความเจริญอย่างรวดเร็วในด้านความคิดความเข้าใจ การประสานงานระหว่างกล้ามเนื้อและสายตา และการใช้ประสาทสัมผัสต่างๆ ต่อสภาพจริงรอบตัว เด็กในวัยนี้ชอบทำอะไรบ่อยๆ ซ้ำๆ เป็นการเลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ความสามารถในการคิดวางแผนของเด็กยังอยู่ในขีดจำกัด

2. ระยะการแก้ปัญหด้วยการรับรู้และยังไม่รู้จักใช้เหตุผล (Preoperational Stage) อยู่ในช่วงอายุ 2 - 7 ปี เพียเจต์ ได้แบ่งขั้นนี้ออกเป็นขั้นย่อยๆ 2 ขั้น คือ

2.1 Preoperational Thought เด็กวัยนี้อยู่ในช่วง 2 - 4 ปี เด็กวัยนี้มีความคิดรวบยอดในเรื่องต่างๆ แล้วแต่ยังไม่สมบูรณ์ และยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับภาษา และเข้าใจความหมายของสัญลักษณ์ แต่การใช้ภาษานั้นยังเกี่ยวข้องกับตนเองเป็นส่วนใหญ่ ความคิดของเด็กวัยนี้ขึ้นอยู่กับความรู้เป็นส่วนใหญ่ เด็กยังไม่สามารถใช้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล เด็กยังไม่เข้าใจเรื่องความคงที่ของปริมาณ

2.2 Intuitive Thought อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 4 - 7 ปี ความคิดของเด็กวัยนี้แม้ว่าจะเริ่มมีเหตุผลมากขึ้น แต่การคิดและการตัดสินใจยังขึ้นอยู่กับความรู้สึกมากกว่าความเข้าใจเด็กเริ่มมีปฏิกิริยาต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น มีความสนใจอยากรู้อยากเห็นและมีการซักถามมากขึ้น มีการเลียนแบบพฤติกรรมของผู้ใหญ่ที่อยู่รอบข้าง ใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการคิดอย่างไรก็ตามความเข้าใจของเด็กวัยนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่รับรู้จากภายนอกนั่นเอง

3. ระยะการแก้ปัญหามีเหตุผลกับสิ่งที่เห็นรูปธรรม (Concrete Operation Stage) อยู่ในช่วงอายุ ระหว่าง 7 - 11 ปี เด็กวัยนี้สามารถใช้สมองในการคิดอย่างมีเหตุผล แต่กระบวนการคิดและการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาจะต้องอาศัยสิ่งที่เห็นรูปธรรม จุดเด่นของเด็กวัยนี้ คือเริ่มมีเหตุผล สามารถคิดกลับไปกลับมาได้ เด็กเริ่มมองเห็นเหตุการณ์และสิ่งต่างๆ ได้หลายแง่หลายมุมมากขึ้น สามารถตั้งกฎเกณฑ์นำมาใช้ในการแบ่งแยกสิ่งต่างๆ เป็นหมวดหมู่ได้

4. ระยะการแก้ปัญหามีเหตุผลกับสิ่งที่เห็นนามธรรม (Formal Operation Stage) อยู่ในช่วงอายุ 11 - 15 ปี ในขั้นนี้โครงสร้างทางความคิดของเด็กได้พัฒนาถึงขั้นสูงสุด เด็กจะเริ่มเข้าใจกฎเกณฑ์ทางสังคมได้ดีขึ้น สามารถเรียนรู้โดยใช้เหตุผลมาอธิบายและแก้ปัญหา

ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ เด็กรู้จักคิดตัดสินใจปัญหา มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น สนใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม และสามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น

จะเห็นว่าทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) มีประโยชน์กับการแก้ปัญหาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งขั้นตอนในกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิจัยครั้งนี้ที่มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ถือว่ามีความสามารถในการคิดเชิงนามธรรมได้ นอกจากนั้นสวธัมน์ นิยมคำ (2531: 424 – 425) กล่าวว่าสิ่งแวดล้อมเป็นตัวการสำคัญในการพัฒนาความคิด (การขยายกรอบโครงสร้างความรู้-ความคิดเดิม) ผู้สอนต้องจัดสิ่งแวดล้อมให้เด็กได้มีปฏิสัมพันธ์โดยตรง จึงจะเกิดการเรียนรู้ได้

2.3.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์

บรูเนอร์ (Bruner. 1965) เป็นนักจิตวิทยาที่สนใจและศึกษาเรื่องของพัฒนาการทางสติปัญญาต่อเนื่องจากเพียเจต์ เชื่อว่า มนุษย์เลือกที่จะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (ทิสนา แชมมณี. 2544: 66-68) แนวคิดของบรูเนอร์เกี่ยวกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา คล้ายกับทฤษฎีของเพียเจต์ แต่บรูเนอร์เน้นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งเพียเจต์มองข้ามสิ่งแวดล้อมไป บรูเนอร์ได้เสนอว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของคนโดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 Enactive Stage เป็นระยะการแก้ปัญหาด้วยการกระทำตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี ซึ่งตรงกับขั้น Sensorimotor Stage ของเพียเจต์ เป็นขั้นที่เด็กเรียนรู้ด้วยการกระทำหรือประสบการณ์มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 Iconic Stage เป็นขั้นที่เด็กมีระยะการแก้ปัญหาด้วยการรับรู้ แต่ยังไม่รู้จักใช้เหตุผลซึ่งตรงกับขั้น Concrete Operational Stage ของเพียเจต์ เด็กวัยนี้เกี่ยวข้องกับความเป็นจริงมากขึ้น จะเกิดความคิดจากการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ และภาพแทนในใจ อาจจะมีจินตนาการบ้างแต่ไม่ลึกซึ้ง

ขั้นตอนที่ 3 Symbolic Stage เป็นขั้นพัฒนาการสูงสุดทางด้านความรู้และความเข้าใจ เปรียบได้กับขั้นระยะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลกับสิ่งที่เป็นนามธรรม (Formal Operational Stage) เด็กสามารถถ่ายทอดประสบการณ์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาพ สามารถคิดหาเหตุผลและเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม ตลอดจนสามารถคิดแก้ไขปัญหาได้

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา สามารถสรุปได้ว่านักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 อายุระหว่าง 11 - 15 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นช่วงอายุของกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ มีความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์และสอดคล้องกับขั้น Symbolic Stage ของทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ ซึ่งนักเรียนสามารถคิดตัดสินใจปัญหา มีจินตนาการสร้างสรรค์ มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรม สามารถคิดหาเหตุผลและทางเลือกที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้กับนักเรียนที่อยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดหาเหตุผล สามารถเรียนรู้สิ่งที่เป็นนามธรรมและสามารถคิดแก้ปัญหาแบบซับซ้อนได้

2.4 ประเภทของปัญหา

นักการศึกษาหลายท่าน(Reys; et al. 2004: 115-117; Polya. 1980: 123-129; Charles; & Lester. 1982: 6-10) ได้ชี้ให้เห็นประเภทของปัญหานั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้เกณฑ์การแบ่งประเภทของปัญหาที่แตกต่างกันออกไป ดังตาราง 1 ต่อไปนี้

ตาราง 1 เกณฑ์ในการแบ่งประเภทของปัญหา

เกณฑ์การแบ่ง ประเภทของปัญหา	ประเภทของปัญหา	ลักษณะของปัญหา
① เมื่อพิจารณาจาก ผู้แก้ปัญหาเป็นหลัก แบ่งได้ เป็น 2 ประเภท (Reys; et al. 2004: 115-117)	1) ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine Problems)	พบเห็นได้บ่อยๆ ในหนังสือเรียน เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างของปัญหา ไม่ซับซ้อนมากคล้ายกับตัวอย่าง หรือปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามี ประสบการณ์ในการแก้มาแล้ว
	2) ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non-Routine Problems)	มีโครงสร้างซับซ้อนและเป็นปัญหา แปลกใหม่สำหรับผู้แก้ปัญห
② เมื่อพิจารณาจาก จุดมุ่งหมายของปัญหา แบ่งได้เป็น 2 ประเภท (Polya. 1980: 123-129)	1) ปัญหาให้ค้นพบ (Problem to Find)	ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาค้นหาคำตอบ ซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณ วิธีการ หรือ คำอธิบายให้เหตุผล
	2) ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove)	ปัญหาให้แสดงการให้เหตุผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือ ข้อความที่กำหนดให้เป็นเท็จ
③ เมื่อพิจารณาจาก เป้าหมายของการฝึก แก้ปัญห(Charles; Lester. 1982: 6-10)	1) ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill Exercise)	ปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการ คำนวณเบื้องต้น
	2) การแปลความปัญหา อย่างง่าย (Simple Translation Problems)	ปัญหาที่เคยพบมาก่อน เช่น ปัญหา ในหนังสือ เป็นต้น

ตาราง 1 (ต่อ)

เกณฑ์การแบ่งประเภทของปัญหา	ประเภทของปัญหา	ลักษณะของปัญหา
③ เมื่อพิจารณาจากเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหา(Charles; Lester. 1982: 6-10) (ต่อ)	3) ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex Translation Problems)	คล้ายกับปัญหาอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่า 2 ขั้นตอน
	4) ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process Problems)	เป็นปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันทีจะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้น
	5) ปัญหาการประยุกต์ (Applied Problems)	เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้ มโนทัศน์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ
	6) ปัญหาปริศนา(Puzzle Problem)	เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่มไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ

นอกจากนี้ ซาพาลิส และ แอนกีโลโพลอส (Tsapalis; & Angelopoulos. 2000: 131) ได้พิจารณาถึงข้อมูล วิธีการ ผลลัพธ์/เป้าหมาย แล้วแบ่งปัญหาออกเป็น 8 ประเภทด้วยกัน สรุปรายละเอียดได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ประเภทของปัญหา

ชนิดของปัญหา	ข้อมูล	วิธีการ	ผลลัพธ์/เป้าหมาย
1	ให้ข้อมูล	รู้	กำหนดให้
2	ให้ข้อมูล	ไม่รู้	กำหนดให้
3	ให้บางส่วน	รู้	กำหนดให้
4	ให้บางส่วน	ไม่รู้	กำหนดให้
5	ให้ข้อมูล	รู้	เปิดกว้าง/อิสระ
6	ให้ข้อมูล	ไม่รู้	เปิดกว้าง/อิสระ
7	ให้บางส่วน	รู้	เปิดกว้าง/ อิสระ
8	ให้บางส่วน	ไม่รู้	เปิดกว้าง/ อิสระ

ที่มา : ดัดแปลงจากซาพาลิส และแอนกีโลโพลอส (Tsapalis; & Angelopoulos. (2000). *A Model of Problem Solving: Its Operation, Validity, and Usefulness in the Case of Organic-Synthesis Problems*. p.132.)

จากตาราง 2 ประเภทของปัญหาดังแต่ชนิดของปัญหาที่ 1 ถึง 8 นั้นสามารถสรุปได้ว่า ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ง่ายที่สุด ก็คือ ปัญหาชนิดที่ 1 โดยมีข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ผู้แก้ปัญหารู้วิธีการในการแก้ปัญหาและยังมีการกำหนดผลลัพธ์และเป้าหมายให้ ส่วนปัญหาดังแต่ชนิดที่ 2 เป็นต้นไป มีความยากและซับซ้อนขึ้น ตามลำดับ โดยปัญหาชนิดที่ 8 ถือว่าเป็นปัญหาชนิดที่มีความยาก ซับซ้อนมากที่สุด เพราะผู้แก้ปัญหารู้วิธีการ และผลลัพธ์/เป้าหมายเปิดกว้าง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ปัญหานี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ปัญหาที่พบในบทเรียน หนังสือเรียน ซึ่งอาจเป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบ หรือปัญหาให้พิสูจน์ตาม กฎ นิยาม ทฤษฎี และปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน ซึ่งต้องอาศัยกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ จึงจะทำให้การแก้ปัญหานั้นๆ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ปัญหาที่ดึงดูดความสนใจ ท้าทายความสามารถของนักเรียน และเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสถานการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน

2.5 ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นวิธีการที่ทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา การศึกษาขั้นตอนในการแก้ปัญหานั้น มีผู้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาไว้หลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิดนักฟิสิกส์ศึกษา ดังนี้

ราคินด์และบรากเกต (Larkin; & Brackett. 1976: 212-217) ได้เสนอกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 อธิบายปัญหา (Description) เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาและหาสิ่งที่ปัญหาจริงๆ ที่โจทย์ต้องการคำตอบซึ่งคำตอบอาจทำให้เราเกิดความสับสนได้ ดังนั้นเราต้องพยายามแปลความหมายโจทย์ออกมาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผน (Planning) เป็นขั้นที่ทำการเลือกหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โจทย์ปัญหา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบ (Checking) เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความถูกต้อง เหมาะสมกับสถานการณ์โจทย์

เฮสเทนส์ (Hestenes. 1987: 440-454) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาสำหรับปัญหาฟิสิกส์กลศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน

1. อธิบายปัญหา (Description) โดยในขั้นนี้มีส่วนประกอบของการอธิบายบรรยายบอกลักษณะที่สำคัญในการทำโจทย์อยู่ 3 ประการ คือ การบรรยายออกมาในรูปของวัตถุที่แทนตัวโจทย์ปัญหา บรรยายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนอันตรกิริยาที่กระทำต่อกัน รวมไปถึงการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram)

2. วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ (Formulation) เป็นขั้นที่เกี่ยวกับการนำกฎ สูตรต่างๆ ทางฟิสิกส์มาใช้ รวมถึงการกำหนดสมการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ อาทิเช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรง สมการการเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อที่จะได้ทำการหาคำตอบ

3. การหาผลลัพธ์ (Ramification) เป็นขั้นถัดมาที่ทำการใช้สูตรทางฟิสิกส์เพื่อหาคำตอบออกมา

4. การตรวจสอบ (Validation) เป็นการประเมินตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความเป็นไปได้ สมเหตุสมผลหรือไม่

ซาเวดและวิลเลียม (Savage; & Williams. 1990: 36) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยการสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาที่มีการใช้ปัญหาที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันโดยรูปแบบปัญหานี้ออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ใช้ในฟิสิกส์หัวข้อกลศาสตร์ และ จลน์ศาสตร์ โดยลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมวิธีการแก้ปัญหา
2. วิเคราะห์ปัญหา
3. การแปลความและยืนยันการใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

เฮลเลอร์และฮอลลาบอธ (Heller; & Holabaugh. 1992: 637-645) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาปัญหา ให้อยู่ในรูปข้อความหรือรูปภาพ (Focus the Problem) โดยปกติแล้วหลังจากที่อ่านโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ต้องอาศัยจินตนาการเพื่อให้เห็นภาพพจน์ของวัตถุแล้วผู้เรียนต้องวาดภาพ และบรรยายละเอียดที่โจทย์กำหนดให้ โดยสามารถทำตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ภาพประกอบและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้

- สร้างมโนภาพของสถานการณ์ปัญหา
- วาดภาพประกอบโจทย์เพื่อแสดงส่วนที่สำคัญ เช่น ตัววัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

▪ ชีตเส้นใต้ในสิ่งที่รู้จากโจทย์

คำถาม

- โจทย์ถามหาอะไร
- โจทย์กำหนดอะไร

วิธีการ

- หลักการและแนวคิดที่คิดว่ามีประโยชน์และสำคัญในการแก้ปัญหา เช่น นิยามของความเร่ง ความเร็ว กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น
- กำหนดระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการแก้ปัญหา
- ลองประเมินคำตอบที่คิดว่าเหมาะสมในการแก้ปัญหาก่อนว่าควรเป็น

อย่างไร

แม้ว่าบางครั้งคำถามที่อยู่ในโจทย์ปัญหาจะไม่ชัดเจนหรือเข้าใจยาก ให้ทราบว่ามีโจทย์ถามหาอะไร แล้วจะแปลงเป็นปริมาณเพื่อคำนวณได้อย่างไร แต่ก็มีหลายวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ส่วนแรกของการเรียนเพื่อแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์คือ ต้องใช้หลักการ หรือกฎอะไรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องได้จากการพิจารณาโน้ตส่น ทฤษฎีหลักการโดยใช้ข้อบังคับต่างๆในแต่ละปัญหา อย่างเช่น สนามไฟฟ้าที่ระยะอนันต์มีค่าเท่ากับ ศูนย์ เป็นต้น บางครั้งก็ต้องประมาณค่าเพื่อทำโจทย์ปัญหาให้ง่ายขึ้น แต่ต้องไม่ทำให้ผลลัพธ์เปลี่ยนแปลงมาก เช่น ไม่คำนึงถึงแรงเสียดทานของอากาศ หรือแรงต้านทานของอากาศ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 ทำให้อยู่ในรูปของสมการฟิสิกส์หาความเป็นไปได้และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร : อธิบายหลักการฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการนำเอารายละเอียดจากการวาดภาพประกอบ วาดแผนภาพ ค่าที่ได้จากโจทย์กำหนดให้มา คำนวณหาปริมาณที่ต้องการโดยอาศัยกฎทางฟิสิกส์เพื่อเขียนเป็นสมการ สูตร ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ถ้าหากสามารถยับยั้งใจไม่ให้ดูวิธีการหรือเฉลยในหนังสือแล้ว ก็จะกลายเป็นผู้ที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นนี้สามารถสร้างเป็นลำดับขั้นได้ดังนี้

แผนภาพและนิยามตัวแปร

1. การแปรรูปภาพออกมาในรูปของไดอะแกรม สิ่งใดที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา
2. นิยามสัญลักษณ์ ตัวแปรต่างๆที่สำคัญทางฟิสิกส์ลงบนไดอะแกรมที่สร้างขึ้น
3. โดยทั่วไปแล้วจะต้องวาดระบบอ้างอิงที่แสดงทิศทาง + เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาของระบบ หรือแสดงทิศทาง - เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ทางซ้าย
4. ถ้ามีอันตรกิริยาที่สำคัญ ให้วาดองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
5. กรณีมีการใช้หลักการอนุรักษ์ต่างๆ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ให้วาดเหตุการณ์ก่อนระหว่างและหลังการเปลี่ยนแปลงประกอบโจทย์เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของระบบด้วย
6. ในแผนภาพไดอะแกรมกำหนดตัวแปรพร้อมทั้งระบุค่าลงไปได้ด้วยพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่าลงไปในแผนภาพด้วย

เป้าหมายของตัวแปร

7. สิ่งที่ไม่ทราบค่าโดยเฉพาะตัวแปรที่โจทย์ถามหา นักเรียนต้องรู้ว่าจะสามารถคำนวณหาค่านั้นได้อย่างไร

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ก่อนทำการหาคำตอบ ต้องทำการแปลข้อความต่างๆให้เป็นภาษาทางฟิสิกส์ โดยมีหลักการ ดังนี้

สร้างสมการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

1. กำหนดสมการที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
2. สมการที่ใช้เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร และสามารถแก้สมการหาคำตอบได้อย่างไร
3. ระบุสิ่งที่ไม่ทราบค่าในสมการที่เตรียมไว้
4. อาจจะทำเครื่องหมายในแต่ละสมการเอาไว้เพื่อง่ายและสะดวกในการอ้างอิง
5. ไม่ควรดำเนินการแก้สมการโดยการแทนค่าตัวเลขลงไป ในสมการในขั้นตอนนี้ ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้อง
6. พิจารณาว่าแผนแก้ปัญหาที่วางไว้นั้นสามารถหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้
7. ในกรณีที่สมการที่เตรียมไว้นั้นจะแก้ปัญหาไม่ได้ ให้ตัดทิ้งและลองเลือกสมการที่เกี่ยวข้องใหม่

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน หาคำตอบจากสมการ แทนค่าลงในสมการ (Execute the Plan) ในขั้นนี้มีการคำนวณค่า ดังนี้

1. ใช้ฟิสิกส์ที่เตรียมไว้ใน การแก้ปัญหา
2. ในการแก้สมการที่มากกว่าหนึ่งสมการ ควรจะต้องมีการตั้งสมการที่ 1 สมการที่ 2 เพื่อความเข้าใจในการแก้ปัญหา

3. แทนค่าตัวเลขต่าง ๆ ในสมการสุดท้ายที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. ดำเนินการคำนวณหาสิ่งที่ไม่ทราบค่า

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินตรวจสอบคำตอบ ตรวจสอบความผิดพลาด ประเมิน

คำตอบที่ได้ถูกต้องเพียงใด (Evaluate the Solution)

ขั้นสุดท้ายนี้ต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เมื่อแทนค่าลงไปแล้วเป็นไปได้หรือไม่ คำตอบที่ได้ใช้เหตุผลอะไรอธิบาย จากประสบการณ์หรือที่จำได้ หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปรหรือไม่ คำตอบที่ได้สามารถตอบคำถามได้หรือไม่ ซึ่งสรุปความสำคัญได้ ดังนี้

1. คำตอบที่ได้จากการแก้สมการนั้นเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่

2. คำตอบที่ได้นั้นสมเหตุสมผลหรือไม่

3. คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์หรือไม่ เช่น ถ้าคำตอบเป็นปริมาณเวกเตอร์ควรจะต้องมีการระบุทั้งขนาดและทิศทางในคำตอบ หน่วยที่ได้ถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น

เชอคูรี (Chekuri. 1996: 45-51) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the Problem) ในขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาว่าโจทย์ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง มีเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนดมา

2. สร้างและวางแผนแก้ปัญหา(Reconstructing and Planning) เป็นขั้นในการสร้างภาพแทนปัญหาโจทย์ และเขียนองค์ประกอบทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น ตัวแปร ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพองค์ประกอบของแรง และวางแผนในการแก้ปัญหาโดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการของฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

3. จำแนกวิธีการที่หลากหลาย (Identifying Multiple Methods) เป็นขั้นตอนในการระบุกฎเกณฑ์ หลักการ สูตรต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เป็นต้น

4. คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Selecting the Best Method and Solving) เป็นขั้นตอนที่เลือกสมการที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ทำการระบุสมการที่นำมาใช้และทำการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ

5. ตรวจสอบคำตอบ (Checking the Results) เป็นขั้นของการตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยอาจจะนำเทคนิคการตรวจสอบหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์มิติ

6. การอธิบายคำตอบ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่เป็นการให้ความหมายของคำตอบที่เกิดจากการคำนวณออกมาในรูปของการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับหลักการทางฟิสิกส์

บิวซิการ์ (Burciaga. 2002: 17-18) ได้เสนอแนะยุทธวิธีสำหรับการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ไว้ 4 ขั้นตอน

1. แปลปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยใช้การวิเคราะห์โจทย์
2. ตรวจสอบความรู้ทางฟิสิกส์ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ
3. ประยุกต์ใช้เพื่อการแก้ปัญหา
4. ตรวจสอบคำตอบที่ได้

ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding; & Harskamp. 2007: 331-343) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านปัญหาโจทย์ ตีความว่าสิ่งใดบ้างรู้ สิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ของปัญหา และกำหนดวิธีการ หลักการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาและมีประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนสามารถวาดแผนภาพประกอบในการแก้ปัญหา เช่นแผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ขั้นตอนที่ 2 ประมวลผลความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนแปลความจากสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ไปสู่การอธิบายด้วยวิธีการสร้างไดอะแกรม โดยในไดอะแกรมผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรและปริมาณต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ และเขียนสูตรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาและสามารถนำมาช่วยในการแก้ปัญหาได้ การเลือกใช้สูตรต่างๆอาจเกิดจากการอธิบายในกลุ่มผู้เรียนในการเลือกตัดสินใจได้

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนในการแก้ปัญหา หลักจากที่นักเรียนมีคำอธิบาย วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา แล้วนักเรียนทุกคนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยแผนนี้ควรจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในสมการและการประมาณค่าอย่างคร่าวๆของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น หลังจากนั้นนักเรียนแลกเปลี่ยน พูดคุยในแผนที่วางไว้ เปรียบเทียบแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งการเปรียบเทียบการวางแผนการแก้ปัญหาก็จะทำให้นักเรียนทราบว่า มีวิธีการแก้ปัญหาเดียวกันนั้นได้หลากหลายวิธี

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยการคำนวณตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2 จนกระทั่งได้คำตอบ

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหว่าถูกต้องหรือไม่ โดยคำตอบของนักเรียนที่ได้อาจจะตรงกันหรือแตกต่างกันได้ ถ้าคำตอบตรงกัน ก็จะมีการให้นักเรียนอธิบายและตรวจสอบ ว่าวิธีการได้มาของคำตอบนั้นถูกต้อง แต่ถ้าหากคำตอบที่ได้ของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ก็ควรจะตรวจสอบว่าวิธีการได้ถูกต้องและสมบูรณ์

โรจาร์ (Rojas. 2010: 22-28) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหา ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่าและโจทย์ต้องการรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะเนคำตอบพิจารณาแยกปัญหาใหญ่ ออกเป็นปัญหาย่อย แล้วคิดอย่างเป็นระบบ โดยนำความรู้ความเข้าใจ ข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษามาแล้วมาคิดแก้ปัญหา คาดคะเนคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องคิดและเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่างๆที่เกี่ยวข้องที่สามารถจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างกรอบแนวความคิด แผนภาพ ไต่อะแกรมลงไปเพื่อที่นักเรียนจะสามารถอธิบายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการพิจารณาว่าปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้อง สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร นักเรียนจะต้องวางแผน กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา หรือหลาย ๆ ยุทธวิธีร่วมกัน เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลายแผน หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็จะสามารถใช้แผนอื่นมาทดแทนได้ เช่นการนำสมการที่เกี่ยวข้องมาใช้ และคิดพิจารณาว่าสมการนั้นจะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ได้คำตอบหรือแก้ปัญหาให้ได้ตามแผน

ขั้นตอนที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียน พิสูจน์ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วนใดบ้าง และถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาดนักเรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์นักเรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับว่าสอดคล้องตรงตามโจทย์ต้องการหรือไม่ และจากผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุผลเพียงใดหรือไม่ และส่งเสริมให้นักเรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิมเพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยและแนวคิดที่สำคัญในแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ของ ราคินต์และบรากเกต (Larkin; & Brackett . 1976) เฮสเทนส์ (Hestense. 1987) ซาเวดและวิลเลียม (Savage; & Williams. 1990) เฮลเลอร์ และฮอลลาบอลล (Heller; & Holabaugh. 1992) เชอคูรี (Chekuri. 1996) บิวซิการ์ (Burciaga. 2002) ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding; & Harskamp. 2007) และโรจาร์ (Rojas. 2010) ซึ่งพบว่าขั้นตอนการแก้ปัญหามีขั้นตอนการแก้ปัญหบางขั้นตอนเหมือนกันและบางขั้นตอนมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ซึ่งผู้วิจัยนำแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาดังกล่าวนี้นำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา และสังเคราะห์แนวคิดนักฟิสิกส์ศึกษาได้ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา ดังตาราง 3 และ 4 ตามลำดับ



ตาราง 3 เปรียบเทียบและสรุปขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา

ลำดับ ขั้นตอนการ แก้ปัญห	รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา								รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหา ตามแนวคิดนักฟิสิกส์ศึกษา
	Larkin & Brackett (1976)	Hestense (1987)	Savage & Williams (1990)	Heller & Holabaugh (1992)	Chekuri (1996)	Burciaga (2002)	Harskamp & Ding (2007)	S.Rojas (2010)	
1	การอธิบาย	การอธิบาย	เตรียมวิธีการ แก้ปัญห	พิจารณาปัญหา	ทำความเข้าใจ ปัญหา	วิเคราะห์โจทย์	วิเคราะห์ ปัญหา	ทำความเข้าใจ ปัญหา	ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับ ปัญหา
2	การวางแผน	วางแผน กำหนดสูตร ที่ใช้	วิเคราะห์ปัญหา	อธิบายหลักการ ทางฟิสิกส์	สร้างและ วางแผน แก้ปัญห	ตรวจสอบ ความรู้ทาง ฟิสิกส์	ทำการสำรวจ ปัญหา	จัดเตรียมวิธีการ แก้ปัญห	ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญห ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน
3	การตรวจสอบ	การหาผลลัพธ์	แปลความและ ยืนยันคำตอบ	วางแผน แก้ปัญห	คัดเลือก วิธีการ แก้ปัญหที่ดี ที่สุด	ประยุกต์ใช้เพื่อ แก้ปัญห	วางแผน แก้ปัญห	วางแผน แก้ปัญห	ขั้นที่ 5 พิสูจน์ตรวจสอบ ขยายผลปัญหา
4		การตรวจสอบ คำตอบ		ดำเนินการ แก้ปัญห	ตรวจสอบ คำตอบ	ตรวจสอบ คำตอบ	ดำเนินการทำ ตามแผน	ดำเนินการตาม แผน	
5				ประเมิน ตรวจสอบ คำตอบ	การอธิบาย คำตอบ		ตรวจสอบ คำตอบ	พิสูจน์ตรวจสอบ ความสอดคล้อง สมการ	
6								การตรวจสอบ ประเมินคำตอบ	

ตาราง 4 สรุปการสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย

ลำดับขั้นตอนการ แก้ปัญหา	ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิด ของนักฟิสิกส์ศึกษา	ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ใช้ในการวิจัย
ขั้นที่ 1	ทำความเข้าใจกับปัญหา	วิเคราะห์และวางแผน
ขั้นที่ 2	วิเคราะห์ปัญหา	ปฏิบัติการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 3	วางแผนแก้ปัญหา	ตรวจสอบคำตอบ
ขั้นที่ 4	ดำเนินการตามแผน	
ขั้นที่ 5	พิสูจน์ตรวจสอบ ขยายผลปัญหา	

ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในงานวิจัยครั้งนี้ ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 5

โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

ค้นหาคำสำคัญ :

ขีดเส้นใต้คำสำคัญทางฟิสิกส์ ส่วนที่ โจทย์ต้องการทราบ ส่วนที่โจทย์ กำหนดมาให้ พร้อมแทนคำสำคัญนั้น ด้วย สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์

- ปัญหาที่แก้จะเริ่มต้นอย่างไร ?
- อะไรคือสิ่งที่จะต้องทำบ้างในการแก้ปัญหา ?

- โจทย์ต้องการหาอะไร ? (อาจจะระบุเป็นข้อๆ)
- โจทย์กำหนดอะไรมาบ้าง ? และข้อมูลอะไรที่สำคัญในการแก้ปัญหา?
- สิ่งที่โจทย์บอกบอกทางตรงหรือบอกทางอ้อม?
- ในภาพประกอบโจทย์จะต้องแสดงตัวแปรที่สำคัญ อะไรบ้าง ?

สร้างแผนภาพ :

แปลข้อความจากโจทย์ให้เป็นแผนภาพ พร้อมทั้งระบุสัญลักษณ์ ตัวแปรทั้งตัวที่ไม่ทราบค่า และทราบค่า

- ระบบหน่วยที่ใช้เป็นระบบเดียวกันหรือไม่?

ตัวอย่างคำสำคัญที่พบในโจทย์ฟิสิกส์

ปล่อย หมายถึง ความเร็วต้นเป็นศูนย์

($u = 0 \text{ m/s}$)

พื้นลื่น หมายถึง ไม่คิดแรงเสียดทาน

($f = 0 \text{ N}$)

หลักการทางฟิสิกส์ :

รวบรวมสูตร กฎ สมการ ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาแล้วอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่เลือกไว้ว่าสอดคล้องเหมาะสมกับโจทย์ปัญหา

- สมการหรือหลักการใดที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ?

- สมการที่ใช้เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร ? และสามารถแก้สมการหาคำตอบได้อย่างไร ?

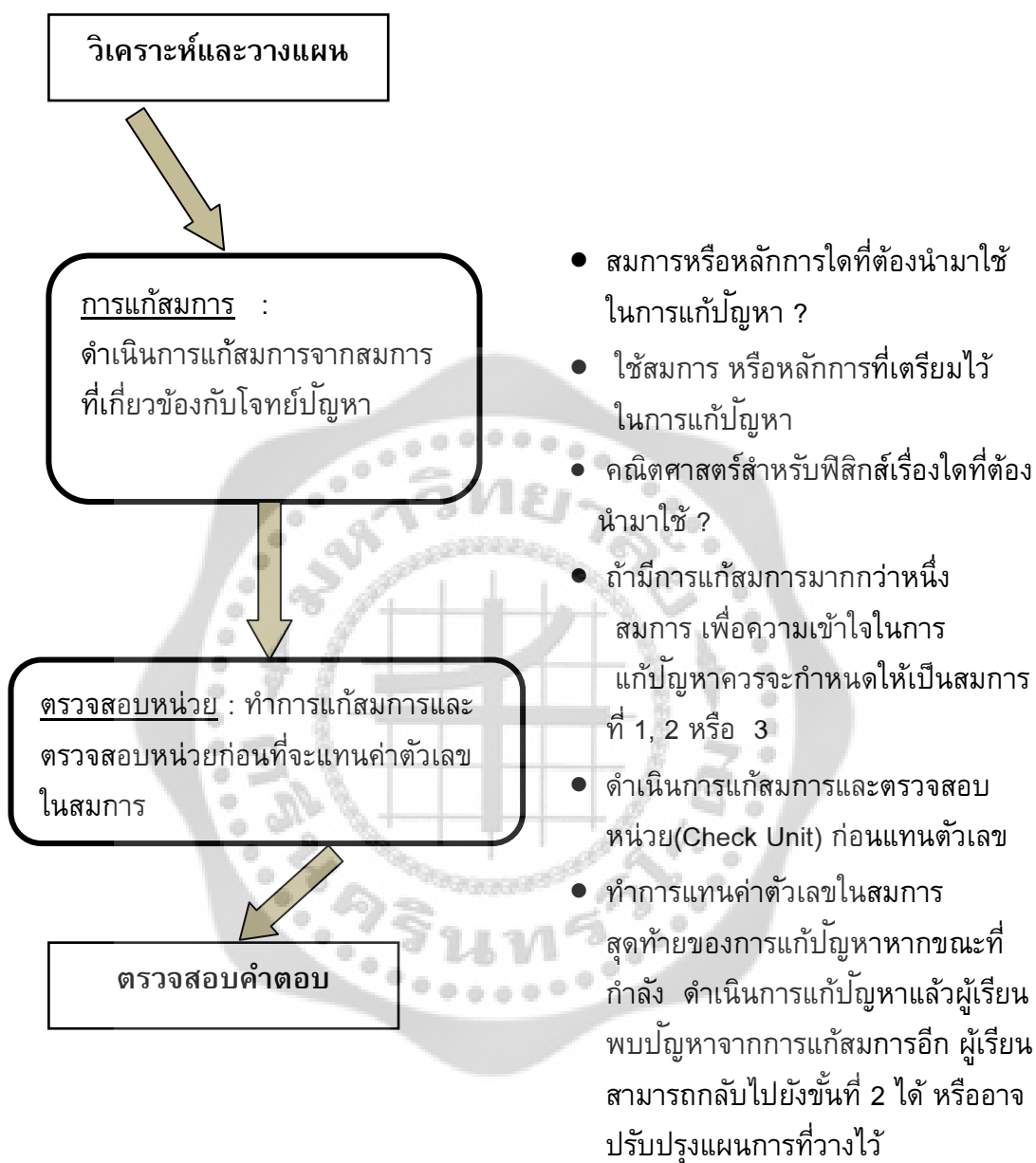
- หลักการหรือสมการใดที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ?

- ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่ทราบค่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ?

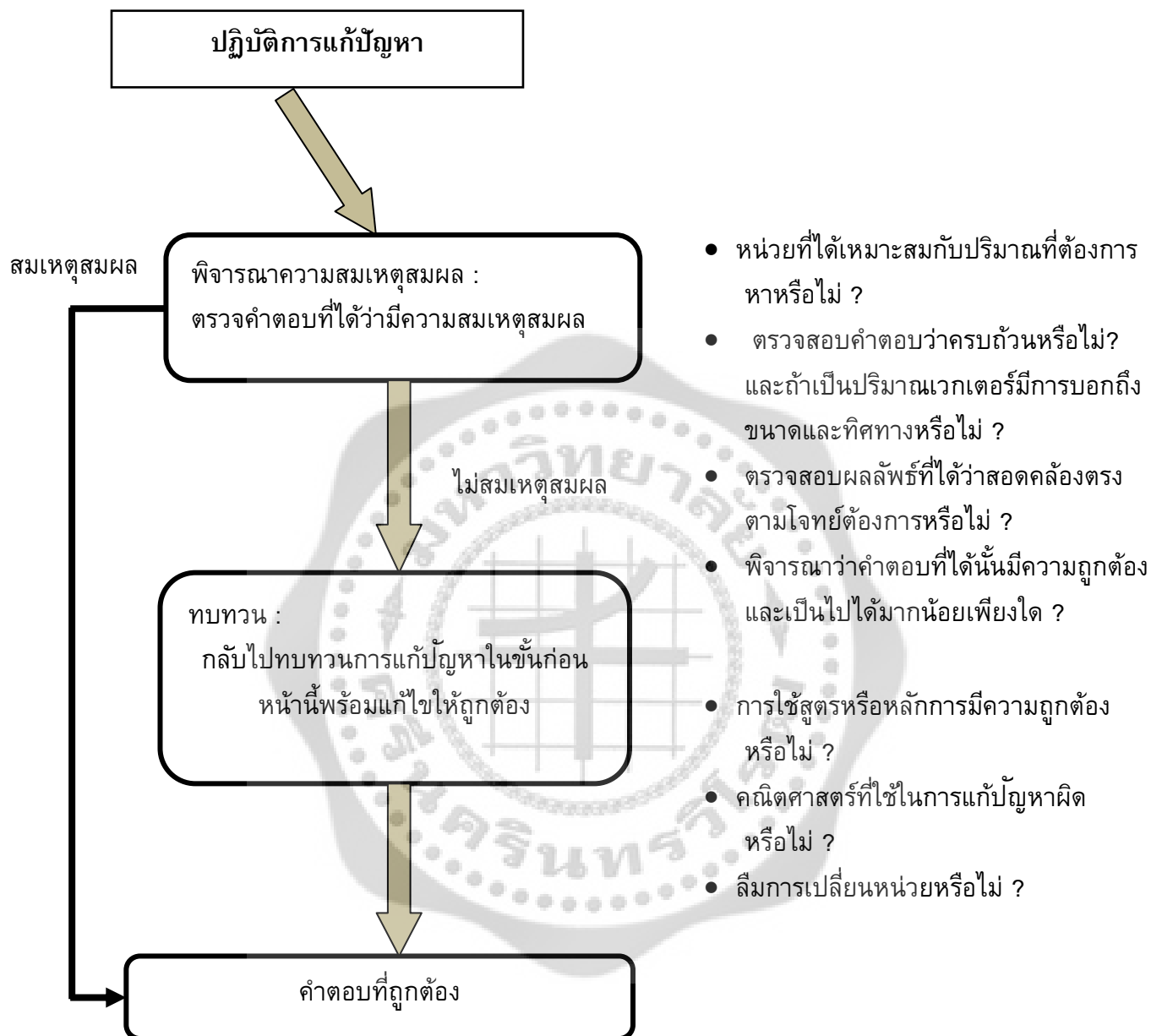
- ตัวแปรที่พิจารณาเชื่อมโยงกับหลักการหรือสูตรอะไรบ้าง ?

ปฏิบัติการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา



ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ



ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.6 ความสามารถในการแก้ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่าน (Good. 1973: 10-12; Gagné. 1985: 63; Singh. 1993: 18; Morgan. 1978: 154-155) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem Solving Abilities) ว่าเป็นพฤติกรรมหรือคุณลักษณะที่บุคคลเลือกกระทำหรือปฏิบัติ โดยบุคคลในแต่ละคนมีขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับสวิตซ์ มุลคัม (2547: 15) และนารินทร์ พักสมบูรณ์ (2541:48) ที่ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหา ว่าเป็นความสามารถทางสมองในการจัดสภาวะความไม่สมดุลที่เกิดขึ้น โดยพยายามปรับตัวเองและสิ่งแวดล้อมให้กลมกลืนกลับมาสู่สภาวะที่คาดหวัง ซึ่ง ครูคิลิคและลุดนิก (Krulik; & Rudnick. 1993: 10-11) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่สำคัญที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียน ได้แก่ ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดคำนวณและให้เหตุผล แรงขับ ความยืดหยุ่น ความรู้พื้นฐาน วิธีสอนของผู้สอนและระดับสติปัญญา ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget. 1972 : 120) ที่กล่าวว่าความสามารถด้านนี้เริ่มพัฒนามาตั้งแต่พัฒนาการขั้นที่ 3 คือ ขั้นการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) เมื่อเด็กมีอายุ 11-15 ปี จะมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลดีขึ้น สามารถเรียนรู้สิ่งที่เป็นามธรรมและสามารถคิดแก้ปัญหาแบบซับซ้อนได้

นอกจากนั้น มาร์คเกอร์และวอลล์เลซ (Maker; & Wallace. 2004; อ้างอิงจาก อุษณีย์ อนุรุทธีวงศ์. 2548: 98-99) ได้กล่าวถึง ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ญาณปัญญา (Intuition) เป็นความสามารถในการคิดอย่างรวดเร็ว รวมถึงการรับรู้ที่เกิดจากภายใน
2. ความจำ (Memory) เป็นระบบสะสมการรับรู้ข้อมูล การเรียนรู้ที่ได้จากประสบการณ์ รวมถึงสิ่งที่ถูกสะสมจนเป็นทักษะ
3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นความสามารถทางความคิด พัฒนาความคิด การสร้างสิ่งใหม่
4. เหตุผลและตรรกะ (Reasoning and Logic) เป็นศักยภาพทางความสามารถของมนุษย์ ที่ถักทอโยงใยความคิดให้เป็นระบบ
5. การรู้คิด (Metacognition) เป็นกระบวนการใช้ปัญญาระดับสูงมาแก้ปัญหาและคิดเกี่ยวกับความคิด เป็นการใช้ความสามารถทางปัญญาทุกด้าน

โดยสรุปแล้ว ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นทักษะที่ต้องได้รับการฝึกฝนอยู่เสมอ ผู้เรียนที่พบปัญหา แล้วสามารถที่จะหาแนวทางในการแก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ย่อมประสบความสำเร็จ ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหของผู้เรียนนั้นขึ้นกับองค์ประกอบหรือปัจจัยที่สำคัญ เช่น ความรู้พื้นฐานเดิม ประสบการณ์ สติปัญญา แรงจูงใจ และวุฒิภาวะของสมอง และปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ การจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจและส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในด้านการคิด ผู้สอนจะต้องมีรูปแบบและวิธีการที่เหมาะสมในการ

ที่ให้ผู้เรียนแสดงความสัมพันธ์ของปัญหา และสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้ และในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นิยามความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ว่าเป็น ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน คือ 1) วิเคราะห์และวางแผน 2) ปฏิบัติการแก้ปัญหา และ 3) ตรวจสอบคำตอบ

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ในการวัดและประเมินผลเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการประเมินความสามารถของผู้เรียน โดยมีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

บุญชม ศรีสะอาด (2535: 50) ได้กล่าวถึง การวัดความสามารถการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถใช้เครื่องมือได้หลายประเภท สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมตามลักษณะข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แบบทดสอบ(Test) คือ ชุดคำถาม (Item) หรืองานชุดใด ๆ ที่สร้างขึ้น เพื่อนำไปวัดหรือชักนำให้กลุ่มตัวอย่างตอบสนองออกมา การตอบอาจอยู่ในรูปของการเขียนตอบ การพูดหรือการปฏิบัติ ที่สามารถสังเกตได้วัดให้เป็นปริมาณได้ ซึ่งแบบทดสอบสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ได้ ในรูปของแบบทดสอบวัดความสามารถ อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามรูปแบบของคำถาม

1.1 แบบทดสอบแบบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีข้อความและมีตัวเลือกให้เลือกตอบ อาจแบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด แบบทดสอบแบบจับคู่ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1.2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบเป็นแบบทดสอบที่มีข้อความ แต่ไม่มีตัวเลือกให้เลือกตอบ ผู้ตอบต้องเขียนคำตอบลงไปเอง อาจแบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบตอบสั้น และแบบทดสอบแบบอัตนัยความเรียง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2547: 59-60) ได้เสนอว่า การวัดและประเมินแบบวัดความสามารถการแก้ปัญหาวได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมินให้ชัดเจนที่สุด
2. เลือกเครื่องมือวัดให้สอดคล้องและเหมาะสมกับข้อมูลที่จะวัด
3. ใช้เทคนิคการวัดหลากหลายวิธี
4. ศึกษาจุดเด่น จุดด้อยของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด เพื่อให้ใช้ได้ถูกวิธี

มากิฟท์และคนอื่นๆ (Mcgriff; et.al. 2000) ได้กำหนดเกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการแก้ปัญหาวแต่ละขั้น ดังนี้

1. การระบุสาเหตุของปัญหา มีเกณฑ์ ดังนี้
 - 1.1 จดจำลักษณะของปัญหาได้
 - 1.2 ตัดสินใจได้ว่าข้อมูลใดเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาวหรือไม่
 - 1.3 สรุปองค์ประกอบและเข้าใจที่มาของปัญหาวได้

- 1.4 จำแนกความแตกต่างของปัญหาในภาพรวมได้
- 1.5 จำแนกโครงสร้าง สภาพแวดล้อมทางกายภาพของปัญหาได้
- 1.6 อธิบายลักษณะเฉพาะของปัญหาได้
- 1.7 กำหนดตัวแปรแทรกซ้อนของปัญหาได้
- 1.8 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้เมื่อมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอ
- 1.9 ระบุมูลที่ความต้องการเพิ่มเติมในการแก้ปัญหาได้
2. การระบุแนวทางแก้ปัญหา มีเกณฑ์ ดังนี้
 - 2.1 ระบุวิธีแก้ปัญหาหลายๆ แบบ ที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนด
 - 2.2 ออกแบบการแก้ปัญหาจากการจัดการส่วนประกอบ แยกแยะตัวแปรที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาได้
 - 2.3 ตัดสินใจได้หากมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาเกิดขึ้น
 - 2.4 ประเมินสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้
3. การตั้งสมมติฐาน มีเกณฑ์ ดังนี้
 - 3.1 กำหนดและประเมินข้อจำกัดที่เกิดขึ้นได้
 - 3.2 ระบุปัจจัยที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาได้
 - 3.3 ตั้งคำถามเกี่ยวกับนิยามจากข้อมูลของตนเองได้
 - 3.4 ประยุกต์สิ่งที่ตนเองประเมินได้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
 - 3.5 ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการประเมินข้อจำกัดของสถานการณ์ได้
4. การเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา มีเกณฑ์ ดังนี้
 - 4.1 มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแนวทางที่เลือกไว้
 - 4.2 มีการประเมินสถานการณ์ที่เชื่อถือได้
 - 4.3 มีข้อมูลที่จัดเก็บมาในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกัน
 - 4.4 มีการประเมินความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ทั้งทางบวกและทางลบ
5. การทดสอบสมมติฐานและการสรุปการแก้ปัญหา มีเกณฑ์ ดังนี้
 - 5.1 มีการระบุเหตุผลของแนวทางที่เลือกมาแต่ละวิธี
 - 5.2 ตัดแนวทางที่มีความเป็นไปได้น้อยที่สุด
 - 5.3 วิเคราะห์เหตุผลรองรับการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เลือกไว้
 - 5.4 ระบุรายละเอียดของแนวทางนั้น
 - 5.5 ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

6. การนำแนวทางไปใช้ มีเกณฑ์ ดังนี้

- 6.1 มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางที่สำรองไว้ เมื่อปัญหานั้นไม่ได้รับการแก้ไข
- 6.2 ตัดสินใจและทบทวนการนำแนวทางแก้ปัญหาไปใช้ในบริบทอื่นๆ
- 6.3 รวบรวมปัจจัยที่สนับสนุนการแก้ปัญหา
- 6.4 ตัดสินใจได้เมื่อนำแนวทางการแก้ปัญหาไปใช้กับการแก้ปัญหาในรูปแบบ

อื่นๆ

จากแนวคิดเกี่ยวกับการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและออกแบบเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการตอบแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน โดยเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งประกอบไปด้วย สถานการณ์โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ทั้งหมดรวม 5 สถานการณ์ และแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ

3. แนวคิดตามแนวทฤษฎีสรคินิยม

3.1 ทฤษฎีสรคินิยม

ทฤษฎีสรคินิยม (Constructivism) เป็นแนวทฤษฎีที่นำทฤษฎีจิตวิทยาและปรัชญาการศึกษาที่หลากหลายมาปรับประยุกต์โดยมีเป้าหมายที่จะอธิบายและค้นหามนุษย์เกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ได้อย่างไร ทฤษฎีนี้มีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2542: 332) โดยทฤษฎีสรคินิยมมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ที่เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองที่รับมาจากการได้รับประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติ โดยผู้เรียนจะมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) จากภาวะความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น(Disequilibrium) ซึ่งเป็นภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ที่ผู้เรียนได้รับนั้นเกิดความไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมที่นักเรียนมีอยู่ ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) ซึ่งก่อให้เกิดแรงกระตุ้นทำให้ผู้เรียนจะพยายามค้นหาคำตอบโดยนำแนวคิด ทฤษฎี จากประสบการณ์เดิมของตนมาสร้างสมมติฐานเพื่อดำเนินการทดลอง หาคำตอบด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งเมื่อหลังจากค้นพบคำตอบแล้ว ประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ จะทำให้ผู้เรียนจะเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) และถ้าประสบการณ์ใหม่นั้นตรงกันกับประสบการณ์เดิม ข้อมูลนั้นก็จะมีการดูดซึม (Assimilation) เข้าสู่ความเข้าใจใหม่แก่ผู้เรียน (Llewellyn. 2001: 31; ทิศนา แคมมณี. 2553: 90-94) ซึ่งเซลเลย์ (Selley. 1999: 3-6) ได้อธิบายในทำนองเดียวกันว่า การสร้างความรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียนโดยจะมีการตีความสิ่งที่รับรู้ใหม่ตามประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล หรืออาจสร้างความรู้จากประสบการณ์ตรงที่ได้รับการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง หรือจากการสื่อสารกับผู้อื่น

จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาและนักจิตวิทยาต่างๆเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ตามแนวสัณฐานนิยมแตกต่างกัน ดังนี้

บรูคส์และบรูคส์ (Brooks; & Brooks. 1993 : Vii) กล่าวถึงความรู้และการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้ สามารถสรุปได้ว่า ความรู้เป็นสิ่งชั่วคราวที่ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ไม่มีความเป็นปรนัย ส่วนการเรียนรู้เป็นกระบวนการกำกับตนเองที่บุคคลใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากความขัดแย้งทางความคิด โดยใช้ประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม การสนทนา ในขณะที่ทำงานและการสะท้อนความคิดเห็นให้แกกันและกัน นอกจากนี้เซลลีย์ (Selley. 1999: 3-6) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างความรู้ของบุคคล สรุปได้ว่า ความรู้ไม่ใช่สิ่งที่อยู่ภายนอกตัวของบุคคล ความรู้ถูกสร้างขึ้นในขณะที่บุคคลพยายามให้ความหมายกับประสบการณ์ของตนเอง ความรู้เป็นข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้น ส่วนการเรียนรู้ซาฮอร์ิค (Zahoric. 1995: 11-12) มองว่าเป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่ง การที่บุคคลได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา ทำให้ความรู้ของบุคคลเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงความรู้ของบุคคลเกิดจากกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่าง คือ กระบวนการดูดซับ (Assimilation) และการปรับให้เหมาะสม (Accommodation) กระบวนการดูดซับเกิดขึ้น เมื่อสิ่งที่บุคคลรับความรู้ใหม่ที่มีโครงสร้างสอดคล้องกับโครงสร้างความรู้เดิมที่มีอยู่กระบวนการปรับให้เหมาะสมเกิดขึ้น เมื่อสิ่งที่บุคคลรับความรู้ใหม่มีโครงสร้างแตกต่างจากโครงสร้างความรู้เดิมที่มีอยู่ ทำให้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้เดิมให้เหมาะสมกับโครงสร้างความรู้ที่รับเข้ามาใหม่

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าความรู้เป็นสิ่งที่อยู่ในตัวบุคคล บุคคลสร้างความรู้หรือความหมายของสิ่งที่รับรู้ขึ้นมาด้วยตนเองโดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ในขณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว ความรู้จึงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละคน ส่วนการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่บุคคลสร้างความหมายหรือความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่รับรู้ใหม่และแตกต่างกันตามประสบการณ์ นักการศึกษาและนักจิตวิทยาในกลุ่มสัณฐานนิยมถึงแม้จะมีความเห็นแตกต่างกัน เนื่องจากอาจมีรากฐานมาจากแนวคิดของเพียเจต์ (Piaget. 1972)ซึ่งเน้นเรื่องการใช้สติปัญญาของผู้เรียนเอง (Cognitive Constructivism) หรือแนวคิดของ ไวโกตสกี (Vygotsky. 1962) ซึ่งเน้นการมีปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มผู้เรียน (Social Constructivism) แต่ก็มีความเห็นร่วมกันในประเด็นการสร้างความรู้ของผู้เรียน (สุรางค์ ไคว้ตระกูล. 2552: 210-211) โดยมีหลักร่วมกันกล่าวคือ (1) ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง (2) การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน (3) การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้มากและ (4) การจัดสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่คล้ายคลึงกับสภาพในชีวิตจริงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ในแวดวงการศึกษานั้นนักการศึกษาหลายท่านได้นำแนวคิดการเรียนรู้ตามแนวสรรถนิยมไปใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์(Murphy.1997: 9-12) และจากการศึกษา พบว่านักศึกษานำแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวคิดสรรถนิยมไปใช้ในประเด็นที่สำคัญ สรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสรรถนิยมเน้นให้นักเรียนมีการตรวจสอบความหมายที่นักเรียนสร้างขึ้นในขณะที่ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ถ้าพบนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ผู้สอนในฐานะผู้อำนวยความสะดวก(Facilitator) ในการเรียนของนักเรียนจะต้องจัดกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้พิจารณาและตรวจสอบมโนทัศน์ของตนเองอีกครั้ง ครูอาจจะต้องจัดกิจกรรมในลักษณะเดียวกันนี้หลายครั้งจึงจะแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับแนวคิดของออสบอร์น เบลและกิลเบิร์ต(Osborne; Bell; & Gilbert. 1983: 489-508) ที่สรุปได้ว่า นักเรียนต้องรับผิดชอบในการตรวจสอบความรู้ที่ตนเองสร้างขึ้นว่าคลาดเคลื่อนจากความรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆยอมรับอย่างไร

2. การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม ดังเช่น เคอร์รี่(Curry. 2003) กล่าวถึงไว้ว่า การเรียนรู้เป็นความร่วมมือร่วมใจระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับบุคคลที่แวดล้อมผู้เรียนเกี่ยวกับความหมายที่สร้างขึ้น

3. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนแก้ปัญหาหรือสืบสอบเพื่อลดความขัดแย้งทางความคิดของตนเอง นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายถึงการเรียนรู้ ดังเช่น ซอนเดอร์(Saunders 1992: 59-61) ที่ได้เสนอแนะแนวทางการจัดการเรียนการสอนไว้สรุปได้ว่า ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและทำการสืบสอบด้วยตนเอง เครื่องมือสำคัญ ที่ผู้เรียนนำมาใช้ในการสืบสอบ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดระดับสูง ดังที่ วรรณทิพา รอดแรงคำ (2541: 51) ได้แสดงความคิดเห็นกับเรื่องนี้ไว้ สรุปได้ว่า การเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรรถนิยม นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ในการตั้งสมมติฐาน การทำนาย การจัดกระทำกับวัสดุอุปกรณ์ การแสวงหาคำตอบ การนำเสนอปัญหา การสืบเสาะหาความรู้และการคิดประดิษฐ์สิ่งต่างๆ นักเรียนอาจจะเรียนด้วยวิธีการสอน ที่เรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) ที่ต้องอาศัยกระบวนการสำรวจการนำเสนอ มโนทัศน์และการนำความรู้ไปใช้และสามารถอธิบายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เหล่านั้น

4. การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน มาร์ติน(Matrin. 1994: 11-30) กล่าวถึงในประเด็นนี้ไว้ สรุปได้ว่าความรู้ที่ติดมากับนักเรียนจะมีอิทธิพลต่อการที่นักเรียนจะเลือกเรียนอะไร และใช้วิธีการเรียนรู้อย่างไร การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดนี้จึงเน้นความสำคัญเกี่ยวกับความรู้เดิมของนักเรียน ดังที่ไดรเวอร์และโอลด์แฮม (Driver; & Oldham . 1986: 105-122) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนสอนที่เริ่มจากการทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งใหม่

จากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยมไปใช้ในความหมายตามที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีสมรรถนิยม เป็นทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองของผู้เรียน โดยผู้เรียนจะอาศัยประสบการณ์เดิมและแรงจูงใจภายในตนเองเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้ การสร้างความรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในบุคคล ความรู้อาจได้มาจากการประสบ การณ์ตรงของตนเองและบางเรื่องได้มาจากการแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสมรรถนิยม เป็นกระบวนการสร้างความด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้นเสาะหา สืบตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีต่างๆจนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเองได้ โดยการเรียนรู้นั้นเกี่ยวข้องกับพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน ดังนั้นประสบการณ์เดิมเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้เพื่อที่จะใช้ในการสร้างความรู้ใหม่ อีกทั้งสภาพแวดล้อมหรือบริบทของการเรียนรู้ก็เป็นสิ่งสำคัญของการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

4.2 แนวทางการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม

แนวทางการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม จากการศึกษาเอกสารของนักการศึกษาหลายท่านสามารถสรุปแนวทางการเรียนการสอนได้ในรูปแบบต่างๆ ดังนี้ (Zahoric. 1995: 14-22; Lorschbach; & Tobin. 1997: 14; Murphy. 1997 : 9-12; Driver; & Oldham . 1986: 105-122; Ellis; & Maxwell. 1995)

ซาฮอร์ริค (Zahoric. 1995 : 14-22) เสนอแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยม สรุปได้ดังนี้

1. ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งใหม่
2. นักเรียนได้รับความรู้ในลักษณะที่เป็นองค์รวมก่อนที่จะเรียนรู้ส่วนย่อย ๆ
3. นักเรียนสำรวจและตรวจสอบความรู้ที่สร้างขึ้น ด้วยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น
4. นักเรียนขยายและตกแต่งความรู้ของตนเอง ด้วยการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริง
5. นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ที่นำไปใช้ในสถานการณ์

ลอว์บาชและโทบิน (Lorschbach; & Tobin. 1997: 14) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยมของนักการศึกษาต่างๆสรุปได้ว่า กลยุทธ์ที่ผู้สอนนิยมใช้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยมคือการแก้ปัญหาและการเรียนแบบร่วมมือ โดยให้เหตุผลว่า ปัญหา มักเกิดขึ้นเมื่อสิ่งที่นักเรียนรับรู้ไม่สอดคล้องกับความรู้เดิมที่มีอยู่ การเรียนแบบแก้ปัญหาเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อค้นหาของคำตอบของปัญหานั้น เมื่อได้คำตอบของปัญหามาแล้วนักเรียนต้องตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้เหมือนหรือแตกต่างจากคำตอบ

ของผู้ใดอย่างไรและคำตอบของใครจะมีความน่าเชื่อถือมากกว่า ซึ่งการเรียนแบบร่วมมือทำให้นักเรียนสามารถตรวจสอบวิเคราะห์และตัดสินใจได้ว่าคำตอบใดเป็นคำตอบที่มีเหตุผล อีกทั้งควรจะปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ อย่างไร

เมอร์ฟี (Murphy. 1997: 9-12) รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสมรรถนิยมของนักการศึกษาต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. กระตุ้นให้นักเรียนใช้มุมมองที่หลากหลายในการนำเสนอความหมายของมโนทัศน์
2. นักเรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมายและจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ของตนเองหรือจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนเกิดจากการเจรจาต่อรองระหว่างนักเรียนกับครู
3. ครูแสดงบทบาทเป็นผู้ชี้แนะ ผู้กำกับ ผู้ฝึกฝน ผู้อำนวยการความสะดวกในการเรียนของนักเรียน
4. จัดบริบทของการเรียน เช่น กิจกรรม โอกาส เครื่องมือ สภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมวิธีการคิดและการกำกับและรับรู้เกี่ยวกับตนเอง
5. นักเรียนมีบทบาทสำคัญ ในการสร้างความรู้และกำกับการเรียนรู้ของตนเอง
6. จัดสถานการณ์การเรียนรู้ สภาพแวดล้อม เนื้อหาและงานที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนตามสภาพที่เป็นจริง
7. ใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิเพื่อยืนยันสภาพการณ์ที่เป็นจริง
8. ส่งเสริมการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการเจรจาต่อรองทางสังคมและการเรียนรู้ร่วมกัน
9. พิจารณาความรู้เดิม ความเชื่อและทัศนคติของนักเรียนประกอบการจัดการเรียนการสอน
10. ส่งเสริมการแก้ปัญหา ทักษะการคิดระดับสูงและความเข้าใจเรื่องที่เรียนอย่างลึกซึ้ง
11. นำความผิดพลาด ความเชื่อที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนมาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้
12. ส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาความรู้อย่างอิสระ วางแผนและการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง
13. ให้นักเรียนได้เรียนรู้งานที่ซับซ้อน ทักษะและความรู้ที่จำเป็นจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
14. ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ของเรื่องที่เรียน
15. อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยให้คำแนะนำหรือให้ทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น
16. วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามสภาพที่เป็นจริงขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าว สามารถสรุปแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสรคินิยมได้ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดสิ่งที่จะเรียนและวิธีการเรียนของตนเอง
2. นักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจว่าตนเองได้เรียนรู้อะไร เรียนรู้ได้อย่างไรและจะพัฒนาการเรียนรู้อย่างไร
3. นักเรียนนำสิ่งที่เรียนรู้แล้วไปใช้ในบริบทอื่นได้อย่างเหมาะสม
4. นักเรียนเรียนรู้ในบรรยากาศการเรียนที่มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
5. นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ
6. นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติ โดยมีอิสระในการคิดและทำสิ่งต่าง ๆ เกี่ยวกับเรื่องที่เรียนด้วยตนเอง

หลักการในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสรคินิยม ที่กล่าวมาข้างต้น ได้มีผู้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจดังนี้

ไตรเวอร์และโอลด์แฮม (Driver; & Oldham. 1986: 105-122) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. ขั้นนำ (Orientation) คือ การให้ผู้เรียนรับรู้จุดหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียน
2. ขั้นทบทวนประสบการณ์เดิม (Elicitation) คือ การให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความรู้เดิมที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน วิธีการให้ผู้เรียนแสดงออก อาจจะได้โดยการอภิปรายกลุ่มหรือเขียนเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่
3. ขั้นปรับเปลี่ยนแนวคิด (Turning Restructuring of Ideas) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้
 - 3.1 ทำความกระจ่างและแลกเปลี่ยนความคิด (Clarification and Exchange of Idea) คือ ผู้เรียนพิจารณาความแตกต่างและความขัดแย้งระหว่างความคิดของตนเองกับผู้อื่น
 - 3.2 สร้างความคิดใหม่ (Construction of New Ideas) ผู้เรียนจะกำหนดความคิดขึ้นใหม่จากการได้อภิปราย ได้ชมการสาธิต ค้นคว้า ทดลอง เป็นต้น
 - 3.3 ประเมินความคิดใหม่ (Evaluation of the New Ideas) โดยการทดลองหรือคิดอย่างลึกซึ้ง
4. ขั้นนำความคิดไปใช้ (Application of Ideas) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีโอกาสใช้แนวคิดหรือความรู้ความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในสถานการณ์ต่างๆ
5. ขั้นทบทวน (Review) ผู้เรียนทบทวนตนเองว่าความเข้าใจได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบความคิดเมื่อเริ่มต้นบทเรียนกับความคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียน

เอลลิสและแมกซ์เวลล์ (Ellis; & Maxwell. 1995) อธิบายการจัดการเรียนการสอนตามแนวสตรณนิยมโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จัดให้ผู้เรียนอยู่ในบทเรียน (Engage the Learner) โดยการตั้งคำถามให้ผู้เรียนสนใจเป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับความรู้เดิม
2. ให้ผู้เรียนสำรวจมโนทัศน์ (Explore the Concept) สังเกต สำรวจ ร่วมกัน ค้นหาปัญหาหรือปรากฏการณ์
3. ให้ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์ (Explain the Concept) เป็นการเรียนรู้สิ่งใหม่เพื่อจัดให้เข้ากับความรู้เดิม และอธิบายด้วยคำพูดของตนเอง
4. ให้ผู้เรียนขยายความมโนทัศน์ (Elaborate on the Concept) ผู้สอนทำการจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อให้ความรู้ที่มีความหมายกับผู้เรียน
5. ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน (Evaluate Students Understanding of the Concept) เป็นการตรวจสอบความคิดที่เปลี่ยนไป เช่น การแก้ปัญหา ทักษะทางสังคม

จากการศึกษาหลักการและแนวคิดทฤษฎีสตรณนิยม ผู้วิจัยได้ประยุกต์แนวคิดการจัดการเรียนการสอนของไดรเวอร์และโอลด์แฮม (Driver; & Oldham. 1986) เอลลิสและแมกซ์เวลล์ (Ellis; & Maxwell. 1995) มาใช้ในการจัดแนวทางการเรียนการสอนของชั้นตอน การเตรียมความพร้อม ซึ่งเป็นการทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับเรื่องที่จะเรียนเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะนำเข้าสู่ขั้นตอนการเรียนการสอนในขั้นถัดไป ซึ่งจะต้องจัดกิจกรรมต่างๆที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆได้ รวมถึงผู้สอนจะมีบทบาทจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือและคอยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการเรียนรู้

4. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอน เพื่อเป็นพื้นฐานความคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

4.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนไว้ดังเช่น กู๊ด (Good. 1973: 371) ได้ให้ความหมายของรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนไว้ว่าคือ วิธีการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดการเรียนรู้และมีทิศทางในการใช้เพื่อให้บุคคลมีพฤติกรรมตามทีรูปแบบต้องการ เป็นกรอบแนวคิดเชิงโครงสร้างที่ชี้แนะแนวทางเพื่อพัฒนากิจกรรมและสภาพแวดล้อมทางการศึกษาโดยเฉพาะที่สร้างมาจากสมมติฐานทางทฤษฎีบ้าง มาจากการสังเกตธรรมชาติของผู้เรียน อาทิ การเรียนรู้ แรงจูงใจ สติปัญญา ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ความรู้สึก และจากธรรมชาติหรือประสิทธิผลที่ได้ จากวิธีการสอนนั้น ๆ โดยลักษณะของรูปแบบจะมีแนว

ทางการพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้เฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ ได้เชื่อมโยงกับความต้องการ หรือ มาตรฐานที่ได้รับการตัดสินใจว่ามีความเหมาะสมที่จะพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ สอดคล้อง กับนักการศึกษาไทย(ทศนา แคมมณี. 2553: 220; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. 2551: 130) ได้ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน(Model of Teaching) ไว้ว่า คือ ลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่าง ๆ โดยประกอบด้วย กระบวนการ หรือขั้นตอนที่สำคัญในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดที่ยึดถือซึ่งได้รับการพิสูจน์ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ

ดังนั้นจากแนวคิดดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง ลักษณะของโครงสร้างที่อธิบายถึงลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ แบบแผน ที่มี ปรัชญา หลักการ ทฤษฎี หรือความเชื่อต่าง ๆ เป็นพื้นฐาน อันประกอบไปด้วย กระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในการเรียนรู้ รวมถึงวิธีการและเทคนิคการจัดการเรียนรู้ต่างๆที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนรู้นั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการ โดยการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่อยู่บนพื้นฐานแนวคิดจากทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) และแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle)

4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนมีองค์ประกอบสำคัญต่างๆ ดังที่นักการศึกษาหลายท่านให้หลักการที่สรุปได้ดังนี้ (ทศนา แคมมณี. 2553: 222; Joyce; & Weil. 1978: 2; Arends. 1994: 7; Anderson. 1997: 521-522)

จอยซ์ และวิล (Joyce; & Weil. 1978: 2) กล่าวว่า องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วย

1. หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน คือ การกล่าวถึงความเชื่อและแนวคิดของทฤษฎีที่รองรับรูปแบบการเรียนการสอน หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน จะเป็นตัวชี้้นำ กำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการในรูปแบบการเรียนการสอน
2. จุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนเป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้น จากการใช้รูปแบบการเรียนการสอน
3. เนื้อหา เป็นส่วนที่ระบุถึงเนื้อหาและกิจกรรมต่างๆ ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน
4. กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินการ เป็นส่วนที่ระบุถึงวิธีการปฏิบัติในขั้นตอนหนึ่งๆเมื่อนำรูปแบบไปใช้
5. การวัดและประเมินผล เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน

ทศนา แคมมณี (2553: 222) กล่าวว่า วัฏแบบการเรียนการสอน จำเป็นต้องมี องค์ประกอบสำคัญดังนี้

1. ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือหลัก ของรูปแบบการเรียนการสอนนั้น
2. การบรรยายและอธิบายสภาพการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับ หลักการที่ยึดถือ
3. การจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบหรือความสัมพันธ์ของ องค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้นๆ
4. การอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ อัน จะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จะต้องนำเสนอสาระสำคัญของรูปแบบ 4 ประการ คือ

- 4.1 ทฤษฎีหรือหลักการของรูปแบบ
- 4.2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบ
- 4.3 กระบวนการของรูปแบบ
- 4.4 ผลที่จะได้รับจากการใช้รูปแบบ ก็จะช่วยทำให้สามารถตัดสินใจใน

เบื้องต้นได้ว่าจะใช้รูปแบบใด

เอเรนส์ (Arends. 1997: 7) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย องค์ประกอบ 4 ประการ

หลักการตามทฤษฎีที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

1. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
2. วิธีสอนที่จะทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์
3. สิ่งแวดล้อมในการจัดการเรียนรู้ที่จะนำไปสู่ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1997 : 521-522) กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน สรุปได้ว่าองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วย

1. หลักการ
2. วัตถุประสงค์
3. หลักฐานที่แสดงการยอมรับประสิทธิภาพของรูปแบบนั้น

ตาราง 5 สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนของนักการศึกษาที่สำคัญ

องค์ประกอบ ของรูปแบบ	จอยซ์ และ วิล (Joyce; & Weil. 1978)	เอเรนส์ Arends (1997)	แอนเดอร์สัน Anderson (1997)	ทิศนา ขัมมณี (2553)	องค์ประกอบ การพัฒนา รูปแบบการ เรียนการสอน
1.ทฤษฎี / หลักการ / แนวคิด	✓	✓	✓	✓	✓
2.วัตถุประสงค์	✓	✓	✓	✓	✓
3.สิ่งแวดล้อม ในการเรียน การสอน		✓			
4.เนื้อหา	✓				
5.กิจกรรมและ ขั้นตอนการ ดำเนินการ			✓	✓	✓
6.การวัดและ ประเมินผล	✓			✓	✓

จากตาราง 5 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนตามที่นักวิชาการได้นำเสนอ จากแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อให้ได้องค์ประกอบในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ ซึ่งมีองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนสำคัญ 4 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน 2) จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอน 3) กระบวนการเรียนการสอน และ 4) การวัดและประเมินผล

4.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีสิ่งที่จะต้องพิจารณา 5 ประการ คือ (Saylor; et al. 1981 : 272 อ้างอิงจาก คณาพร คมสัน. 2540 : 75)

1. เป้าหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนบรรลุ
2. โอกาสสูงสุดที่สามารถบรรลุเป้าหมายได้หลายประการ
3. ความสามารถสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน

4. พิจารณาหลักการพื้นฐานทางทฤษฎี และหลักการเรียนรู้ประกอบ

5. สะดวกใช้ และยืดหยุ่นในการปรับใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

นอกจากนี้ วารินทร์ รัตมีพรหม(2542: 45-89) ดิกและคาเรย์(Dick; & Carey. 1996: 2-7) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนั้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นศึกษาข้อมูลพื้นฐาน แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Studying Basic Data and Related Literature Phase) โดยการวิเคราะห์ปัญหา หรือประเมินความต้องการ เพื่อให้ได้รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีปัญหาหรือไม่ ปัญหาอะไรเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน ปัญหานั้นเป็นปัญหาที่แท้จริงหรือไม่ อะไรคือสาเหตุของปัญหา อะไรคือวิธีที่แก้ปัญหานั้นได้ การประเมินความต้องการเป็นการกำหนดให้เข้าใจว่าการสอนที่จะทำการออกแบบและพัฒนานั้นเป็นสิ่งที่ต้องการแน่แท้หรือไม่ รวมถึงการวิเคราะห์นักเรียน คุณลักษณะของผู้เรียนทั้งด้านเพศ อายุ พื้นฐานสังคมเศรษฐกิจ ความถนัด แรงจูงใจ ความรู้พื้นฐานเดิมที่มีมาก่อน รวมทั้งความแตกต่างระหว่างบุคคลและรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles)

2. ขั้นการพัฒนา (Development/Production Phase) ในขั้นตอนนี้จำแนกเป็นการพัฒนาเนื้อหาความรู้ กระบวนการเรียนการสอน แบบทดสอบ สื่อและวัสดุการสอน เช่น การพัฒนา กิจกรรมการเรียนการสอน ควรทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan) ว่าจะดำเนินการอย่างไรบ้าง โดยทั่วไปการสอนที่มีประสิทธิภาพจะประกอบด้วยกิจกรรมขั้นจูงใจ ให้วัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน คำนึงถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียน ให้สารสนเทศและตัวอย่าง รวมถึงการสร้างข้อทดสอบ ต้องศึกษาวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ในหน่วยวิชานั้น เพื่อสร้างข้อทดสอบให้สอดคล้องและควรเป็นข้อทดสอบที่วัดได้ครบตามต้องการ อีกทั้งพัฒนาสื่อและวัสดุการสอน ผู้ออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องดูแลทุกขั้นตอนการผลิต เพื่อให้แน่ใจว่าการผลิตได้ดำเนินไปตามคำแนะนำที่ให้ตามแนวทางของการออกแบบ มีความคงเส้นคงวาต่อเนื่องและมีคุณภาพ

3. ขั้นการนำไปทดลองใช้ (Implementation Phase) การนำไปทดลองใช้ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง 2 ประการ คือ การสอนและการบริหารการสอน ข้อควรตระหนักในขั้นการจัดการเรียนการสอนคือ เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง มีความสัมพันธ์ระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียน คือครูผู้สอนเป็นผู้ทำหน้าที่เหมือนผู้จัดการเรียนหรือจัดสภาพแวดล้อมเพื่อให้ นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ มีแรงจูงใจที่อยากจะเรียนรู้การเรียนการสอนต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ครูผู้สอนต้องเป็นที่ปรึกษาให้แก่ นักเรียน และต้องพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ให้ทันสมัยอยู่เสมอ

4. ขั้นการประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นการวัดว่าวงจรการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนั้นสมบูรณ์แล้ว ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) จึงเป็นส่วนสำคัญที่ได้จากการประเมินผล เพื่อนำไปปรับปรุงในส่วนของแต่ละขั้นตอนให้ดีขึ้นและตรงตามวัตถุประสงค์ ถ้าการประเมินผลพบว่าจุดใดควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงก็ต้องดำเนินการปรับปรุง แก้ไข

นอกเหนือจากนั้นจอยซ์ และวีล (Joyce; & Weil. 1996 : 11-25) ยังได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนควรต้องมีหลักการ ทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีด้านจิตวิทยาการเรียนรู้เป็นพื้นฐานแนวคิดในการพัฒนา
2. เมื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลาย จะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพในเชิงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง และนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบที่พัฒนาขึ้น
3. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ตรงกับจุดมุ่งหมายหลักก็จะทำให้เกิดผลสูงสุดแต่ก็สามารถนำรูปแบบนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆได้ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสมแต่ก็อาจทำให้ผลสำเร็จลดน้อยลง
4. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจะมีจุดมุ่งหมายหลักที่ถือเป็นหลักในการพิจารณาเลือกรูปแบบไปใช้ กล่าวคือ ถ้าผู้ใช้รูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ตรงกับจุดมุ่งหมายหลักก็จะทำให้เกิดผลสูงสุด แต่ก็สามารถนำรูปแบบนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆได้ ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสมแต่ก็อาจได้ผลสำเร็จน้อยลงไป

สรุปได้ว่าการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ได้กล่าวไปข้างต้นสามารถ สรุปได้ว่าการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่จัดไว้จะต้องมีแนวคิด ทฤษฎี หลักการและความเชื่อต่างๆ ซึ่งมีกระบวนการหรือขั้นตอนและเทคนิคหรือวิธีการที่จะช่วยให้การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน ดังกล่าวเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป

4.4 รูปแบบการสอนฟิลิกส์

การเรียนการสอนเนื้อหาฟิลิกส์ไม่มีรูปแบบที่ตายตัว ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และเทคนิคในการสอนของผู้สอนแต่ละคน ในหัวข้อหรือเนื้อหาหรือในแนวคิดเดียวกันพบว่ามีการสอนที่หลากหลายวิธี จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษา (Redish. 2002: 135; ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. 2555: 14-31) พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนฟิลิกส์ที่สามารถส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย การบรรยาย การสาธิต การใช้โครงงาน การใช้เทคโนโลยี การใช้คำถาม และการเรียนการสอนตามแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ที่วิจัยใช้เป็นแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ โดยรูปแบบการเรียนการสอนนี้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการแก้ปัญหา ได้ลงมือปฏิบัติจริง มีโอกาสสืบค้นข้อมูล ได้ซักถาม สืบค้น ค้นหา และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การบรรยาย (Lecture-Based)

เป็นวิธีการที่ใช้กันทั่วไปถึงแม้ว่าจะเป็นการเรียนการสอนที่ผู้สอนมีบทบาท ซึ่งพบว่ายังมีความเหมาะสมในการจัดเนื้อหาสาระสำหรับนักเรียนกลุ่มใหญ่ๆหรือให้ความรู้ในส่วนที่เป็น หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือเรื่องที่ยากและผู้เรียนยังไม่มีพื้นความรู้มาก่อน ในการสอนโดยใช้

วิธีแบบบรรยายนี้ ผู้สอนควรจะกำหนดขอบเขตของเนื้อหา มีบทนำและบทสรุปที่ชัดเจนและหัวใจสำคัญของการบรรยาย คือ มีวัตถุประสงค์ชัดเจน ใช้อุปกรณ์และสื่อประกอบในการบรรยาย เช่น แผ่นภาพโปสเตอร์หรือสไลด์ที่เห็นชัดเจนและมีเอกสารประกอบเหมาะสมซึ่งช่วยนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่ค่อนข้างยากหรือซับซ้อน

นอกจากนี้สิ่งที่จะช่วยผู้สอนในการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้ในการบรรยาย คือ

- 1.1 มีจำนวนผู้เรียนเท่าใดที่ต้องถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหา
- 1.2 เวลาที่ใช้เท่าใดจึงจะเหมาะสมกับเนื้อหานั้น
- 1.3 ผู้สอนสามารถพัฒนาให้การบรรยายน่าสนใจได้หรือไม่
- 1.4 ผู้สอนสามารถจัดทำกรอบเนื้อหาที่สำคัญที่ใช้ในการบรรยายได้หรือไม่
- 1.5 ผู้สอนมีการสรุปสิ่งที่บรรยายหรือไม่
- 1.6 ผู้สอนมีการใช้คำถามในการบรรยายหรือไม่

2.การสาธิต (Demonstration) เป็นวิธีการสอนที่ใช้การพูดประกอบการปฏิบัติ โดยวิธีการนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะในการสังเกต โดยปกติผู้สอนมักจะใช้วิธีการสาธิตกับการทดลองหรือปฏิบัติที่ต้องใช้ทักษะหรือความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่ผู้เรียนไม่สามารถทำได้เอง หรือใช้กับการทดลองที่ต้องใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นต้น สอดคล้องกับรูปแบบการสอนแบบบรรยาย ประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive lecture demonstrations; ILD) ได้รับการพัฒนาโดย Thornton และ Sokoloff ในปี 1998 เพื่อช่วยแก้ปัญหาความเข้าใจผิดในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ให้แก่ผู้เรียน ILD เป็นวิธีการสอนที่นำการทดลองทางฟิสิกส์ง่ายๆเข้ามาเป็นกิจกรรมส่วนหนึ่งในชั้นเรียน ซึ่งการสอนแบบบรรยายประกอบการสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (ILD) เป็นการสอนแบบหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาในเรื่องที่ผู้เรียนมีแนวความคิดที่ผิดไปโดยที่สื่อและอุปกรณ์การสอนที่สำคัญในกระบวนการสอนแบบ ILD คือ ใบงานสำหรับนักเรียนเพื่อให้ทำนายผล และชุดเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาสำหรับใช้ทำการสาธิต ข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบ ILD คือ ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ผู้เรียนมีทักษะในการอภิปรายกับเพื่อน ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ดีขึ้น รูปแบบการเรียนนี้กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากทดลอง และสามารถโน้มน้าวให้ผู้เรียนติดตามการเรียนตลอด (Redish, 2002: 135)

การสาธิตของผู้สอนนั้นอาจจะเริ่มด้วยการตั้งคำถามเพื่อเข้าสู่เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง และทำการบอกจุดประสงค์ในการสาธิตในเรื่องนั้นๆ แก่ผู้เรียน ในระหว่างการสาธิตผู้สอนต้องพูดหรืออธิบายให้ชัดเจน และดำเนินการเป็นขั้นๆ และเมื่อการสาธิตเสร็จสิ้นแล้วผู้สอนควรใช้คำถามถามผู้เรียนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ได้จากการสังเกต ทั้งนี้ในการเลือกเนื้อหาหรือหัวข้อในการสาธิตนั้นผู้สอนต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ประกอบด้วย ได้แก่

- 2.1 สิ่งที่จะสาธิตนั้นมีความน่าสนใจเหมาะสมเพียงใดต่อกลุ่มผู้เรียน
- 2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการสาธิตต้องมีความเหมาะสมไม่ใช้เวลานานจนเกินไป

2.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ช่วยในการสาธิตต่างๆ ต้องให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นได้อย่างทั่วถึงทั้งห้อง เช่นอาจมีจอแอลซีดีขนาดใหญ่ หรือโทรทัศน์วงจรปิดไว้ตามมุมต่างๆ

3.การใช้โครงงาน (Project-Based) เป็นวิธีการสอนอย่างหนึ่งที่มีลักษณะเฉพาะดังนี้

3.1 เป็นการเรียนรู้ที่จะรู้ (Learning to Learn) เนื่องจากผู้เรียนจะได้เรียนรู้การแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างไร และการทำโครงงานจะเป็นการส่งเสริมผู้เรียนในการทำงานหรือศึกษาเรื่องนั้นในเชิงลึกมากกว่าที่จะเรียนครบทุกหัวข้อ

3.2 เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life- Long Learning) เนื่องจากปัจจุบันเป็นยุคดิจิทัลที่ข้อมูลข่าวสารทั้งหลายสามารถเชื่อมโยงต่อกันได้ทั่วทุกมุมโลก การใช้แหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตในการค้นคว้าหาข้อมูลซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน

3.3 เป็นการเรียนรู้แบบตื่นตัว (Active Learning) เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้ที่ต้องศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ตั้งแต่การเก็บรวบรวมข้อมูล การวางแผนการดำเนินงาน ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.4 เป็นการเรียนแบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative Learning) เนื่องจากการทำโครงงานอาจเป็นได้ทั้งงานเดี่ยวและงานกลุ่ม และผู้เรียนต้องทำงานร่วมกับบุคคลหลายคนกว่าที่โครงงานนั้นจะสำเร็จ เช่น มีผู้สอนเป็นที่ปรึกษา มีผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่ศึกษาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในระหว่างที่ทำโครงงานนั้นๆ

3.5 ผู้สอนมีบทบาทในการเป็นพี่เลี้ยง (Mentor) หรือผู้อำนวยการความสะดวก (Facilitator) ให้แก่ผู้เรียนและอาจเรียนรู้ร่วม (Co-Learning) ไปกับผู้เรียนได้

3.6 ผู้ปกครองและชุมชนมีส่วนร่วม (Parent and Community Involvement) เนื่องจากการที่ผู้เรียนให้ความสำคัญกับโครงงานบางครั้งจำเป็นต้องใช้เวลาอกในการศึกษาด้วย ดังนั้นผู้ปกครองจึงต้องเข้ามามีส่วนร่วมและให้กำลังใจแก่ผู้เรียนด้วยนอกจากนี้ชุมชนก็มีบทบาทสำคัญที่จะมีส่วนร่วมเนื่องจากข้อมูลที่ประกอบบางครั้งอาจต้องไปขอข้อมูลหรือใช้แหล่งเรียนรู้ต่างๆ ในท้องถิ่นเหล่านั้น เป็นต้น

4.การใช้เทคโนโลยี (Technology-Enhanced) การใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงการเรียนรู้ได้ เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่จะช่วยผู้เรียนในการสร้างความรู้เพื่อที่จะสร้างบุคคลและสังคมให้มีการเปลี่ยนแปลง เทคโนโลยีในที่นี้อาจเป็นการใช้สื่อทางคอมพิวเตอร์หรือรวมทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่นอินเทอร์เน็ต (Internet) ผู้สอนอาจต้องจัดหาคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสอนและให้ผู้เรียนได้ใช้ข้อมูลในการสืบค้นข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้าถึงการค้นหาสื่อประกอบเนื้อหาที่ไม่สามารถหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ได้ หรือเป็นการทดลองที่อันตราย เช่น การทดลองเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี วัตถุอันตราย เรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ เป็นต้น นอกจากนี้พบว่า การเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์หรือระบบทางไกล (Long Distance satellite) ก็

จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือการเรียนรู้แบบเสมือนจริง (Virtual Learning) ที่บางครั้งผู้เรียนอาจไม่มีโอกาสที่จะเรียนรู้เนื้อหาได้จริง

การใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ พบว่าเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ได้คือ เทคโนโลยีสามารถช่วงสร้างสภาพแวดล้อมที่ต้นตัวที่ผู้เรียนไม่เพียงแก้ปัญหาได้ แต่สามารถค้นหาปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งวิธีนี้จะแตกต่างจากชั้นเรียนในสภาพเดิมที่ผู้เรียนใช้เวลาส่วนมากในการเรียนรู้ข้อเท็จจริงจากการฟังบรรยาย หรือหนังสือเรียนและแก้ปัญหาเมื่อจบบทเรียนนั้น อีกทั้งเทคโนโลยีช่วยขยายโอกาสในการเรียนรู้ให้แก่ผู้สอนในการสะท้อนภาพที่เกิดจากการเรียนรู้ เพื่อใช้ในการเรียนการสอน

5. การใช้คำถาม (Questioning) วิธีการเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่ใช้ได้ดีในทุกสถานการณ์นั้นคือ การใช้คำถาม เนื่องจากช่วยให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนที่จะเริ่มจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่นๆ นอกจากนั้นการใช้คำถามยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน นอกจากนั้นผู้สอนยังสามารถใช้คำถามเพื่อใช้ประเมินความเข้าใจเนื้อหาผู้เรียนได้เรียนไปแล้วว่ามีความรู้ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด

ในการเรียนการสอนผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการถามคำถามที่สร้างสรรค์ (Productive Question) ซึ่งหมายถึง คำถามที่จะนำไปสู่การได้มาซึ่งความรู้ใหม่ หรือความเข้าใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน หรือในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ คำถามถือว่าเป็นสิ่งเร้าที่มีประสิทธิภาพที่ช่วยกระตุ้น และจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ การตั้งคำถามนั้นนักการศึกษาให้ความสำคัญ(สสวท. 2525: 89-92 อ้างอิงจากกิตติชัย สุชาติโนบล. 2541 :34 -35; Kochhar. 1982: 90; อ้างอิงจากประจวบจิตร คำจตุรัส. 2537: 25-26; สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2540: 21-23) ซึ่งได้จัดแบ่งประเภทของคำถามที่ครูผู้สอนใช้ถามนักเรียน โดยอาศัยเกณฑ์ในการแบ่งต่างๆ ดังสรุปไว้ในตาราง 6 ดังนี้

ตาราง 6 ประเภทของคำถาม

เกณฑ์ในการตั้งคำถาม	ลักษณะของคำถาม	ความหมาย/ตัวอย่างคำถาม
1.แบ่งโดยใช้วัตถุประสงค์ Kochhar.1982:90; อ้างอิงจากประจวบจิตร คำจตุรัส. 2537: 25-26)	1.คำถามแบบธรรมชาติ (Natural Question)	■ เป็นข้อคำถามใช้ถามผู้เรียน ในข้อสงสัยต่างๆ เช่น ทำไม วัตถุพลต่างกัน ตกจากที่สูง ระดับเดียวกัน จึงตกถึงพื้น พร้อมกัน
	2.คำถามแบบเป็นทางการ (Formal Question)	■ เป็นข้อคำถามที่ใช้ก่อนเริ่มต้น บทเรียนใหม่เพื่อทดสอบ
	2.1 คำถามนำเข้าสู่ บทเรียน (Introductory Question)	ความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและ เตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะ เรียนรู้เรื่องใหม่ เช่น นักเรียน คิดว่ามวลและน้ำหนักต่างกัน อย่างไร
	2.2 คำถามใช้ในระดับ พัฒนาการเรียนรู้ ของผู้เรียนหรือการ สอน	■ เป็นคำถามที่ใช้ขณะทำ การสอน หรือขณะผู้เรียน กำลังดำเนินกิจกรรมการ เรียนรู้
	2.3 คำถามที่ใช้สรุป เมื่อจบบทเรียน (Recapitulation Question)	■ เป็นคำถามที่ใช้ถามเมื่อจบ บทเรียน เพื่อให้ทราบว่าสิ่ง ที่เรียนรู้นั้นเป็นอย่างไร และช่วยย้ำความรู้ที่ผู้เรียน ไปแล้วให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

ตาราง 6 (ต่อ)

เกณฑ์ในการตั้งคำถาม	ลักษณะของคำถาม	ความหมาย/ตัวอย่างคำถาม
2. แบ่งตามกระบวนการ คิดทางการเรียนรู้ด้าน พุทธิพิสัยตามรูปแบบของ Bloom's Taxonomy (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2540: 21-23)	1. คำถามความรู้ความจำ (Knowledge)	■ เป็นคำถามที่ถามความ หมายข้อเท็จจริง หลักการ ทฤษฎี กระบวนการ รูปแบบหรือโครงสร้างต่างๆ เช่น แรงมีกี่ประเภท การ ตกแบบเสรีเป็นอย่างไร เป็นต้น
	2. คำถามความเข้าใจ (Comprehension)	■ เป็นข้อคำถามที่ใช้ก่อนเริ่มต้น บทเรียน ใหม่เพื่อทดสอบ ความรู้พื้นฐานของ ผู้เรียน และเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่ จะเรียนรู้เรื่องใหม่ เช่น นักเรียนคิดว่ามวล และ น้ำหนักต่างกันอย่างไร
	3. คำถามการนำไปใช้ (Application)	■ เป็นคำถามที่ใช้ถาม วิธีการที่จะนำความรู้ไปใช้ ในสถานการณ์ใหม่ ถาม ให้ยกตัวอย่างให้อภิปราย เช่น ฟันผิวไม้ กล้อง เคลื่อนที่ได้ช้ากว่าฟันผิว พลาสติก เพราะเหตุใด

ตาราง 6 (ต่อ)

เกณฑ์ในการตั้งคำถาม	ลักษณะของคำถาม	ความหมาย/ตัวอย่างคำถาม
2. แบ่งตามกระบวนการคิดทางการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามรูปแบบของ Bloom's Taxonomy (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2540: 21-23) (ต่อ)	4. คำถามให้วิเคราะห์ (Analysis) 5. คำถามให้สังเคราะห์ (Synthesis)	■ เป็นคำถามที่ใช้ถามวิธีการที่จะนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ถามให้ยกตัวอย่างให้อภิปราย เช่น พื้นผิวไม้ กล่องเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าพื้นผิวพลาสติก เพราะเหตุใด ■ อะไรเป็นสาเหตุให้ดวงจันทร์หมุนรอบโลก ถ้าชั่งน้ำหนักขณะลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้น น้ำหนักที่ปรากฏจะเป็นเช่นไร เป็นต้น ■ เป็นคำถามที่ถามให้ผู้เรียนนำหน่วยย่อยรวมเข้าด้วยกัน เป็นคำถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดที่คิดขึ้นด้วยตนเอง หรือความคิดสร้างสรรค์ เช่น ให้นักเรียนออกแบบการทดลองกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน นักเรียนมีความคิดเห็นต่อเซอร์ไอแซก นิวตัน อย่างไร
3. ลักษณะของการนำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์(สสวท. 2525 :89-92, อ้างอิงจาก กิตติชัย สุทธาสีโนบล. 2541 :34 -35)	1. คำถามที่นำไปสู่การสังเกต 2. คำถามที่นำไปสู่การอธิบาย	■ เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าในการรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์และแก้ปัญหา ■ เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ข้อมูลแปลความหมายจากข้อมูลให้เหตุผลและสรุปผลในการตอบคำถาม เพราะเหตุใด

ตาราง 6 (ต่อ)

เกณฑ์ในการ ตั้งคำถาม	ลักษณะของคำถาม	ความหมาย/ตัวอย่างคำถาม
3.ลักษณะของการนำไปสู่การ ฝึกทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์(สสวท. 2525 :89-92, อ้างอิงจาก กิตติชัย สุชาติโนบล. 2541 :34 -35) (ต่อ)	3. คำถามที่นำไปสู่การ ทำนายและการสร้าง สมมติฐาน	■ เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียน คาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้น หรือคำถามที่ให้ผู้เรียนสังเกต แล้วอธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ เช่น อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเลื่อนจุด หมุนของคานาออกห่างจาก น้ำหนักที่ต้องยก
	4. คำถามที่นำไปสู่การ ออกแบบการทดลอง	■ เป็นการทดลองที่ให้ผู้เรียนนำ กฎเกณฑ์หรือความสัมพันธ์ของ ข้อมูลมาใช้ในการออกแบบการ ทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน
	5. คำถามที่นำไปสู่การ นำไปใช้	■ เป็นคำถามที่ผู้เรียนใช้ความรู้ กฎเกณฑ์มาใช้ในสถานการณ์ ใหม่หรือแก้ปัญหาใหม่ เช่น ทำไมจึงต้องออกแบบยาง รถยนต์ให้มีดอกยาง และดอก ยางควรมีลักษณะอย่างไร

นอกเหนือจากเกณฑ์การตั้งคำถามของผู้สอนที่ดีนอกจะช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการ
เรียนการสอนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามไปด้วยแล้ว ผู้สอนก็
ต้องมีเทคนิคการตั้งคำถามที่ดีด้วย (วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์. 2555: 12-64)

1. ตั้งคำถาม (Ask the Question) คำถามที่ดีควรมีความชัดเจนไม่คลุมเครือ
ผู้สอนต้องมีการวางแผนการสอนไว้ล่วงหน้าว่าจะถามคำถามประเภทใด โดยในการใช้คำถาม
เริ่มแรกอาจใช้คำถามกว้างๆก่อน หรือคำถามง่ายๆ จากนั้นจึงจะใช้คำถามเฉพาะเจาะจงมากขึ้นตาม
วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ควรใช้คำถามที่ง่ายและยากสลับไป เพื่อให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อนและเก่ง
สามารถตอบคำถามนั้นๆได้ และควรกระจายคำถามไปให้ถึงผู้เรียนทุกคนไม่ควรให้ผู้เรียนคนใด
คนหนึ่งผูกขาดการตอบคำถาม ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน

2. หยุดและคอยคำตอบ (Pause and Wait) เมื่อถามคำถามไปแล้วผู้สอนควรเว้นช่วงระยะเวลาให้ผู้เรียนได้คิดค้นหาคำตอบ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการรอคอยคำตอบนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของคำถามว่างมีความง่ายหรือยาก โดยปกติคำถามที่ง่าย ๆ อาจใช้เวลาเพียง 1-2 วินาที ส่วนคำถามที่ยาก ๆ อาจใช้เวลา 3-7 วินาที โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คำถามที่ใช้ความคิดระดับสูงอาจใช้เวลา 7-10 วินาที เป็นต้น

3. การตอบสนองของผู้เรียนต่อคำถาม (Reacting to the Response) ในกรณีที่ไม่มีผู้เรียนคนใดตอบคำถาม ผู้สอนควรใช้คำถามเดิมถามซ้ำอีกครั้ง (Repeat the Question) และสอบถามว่าผู้เรียนเข้าใจคำถามหรือไม่ หรือผู้สอนอาจเรียบเรียงคำถามแล้วถามใหม่ (Rephrase) ด้วยใจความเดิม (Reword) หรือแตกเป็นคำถามย่อย ๆ หรือผู้สอนอาจเรียกชื่อผู้เรียนเป็นรายบุคคล ทั้งนี้ผู้สอนต้องประเมินด้วยว่าผู้ที่ถูกเรียกในชั้นสามารถช่วยกันตอบคำถามได้

4. ให้ความเห็นเกี่ยวกับคำตอบ (Comment on Answer) เมื่อผู้เรียนตอบคำถามเสร็จเรียบร้อยแล้ว หากคำตอบนั้นถูกต้องหรือตอบได้ตรงประเด็น ผู้สอนควรเสริมแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนด้วยการชมเชย (Reinforce) เช่น เยี่ยมมาก เก่งมาก ดีมาก เป็นต้น แต่หากผู้เรียนตอบไม่ตรงคำถามหรือตอบถูกบางส่วนผู้สอนอาจถามคำถามนั้นกับผู้เรียนคนอื่น (Redirect) หรือถามคำถามเพิ่มเติม (Probing) ในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนในชั้นสามารถช่วยกันตอบคำถามได้

5. เน้นคำตอบที่ถูกต้อง (Emphasize Correct Answer) ในขั้นสุดท้ายของเทคนิคการตั้งคำถามนี้ ผู้สอนควรเน้นเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้แก่ผู้เรียนทั้งห้องได้รับทราบโดยทั่วหน้ากันด้วย

6. การเรียนการสอนตามแนววัฏจักรการเรียนรู้

การเรียนการสอนฟิสิกส์นั้นต้องคำนึงถึงลำดับ (Sequence) ของเนื้อหาหรือมโนทัศน์ หรือเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน (Pre-Requisite Knowledge) ไม่เช่นนั้น ผู้เรียนจะไม่เข้าใจหรือประสบความลำบากในการเรียนรู้ การเรียนรู้ฟิสิกส์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งต้องจัดให้ผู้เรียนทำกิจกรรมสังเกต สำรวจตรวจสอบ ทดลอง หรือกิจกรรมประเภทลงมือปฏิบัติพัฒนาความคิด (Hands on /Mind-on Activity) ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์เป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์ ผู้สอนสามารถเลือกใช้ การจัดกิจกรรมย่อย ๆ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ มโนทัศน์ตามเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2555: 14-29) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นั้นมีหลายรูปแบบ อาทิ กลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) เสนอกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิมเป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง เรียกรูปแบบการสอนนี้ว่า Inquiry Cycle หรือวัฏจักรการเรียนรู้ โดยมีการพัฒนามาตามลำดับดังนี้

คาร์พลัสและเทียร์ (Karplus; & Their. 1967 อ้างอิงจาก Lawson. 1995: 134-139) นำเสนอรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ เพื่อใช้ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สหรัฐอเมริกา มีกิจกรรม 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสำรวจ (Exploration) นักเรียนจะได้พบสิ่งเร้าใหม่ กระตุ้นให้อยากเรียนรู้ และอาจถูกทำให้อยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุลโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้
2. การเกิดความคิด (Invention or Clarification)
3. การค้นพบ (Discovery or Application)

โคเฮนและโฮรัค (Cohen; & Horak. 1989: 114-120) ได้แบ่งขั้นตอนวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสำรวจ (Exploration) การแสดงออก (Expression) การให้นิยามหรือชื่อ (Labeling) การนำไปใช้ (Application) ดังนี้

1. การสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นให้นักเรียนมีประสบการณ์เพื่อให้ได้มโนทัศน์ใหม่หรือกระบวนการโดยการทำกิจกรรมที่เป็นรูปแบบกับแนวความคิดที่สำคัญ ผู้สอนอาจเริ่มต้นบทเรียนโดยการสาธิต ให้อุปกรณ์ การอ่าน การบรรยาย เป็นต้น เพื่อจูงใจให้นักเรียนสนใจและที่สำคัญ คือต้องการให้ได้มีประสบการณ์อย่างเป็นรูปธรรมกับมโนทัศน์ที่สำคัญหรือกระบวนการก่อนที่จะให้พยายามบอกชื่อหรือให้นิยามของมโนทัศน์โดยปากเปล่าหรือโดยการเขียนประสบการณ์ในขั้นการสำรวจเป็นการจัดบริบทในการหาความหมาย ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นก่อนจะให้นิยามหรือชื่อโดยส่วนใหญ่แล้วการให้นิยามหรือชื่อโดยไม่มีประสบการณ์นั้นเป็นการเสียเวลาและไม่มีความหมายต่อนักเรียน หรือทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดในระดับต่ำ การสำรวจสามารถนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ แต่ละแบบเป็นการจัดให้นักเรียนได้มีประสบการณ์อย่างเป็นรูปธรรม ดังนี้

1.1 การสำรวจปลายเปิด (Open- Ended Exploration) โดยปกติแล้วผู้สอนจะจัดสื่ออุปกรณ์ให้นักเรียนชุดหนึ่ง ให้นักเรียนได้จัดกระทำกับสิ่งนั้น ในกรณีนี้ผู้สอนต้องทราบว่าไม่ว่านักเรียนจะจัดกระทำกับสื่ออุปกรณ์อย่างไร นักเรียนจะต้องได้มโนทัศน์ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของบทเรียน

1.2 การสำรวจแบบแนะแนวทาง (Directed Exploration) ผู้สอนจัดสื่ออุปกรณ์หรือชุดกิจกรรมให้นักเรียน ผู้สอนแนะแนวทางการทำกิจกรรมหรือจัดกระทำกับสื่อให้นักเรียนเพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อนักเรียนได้มีประสบการณ์ทำกิจกรรมแล้วทำให้ได้มโนทัศน์หรือกระบวนการซึ่งเป็นจุดประสงค์ของบทเรียน

1.3 การสำรวจแบบสังเกต (Observational Exploration) ในกรณีนี้ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพียงสังเกตเหตุการณ์หรือกระบวนการ ตัวอย่างเช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ชีวภาพ นักเรียนมีประสบการณ์โดยการสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงของสิ่งมีชีวิต

2. การแสดงออก (Expression) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนที่จะแสดงออกถึงความเข้าใจได้มีประสบการณ์จากขั้นการสำรวจ ขั้นการแสดงออกนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ

2.1 เพื่อช่วยให้นักเรียนเริ่มคิดถึงสิ่งที่สำคัญที่ได้จากการมีประสบการณ์ในขั้นตอนสำรวจและเริ่มที่จะนำมาสร้างเป็นรูปแบบแนวคิดให้ได้มีโน้ตหรือกระบวนการที่จะนำเสนอ

2.2 เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้สอนได้ทราบถึงความเข้าใจและความพร้อมของนักเรียนสำหรับขั้นการให้นิยามหรือชื่อ

3.การให้นิยามหรือชื่อ (Labeling) ขั้นการให้นิยามหรือชื่อเป็นการให้คำนิยามหรือให้ชื่อโดยผู้สอนเป็นผู้ให้แหล่งวิทยาการอื่น เป็นต้นว่า ตำรา วิทยากรเป็นผู้ให้จากประสบการณ์ที่เกี่ยวกับมีโน้ตหรือกระบวนการที่มีมาก่อนในขั้นการสำรวจ โดยปกติแล้วจะต้องมีการให้ตัวอย่างเกี่ยวกับมีโน้ตหรือกระบวนการเพิ่มเติมในตอนนี้เพื่อช่วยให้มีความหมายมากขึ้นต่อประสบการณ์และการแสดงออกที่ผ่านมา

4.การนำไปใช้ (Application) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าใจมีโน้ตหรือกระบวนการได้ดีขึ้นโดยการนำเอาโน้ตหรือกระบวนการไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ การนำเอาไปใช้ซ้ำเป็นการช่วยให้นักเรียนได้ใช้นิยามหรือชื่อในบริบทที่เหมาะสมและเป็นการช่วยให้จดจำมีโน้ตหรือกระบวนการนั้นได้นาน กิจกรรมขั้นการนำไปใช้สามารถใช้เป็นประสบการณ์ขั้นการสำรวจ สำรวจมีโน้ตหรือกระบวนการใหม่ที่เกี่ยวข้อง และการจัดกิจกรรมขั้นการนำไปใช้อาจมีมากกว่า 1 ครั้ง ก่อนที่จะเรียนรู้แบบวัฏจักรอันใหม่

บายบี และคนอื่นๆ (Bybee; et al. 2006: 2) นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยา(Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับปรุงวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตรวจสอบความรู้เดิมและกระตุ้นหรือสร้างความสนใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากปฏิบัติในกิจกรรม

2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ และจัดทำข้อมูลในรูปแบบต่างๆ พร้อมสรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและทักษะของนักเรียนผ่านประสบการณ์ใหม่โดยการทำกิจกรรมเพิ่มเติม หรือการประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบายและทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นประเมินความเข้าใจ และความสามารถของนักเรียนซึ่งประเมินโดยนักเรียน และครูผู้สอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 79-80) ได้อธิบายถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

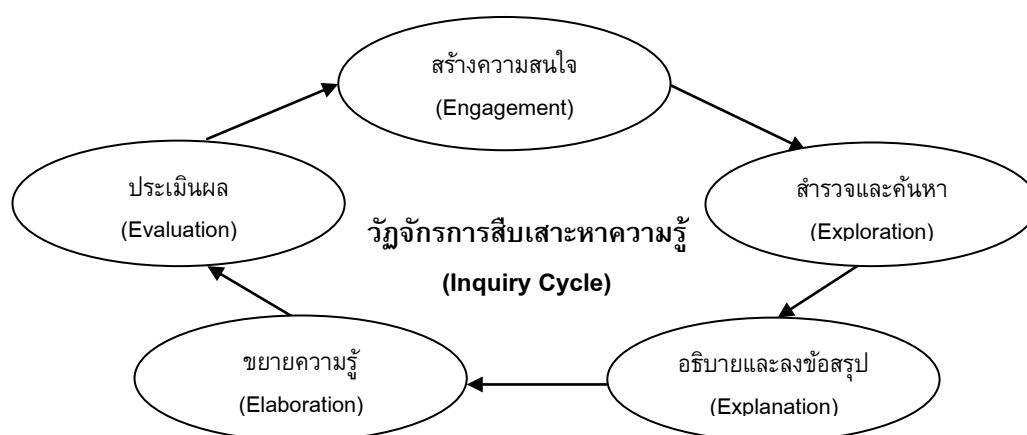
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากเรื่องที่สงสัย หรือจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนแต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วให้มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอต่อการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากแสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากนั้นจึงนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้และแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ



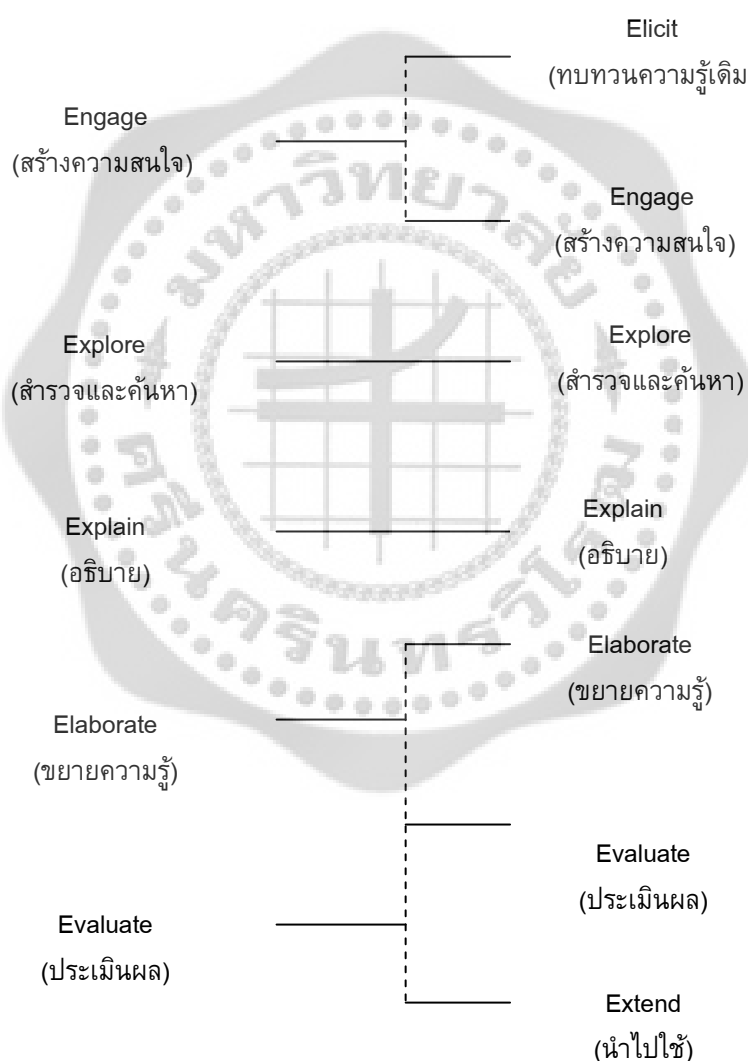
ภาพประกอบ 6 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์*. หน้า 80.

นอกจากนี้ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2544 :108-109) ได้นำวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มาปรับใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นหรือสร้างความสนใจของของนักเรียนให้เกิดความต้องการ ความสนใจในการเรียนและความอยากรู้อยากเห็น
2. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมซึ่งมีลักษณะผสมระหว่างการฟัง การอ่าน การพูด การดู และการกระทำร่วมกันเพื่อให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์ด้วยตนเองโดยครูตั้งคำถามชักจูง และครูสามารถช่วยอธิบายขยายความเข้าใจของนักเรียน
4. ขั้นขยายมโนทัศน์ (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่ครูตรวจสอบว่านักเรียนสามารถประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ได้หรือไม่ โดยการตั้งคำถามใหม่เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมใหม่ หรือให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเพื่อยืนยันความคิดและความเชื่อของตนโดยการตั้งคำถาม เช่น “อะไรที่นักเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรม”
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นที่ครูใช้เทคนิคการสังเกตหรือตั้งคำถามปลายเปิดหรือใช้แบบวัดหรือแบบฝึกเพื่อหาหลักฐานการเรียนรู้ว่า นักเรียนเกิดการพัฒนามโนทัศน์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 ไอน์เซนคราฟต์(Eisenkraft. 2003: 56-59) ได้พัฒนารูปแบบของ BSCS จาก 5 ขั้นตอนเป็น 7 ขั้นตอน ไอน์เซนคราฟต์ให้เหตุผลว่าขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบ 5E เป็นขั้นตอนที่ยังไม่ต่อเนื่อง จึงเพิ่มขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้อีกสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนทบทวนความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้เป็นขั้นที่มีความจำเป็นสำหรับการสอนที่ดี เป้าหมายที่สำคัญในขั้นนี้ คือ การกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจและตื่นตัวกับการเรียน สามารถสร้างความรู้อย่างมีความหมาย และขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) เพื่อให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนมาให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน การปรับขยายรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ จาก 5E เป็น 7E แสดงได้ดังภาพประกอบ 7 (Eisenkraft. 2003 : 58)



ภาพประกอบ 7 วัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E

ที่มา : ไอน์เซนคราฟต์(Eisenkraft. (2003). *Expanding the 5E Model*. p.57.)

สรุปได้ว่าการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนการสอนต่างๆ และสาระสำคัญในแต่ละขั้นดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation Phase) ในขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ครูจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อครูจะได้รู้ว่าเด็กแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้เดิมเท่าไร จะได้วางแผนการสอนได้ถูกต้อง และครูได้รู้ว่่านักเรียนควรจะเรียนเนื้อหาใดก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้นๆ

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่ง อาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูเป็นคนกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ในขั้นนี้จะต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจซึ่งเมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

4. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) ในขั้นนี้ เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

5. ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase / Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่างและทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ในขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

7. ขั้่นนำความรู้ไปใช้ (Extension Phase) ในขั้นนี้เป็่นขั้่นที่ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างเป็นความรู้ใหม่ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

จากขั้่นตอนต่าง ๆ ในรูปแบบการสอนโดยวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้่น จะเห็นได้ว่ารูปแบบการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้่น จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของเด็กซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรละเลย หรือละทิ้ง เนื่องจาก การตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของเด็กจะทำให้ครูได้ค้นพบว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหา นั้นๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่เด็กมี ทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและไม่เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด การละเลยหรือเพิกเฉยในขั้่นนี้จะทำให้ยากแก่การพัฒนาแนวความคิดของเด็กซึ่งจะไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ นอกจากนี้ยังเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวขั้่นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีสมรรถนั้ยมและแนวคิ่ดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นพื้นฐานในการสังเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งพบว่า การเรียนการสอนตามแนวคิดนี้มีลักษณะร่วมกันที่สำคัญ คือ

1. การเตรียมความพร้อมก่อนที่จะเรียนด้วยการทบทวน ตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมก่อน ซึ่งจะเป็นวิธีที่ทำให้ผู้สอนทราบถึงข้อมูลที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรมาก่อนที่จะเรียนเรื่องนั้นๆ
2. การนำเข้าสู่บทเรียน จะต้องมีการเร้าดึงความสนใจ โดยผู้สอนใช้สื่อการเรียนรู้วิธีการตั้งคำถาม ขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งเป็นรายบุคคลในกลุ่มเล็ก หรือในขณะที่อภิปรายร่วมกันทั้งขั้่นเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้
3. กิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ผู้สอนเป็นผู้จัดกิจกรรมในเรื่องต่างๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบด้วยตนเองเป็นสำคัญ และผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วมกับสิ่งที่ค้นพบ โดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งคำถาม และสร้างคำอธิบายสรุปสาระสำคัญ เพื่อนำไปสู่สมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ และการนำมโนทัศน์ที่ได้นั้นไปประยุกต์ใช้ โดยจะเน้นให้นำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาพิสิ่กส์ ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้่นตอนรูปแบบการเรียนการสอนในงานวิจัยครั้งนี้ ได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 การสังเคราะห์รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
บนแนวคิดพื้นฐานทฤษฎีสมรรถนและแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้

Driver & Oldham 1986	Ellis & Maxwell 1995	Karplus 1967	Cohen&Horak, 4E 1985	BSCS ,5E 1995	Eisenkraft ,7E 2003	กระบวนการเรียนการสอนที่ ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น
1.ขั้นนำ (Orientation Phase)	1.ขั้นจัดให้ผู้เรียนอยู่ใน บทเรียน (Engage the Learner Phase)	1.ขั้นสำรวจ (Exploration Phase)	1.การสำรวจ (Exploration)	1. ขั้นสร้างความ สนใจ (Engage Phase)	1. ขั้นทบทวนความรู้ เดิม (Elicit Phase)	1. ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P)
2.ขั้นทบทวน ประสบการณ์เดิม (Elicitation Phase)	2.ขั้นให้ผู้เรียนสำรวจ มโนทัศน์ (Explore the Concept Phase)	2. ขั้นสร้าง (Invention Phase)	2.การแสดงออก (Expression)	2.ขั้นสำรวจค้นหา (Explore Phase)	2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage Phase)	2. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E)
3.ขั้นปรับเปลี่ยน แนวคิด (Turning Restructuring of Ideas Phase)	3.ขั้นให้ผู้เรียนอธิบายมโน ทัศน์ (Explain the Concept Phase)	3.ขั้นค้นพบ (Discovery Phase)	3.การให้ป้ายหรือ ชื่อ(Labeling)	3.ขั้นอธิบาย (Explain Phase)	3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore Phase)	3.ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) 3.1 สร้างมโนทัศน์ 3.2 แลกเปลี่ยนมโนทัศน์ 3.3 กระจ่างมโนทัศน์
4.ขั้นนำความคิดไป ใช้ (Application of Ideas Phase)	4.ให้ผู้เรียนขยายความมโน ทัศน์(Elaborate on the Concept Phase)		4. การนำไปใช้ (Application)	4. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate Phase)	4. ขั้นอธิบายและลง ข้อสรุป (Explain Phase)	4. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) 4.1 วิเคราะห์และวางแผน 4.2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา 4.3 ตรวจสอบคำตอบ
5.ขั้นทบทวน (Review Phase)	5.ขั้นประเมินความเข้าใจ มโนทัศน์ (Evaluate Students Understanding of the Concept Phase)			5. ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)	5.ขั้นขยายความรู้ (Elaborate Phase)	
					6. ขั้นประเมินผล 7.ขั้นขยายความคิด รวบยอด	

กระบวนการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นบนพื้นฐานของการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีสรคานิยมและแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนมีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P)

เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนทบทวนความรู้เดิมในเรื่องที่ผ่านมาหรือความรู้เดิมที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียน โดยใช้วิธีการ ตั้งคำถาม หรือทดสอบย่อย และให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมและเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอน พร้อมทั้งชี้แจงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละครั้งในเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E)

เป็นขั้นตอนการจูงใจและท้าทายให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น อยากเรียนรู้ โดยผู้สอนจัดหาสื่อการสอน หรือกิจกรรม การสาธิตที่น่าสนใจ ตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่เรียน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C)

เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างมโนทัศน์

ผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมนำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองด้วยการลงมือปฏิบัติ โดยครูผู้สอนอำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ และเป็นพี่ปรึกษาที่ดีให้นักเรียนและหลังกิจกรรม ในแต่ละกลุ่มย่อยร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

3.2 ขั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์

ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อค้นพบมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง

3.3 ขั้นกระจ่างมโนทัศน์

ผู้สอนอธิบายกฎ นิยาม และหลักการเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนในชั้นเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A)

เป็นขั้นตอนที่นำมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้ โดยผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน : เป็นขั้นอ่านเพื่อทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์โจทย์ เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยพิจารณาจาก คำสำคัญทางฟิสิกส์ การเขียนแผนภาพที่ระบุตัวแปรทางฟิสิกส์ และวางแผนเพื่อเลือกมโนทัศน์ ทฤษฎี หลักการ สูตรต่างๆทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาในขั้นถัดไป โดยสามารถทำได้ดังนี้

1.1 ค้นหาคำสำคัญ ชีตเส้นใต้คำสำคัญทางฟิสิกส์ ส่วนที่โจทย์ต้องการทราบ ส่วนที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมแทนคำสำคัญนั้นด้วย สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ตัวอย่างคำสำคัญที่อาจจะพบในโจทย์ เช่น

ปล่อย หมายถึง ความเร็วต้นเป็นศูนย์ ($u = 0 \text{ m/s}$)

เชือกขาด หมายถึง แรงดึงเชือกมีค่าเป็น 0 นิวตัน ($T = 0 \text{ N}$)

พื้นลื่น หมายถึง ไม่คิดแรงเสียดทาน ($f = 0 \text{ N}$)

ความเร็วก่อนกระทบพื้น หมายถึง ความเร็วก่อนที่วัตถุจะกระทบพื้นเล็กน้อย

1.2 สร้างแผนภาพ หลังจากรวบรวมคำสำคัญทางฟิสิกส์แล้วให้เชื่อมโยงข้อความจากโจทย์และคำสำคัญให้เป็นแผนภาพ เช่น บันไดพาดกับกำแพง วัตถุผูกเชือกคล้องผ่านรอก พื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ พร้อมระบุ สัญลักษณ์ ตัวแปรกำกับไว้ในรอบข้างแผนภาพ ใช้วงเคอร์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ หรือเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) เพื่อที่จะทำให้ได้แนวการได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา

1.3 หลักการทางฟิสิกส์ ก่อนการคำนวณหาคำตอบ ต้องวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาโดยรวบรวมสูตร กฎ สมการ ทฤษฎีหลักการทางฟิสิกส์ ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา เช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แล้วอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่เลือกไว้ว่าสอดคล้องเหมาะสมกับโจทย์ปัญหาหรือไม่ โดยพิจารณาสูตร กฎ สมการ หลักการ ที่นำมาใช้นั้นเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา : เป็นขั้นที่สอดคล้องและต่อเนื่องมาจากขั้นที่ 1 โดยมีเป้าหมายสำคัญคือเป็นการนำความสัมพันธ์จากการหลักการทางฟิสิกส์ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการ โดยสามารถทำได้ ดังนี้

2.1 การแก้สมการ ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา ซึ่งหากมีการแก้สมการมากกว่า 1 สมการ เพื่อความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหา ควรจะกำหนดให้เป็นสมการที่ 1, 2 หรือ 3 ตามลำดับ หากการแก้โจทย์ปัญหานั้นต้องอาศัยหลักคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์มาใช้ก็ควรเขียนสูตร สมการทางคณิตศาสตร์กำกับไว้ด้านข้างของกระดาษ

2.2 ตรวจสอบหน่วย ก่อนที่จะแทนค่าตัวเลขในสมการให้ทำการตรวจสอบหน่วย (Check Unit) ทั้งสองข้างของสมการว่าถูกต้องหรือไม่ แล้วจึงค่อยทำการแทนตัวเลขในสมการสุดท้ายของการแก้ปัญหา หากพบปัญหาสามารถกลับไปยังขั้นที่ 1 ได้ หรืออาจปรับปรุงแผนการที่วางไว้

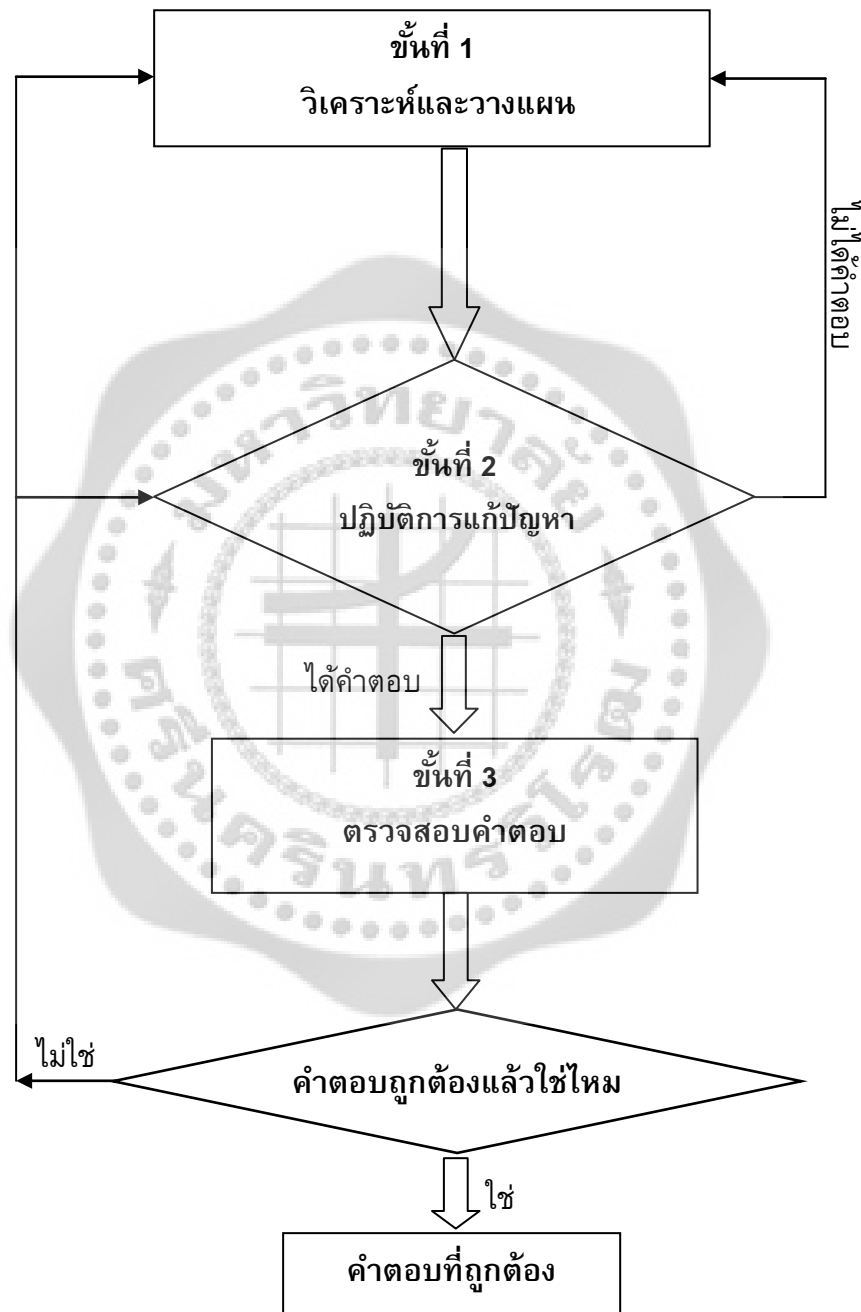
ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ : เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เพื่อหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นมีความถูกต้อง โดยสามารถทำได้ ดังนี้

3.1 พิจารณาความสมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่ หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการทราบหรือไม่ คำตอบที่ได้ความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

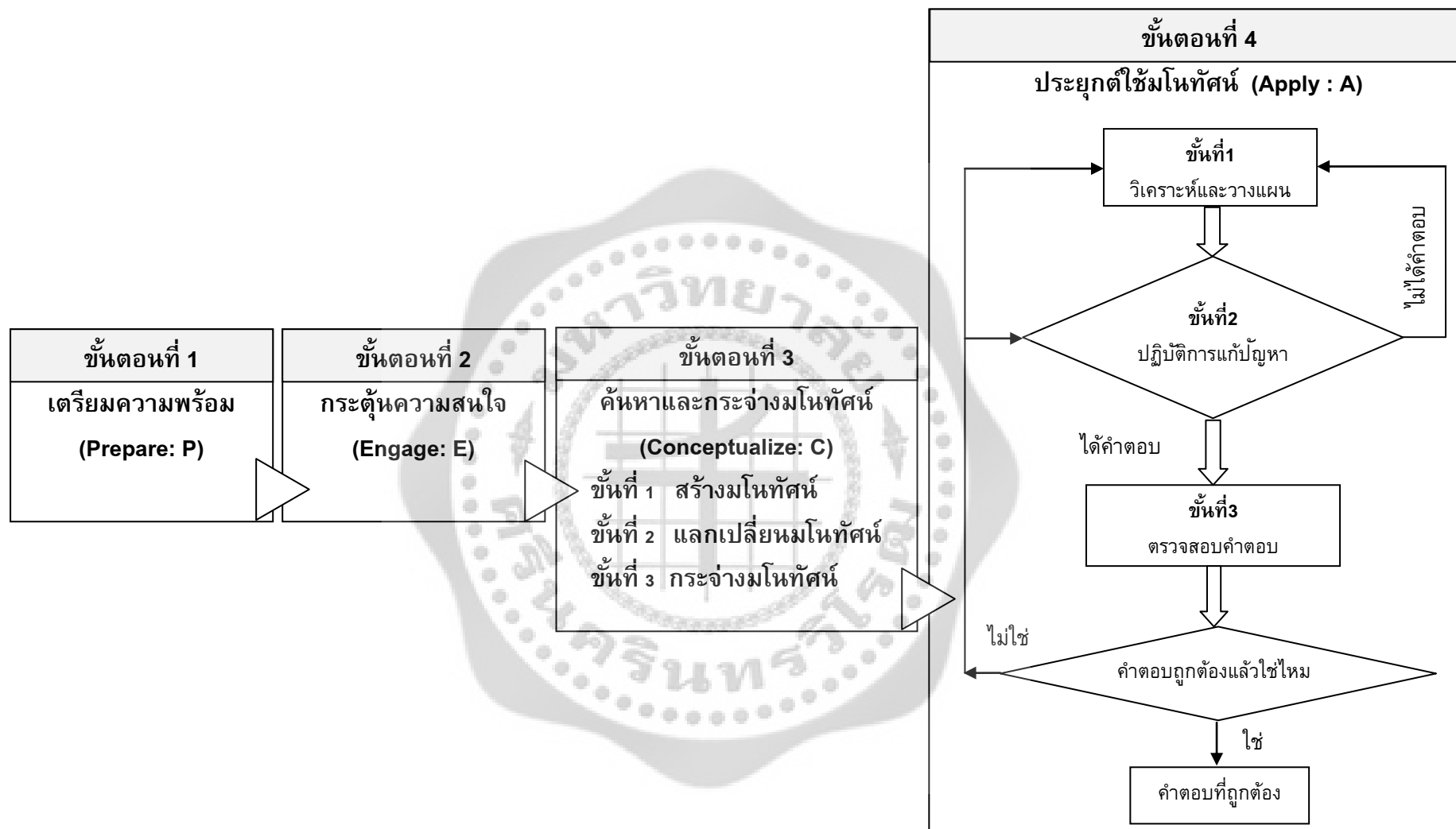
3.2 ทบทวนการหาคำตอบ หากคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผล หรือไม่ถูกต้องให้กลับไปทบทวนพร้อมแก้ไขให้ถูกต้อง โดยพิจารณาจากการเลือกใช้สูตรหรือหลักการว่ามีความถูกต้องหรือไม่ คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาผิดหรือไม่ ลืมการเปลี่ยนหน่วยหรือไม่ หรือดูค่าสำคัญที่ขีดเส้นใต้ไว้ที่โจทย์ว่า คำตอบนั้นตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามขั้นตอนดังกล่าวนั้น ผู้สอนสามารถชี้แจงนักเรียนในส่วนของการเว้นหรือละบางขั้นตอนได้ เช่น ในกรณีที่สถานการณ์มีภาพประกอบโจทย์มาให้แล้ว ผู้สอนควรเสนอแนะให้นักเรียนให้เพิ่มรายละเอียดของภาพที่กำหนดให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นด้วยการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ(Free Body Diagram) เขียนทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้) อีกทั้งในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ผู้สอนควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น หรืออาจใช้วิธีการเพิ่มคะแนนเพื่อเป็นการเสริมกำลังใจให้นักเรียน เมื่อสามารถแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นได้ถูกต้อง และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนประสบการณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาทั้งแบบกระบวนการกลุ่มและรายบุคคล รวมทั้งแจกใบงาน และการทำแบบประเมินตนเองเพื่อสรุปสิ่งที่เรียนในแต่ละครั้งเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้

ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในงานวิจัยนี้ สามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพประกอบแสดงความสัมพันธ์ขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้



ภาพประกอบ 8 ลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์



ภาพประกอบ 9 กระบวนการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
วิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สรุปหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่สนับสนุนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่สนับสนุนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทบาทของครูและนักเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและนำไปปฏิบัติจึงได้แสดงบทบาทของครูผู้สอนและ
นักเรียน ดังตาราง 8

ตาราง 8 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการ
แก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ลำดับขั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare :P)	- เน้นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมที่จำเป็นกับเรื่องที่จะเรียนเข้าด้วยกัน - ชี้แจงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละครั้งในเนื้อหา	- ใช้คำถามหรือ การสอบย่อยเพื่อทบทวนความรู้เดิมหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่องที่จะเรียน - ประเมินความเข้าใจของนักเรียน ถ้าพบว่ามีข้อสงสัย ก็ดำเนินการแก้ไข - ชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอนครั้งนี้	- มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนและพร้อมที่จะปฏิบัติตามเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ - อภิปราย สังเกต ร่วมกิจกรรมที่ครูนำเสนออย่างเต็มความสามารถ
ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage :E)	เน้นกิจกรรมและการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจกระตือรือร้นและอยากเรียนรู้	- จัดหากิจกรรมที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียน - ตั้งคำถามประเด็นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดในประเด็นที่ต้องการศึกษา	- ให้ความสนใจและตั้งใจในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน - มีการแสดงความคิดเห็นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize: C)	เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทดลอง สืบสวน ตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อได้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์	3.1 <u>ขั้นสร้างมโนทัศน์</u> นำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างมโนทัศน์ เช่น การทดลอง การสืบค้น เนื้อหาการเรียนในหัวข้อนั้น	ให้ความสนใจและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

ตาราง 8 (ต่อ)

ลำดับชั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่าง มโนทัศน์ (Conceptualize: C) (ต่อ)	ส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นในชั้นเรียนและทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้มโนทัศน์ที่ถูกต้องสมบูรณ์	- อำนวยความสะดวกและเป็นพี่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน 3.2 <u>ชั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์</u> - รับฟังความคิดเห็นของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม - อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน 3.3 <u>ชั้นกระจ่างมโนทัศน์</u> - ครูอธิบายหลักการสูตรทฤษฎีเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้อง	- นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมในกลุ่มย่อย - ให้ความสนใจและรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในชั้นเรียนอย่างตั้งใจ - นักเรียนร่วมอภิปรายกับครูเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้ มโนทัศน์ (Apply :A)	- เน้นให้นักเรียนได้เชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์โจทย์ปัญหาผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย - วิเคราะห์และวางแผน - ปฏิบัติการแก้ปัญหา - ตรวจสอบคำตอบ	<u>ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน</u> - ครูแจกคู่มือการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้กับผู้เรียนในครั้งแรกที่เรียน - กระตุ้นให้นักเรียนคิดให้รอบด้าน คิดหลากหลาย - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นการแก้โจทย์ปัญหากับเพื่อนในชั้นเรียนทั้งในกลุ่มตนเองและเพื่อนต่างกลุ่ม - ให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่มได้ศึกษาค้นคว้าสร้างทางเลือกแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา	ทำงานเป็นกลุ่มย่อยและรายบุคคลเพื่อแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ได้รับ ตามขั้นตอน ดังนี้ <u>วิเคราะห์และวางแผน</u> 1.1 <u>ค้นหาคำสำคัญ</u> ; ขีดเส้นใต้คำสำคัญในโจทย์ และแทนคำสำคัญ(Keywords)ด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ 1.2 <u>สร้างแผนภาพ</u> ; แปลข้อความจากโจทย์ เป็นแผนภาพโจทย์ ระบุสัญลักษณ์ และตัวแปร

ตาราง 8 (ต่อ)

ลำดับชั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้ มโนทัศน์ (Apply :A) (ต่อ)		■ อำนวยความสะดวก ให้กำลังใจและเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน	1.3 หลักการทางฟิสิกส์ ; รวบรวมสูตร กฎสมการที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา แล้วอธิบายหลักการที่เลือกไว้
		ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ■ ให้เวลานักเรียนในแต่ละกลุ่มได้ทำการแก้โจทย์ปัญหา ■ อำนวยความสะดวกและเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน	ปฏิบัติการแก้ปัญหา 2.1การแก้สมการ; ดำเนินการแก้สมการจากสมการที่เกี่ยวข้อง 2.2.ตรวจสอบหน่วย; ตรวจสอบหน่วย (Check Unit) ก่อนที่จะแทนค่าตัวเลขในสมการ
		ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ ■ ตั้งคำถามเพื่อให้ นักเรียนอธิบายคำตอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ■ อำนวยความสะดวกและเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน ■ มอบหมายงานให้นักเรียน เพื่อส่งเสริมศักยภาพผู้เรียน	ตรวจสอบคำตอบ 3.1.สมเหตุสมผล ; ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ 3.2ทบทวนการหาคำตอบ ; หากคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ถูกต้องให้กลับไปทบทวนพร้อมแก้ไขให้ถูกต้อง ■ มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนอย่างเต็มศักยภาพ

5. เจตคติต่อวิชาชีพสีกส์

5.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติ (Attitude) มาจากคำว่า “ Aptus ” ในภาษาละติน ซึ่งหมายถึง ความเหมาะสม (Fitness) และในพจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2551 : 31) คำว่า “ เจตคติ ” หมายถึง ความรู้สึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งโน้มเอียงไปในทางบวกหรือลบ ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบทางอารมณ์หรือจิตใจเช่น ความรัก ความเกลียด องค์ประกอบทางด้านความรู้ ความคิดเห็น เจตคติที่เกิดขึ้นมักส่งผลต่อพฤติกรรมบุคคล นอกจากนั้นยังมิใช่หมายความว่า ความหมายของเจตคติไว้หลายความแตกต่างกันไปตามแนวคิดของตน

สำหรับความหมายของเจตคตินักการศึกษาทั้งไทยและต่างประเทศให้ความหมายไว้หลากหลายว่า เจตคติเป็นความรู้สึกของคน ความลำเอียง ความเชื่อฝังใจของบุคคลต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดจะเกิดขึ้นเมื่อได้รับรู้หรือประจักษ์เหตุการณ์ในสังคมนั้น แล้วเกิดอารมณ์ความรู้สึกควบคู่ไปกับการรับรู้และมีผลต่อความคิดและปฏิกิริยาในใจของบุคคล อันเกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งต่างๆไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งซึ่งอาจเป็นไปในทางสนับสนุนหรือต่อต้านก็ได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 106; ปรียาภรณ์ วงศ์อนุตรโรจน์. 2546: 208 ; สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2552: 366; และ Good. 1973: 49)

จากการให้ความหมายดังกล่าวพอที่จะสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ของแต่ละบุคคล ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสภาพแวดล้อม จนเกิดความพร้อมที่จะแสดงการกระทำออกมา ซึ่งอาจจะไปในทางที่ดีหรือไม่ดีก็ได้

5.2 องค์ประกอบของเจตคติ

แมคกายร์ (Mcquire. 1969 อ้างอิงจาก วัชรสันต์ อิธิสาร. 2547: 45; Freeman. 1970 อ้างอิงจาก ชัชฎา อัญญสิทธิ. 2544: 29) ได้กล่าวถึงเจตคติว่ามีองค์ประกอบใน 3 ลักษณะ คือ องค์ประกอบด้านความรู้ ด้านความรู้สึก และด้านพฤติกรรมไว้ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive Component) เป็นเรื่องของการรับรู้ของบุคคลในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อาจเป็นการรับรู้เกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ บุคคล หรือเหตุการณ์ต่างๆว่ารู้ได้อย่างไร รู้ในทางดีหรือไม่ ทางบวกหรือทางลบ อันจะก่อให้เกิดเจตคติขึ้น หากรู้สิ่งหนึ่งในทางดีก็จะมีผลให้เกิดเจตคติต่อสิ่งนั้นในทางดี แต่ถ้ารู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งในทางไม่ดีก็จะมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นด้วย ถ้าไม่เคยรู้จักสิ่งใดเลยก็จะมีเจตคติขึ้นและหากไม่มีสิ่งใดในโลกก็จะมีเจตคติต่อสิ่งใดเลย

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Component or Feeling) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับด้านอารมณ์ เป็นความรู้สึกที่ถูกเร้าจากการรับรู้โดยเมื่อรู้สิ่งใดจะทำให้เกิดความรู้สึกในทางดีหรือไม่ดี หากรู้สึกไม่ดีย่อมมีผลให้ไม่ชอบและเกิดความไม่พอใจในสิ่งนั้น ดังนั้นความรู้สึกนี้จะทำให้เกิดเจตคติในทางใดทางหนึ่ง

3. องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรมหรือการกระทำ (Action Tendency Component or Behavioral Component) เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองต่อสิ่งนั้นๆ ในทางใดทางหนึ่ง เช่น สนับสนุน ส่งเสริม ช่วยเหลือ หรือ ขัดขวางต่อสู้และทำลาย เป็นต้นในการวัดเจตคติของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สามารถเลือกวัดองค์ประกอบทางด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสามด้านพร้อมกันได้

จากที่กล่าวมาสรุปว่า เจตคติสามารถแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือองค์ประกอบด้านความรู้ และองค์ประกอบด้านความรู้สึก และองค์ประกอบด้านการกระทำ ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการสร้างแบบวัดเจตคติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้โดยครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ

5.3 แบบวัดเจตคติต่อวิชาชีพลิศ

แบบวัดเจตคตินี้เป็นการวัดความรู้สึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การวัดประเภทนี้จะกำหนดตัวเลขเป็นสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยอาศัยกฎเกณฑ์ แล้วนำไปวัดบุคคลเพื่อแปลความหมายตามกฎเกณฑ์ของเครื่องมือนั้น การวัดเจตคติที่นิยมมีหลายวิธี (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 66-96 ; และพวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 106) คือ

1. วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone's Method) บางทีเรียกว่า Priori Approach หรือ Method of Equal - Appearing Intervals วิธีนี้จะหาค่าของแต่ละมาตรา (Scale) ของข้อความทางเจตคติก่อนที่จะนำไปรวบรวมข้อมูลที่จะวิจัยจึงเรียกวิธีการนี้ว่า Priori Approach และกำหนดคุณลักษณะคนมีมากที่สุดถึงน้อยที่สุดให้ระยะห่างเท่าๆกัน จึงเรียกวิธีนี้อีกชื่อหนึ่งว่า Method of Equal-Appearing Interval Scale หรือ “มาตราอันตรภาคปรากฏที่เท่ากัน” ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคติของเทอร์สโตน มีดังนี้

1.1 รวบรวมหรือสร้างข้อความต่างๆที่เป็นคำกล่าวเกี่ยวข้องกับการแสดงเจตคติในเรื่องที่จะทำการศึกษาให้มากพอการรวบรวมอาจได้จากคนหลายกลุ่มโดยการให้เขียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษา โดยข้อความที่ได้จะต้องมีข้อความที่แสดงเจตคติด้านบวก (Favorable Items) เป็นกลาง (Neutral Items) และข้อความที่แสดงเจตคติด้านลบ (Unfavorable Items) ลักษณะของข้อความควรเป็นดังนี้

- 1.1.1 ข้อความสั้นๆมีความเป็นปรนัย
- 1.1.2 เป็นข้อความที่เป็นปัจจุบัน
- 1.1.3 ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ
- 1.1.4 ไม่ควรใช้ข้อความที่มีแนวโน้มว่าคนส่วนใหญ่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย
- 1.1.5 หลีกเลี่ยงข้อความที่ถามข้อเท็จจริงของเรื่องนั้น
- 1.1.6 เน้นข้อความที่วัดได้เป็นส่วนตัวมากกว่าข้อความทั่วไป
- 1.1.7 ข้อความทุกข้อที่เขียนควรครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา

1.2 ประเมินผลข้อความที่รวบรวมมาว่าจะอยู่ตำแหน่งใดในมาตราวัดเจตคติ โดยอาศัยผู้พิจารณาตัดสิน (Judge)

1.3 ผู้ที่จะพิจารณาตัดสินเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้นโดยเฉพาะหรือจะเป็นนักศึกษาที่เรียนในสาขาวิชานั้นก็ได้

1.5 กำหนดค่า scale เมื่อได้ข้อความมาแล้ว นำมาหาค่าทางสถิติของแต่ละข้อ คือ ค่ามัธยฐาน (Median) และพิสัยควอร์ไทล์ (Quartile Range)

1.6 เลือกข้อความขั้นสุดท้าย ในการใช้ข้อความนั้นจะใช้ข้อในการทำแบบทดสอบก็ได้แล้วแต่จะกำหนดแบบทดสอบนี้เมื่อนำไปใช้จะมีแต่ข้อความอย่างเดียวไม่มีค่า Median อยู่ด้วย เมื่อนำไปทดสอบแล้วให้อาจารย์ข้อที่ผู้ทดสอบตอบเห็นด้วยไปเทียบมาตรฐานที่ทำไว้แล้วและนำค่าเหล่านี้มาหาค่ามัธยฐานอีกครั้งหนึ่ง

2. วิธีของลิเกิร์ต (Likert) มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมวล (Summated Rating Scale) มีขั้นตอนการสร้างง่ายที่ง่ายกว่าวิธีของเทอร์สโตน ไม่ต้องใช้กลุ่มผู้ตัดสินเป็นผู้พิจารณา โดยกำหนดช่วงความรู้สึกของแต่ละบุคคลเป็น 5 ช่วง หรือ 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยกำหนดน้ำหนักคะแนนการตอบแต่ละตัวเลือกเป็น 5 4 3 2 1 สำหรับข้อความทางบวก และ 1 2 3 4 5 สำหรับข้อความทางลบ ซึ่งข้อความที่ใช้ในแบบวัดสำหรับประกอบด้วยข้อความที่แสดงความรู้สึกที่ดีและรู้สึกไม่ดีต่อสิ่งที่ต้องการจะวัดในจำนวนข้อที่พอๆ กัน อาจมีข้อความประมาณ 18-20 ข้อความ

วิธีการสร้างแบบวัดเจตคติ มีขั้นตอนดังนี้

1. รวบรวมข้อความให้มีปริมาณมากพอและครอบคลุมครบคลุม แต่ละข้อความอาจเขียนขึ้นเองหรือนำมาจากผู้อื่น และควรเป็นข้อความที่คนมีเจตคติต่างกันจะตอบแตกต่างกันทันที ลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกและทางลบไม่ควรเป็นข้อความกลางๆ การเขียนข้อความมีลักษณะเหมือนของวิธีเทอร์สโตน(Thurstone's Method)

2. ตรวจสอบข้อความ ให้ความหมายของเจตคติต่อสิ่งที่ศึกษานั้นให้แจ่มชัด ข้อความควรครอบคลุมลักษณะที่สำคัญของสิ่งที่ศึกษาให้ครบถ้วนทุกแง่มุม พิจารณาว่าข้อความที่นำมาใช้นั้นสอดคล้องกับการตอบเพียงใดโดยผู้สร้างข้อความเองและนำไปให้ผู้มีความรู้ในเรื่องนั้นๆ ตรวจสอบ ดังนั้นจะต้องมีข้อความที่เป็นไปในทางบวกและลบมากพอที่เมื่อนำไปวิเคราะห์แล้วเหลือจำนวนข้อความที่ต้องการ

3. กำหนดการให้คะแนนคำตอบของแต่ละตัวเลือก วิธีการสร้างมาตราวัดแบบลิเกิร์ตนั้นนิยมใช้วิธีกำหนดกำหนดค่าตัวเลขกับความรู้สึกแต่ละระดับ โดยทั่วไปนิยมกำหนดคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 สำหรับข้อความทางบวก ซึ่งความรู้สึกด้านดีมักมีค่าสูงกว่าด้านไม่ดี ดังนั้นถ้าความรู้สึกหรือจะให้ เป็น 4 3 2 1 0 ก็ได้ ซึ่งการแปลผลมีค่าเท่ากัน ในทางตรงข้ามถ้าให้แสดงความรู้สึกในทางลบควรเรียงตัวเลขกลับกันคือ 1 2 3 4 5 เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา ข้อความแต่ละข้อเป็นการให้ผู้ตอบแสดงความรู้สึก ซึ่งเป็นความรู้สึกต่อสิ่งที่กำหนดให้แต่ละช่วงเท่าๆ กันถือเป็น

คะแนนอันตรภาค ดังนั้นต้องคำนึงถึงการกำหนดช่วงและกำหนดระยะตัวเลขไม่ให้ผิดจากข้อตกลงเบื้องต้น

1	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้น้ำหนัก	5
2	เห็นด้วย	ให้น้ำหนัก	4
3	ไม่แน่ใจ	ให้น้ำหนัก	3
4	ไม่เห็นด้วย	ให้น้ำหนัก	2
5	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้น้ำหนัก	1

4. ทำการทดลองขั้นต้นก่อนนำไปใช้จริง โดยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้จริงจำนวนหนึ่งเพื่อตรวจสอบความชัดเจนของภาษา และตรวจสอบคุณภาพด้านอื่นๆได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก

5. เลือกข้อความที่มีอำนาจจำแนกมาใช้เป็นข้อความวัดเจตคติ โดยมีจำนวนข้อความทางบวกหรือเชิงนิมิตและทางลบหรือเชิงนิเสธพอๆกันมาเป็นข้อความวัดเจตคติ เรียกว่าแบบทดสอบฉบับร่าง

6. นำแบบทดสอบฉบับร่างไปหาค่าความเชื่อมั่นทั้งหมดในปัจจุบันเครื่องมือวัดเจตคติตามวิธีของลิเกิร์ตเป็นที่นิยมมาก เพราะสร้างง่ายใช้สะดวกผู้ตอบสามารถแสดงความคิดเห็นได้ทั้งทางบวกและลบ ในลักษณะที่เทียบเป็นมาตราส่วนประมาณค่าได้ ยิ่งกว่านั้นเครื่องมือตามแนวของลิเกิร์ต ยังสามารถดัดแปลงเพื่อใช้วัดลักษณะทางจิตพิสัยอื่นๆได้

3. วิธีของออสกู๊ด (Osgood) เป็นวิธีที่มีลักษณะพิเศษที่ใช้คำคุณศัพท์ในการบรรยายโดยมีความเชื่อพื้นฐานว่าคำ คุณศัพท์จะสื่อความหมายทางภาษาได้ตรงกับเจตคติหรือความรู้สึกนึกคิดของบุคคลได้ดีกว่า จึงเรียกวิธีนี้ว่า “ มาตรฐานจัดช่วงต่างจากนัยทางภาษา ” (Semantic Differential Scale)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาฟิสิกส์จากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ โดยวัดจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert) 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมิต (Positive) และข้อความเชิงนิเสธ (Negative) ด้านละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อ 20 ข้อ

6. ความคงทนในการเรียนรู้

การเรียนรู้สิ่งใด ๆ ก็ตาม ถ้าหากสิ่งที่เรียนรู้นั้นไม่หลงเหลืออยู่เลยก็เสมือนหนึ่งไม่ได้เรียนรู้อะไรมาก่อน คนเราจะคิดใช้เหตุผลจากข้อเท็จจริงที่จำได้ การรับรู้ของเราจะต่อเนื่องสัมพันธ์กันได้ต่อเมื่อเราสามารถจดจำสิ่งต่างๆที่เคยรับรู้มาก่อนได้ การเรียนรู้จะไรก็ตามที่เกิดขึ้นย่อมประเมิณผลได้โดยการพิจารณาจากผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ถ้าเป็นการประเมิณผลในผลทันทีที่ผู้เรียนทำในสิ่งที่เราต้องการสำเร็จ ผลที่ได้คือผลการเรียนรู้ แต่ถ้าเราคอยให้เวลาล่วงเลยไประยะเวลาหนึ่งอาจเป็น 1 วัน 1 สัปดาห์หรือ 1 สัปดาห์แล้วจึงประเมิณผล การเปลี่ยนแปลงที่ได้ก็จะเป็ผลการเรียนรู้และการจำ ซึ่งเรียกว่า ความคงทนในการเรียนรู้ (Learning Retention) นักการศึกษาหลายท่าน (Edwards. 1957: 179-180; Purdy; et al. 2000: 2) ได้ให้ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ไว้ สรุปได้ว่า เป็นความสามารถในการระลึกถึงเนื้อหาวิชา หรือสิ่งต่างๆเคยได้รับการเรียนรู้ หรือเคยมีประสบการณ์มาก่อนในระยะที่ทิ้งช่วงห่างออกไป

สรุปได้ว่าความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงเนื้อหาวิชาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่เคยได้รับการเรียนรู้ หรือเคยมีประสบการณ์มา เมื่อเวลาผ่านไปไ้ระยะหนึ่งหากมีสถานการณ์ที่จำเป็นต้องนำออกมาใช้

6.1 ความสำคัญของความคงทนในการเรียนรู้

การเรียนรู้และความคงทนในการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดเนื่องจากผลของประสบการณ์การเรียนรู้จะต้องได้รับการเก็บสะสมไว้ในระบบความจำ สถิติปัญญา การแสดงออกทางอารมณ์ของผู้เรียนกับสิ่งที่เรียน ความสนใจการได้เรียนรู้ การเรียนรู้ที่จะเชื่อมโยง การจัดบทเรียน การใช้สื่อ และสถานการณ์ที่เหมาะสม การส่งเสริมให้เด็กมีความจำและความคงทนในการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ สอดคล้องกับกมลรัตน์ หล้าสุวรรณ (2528: 239) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการจำ สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้ (Learning) ผู้ที่สามารถจำได้มักเกิดจากการเรียนรู้ที่แท้จริง มีเหตุผลและมีหลักเกณฑ์

2. ความสามารถในการสะสม (Retention) หมายถึง การรวบรวมประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการเรียนรู้ทั้งทางตรงหรือทางอ้อม

3. ความสามารถในการถ่ายทอดได้ (Reproduction) หมายถึง การที่บุคคลสามารถดึงเอาสิ่งที่สะสมอยู่มาใช้ โดยการเล่าหรืออธิบายให้ผู้อื่นฟังได้ ซึ่งออกมา 2 รูปแบบ คือ

3.1 การระลึกได้ (Recall) หมายถึง การถ่ายทอดความจำออกมาโดยการเล่าบรรยายหรืออธิบายสิ่งที่เคยจำได้นั้นออกมาได้ถูกต้อง โดยไม่ต้องมีสิ่งนั้นมาปรากฏให้เห็น

3.2 การจำได้ (Recognition) หมายถึง การถ่ายทอดความจำออกมาโดยโดยการชี้สิ่งนั้นได้ถูกต้อง เมื่อมีสิ่งเร้าอื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วย เช่น การชี้ตัวผู้ต้องหาบนโรงพัก แม้จะมีผู้อื่นที่ไม่ใช่ผู้ต้องหาปะปนอยู่

6.2 การวัดความคงทนในการเรียนรู้และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบเกี่ยวกับความคงทนของการเรียนรู้

ความคงทนในการเรียนรู้ ส่วนของการเรียนรู้ที่ขาดหายไปจากการทิ้งช่วงระยะเวลาหนึ่งจะเรียกว่า “การลืม” การวัดความคงทนในการเรียนรู้ จึงเป็นการวัดว่าในขณะที่นั้นผู้เรียนสามารถตอบสนองต่อสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วได้มากน้อยเพียงใด การตอบสนองที่จะแสดงว่า ยังจำได้ดีเพียงใดนั้นจะสังเกตจากการทดสอบ การท่อง การบรรยาย การเล่า เป็นต้น การวัดความคงทนในการเรียนรู้ จึงเป็นการวัดสิ่งที่คงอยู่ไม่ใช่สิ่งที่ขาดหายไป (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2553: 250-260) และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบเกี่ยวกับความคงทนของการเรียนรู้ พอสรุปได้ว่า ในการทดสอบซ้ำ โดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกันไปใช้สอบบุคคลกลุ่มเดียวกัน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันกับผู้สอบกลุ่มเดิม ควรเว้นระยะเวลาในการสอบไม่นานมากนัก กล่าวคือ ควรทดสอบหลังจากการเรียนรู้การสอนผ่านไปแล้วไม่ต่ำกว่า 2 สัปดาห์ และไม่ควรมากเกิน 3 เดือน เพราะช่วงเวลาดังกล่าว จะให้สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสูงกว่าการทดสอบในช่วงอื่นๆ

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดความคงทนในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ กับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบทดสอบมโนทัศน์ฟิสิกส์และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หลังจากการวัดครั้งที่ 1 เป็นเวลา 2 สัปดาห์

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอเสนองานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ ดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

พนารัตน์ วัดไทยสง (2544: 48) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องโลก ดวงดาวและอวกาศ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

นอกจากนี้อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ก่อนและหลังเรียนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนฟิสิกส์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียน ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ส่วนนภาพร วงศ์เจริญ (2550: 61-62) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุ ปัญญา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุ ปัญญามีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

อีกทั้งบงกชรัตน์ สมานสินธุ์ (2551: 76) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนแบบ อริยสัจ 4 และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษา พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับ การ จัดการเรียนการสอนแบบอริยสัจ 4 สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับ การ จัดการเรียนการสอนแบบอริยสัจ 4 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01

จักรพันธ์ พิรักษา (2553: 59) ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้ วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของ Polya กับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ขั้น พบว่า กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหของ Polya สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

งานวิจัยในต่างประเทศ

เต๋า(Tao. 1999: 365-368) ได้ทำการศึกษาวิจัยการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่าง Peer Collaborative แบบคู่ (Dyads) เปรียบเทียบกับเดี่ยว (Individual) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน มัธยมเกรด 12 โดยความสามารถของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกัน แบบทดสอบที่ใช้ เป็นปัญหาฟิสิกส์เชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า Dyads มีความสามารถในการแก้ปัญหามองข้อได้ ดีกว่า individual นอกจากนั้นการศึกษายังพบอีกด้วยว่า ความสำเร็จในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่ได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถ ของนักเรียนมากนัก หากแต่ขึ้นอยู่กับวิธีการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับ หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องและยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา

วิลเลียมส์ (Williams. 2003 : 185-187) ได้ศึกษาถึงการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาว่าสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานแก้ปัญหาได้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังเริ่มต้นเรียนพีชคณิตจำนวน 42 คน แบ่งกลุ่มทดลอง 22 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอนของกระบวนการการแก้ปัญหา ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนแต่ไม่ต้องฝึกเขียน มีการทดสอบทั้งก่อนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองสามารถทำงานแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม การเขียนตามขั้นตอนกระบวนการการแก้ปัญหาช่วยให้นักเรียนในกลุ่มทดลองเรียนรู้การใช้ขั้นตอนตามกระบวนการการแก้ปัญหาได้เร็วกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนจำนวน 75% มีความพอใจในกิจกรรมการเขียน และนักเรียนจำนวน 80% บอกว่ากิจกรรมการเขียนจะช่วยให้เขาเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีขึ้นได้

ซิน (Xin. 2003 : 4276-A) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยการแก้ปัญหา โดยเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการแก้ปัญหา ซึ่งศึกษาความแตกต่างของวิธีการสอน ทั้ง 2 แบบ คือ วิธีการสอนแบบ SBI (Explicit Schema – Based Problem Solving Instructional Strategy) และวิธีการสอนแบบ TI (Traditional General Heuristic Instructional Strategy) ทั้งสองกลุ่มมีการทดสอบความรู้ความเข้าใจทั้งก่อนเรียน – หลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ SBI และ TI มีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน ซึ่งวิธีการสอนแบบ TI มีการทดสอบก่อนเรียน – ขณะเรียน (ดำเนินการ 1-2 สัปดาห์) และทำการทดสอบครั้งสุดท้าย (ดำเนินการ 3 สัปดาห์ – 3 เดือน) กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบ SBI กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธี TI มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกำหนดแผนการสอนจะเน้นให้มีการถ่ายโยงการเรียนรู้ในการแก้ปัญหา (วิธีการสอนทั้ง 2 แบบนี้มีโครงสร้างที่เหมือนกัน)

โพล (Pol. 2005: 466) ได้ทำการศึกษาผลของการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์โดยสร้างแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อเรื่อง แรง (Force) และพัฒนาโปรแกรมการสอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ที่เรียกว่า Program Nat Hint ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนมัธยมเกรด 10 ซึ่งในการศึกษาได้ดำเนินการโดยได้แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งในกลุ่มทดลอง ($n = 11$) ใช้หนังสือเรียนและโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ และกลุ่มควบคุม ($n = 25$) ใช้ในหนังสือเรียนเรียนเพียงอย่างเดียว ผลการศึกษาวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่ใช้หนังสือเรียนร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าในกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยใช้เพียงหนังสือแบบเรียนเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ

บิลลิงส์ (Billings. 2001: 89A) ศึกษาการใช้วงจรการเรียนรู้สอนวิชาฟิสิกส์แก่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายรัฐมิชิแกน จำนวน 28 คน พบว่านักเรียนร้อยละ 75 สนุกสนานในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 10 รู้สึกธรรมดาในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 32 มีความรู้สึกที่ดีขึ้นต่อกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 66 เห็นด้วยกับวิธีสอน และนักเรียนร้อยละ 85 มีระดับความสามารถเพิ่มขึ้น

ไกเกอร์และคนอื่นๆ(Gaigher; et.al. 2007: 1106-1108) ทำการศึกษาผลของ โครงสร้างกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมทัศน์ในวิชาฟิสิกส์ กับนักเรียนจำนวน 189 คนใน 16 โรงเรียนของประเทศแอฟริกาใต้ โดยในงานวิจัยนี้เน้นที่จะพัฒนาความเข้าใจโมทัศน์ โดยมีการใช้แผนภาพคำตอบ (Solution map) ในการประเมินความเข้าใจโมทัศน์ของนักเรียนจากการเขียนคำตอบในแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ขั้นตอนการพัฒนาความเข้าใจโมทัศน์ได้อาศัยกรอบการคิดของ Greeno's Model ในการอธิบายถึงทักษะการแก้ปัญหาและการใช้เหตุผล จากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับโครงสร้างกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามีผลต่อการทำให้เกิดความเข้าใจเชิงโมทัศน์และมีแนวโน้มการนำโมทัศน์มาใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ และแสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนสามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้

โกะ และไซเลย์ (Gök; & Silay. 2008: 15-16) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ กระบวนการสอนเทคนิคและแรงจูงใจในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนเกรด 10 ในประเทศตุรกี โดยในกลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ และใช้เครื่องมือในการวิจัยเป็น แบบทดสอบและแบบสำรวจในการแก้ปัญหาวิชาฟิสิกส์ และกลุ่มควบคุมดำเนินการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาฟิสิกส์ในกลุ่มทดลองที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และยังพบว่าการเรียนแบบมีส่วนร่วมมีประสิทธิภาพกว่าการเรียนแบบปกติ

เซลคูร์และคณะ(Selcuk.; et al. 2008: 1089–1110) ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนสาขาการศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 37 คนกลุ่มทดลองจะได้รับการเสริมกระบวนการแก้ปัญหตามเทคนิคของโพลยา ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและแบบประเมินทักษะการดำเนินการในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ ความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและการตรวจสอบผลลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและทักษะในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอนหลังได้รับการสอนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เดสโรเรีย และเวียร์แมน(Deslauriers; & Wieman. 2011: 1545) ที่ได้ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ควอนตัม (Quantum Mechanics) โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยาย และแบบเชิงปฏิสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ ส่งผลให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่าการสอนแบบบรรยาย

โกลการ์ (Tolga, 2011: 433-435) ได้ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เกี่ยวกับการประเมินความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าแม่เหล็กและความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีการตรวจสอบมโนทัศน์ และความสามารถในการแก้ปัญหามีความแตกต่างกันหรือไม่หลังจากที่ได้รับการสอน peer instruction (PI) โดยเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบวัดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ในเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า(CSEM) แบบวัดเจตคติ (CLASS) แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 138 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และ ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนในเรื่อง ไฟฟ้าแม่เหล็กที่ได้รับการสอน Peer Instruction (PI) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับการเรียนการสอน บนพื้นฐานแนวคิดสรณนิยม การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ มโนทัศน์ฟิสิกส์ และการแก้โจทย์ ปัญหาทางฟิสิกส์ จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา จะมีลักษณะที่เน้นกระบวนการสืบเสาะเพื่อได้มาซึ่งมโนทัศน์ฟิสิกส์ และนำมโนทัศน์ ฟิสิกส์นั้นไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้โจทย์ปัญหานักเรียนนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มโนทัศน์ของนักเรียนดีขึ้น มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นกว่าเดิม และมีความคงทนของการเรียนรู้ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเรียนฟิสิกส์ ครูผู้สอน ควรจะศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง กลยุทธ์ต่างๆที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาให้ได้อย่างเหมาะสม พร้อมให้คำแนะนำกับนักเรียนในการใช้กลวิธีต่างๆได้อย่าง ถูกต้อง ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญของนักเรียนในการเรียนรู้ทำให้นักเรียนรู้จักคิดเป็นและแก้ปัญหา สถานการณ์ต่างๆได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา(Research and Development) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- 1.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์
- 1.2 การศึกษาแนวคิด ทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.3 การศึกษาความคิดเห็นของบุคคลที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

- 2.1 การจัดทำโครงร่างรูปแบบการเรียนการสอน
- 2.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน
- 2.3 การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน ก่อนนำไปทดลองใช้จริง
- 2.4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน

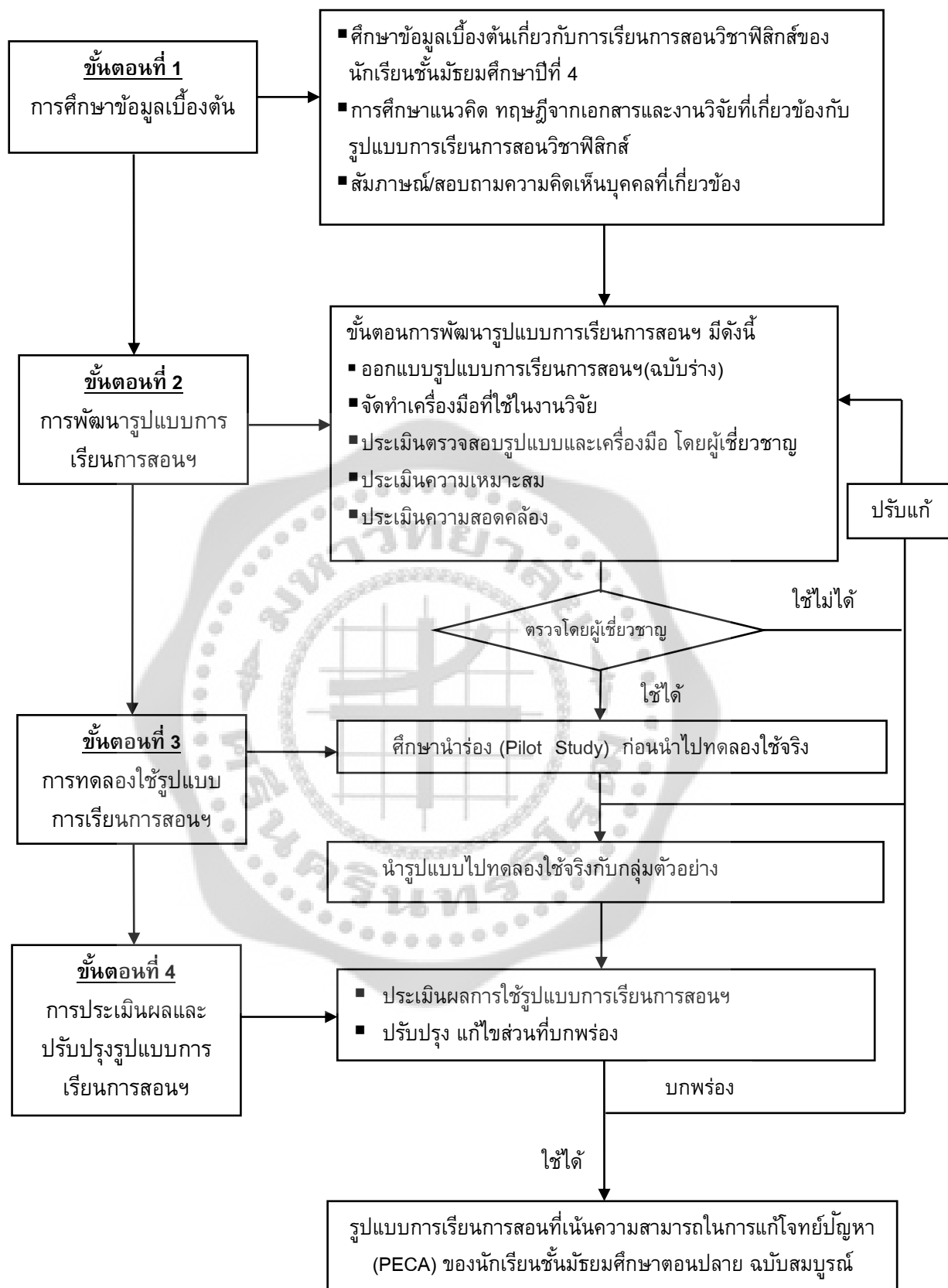
- 3.1 ศึกษาความพร้อมผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญก่อนใช้
- 3.2 นำข้อมูลหลังการศึกษานำร่องปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปทดลองใช้จริง

ทดลองจริง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน

- 4.1 ประเมินผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน
- 4.2 ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
- 4.3 วิเคราะห์ข้อมูล

ซึ่งขั้นตอนการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างข้อสรุปแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้

1.1 ศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในด้าน กิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ และสภาพปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัย และจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์และนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน พบว่า

- สภาพการเรียนการสอนยังมีความคลาดเคลื่อนผู้สอนที่มีความรู้เฉพาะด้าน
- สื่อและอุปกรณ์การสอนไม่เพียงพอกับการจัดกิจกรรมแบบการทดลอง
- การจัดลำดับเนื้อหาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไม่สัมพันธ์และสอดคล้องกับ

รายวิชาฟิสิกส์

- ครูผู้สอนขาดความรู้ความเข้าใจและทักษะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- ครูผู้สอนมีภาระงานอื่น ๆ มาก นอกเหนือจากงานสอน
- ครูส่วนใหญ่จะสอนเนื้อหาตรงๆ ไม่มีการดัดแปลง นักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้
อย่างแท้จริง
- นักเรียนคิดว่าฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ขาดแรงจูงใจในการเรียน
- กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมาจากการฟังคำอธิบายของครูผู้สอน จดเนื้อหา

ต่าง ๆ ตอบคำถามหรือบางครั้งทำการทดลองตามคำอธิบายจากครูเป็นหลัก ซึ่งครูผู้สอนและนักเรียนมีความคิดเห็นตรงกันว่าจัดการการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ว่าควรสอนให้น้อยลง แต่เพิ่มการเรียนรู้ให้มากขึ้น ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เพราะจะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในบทเรียนและยังทำให้รู้สึกสนุกสนานกับบทเรียนในขณะเดียวกันก็ควรส่งเสริมการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วย

1.2 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดทฤษฎีสรคานิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ จาก ไตรเวอร์ และโอลด์แฮม (Driver & Oldham. 1986) คาร์พลัสและเทียร์ (Karplus & Their. 1967) โคเฮน และ (Cohen; & Horak. 1989) บายบี และคนอื่นๆ (Bybee; et al. 2006) และ ไอน์เซนคราฟต์ (Eisenkraft. 2003) รวมทั้งแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จาก ราคินต์ และบรากเกต (Larkin; & Brackett . 1976) เฮสเทนส์ (Hestense. 1987) ซาเวดและวิลเลียม (Savage; & Williams. 1990) เฮลเลอร์และฮอลลาบอลล์ (Heller; & Holabaugh. 1992) เชอคูรี (Chekuri. 1996) บิวซิการ์ (Burciaga. 2002) ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding; & Harskamp. 2007) และ โรจาร์ (Rojas. 2010) บทบาทของครูผู้สอน บทบาทของนักเรียน การวัดและการประเมินผล โดยทำ

การวิเคราะห์แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการ จุดมุ่งหมายและโครงสร้างของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การจัดทำรูปแบบการเรียนการสอน (ฉบับร่าง) ส่วนที่ 2 การประเมินและตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบก่อนนำไปใช้ ส่วนที่ 3 การปรับปรุงรูปแบบก่อนนำไปทดลองใช้ และส่วนที่ 4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย โดยมีการดำเนินการในแต่ละส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การจัดทำรูปแบบการเรียนการสอน (ฉบับร่าง)

- 1) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในขั้นตอนที่ 1 มาเป็นแนวคิดในจัดทำรูปแบบการเรียนการสอน
- 2) จัดทำรูปแบบการเรียนการสอน(ฉบับร่าง) และจากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีในเบื้องต้น ทำให้ได้องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่สำคัญ 4 องค์ประกอบ คือ หลักการ จุดมุ่งหมาย กระบวนการเรียนการสอน และการวัดและการประเมินผล ซึ่งการเรียนการสอน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) 3) ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize: C) และ 4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) และจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ได้ขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ปรากฏในชั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้น ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา และ ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ (รายละเอียดดังภาคผนวก ข)

- 3) จัดทำแบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆของรูปแบบการเรียนการสอนแล้วกำหนดประเด็นและเขียนเป็นข้อคำถามโดยแบบประเมินนั้นแบ่งแบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และส่วนที่ 2 เป็นแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบในเรื่องความเหมาะสม ความถูกต้องของภาษาที่ใช้

3.2 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

ส่วนที่ 2 การประเมินและตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบก่อนนำไปใช้

ภายหลังจากจัดทำรูปแบบการเรียนการสอน (ฉบับร่าง) เสร็จแล้ว นำรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นไปหาคุณภาพเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้อง ดังนี้

1) นำรูปแบบการเรียนการสอน(ฉบับร่าง) ไปเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทพิจารณาในด้านความเหมาะสมในองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ได้มากน้อยเพียงใดโดยองค์ประกอบที่ทำการประเมิน ได้แก่ คือ หลักการ จุดมุ่งหมาย กระบวนการเรียนการสอน และการวัดและการประเมินผลซึ่งในกระบวนการเรียนการสอน ประกอบด้วย 1) ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) 3) ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize: C) และ 4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2) กำหนดผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดและการประเมินผลหรือผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต (ดังปรากฏรายนามในภาคผนวก ก)

3) นำรูปแบบการเรียนการสอน (ฉบับร่าง) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อพิจารณาในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเองแล้วนำข้อมูลมา วิเคราะห์ ดังนี้

1) แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนฯ วิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยการนำข้อมูลการตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาให้น้ำหนักเป็นคะแนน (ดัดแปลงจากบุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 102-103) ดังนี้

<u>ระดับคะแนน</u>	<u>ความคิดเห็น</u>
5	เหมาะสมมากที่สุด
4	เหมาะสมมาก
3	เหมาะสมปานกลาง
2	เหมาะสมน้อย
1	เหมาะสมน้อยที่สุด

การประเมินความเหมาะสม นำผลการประเมินส่วนที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า นำมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 และส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์เนื้อหา

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมาย โดยมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

<u>ค่าเฉลี่ย</u>	<u>การแปลผล</u>
4.51-5.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50	เหมาะสมมาก
2.51-3.50	เหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50	เหมาะสมน้อย
1.00-1.50	เหมาะสมน้อยที่สุด

2) แบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนการสอน วิเคราะห์โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC) โดยนำผลตอบของผู้เชี่ยวชาญมาให้น้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

<u>ความสอดคล้อง</u>	<u>ระดับคะแนน</u>
เห็นด้วย	+1
เห็นด้วย / ปรับปรุง	0
ไม่เห็นด้วย	- 1

จากนั้นนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาคำนวณเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC โดยใช้สูตรของ โรวินเนลลี และแฮมเบิลตัน (Rovinelle; & Hambleton. 1977 อ้างอิงจาก ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543: 248-249) ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนมีคุณภาพ คือ มีค่าไม่น้อยกว่า 0.5 สำหรับข้อที่ได้ค่าต่ำกว่า 0.5 จะพิจารณาปรับปรุงเป็นรายชื่อ (พิชิต ฤทธิ์เจริญ. 2553: 151)

ส่วนที่ 3 การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนก่อนนำไปทดลองใช้จริง

การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนก่อนนำไปทดลองใช้ จะพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากข้อมูลที่ได้จากการประเมินโครงร่างการเรียนการสอน จากผู้เชี่ยวชาญนำมาเป็นหลักเกณฑ์ในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมและค่าดัชนีความสอดคล้อง ถ้าหากมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าใช้ได้ ผู้วิจัยคงไว้ในรูปแบบการเรียนการสอนแต่หากพบว่าข้อใดมีค่าความเหมาะสมและค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยจะนำข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงต่อไป

2) หากมีข้อเสนอแนะอื่นๆของผู้เชี่ยวชาญนอกเหนือจากประเด็นข้อคำถาม ถ้าผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3 ท่านขึ้นไป มีความเห็นสอดคล้องกันในประเด็นเดียวกัน ผู้วิจัยพิจารณาเพิ่มเติมไว้ในการเรียนการสอน

โดยผลการประเมินรูปแบบรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 และค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.40 - 4.80 แสดงว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นที่สอดคล้องกันว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนมีความเหมาะสมและสะดวกแก่การนำไปใช้ นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้เสนอแนะแนวทางเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ต่อผลการเรียนการสอนตามรูปแบบนี้ยิ่งขึ้น เช่น ควรให้ความสนใจกับเวลาที่ใช้การจัดกิจกรรมให้มากกว่าสามารถทำตามที่เราเขียนไว้หรือไม่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากกิจกรรมที่จัดไว้ค่อนข้างมาก หากเวลาในการทำกิจกรรมไม่พอควรมีการปรับกิจกรรมให้เหมาะสม

ส่วนที่ 4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้

เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบหรือสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเองและสามารถนำมโนทัศน์ที่ได้มาประยุกต์ใช้แก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์โดยดำเนินการ ดังนี้

ขั้นเตรียมการ ผู้วิจัยได้เตรียมการเพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาวิเคราะห์ หลักสูตร คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม
- 2) กำหนดเนื้อหา หัวข้อการเรียนรู้ ระยะเวลาการเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมในการการเรียนการสอน

ตาราง 9 การกำหนดหัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้

เนื้อหาเรื่อง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ (คาบ)
สมดุลกล	1.สภาพสมดุลและเงื่อนไขสมดุล	4
	2.แรงเสียดทาน	4
	3.โมเมนต์ของแรงหรือทอร์ก	4
	4. โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	2
	5.เสถียรภาพของสมดุล	2
		รวม 16 คาบ
งานและพลังงาน	6.งาน	2
	7.กำลัง	2
	8.พลังงานจลน์	2
	9.พลังงานศักย์โน้มถ่วง	2
	10.พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	2
	11.กฎการอนุรักษ์พลังงาน	4
		รวม 14 คาบ
		ใช้เวลาทั้งหมด
		30 คาบ

ขั้นจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

- 1) จุดประสงค์และผลการเรียนรู้เป็นข้อความที่เป็นวัตถุประสงค์ของเรื่องและวัตถุประสงค์ของการสอน
- 2) สารการเรียนรู้เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับแนวคิดและหลักการ ข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎีต่างๆที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้
- 3) กิจกรรมการเรียนรู้การสอนเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นของการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ประกอบด้วย 1) ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) 3) ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize: C) และ 4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A)
- 4) สื่อและแหล่งการเรียนรู้เป็นสื่อวัสดุและแหล่งเรียนรู้ต่างๆที่นักเรียนและผู้สอนใช้ ได้แก่ ใบงาน ใบความรู้ หนังสือ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

5) การวัดและประเมินผล เป็นการระบุเครื่องมือวัดผล สิ่งที่วัด วิธีการวัดและประเมินผล

6) บันทึกหลังการเรียนการสอน เป็นส่วนที่ให้กับบันทึกของผู้สอนในการจัดเตรียมสื่อและกิจกรรมที่อาจจำเป็นต้องเตรียมหรือทำการศึกษาล่วงหน้าก่อนทำการสอนจริง รวมทั้งบันทึกข้อสังเกตระหว่างจัดการเรียนการสอนเพื่อนำไปพัฒนาปรับปรุงสำหรับสอนในครั้งต่อไป (รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน แสดงในภาคผนวก ข)

ขั้นตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

1) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท ปรึกษาพิจารณาในด้านความเหมาะสมของภาษา ความเหมาะสมของเนื้อหา การลำดับเนื้อหา ความยากง่ายของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา บทบาทของครูและผู้เรียนในแต่ละขั้นตอนของการเรียนการสอน แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดและการประเมินผล หรือผู้มีประสบการณ์ด้านการสอน วิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต ประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ตามแบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่าผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง IC อยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งสูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ทุกแผนการจัดการเรียนรู้และถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

2.1) ควรใช้คำถามที่มีกระชับ ชัดเจนและตรงประเด็นเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าสู่บทเรียนได้อย่างรวดเร็ว ถ้าครูผู้สอนใช้การสาธิตในการสร้างความสนใจ ควรระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการสาธิตอย่างชัดเจน

2.2) ควรเพิ่มตัวแปรที่ศึกษาในใบกิจกรรม และระบุจุดประสงค์ของการทำกิจกรรมในใบกิจกรรม การเขียนขั้นตอนในการทำกิจกรรมควรมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปทำการศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมสันพิทยา จำนวน 19 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง เพื่อศึกษาความเหมาะสมด้านระยะเวลา ความสอดคล้องเนื้อหา ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคต่างๆที่พบเพื่อนำมาปรับปรุงและแก้ไขต่อไป แล้วนำข้อค้นพบในการทดลองใช้ครั้งนี้มาปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ทดลองในการวิจัยครั้งนี้

4.2 แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์เป็นแบบวัดความคิดความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ มโนทัศน์เชิงบรรยาย มโนทัศน์เชิงทฤษฎี และมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

ขั้นเตรียมการ

1) ศึกษาเอกสารต่างๆ ได้แก่ คู่มือการจัดการเรียนรู้ หนังสือเรียนฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์

2) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

3) วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล งานพลังงาน เพื่อกำหนดความสำคัญของเนื้อหา จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด และจำนวนข้อของแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร จุดประสงค์ของคู่มือครูและรายละเอียดเนื้อหาจากหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ของกระทรวงศึกษาธิการ หนังสืออ่านประกอบทั้งในประเทศและต่างประเทศ มาใช้ประกอบในการจัดสร้างแบบทดสอบ

ขั้นสร้าง แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ ตามขั้นตอนดังนี้

1) สร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์โดยในการสร้างคำถามจะต้องมีความชัดเจน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย แต่ละคำถามจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ส่วนตัวเลือกจะเป็นประเด็นเรื่องเดียว มีความยาวใกล้เคียงกันและกระจายคำตอบของข้อสอบทั้งฉบับให้มีสัดส่วนของแต่ละตัวเลือกใกล้เคียงกัน

2) พิจารณาคุณภาพของแบบทดสอบให้ครอบคลุมทั้งปัญหาและตัวเลือกและเหตุผลในการสร้างตัวเลือก รวมทั้งคำตอบที่ถูกต้อง

3) สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการจะวัดโดยสร้างแบบวัดเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

ขั้นตรวจสอบคุณภาพ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ ตามขั้นตอนดังนี้

1) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามตารางการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหาแล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

2) นำแบบทดสอบไปประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของ ภาษาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะปรับปรุง โดยเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการการวัดและการประเมินผล หรือผู้มีประสบการณ์ ด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุขฎี บัณฑิต โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC) เป็นเกณฑ์ในการ พิจารณา ได้ค่า IC อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของ ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้ ดังนี้

2.1) การจัดเรียงตัวเลือก มีข้อควรปรับปรุง คือ ควรมีการเรียงตัวเลือก ตามความยาวของตัวเลือกนั้น อาจเรียงจากตัวเลือกที่มีความยาวสั้นไปหาตัวเลือกที่มีความยาวยาว หรือ เรียงจากตัวเลือกที่มีความยาวยาวไปหาตัวเลือกที่มีความยาวสั้น เพื่อให้ข้อสอบมีความเป็น ระเบียบสวยงาม

2.2) รูปภาพประกอบโจทย์บางข้อคำถามไม่ชัดเจน ควรปรับปรุงให้มี ความชัดเจนเพื่อป้องกันความสับสนของนักเรียนเมื่อลงมือทำแบบทดสอบ

2.3) การใช้ภาษามีสิ่งที่ควรปรับ ได้แก่ ภาษาที่ใช้ในข้อคำถามควรเป็น ภาษาเขียนทั้งหมด

3) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการ เรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง และโรงเรียน ภ.ป.ร. ราชวิทยาลัย ในพระ บรมราชูปถัมภ์ รวม 3 โรงเรียน จำนวน 214 คน โดยผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากนักเรียนและได้ ชี้แจงทำความเข้าใจกับนักเรียนก่อนที่จะมีการทดลองใช้แบบทดสอบดังกล่าว

4) นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความ ยากง่าย โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ ใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของจุง เตห์ ฟาน (Chung-Teh Fan) คุณภาพของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ได้ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.29 ถึง 0.80 และค่าอำนาจ จำแนกตั้งแต่ 0.23 ขึ้นไป

5) นำคะแนนของแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดย ใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 197 - 198) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแล้ว ได้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ที่มี คุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 30 ข้อ แบ่งออกเป็นองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ มโนทัศน์ เชิงบรรยาย 8 ข้อ มโนทัศน์เชิงทฤษฎี 10 ข้อ และมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ 12 ข้อ ซึ่งนำไปใช้ วัดผลการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างโดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งใช้ข้อสอบชุด เดียวกัน

4.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นที่มีลักษณะที่ให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน ชั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา และ ชั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

ขั้นเตรียมการ

1. ศึกษาเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และวิธีการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
3. กำหนดลักษณะของแบบแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

ขั้นสร้าง สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยสร้างเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งประกอบไปด้วย สถานการณ์ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ ทั้งหมดรวม 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ โดยขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน ชั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา และ ชั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ขั้นตรวจสอบคุณภาพ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ ตามขั้นตอนดังนี้

- 1) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบข้อคำถามและพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การตรวจให้คะแนน แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท
- 2) นำแบบทดสอบไปประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะปรับปรุง โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดและการประเมินผล หรือผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์การสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ได้ค่า IC อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

2.1) ควรตรวจสอบการใช้คำถาม และตัวเลือกที่สั้น ยาวให้เหมาะสม

2.2) การใช้ภาพประกอบคำถาม มีสิ่งที่จะต้องปรับปรุง คือ ควรเลือกภาพที่มีขนาดที่สามารถเห็นได้ชัดเจนตรงตามจุดประสงค์ของคำถาม และคำถามที่ใช้ประกอบภาพต้องมีความชัดเจน

2.3) ในการใช้ตัวเลือกควรเป็นตัวเลือกที่ไม่ชี้นำคำตอบในข้อนั้นๆ เพื่อป้องกันการเดาคำตอบ

3) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนสาริตมมหาวิทยาลัศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง และโรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ รวม 3 โรงเรียน จำนวน 214 คน โดยผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากนักเรียนและได้ชี้แจงทำความเข้าใจกับนักเรียนก่อนที่จะมีการทดลองใช้แบบทดสอบดังกล่าว

4) นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่าย โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ ใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของจุง เตห์ ฟาน (Chung-Teh Fan) คุณภาพของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ได้ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.33 - 0.64 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.23 ขึ้นไป

5) นำคะแนนของแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 197 – 198) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.72

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแล้ว ได้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 5 สถานการณ์ และแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ แบ่งออกเป็นองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ วิเคราะห์และวางแผน 5 ข้อ ปฏิบัติการแก้ปัญหา 5 ข้อ และตรวจสอบคำตอบ 5 ข้อ ซึ่งนำไปใช้วัดผลการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างโดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน

4.4 แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

แบบวัดเจตคติที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นแบบวัดสภาพของความพร้อมทางจิตใจของนักเรียนที่เกิดจากความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ วัดจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ ซึ่งวัดจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert) 5 ระดับ ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมิตาน(Positive) และข้อความเชิงนิเสธ(Negative) ด้านละ 5 ข้อ รวมจำนวน 20 ข้อ

ขั้นเตรียมการ

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดเจตคติให้ครอบคลุมรูปแบบการเรียนการสอนฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ขั้นสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ซึ่งวัดจากองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ 1) ด้านคุณภาพการสอน 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ โดยวัดจากแบบวัดเจตคติแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีการวัดของ Likert คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมิต (Positive) และข้อความเชิงนิเสธ (Negative) ด้านละ 5 ข้อ รวมจำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและดัดแปลงบางส่วนมาจากคยาและโบโยค (KaYa; & Boyuk. 2010: 43 - 44)

ขั้นตรวจสอบคุณภาพแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

1) นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญา นิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษา แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำ

2) นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ไปตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นตามแบบวัดค่าดัชนี ความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะปรับปรุง โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดและการประเมินผล หรือผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์การสอน ไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IC) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ได้ค่า IC อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 จากนั้นผู้วิจัย ดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญทุกคนเห็นด้วยว่า แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ตามหัวข้อที่วัด นั้นมีข้อความชัดเจน เหมาะสม ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง +1.00 เกือบทุกข้อ มีบางข้อที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้ปรับแก้ไข และผู้วิจัยได้ปรับตามข้อเสนอผู้เชี่ยวชาญ

3) นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ที่ได้หลังจากปรับปรุงแก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติเป็นรายข้อ โดยใช้ร้อยละ 25 ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ โดยการทดสอบค่าที (t- test) โดยเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป

4) หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติทั้งฉบับโดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ตามแบบครอนบาค (Cronbach. 1970: 619) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.88

ค่าความเชื่อมั่น ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้สรุปดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าความเชื่อมั่น ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดที่ใช้ในงานวิจัย

แบบวัด (test)	ค่าความเชื่อมั่น (reliability)	ค่าความยากง่าย (difficulty)	ค่าอำนาจจำแนก (item discrimination)
1. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์	0.81	0.28 - 0.80	> 0.20
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	0.72	0.33 - 0.64	> 0.20
3. แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	0.88	-	> 1.75

หมายเหตุ ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบวัดที่ใช้ในงานวิจัยแสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ค

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำรูปแบบการเรียนการสอนที่ได้รับการประเมินและปรับปรุงโครงสร้างแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อหาประสิทธิภาพของรูปแบบโดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษานำร่อง และการนำไปทดลองใช้จริง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษานำร่อง (Pilot study)

ผู้วิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนวมิกะสันพิทยา จำนวน 19 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง ใช้เวลา 14 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการสอนด้วยตนเองเพื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ ความเหมาะสมของเนื้อหา เวลาเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อ/แหล่งการเรียนรู้ ปัญหาและอุปสรรคที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาที่ใช้สอนจากนั้นนำข้อมูลหลังการศึกษานำร่องมาปรับปรุงให้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผลจากการศึกษา พบว่าโดยภาพรวมสามารถดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ได้เป็นอย่างดีทั้งด้านเนื้อหาสาระ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ รวมทั้งหลังจากเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้จัดสนทนากลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอน ผลการสนทนากลุ่มพบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่พึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอน โดยให้เหตุผลว่าได้เป็นผู้ลงมือทำการทดลองและฝึกแก้ปัญหา

โจทย์ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาได้เป็นอย่างดี แต่จากการศึกษานำร่องก็มีอุปสรรคเกิดขึ้นบ้างซึ่งผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ด้านเวลาในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละชั้น พบว่านักเรียนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจในการทำการทดลองก่อนลงมือปฏิบัติมาก ซึ่งปัญหานี้ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันอ่านเพื่อทำความเข้าใจกันภายในกลุ่มก่อนลงมือทำการทดลอง ซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถอ่านทำความเข้าใจและลงมือปฏิบัติทันตามเวลาที่กำหนด

ประเด็นที่ 2 ด้านพฤติกรรมในการทำกิจกรรม พบว่าเมื่อผู้วิจัยวางอุปกรณ์บนโต๊ะของแต่ละกลุ่มนักเรียนจะมุ่งความสนใจไปที่อุปกรณ์ทันที โดยไม่ฟังการชี้แจงรายละเอียด ซึ่งผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการทำการชี้แจงอุปกรณ์ตัวอย่างบนโต๊ะครูและชี้แจงการทำกิจกรรมให้ครบถ้วนก่อน จากนั้นจึงให้นักเรียนตัวแทนกลุ่มออกมาหยิบอุปกรณ์ประจำกลุ่มไปใช้เมื่อเริ่มทำกิจกรรม อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการปรับวัสดุอุปกรณ์ให้เหมาะสมขึ้นเช่น มีการปรับอุปกรณ์ที่มีปัญหาที่จะทำให้นักเรียนทำกิจกรรมไม่สะดวกให้ชัดเจนและง่ายมากขึ้น การเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมเมื่อนักเรียนต้องการเพิ่มเติม หรือเข้าไปช่วยเหลือเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา

ประเด็นที่ 3 ด้านการทำแบบฝึกหัดการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนส่วนหนึ่งไม่สามารถทำแบบฝึกหัดได้เนื่องจากนักเรียนไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นกับการแก้โจทย์ปัญหานั้นอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการแสดงวิธีการทำเป็นตัวอย่างและแจกคู่มือการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้กับนักเรียนซึ่งพบว่า นักเรียนสามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ดียิ่งขึ้น

ประเด็นที่ 4 ด้านการประเมินผลการทำงานของนักเรียน ผู้วิจัยต้องรีบตรวจและแจ้งผลการประเมินแต่ละกิจกรรมให้นักเรียนได้รับรู้เพื่อนักเรียนจะได้แก้ไขในสิ่งที่ตนเองหรือกลุ่มยังบกพร่องอยู่

3.2 นำไปทดลองใช้จริง

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนฯ ที่ได้รับปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและจากผลการศึกษา นำร่องไปทดลองใช้จริง โดยมีการดำเนินการดังนี้

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 1 ห้องเรียน ที่ใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

กลุ่มตัวอย่าง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง จำนวน 1 ห้องเรียน ที่ใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

กลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน

กลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน

3.2.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตัวแปรตาม คือ ผลของการเรียนรู้ของนักเรียนในด้าน

1. มโนทัศน์ฟิสิกส์
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
3. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
4. ความคงทนในการเรียนรู้

3.2.3 เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ รายวิชาฟิสิกส์(เพิ่มเติม) เรื่องสมดุลกล งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.2.4 แบบแผนการทดลอง

แบบแผนการทดลอง การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เป็นการทดลองแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment Design) ที่มีกลุ่มควบคุมและมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Pretest-Posttest Control Group Design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 59-60) ดังตาราง 11 ดังนี้

ตาราง 11 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	การทดลอง	สอบหลัง
E ₁ C ₁	O ₁ O ₃	X	O ₂ O ₄
E ₂ C ₂	O ₅ O ₇	X	O ₆ O ₈

เมื่อ	E ₁ , E ₂	แทน	กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2
	C ₁ , C ₂	แทน	กลุ่มควบคุม 1 และกลุ่มควบคุม 2
	O ₁ , O ₃ , O ₅ , O ₇	แทน	การทดสอบก่อนการทดลอง
	O ₂ , O ₄ , O ₆ , O ₈	แทน	การทดสอบหลังการทดลอง
	X	แทน	ตัวแปรจัดกระทำ
			(รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA)

3.2.5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. ก่อนนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน(Pretest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดเตรียมไว้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ในกลุ่มทดลอง และครูประจำการดำเนินการสอนกลุ่มควบคุมตามแนวการสอนตามคู่มือครู สสวท. ใช้เวลาทั้งสิ้น รวม 30 คาบ
3. การดำเนินการหลังการเรียนการสอน ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอีกครั้งด้วยแบบทดสอบมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
4. เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ฉบับเดิมและใช้เวลาเท่าเดิมมาทดสอบอีกครั้ง เพื่อวัดความคงทนในการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง และเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้กับกลุ่มควบคุม แล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.6 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้	ก่อนการ จัดการเรียน การสอน	ระหว่างการ จัดการเรียน การสอน	หลังจากการ จัดการเรียนการ สอน
1. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์	✓	-	✓
2. แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	✓	-	✓
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	✓	-	✓
4. แผนการจัดการเรียนรู้	-	✓	-

3.2.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.2.7.1 สถิติที่ใช้หาคุณภาพของเครื่องมือ

- 1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency, IC) เพื่อประเมินความสอดคล้องของ 1) รูปแบบการเรียนการสอน 2) แผนการจัดการเรียนรู้ 3) เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ 4) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ 5) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
- 2) ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
- 3) ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้สูตร Kuder Richardson (KR- 20)
- 4) อำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์โดยการทดสอบค่าที (t-test)
- 5) ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค

3.2.7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล¹

1) สถิติพื้นฐาน ได้แก่

- ร้อยละ
- ค่าเฉลี่ย
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

- ใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 1 2 และ 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ โดยทดสอบคะแนนความแตกต่างก่อนเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อน

■ ถ้าพบความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติแบบ ANCOVA (Analysis of Covariance)

■ ถ้าไม่พบความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทดสอบสมมติฐานข้อ 1 2 และ 3 โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

- ใช้การทดสอบค่าที (One samples t-test แบบ One tail test) ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 1 2 และ 3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

- ใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 4 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความคงทนของการเรียนรู้ที่นักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้คะแนนสอบ Posttest ครั้งที่ 1 และ 2 ของแบบทดสอบมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยวัดหลังจากการวัดครั้งที่ 1 เป็นเวลา 2 สัปดาห์

- ใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ในการทดสอบสมมติฐานข้อ 4 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ฟิสิกส์ และด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

¹ ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ในด้าน 1) มโนทัศน์ฟิสิกส์ 2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และ 3) ความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งการวิเคราะห์ ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้มีการปรับฐานคะแนนเต็มของคะแนนให้เท่ากับ 100 คะแนน ทั้งนี้เพื่อความชัดเจนในการเปรียบเทียบความแตกต่าง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการประเมินผลหลังจากนำรูปแบบการเรียนการสอนฯ ไปทดลองใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ สำหรับนำไปปรับปรุงในส่วนที่ยังบกพร่องอยู่ เพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมบูรณ์ ซึ่งการประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอน พิจารณาจาก

- 1) คะแนนเฉลี่ยร้อยละคะแนนฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
- 2) คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
- 3) เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม
- 4) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้ และมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์เป็น 2 ตอน กล่าวคือ

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังเสนอรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 ซึ่งได้โครงสร้างของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มี 4 องค์ประกอบสำคัญ สาระสำคัญสรุปได้ดังตาราง 13 (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

ตาราง 13 โครงสร้างรูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน	สาระสำคัญขององค์ประกอบ
1. แนวคิดหลักการพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน	นำแนวคิดทฤษฎีสรคณิยม(Constructivism) และแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) มาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนอย่างเป็นขั้นตอน โดยมีขั้นตอนในการจัดเรียนการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลักการพื้นฐานสำคัญ มีดังนี้

ตาราง 13 (ต่อ)

องค์ประกอบของ รูปแบบการเรียนรู้ การสอน	สาระสำคัญขององค์ประกอบ
1. แนวคิดหลักการ พื้นฐานของรูปแบบ การเรียนรู้การสอน (ต่อ)	1. เป็นการจัดกิจกรรมที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ 2. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการค้นพบโน้ตค้นที่สำคัญทาง ฟิสิกส์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ 3. เป็นการจัดเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความ คิดเห็นในความรู้ที่ค้นพบจากการดำเนินกิจกรรมร่วมกัน 4. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบ แบบแผน โดยผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
2. วัตถุประสงค์ของ รูปแบบการเรียนรู้ การสอน	รูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมี วัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน 1. ได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติหาความรู้ได้ด้วยตนเอง 2. มีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่ถูกต้อง 3. ได้มีโอกาสนำเสนอและแลกเปลี่ยนแนวความคิดของตนเองกับ ผู้อื่น 4. มีขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และมีแบบแผน 5. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์
3. กระบวนการเรียน การสอนตาม รูปแบบการเรียนรู้ การสอน	รูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนการสอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1: ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนทบทวนความรู้เดิมในเรื่องที่ผ่านมาที่มีความ สัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียนโดยใช้วิธีการตั้งคำถาม หรือทดสอบย่อย ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์ เดิมของนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมและเป็นแนวทางในการนำไป ปรับใช้ในการเรียนการสอน

ตาราง 13 (ต่อ)

องค์ประกอบของ รูปแบบการเรียนรู้ การสอน	สาระสำคัญขององค์ประกอบ
3.กระบวนการเรียน การสอนตาม รูปแบบการเรียนรู้ การสอน (ต่อ)	ขั้นตอนที่ 2 : ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) เป็นขั้นจูงใจและท้าทายให้นักเรียนเกิดความรู้สึกสงสัย อยากรู้ อยากเห็น อยากเรียนรู้ โดยผู้สอนจัดหาสื่อการสอน หรือกิจกรรมที่น่าสนใจ ตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความรู้สึกสนใจในเรื่องที่เรียน ขั้นตอนที่ 3 : ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ นักเรียนเกิดมโนทัศน์ ประกอบด้วย 3 ขั้นคือ 1) ขั้นสร้างมโนทัศน์ เป็นขั้นที่ครูผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมนำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ โดยครูผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวกตลอดจนเป็นที่ปรึกษาแก่นักเรียน นอกจากนี้ให้แต่ละกลุ่มย่อยร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม 2) ขั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ เป็นขั้นที่ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อค้นพบมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง 3) ขั้นกระจ่างมโนทัศน์ เป็นขั้นที่ครูผู้สอนอธิบายกฎ นิยาม และหลักการเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ ขั้นตอนที่ 4 : ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวิเคราะห์และวางแผน เป็นขั้นการอ่านเพื่อทำความเข้าใจ คติวิเคราะห์โจทย์เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยพิจารณาจาก คำสำคัญทางฟิสิกส์ การเขียนแผนภาพที่ระบุตัวแปรทางฟิสิกส์ และวางแผนเพื่อเลือกมโนทัศน์ ทฤษฎี หลักการ สูตรต่างๆทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาในขั้นถัดไป

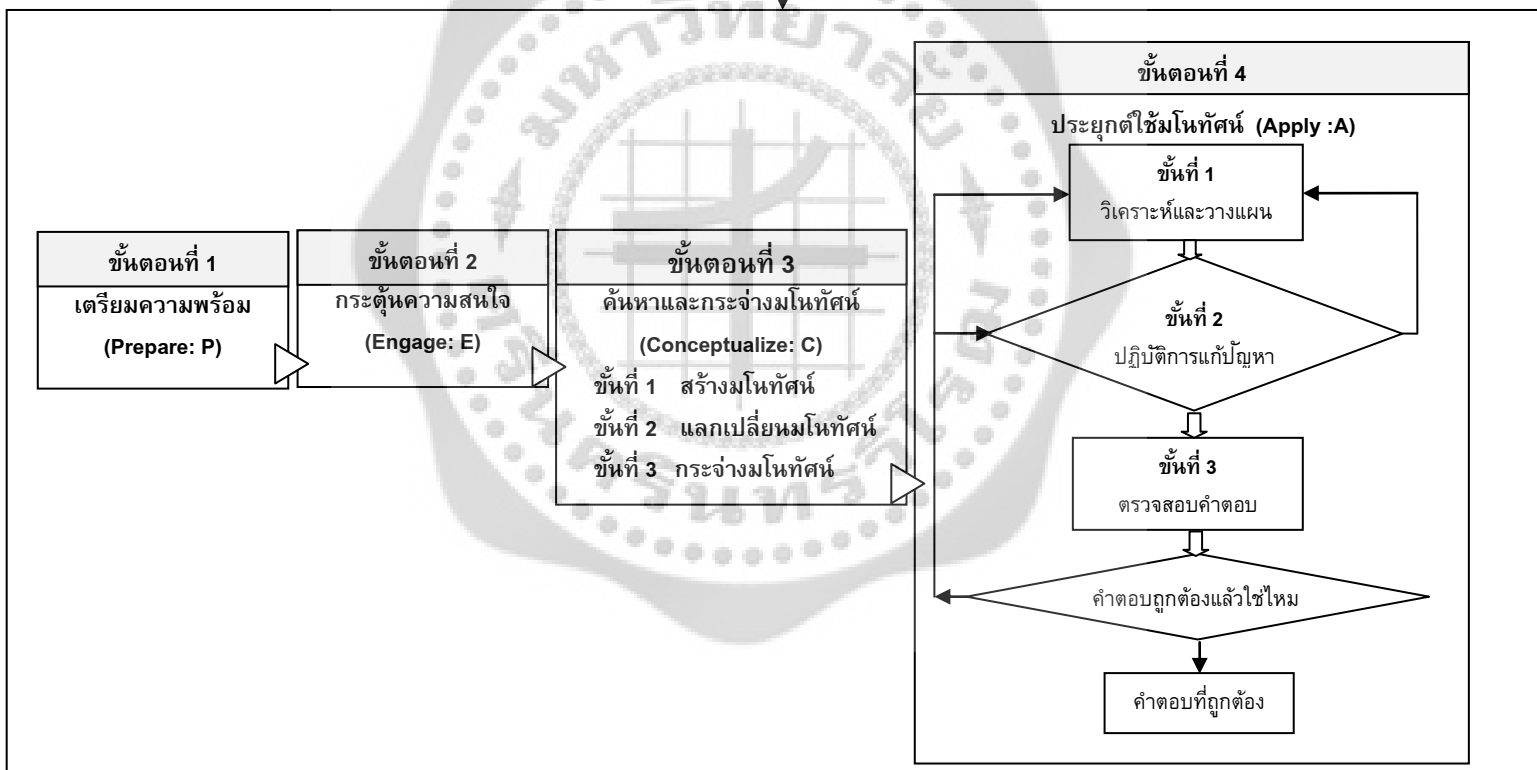
ตาราง 13 (ต่อ)

องค์ประกอบของ รูปแบบการเรียน การสอน	สาระสำคัญขององค์ประกอบ
3.กระบวนการเรียน การสอนตาม รูปแบบการเรียน การสอน (ต่อ)	2) ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่สอดคล้องและต่อเนื่องมาจากขั้นที่ 1 โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือเป็นการนำความสัมพันธ์จากการหลักการทางฟิสิกส์ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการ 3) ขั้นตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากลงมือปฏิบัติการแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เพื่อหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นมีความถูกต้อง
4. การประเมินผล ของรูปแบบการ เรียนการสอน	การประเมินผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน โดยประเมินผลก่อนการจัดเรียนการสอน ระหว่างการจัดการเรียนการสอนและภายหลังการจัดการเรียนการสอน ซึ่งประเด็นการประเมินแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ 1) ประเมินด้านมโนทัศน์ฟิสิกส์ 2) ประเมินด้านความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 3) ประเมินด้านเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ และ 4) ประเมินด้านความคงทนในการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปลำดับภาพประกอบ 12

หลักการ : เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ ส่งเสริมให้เกิดการค้นพบโมทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ กระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบ มีแบบแผน รวมทั้งได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยครูผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

วัตถุประสงค์ : เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติหาความรู้ได้ด้วยตนเอง มีความรู้ความเข้าใจในโมทัศน์ทางฟิสิกส์ที่ถูกต้อง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยผ่านขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ



การประเมินผล : ประเมินผลก่อนการจัดการเรียนการสอน ระหว่างการจัดการเรียนการสอน และภายหลังการจัดการเรียนการสอนโดยครูผู้สอนและนักเรียน

ภาพประกอบ 12 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยทั้ง 4 ข้อ คือ

1. มโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม
3. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม
4. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้ และมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุม

สมมติฐานการวิจัยที่ 1 คะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ก่อนการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที (t -test for independent samples) พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏตาราง 14 ดังนั้น

1.1 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองจึงทดสอบด้วยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ปรากฏตาราง 15

1.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์กับเกณฑ์ที่กำหนดด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One-sample t test) ปรากฏตาราง 16

1.3 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทดสอบด้วยการทดสอบค่าที(t-test for independent samples) ปรากฏตาราง 17

ตาราง 14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

มโนทัศน์ฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ด้านที่ 1 เชิงบรรยาย					
กลุ่มทดลอง 1	41	49.39	17.66	0.84	0.40
กลุ่มควบคุม 1	38	52.63	16.48		
กลุ่มทดลอง 2	39	31.73	9.87	0.46	0.65
กลุ่มควบคุม 2	41	32.93	13.03		
ด้านที่ 2 เชิงทฤษฎี					
กลุ่มทดลอง 1	41	48.78	16.76	0.11	0.91
กลุ่มควบคุม 1	38	49.21	17.76		
กลุ่มทดลอง 2	39	31.03	10.71	0.12	0.91
กลุ่มควบคุม 2	41	30.73	11.70		
ด้านที่ 3 เชิงความสัมพันธ์					
กลุ่มทดลอง 1	41	40.45	15.98	0.38	0.70
กลุ่มควบคุม 1	38	41.89	16.94		
กลุ่มทดลอง 2	39	22.86	9.69	1.28	0.21
กลุ่มควบคุม 2	41	19.92	10.84		
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	45.61	11.55	0.61	0.54
กลุ่มควบคุม 1	38	47.28	12.82		
กลุ่มทดลอง 2	39	27.95	6.06	0.56	0.58
กลุ่มควบคุม 2	41	26.99	8.42		

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 14 ในภาพรวมคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์และรายด้าน คือ ด้านเชิงบรรยาย ด้านเชิงทฤษฎี และด้านเชิงความสัมพันธ์ ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังการทดลองจึงใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

ตาราง 15 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

มโนทัศน์ฟิสิกส์	n	ก่อนการ		หลังการ		t	p	ความก้าวหน้า (ไม่น้อยกว่าร้อยละ20)
		ทดลอง		ทดลอง				
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
ด้านที่ 1 เชิงบรรยาย								
กลุ่มทดลอง 1	41	49.39	17.66	77.74	11.67	19.78**	0.00	28.35
กลุ่มทดลอง 2	39	31.73	9.87	68.27	14.57	12.08**	0.00	36.54
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	40.78	16.84	73.12	13.93	16.09**	0.00	32.34
ด้านที่ 2 เชิงทฤษฎี								
กลุ่มทดลอง 1	41	48.78	16.76	68.05	13.45	11.14**	0.00	19.27
กลุ่มทดลอง 2	39	31.03	10.71	47.69	10.87	6.67**	0.00	16.66
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	40.12	16.64	58.12	15.91	10.05**	0.00	18.00
ด้านที่ 3 เชิงความสัมพันธ์								
กลุ่มทดลอง 1	41	40.45	15.59	66.87	13.37	7.48**	0.00	26.42
กลุ่มทดลอง 2	39	22.86	9.69	50.64	12.14	11.59**	0.00	27.78
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	31.88	15.89	59.06	15.07	16.62**	0.00	27.18
ภาพรวม								
กลุ่มทดลอง 1	41	45.61	11.55	70.16	10.72	22.04**	0.00	24.55
กลุ่มทดลอง 2	39	27.95	6.61	54.36	6.84	20.72**	0.00	26.41
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	37.00	12.94	62.46	11.99	28.61**	0.00	25.46

** p < 0.01

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 15 คะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวมและรายด้านคือด้านเชิงบรรยาย ด้านเชิงทฤษฎี และด้านเชิงความสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และรวมทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตาราง 16 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 50)

มโนทัศน์ฟิสิกส์	n	หลังการทดลอง		t	p
		$\bar{X}$	S.D.		
ด้านที่ 1 เชิงบรรยาย					
กลุ่มทดลอง 1	41	77.74	11.67	15.18**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	68.27	14.57	7.82**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	73.12	13.93	14.84**	0.00
ด้านที่ 2 เชิงทฤษฎี					
กลุ่มทดลอง 1	41	68.05	13.45	8.58**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	47.69	10.87	-1.33	0.17
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	58.12	15.91	4.56**	0.00
ด้านที่ 3 เชิงความสัมพันธ์					
กลุ่มทดลอง 1	41	66.87	13.37	8.30**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	50.64	12.14	0.33	0.37
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	59.06	15.07	5.34**	0.00
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	70.16	10.72	12.04**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	54.36	6.84	3.98**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.46	11.99	9.29**	0.00

* $p < 0.01$

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และ กลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยร้อยละมนทัศน์พิสิทส์หลังการทดลองในภาพรวมของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และรวมทั้ง 2 กลุ่มสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด(ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่ากลุ่มทดลอง 1 มีคะแนนเฉลี่ยในทุกด้านสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มทดลอง 2 ด้านมนทัศน์เชิงบรรยายสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนด้านมนทัศน์เชิงทฤษฎีและเชิงความสัมพันธ์มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 17 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมนทัศน์พิสิทส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

มนทัศน์พิสิทส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
<u>ด้านที่ 1</u> เชิงบรรยาย					
กลุ่มทดลอง 1	41	77.74	11.69	2.78*	0.01
กลุ่มควบคุม 1	38	68.42	17.37		
กลุ่มทดลอง 2	39	68.27	14.58	3.34**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	57.62	13.94		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	73.12	13.93	4.25**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	62.82	16.50		
<u>ด้านที่ 2</u> เชิงทฤษฎี					
กลุ่มทดลอง 1	41	68.05	13.45	2.46*	0.02
กลุ่มควบคุม 1	38	59.74	16.35		
กลุ่มทดลอง 2	39	47.69	10.87	2.90*	0.01
กลุ่มควบคุม 2	41	40.73	10.58		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	58.12	15.91	3.20**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	49.87	16.60		
<u>ด้านที่ 3</u> เชิงความสัมพันธ์					
กลุ่มทดลอง 1	41	66.87	13.37	2.47*	0.01
กลุ่มควบคุม 1	38	56.80	19.64		
กลุ่มทดลอง 2	39	50.64	12.14	3.25**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	39.63	17.75		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	59.06	15.07	3.91**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	47.89	20.47		

ตาราง 17 (ต่อ)

มโนทัศน์ฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	70.16	10.72	3.40**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	60.88	13.48		
กลุ่มทดลอง 2	39	54.36	6.84	4.38**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	44.80	12.06		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.46	11.99	4.60**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	52.53	15.04		

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาริตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 17 คะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวมและรายด้าน คือ ด้านเชิงบรรยาย ด้านเชิงทฤษฎี และด้านเชิงความสัมพันธ์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง 1 สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1, กลุ่มทดลอง 2 สูงกว่ากลุ่มควบคุม 2 และรวมกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่ารวมกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สมมติฐานการวิจัยที่ 2 คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ก่อนการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที (t -test for independent samples) พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏดังตาราง 18 ดังนี้

2.1 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองจะทดสอบด้วยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ปรากฏดังตาราง 19

2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับเกณฑ์ที่กำหนดด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One- sample t test) ปรากฏดังตาราง 20

2.3 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทดสอบด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ปรากฏดังตาราง 21

ตาราง 18 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ความสามารถในการแก้โจทย์					
ปัญหาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ด้านที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน					
กลุ่มทดลอง 1	41	43.41	18.39	0.95	0.34
กลุ่มควบคุม 1	38	47.37	18.26		
กลุ่มทดลอง 2	39	27.18	16.21	0.53	0.60
กลุ่มควบคุม 2	41	29.27	19.02		
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	30.73	17.38	0.81	0.42
กลุ่มควบคุม 1	38	33.68	14.78		
กลุ่มทดลอง 2	39	23.59	15.12	0.49	0.63
กลุ่มควบคุม 2	41	25.37	17.33		

ตาราง 18 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
<u>ด้านที่ 3</u> ตรวจสอบคำตอบ					
กลุ่มทดลอง 1	41	28.78	11.88	0.22	0.82
กลุ่มควบคุม 1	38	29.47	15.23		
กลุ่มทดลอง 2	39	19.46	14.85	0.41	0.68
กลุ่มควบคุม 2	41	20.98	17.29		
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	34.31	11.51	0.98	0.33
กลุ่มควบคุม 1	38	36.81	11.25		
กลุ่มทดลอง 2	39	23.42	9.89	0.70	0.49
กลุ่มควบคุม 2	41	25.20	12.60		

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาริธมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 18 ในภาพรวมคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และรายด้าน คือ ด้านวิเคราะห์และวางแผน ด้านปฏิบัติการแก้ปัญหา และด้านตรวจสอบคำตอบ ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการทดสอบคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังการทดลองจึงใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

ตาราง 19 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	n	ก่อนการ ทดลอง		หลังการ ทดลอง		t	p	ความก้าวหน้า (ไม่น้อยกว่า ร้อยละ20)
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
ด้านที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน								
กลุ่มทดลอง 1	41	43.41	18.39	67.80	13.33	7.20**	0.00	24.39
กลุ่มทดลอง 2	39	27.18	16.21	57.44	12.29	9.74**	0.00	30.26
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	35.50	19.08	62.75	13.77	11.78**	0.00	27.25
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา								
กลุ่มทดลอง 1	41	30.73	17.38	61.46	12.95	11.32**	0.00	30.73
กลุ่มทดลอง 2	39	23.59	15.12	38.46	13.28	6.18**	0.00	14.87
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	27.25	16.61	50.25	17.42	11.41**	0.00	23.00
ด้านที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ								
กลุ่มทดลอง 1	41	28.78	11.88	42.44	14.96	5.55**	0.00	13.66
กลุ่มทดลอง 2	39	19.46	14.85	25.64	12.93	2.23**	0.00	6.18
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	24.25	14.12	34.25	16.28	5.31**	0.00	10.00
ภาพรวม								
กลุ่มทดลอง 1	41	34.31	11.51	57.24	9.07	15.19**	0.00	22.93
กลุ่มทดลอง 2	39	23.42	9.89	40.51	6.73	13.48**	0.00	17.09
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	29.00	12.01	49.08	11.58	19.36**	0.00	20.08

** p < 0.01

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวมของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และรวมทั้ง 2 กลุ่ม หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตาราง 20 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 50)

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	n	หลังการทดลอง		t	p
		$\bar{X}$	S.D.		
ด้านที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน					
กลุ่มทดลอง 1	41	67.80	13.33	8.55**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	57.44	12.29	3.78**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.75	13.77	8.27**	0.00
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	61.46	12.95	5.67**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	38.46	13.28	-5.42	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	50.25	17.42	0.13	0.46
ด้านที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ					
กลุ่มทดลอง 1	41	42.44	14.96	-3.24	0.01
กลุ่มทดลอง 2	39	25.64	12.93	-11.76	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	34.25	16.28	-8.65	0.00
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	57.24	9.07	5.11**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	40.51	6.73	-8.78	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	49.08	11.58	-7.08	0.24

** p < 0.01

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาริตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 20 คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวมของกลุ่มทดลอง 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มทดลอง 2 และรวมทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ

ด้านวิเคราะห์และวางแผน ด้านปฏิบัติการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลอง 1 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และกลุ่มทดลอง 2 ด้านวิเคราะห์และวางแผนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตาราง 21 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ด้านที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน					
กลุ่มทดลอง 1	41	67.80	13.33	3.48**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	57.37	13.29		
กลุ่มทดลอง 2	39	57.44	12.29	3.87**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	45.85	14.31		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.75	13.77	4.99**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	51.39	14.91		
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	61.46	12.95	4.91**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	45.79	15.36		
กลุ่มทดลอง 2	39	38.46	13.28	3.74**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	26.83	14.56		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	50.25	17.42	5.14**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	35.95	17.65		
ด้านที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ					
กลุ่มทดลอง 1	41	42.44	14.96	0.56	0.57
กลุ่มควบคุม 1	38	40.53	15.06		
กลุ่มทดลอง 2	39	25.64	12.93	1.11	0.27
กลุ่มควบคุม 2	41	22.44	12.80		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	34.25	16.28	1.19	0.23
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	31.14	16.56		

ตาราง 21 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	57.24	9.07	4.46**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	47.89	9.53		
กลุ่มทดลอง 2	39	40.51	6.73	5.77**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	31.54	7.15		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	49.08	11.58	5.24**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	39.41	11.70		

** p < 0.01

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาริตถมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 21 คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 กลุ่มควบคุม 2 และกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านการวิเคราะห์และวางแผน กับด้านปฏิบัติการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนด้านตรวจสอบคำตอบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานการวิจัยที่ 3 คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ก่อนการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที (t -test for independent samples) พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปรากฏดังตาราง 22 ดังนี้

3.1 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองจะทดสอบด้วยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ปรากฏดังตาราง 23

3.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์กับเกณฑ์ที่กำหนดด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One- sample t test) ปรากฏดังตาราง 24

3.3 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทดสอบด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ปรากฏดังตาราง 25

ตาราง 22 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
(1) คุณภาพการสอน					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.84	0.39	0.55	0.59
กลุ่มควบคุม 1	38	3.73	0.51		
กลุ่มทดลอง 2	39	4.06	0.44	0.59	0.56
กลุ่มควบคุม 2	41	4.11	0.40		
(2) เนื้อหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.50	0.50	1.15	0.26
กลุ่มควบคุม 1	38	3.67	0.52		
กลุ่มทดลอง 1	39	3.73	0.45	0.69	0.49
กลุ่มควบคุม 1	41	3.79	0.34		

ตาราง 22 (ต่อ)

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
(3) กิจกรรมการเรียนรู้					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.49	0.43	0.21	0.83
กลุ่มควบคุม 1	38	3.47	0.36		
กลุ่มทดลอง 2	39	3.78	0.46	0.19	0.84
กลุ่มควบคุม 2	41	3.77	0.38		
(4) บรรยายภาคการเรียนรู้					
กลุ่มทดลอง 1	41	2.96	0.45	1.07	0.29
กลุ่มควบคุม 1	38	3.07	0.47		
กลุ่มทดลอง 2	39	3.24	0.37	0.32	0.74
กลุ่มควบคุม 2	41	3.21	0.32		
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.44	0.31	0.55	0.59
กลุ่มควบคุม 1	38	3.48	0.37		
กลุ่มทดลอง 2	39	3.70	0.28	0.31	0.76
กลุ่มควบคุม 2	41	3.72	0.23		

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 22 ในภาพรวมคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์และรายด้าน คือ ด้านคุณภาพการสอน ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านบรรยายภาคการเรียนรู้ ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองจึงใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

ตาราง 23 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	n	ก่อนการ		หลังการ		t	p
		ทดลอง		ทดลอง			
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
(1) คุณภาพการสอน							
กลุ่มทดลอง 1	41	3.84	0.39	4.03	0.38	2.08*	0.04
กลุ่มทดลอง 2	39	4.06	0.44	4.44	0.33	4.55**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.95	0.25	4.23	0.41	4.54**	0.00
(2) เนื้อหา							
กลุ่มทดลอง 1	41	3.50	0.50	3.89	0.34	5.02**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	3.73	0.45	3.98	0.39	2.60*	0.01
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.61	0.49	3.93	0.37	5.21**	0.00
(3) กิจกรรมการเรียนรู้							
กลุ่มทดลอง 1	41	3.49	0.43	4.08	0.31	7.24**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	3.78	0.46	4.13	0.44	3.57**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.63	0.47	4.10	0.38	7.35**	0.00
(4) บรรยากาศการเรียนรู้							
กลุ่มทดลอง 1	41	2.96	0.45	3.66	0.36	7.80**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	3.24	0.37	3.59	0.42	2.65*	0.01
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.09	0.44	3.61	0.38	6.91**	0.00
ภาพรวม							
กลุ่มทดลอง 1	41	3.44	0.31	3.91	0.19	10.28**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	3.70	0.28	4.01	0.30	4.77**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.57	0.32	3.96	0.25	9.78**	0.00

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม)และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 23 คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ในภาพรวมของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และรวมทั้ง 2 กลุ่ม หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตาราง 24 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด (3.5)

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	n	หลังการทดลอง		t	p
		$\bar{X}$	S.D.		
(1) คุณภาพการสอน					
กลุ่มทดลอง 1	41	4.03	0.38	8.84**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	4.44	0.33	17.52**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	4.23	0.41	15.79**	0.00
(2) เนื้อหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.89	0.34	7.12**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	3.98	0.39	7.60**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.93	0.37	10.39**	0.00
(3) กิจกรรมการเรียนรู้					
กลุ่มทดลอง 1	41	4.08	0.31	11.69**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	4.13	0.44	8.75**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	4.10	0.38	14.01**	0.00
(4) บรรยากาศการเรียนรู้					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.66	0.36	2.75*	0.01
กลุ่มทดลอง 2	39	3.59	0.42	6.11**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.61	0.38	4.73**	0.00
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.91	0.19	13.71**	0.00
กลุ่มทดลอง 2	39	4.01	0.30	10.27**	0.00
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.96	0.25	15.88**	0.00

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 24 คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวมและรายด้านของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และรวมทั้ง 2 กลุ่มสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และด้านบรรยากาศการเรียนรู้กลุ่มทดลอง 1 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (3.5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 25 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
(1) คุณภาพการสอน					
กลุ่มทดลอง 1	41	4.03	0.38	3.58**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	3.57	0.39		
กลุ่มทดลอง 2	39	4.44	0.33	6.82**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	3.74	0.55		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	4.23	0.41	7.03**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	3.73	0.48		
(2) เนื้อหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.89	0.34	1.24*	0.21
กลุ่มควบคุม1	38	3.77	0.46		
กลุ่มทดลอง 1	39	3.98	0.39	0.27	0.78
กลุ่มควบคุม 1	41	3.96	0.38		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.93	0.37	1.01	0.31
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	3.87	0.42		
(3) กิจกรรมการเรียนรู้					
กลุ่มทดลอง 1	41	4.08	0.32	7.85**	0.00
กลุ่มควบคุม1	38	3.36	0.45		
กลุ่มทดลอง 2	39	4.13	0.44	3.63**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	3.76	0.45		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	4.10	0.38	7.53**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	3.57	0.50		

ตาราง 25 (ต่อ)

เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
(4) บรรยากาศการเรียนรู้					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.66	0.37	2.87*	0.01
กลุ่มควบคุม 1	38	3.42	0.36		
กลุ่มทดลอง 2	39	3.59	0.42	2.67*	0.01
กลุ่มควบคุม 2	41	3.26	0.34		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.58	0.40	3.93**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	3.34	0.36		
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	3.91	0.19	5.84**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	38	3.57	0.31		
กลุ่มทดลอง 1	39	4.01	0.30	5.43**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	3.68	0.22		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	3.58	0.25	7.89**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	3.34	0.27		

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 25 คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลองในภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 กลุ่มควบคุม 2 และกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านคุณภาพการสอน ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านบรรยากาศการเรียนรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนด้านเนื้อหาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานการวิจัยที่ 4 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความคงทนในการเรียนรู้

การทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ 4 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความคงทนของการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้คะแนนสอบ Posttest ครั้งที่ 1 และ 2 ของแบบทดสอบมโนทัศน์ฟิสิกส์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยวัดหลังจากการวัด ครั้งที่ 1 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ด้วยสถิติ t-test for dependent samples ดังตาราง 26-27

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคงทนในการเรียนรู้มโนทัศน์ฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ดังตาราง 28

เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ดังตาราง 29

ตาราง 26 ความคงทนในการเรียนรู้มโนทัศน์ฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง หลังการทดลองและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์

ความคงทนในการเรียนรู้	n	หลังการทดลอง		หลังการทดลอง 2 สัปดาห์		t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ด้านที่ 1 เชิงบรรยาย							
กลุ่มทดลอง 1	41	77.74	11.67	77.13	14.49	0.31	0.76
กลุ่มทดลอง 2	39	68.27	14.57	67.31	13.02	0.32	0.75
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	73.12	13.94	71.88	15.08	0.69	0.48
ด้านที่ 2 เชิงทฤษฎี							
กลุ่มทดลอง 1	41	68.05	13.45	67.32	13.42	0.40	0.69
กลุ่มทดลอง 2	39	47.69	10.87	46.41	12.87	0.53	0.59
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	58.12	15.92	56.88	16.73	0.85	0.39
ด้านที่ 3 เชิงความสัมพันธ์							
กลุ่มทดลอง 1	41	66.87	13.37	65.65	11.67	0.60	0.56
กลุ่มทดลอง 2	39	50.64	12.14	48.29	14.83	0.89	0.37
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	58.96	15.11	56.46	15.69	1.52	0.13
ภาพรวม							
กลุ่มทดลอง 1	41	70.16	10.72	69.27	9.87	0.76	0.45
กลุ่มทดลอง 2	39	54.36	6.84	52.74	8.26	1.41	0.17
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.46	11.99	61.25	12.34	1.49	0.14

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และ กลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 26 ความคงทนในการเรียนรู้โน้ตศัพท์ฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในภาพรวม และรายด้านมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 27 ความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์

ความคงทนในการเรียนรู้	n	หลังการทดลอง		หลังการทดลอง 2 สัปดาห์		t	p
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ด้านที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน							
กลุ่มทดลอง 1	41	67.80	13.32	67.32	12.45	0.18	0.86
กลุ่มทดลอง 2	39	57.44	12.29	56.41	10.12	0.39	0.70
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.75	13.78	62.01	12.57	0.40	0.69
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา							
กลุ่มทดลอง 1	41	61.46	12.95	60.49	14.48	0.40	0.69
กลุ่มทดลอง 2	39	38.46	13.28	36.41	15.12	0.73	0.47
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	50.25	17.43	48.75	19.05	0.82	0.42
ด้านที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ							
กลุ่มทดลอง 1	41	42.44	14.96	40.49	13.77	0.66	0.51
กลุ่มทดลอง 2	39	25.64	12.93	24.10	13.90	0.68	0.50
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	34.25	16.29	32.50	16.03	0.79	0.35
ภาพรวม							
กลุ่มทดลอง 1	41	57.24	9.06	56.10	8.43	0.77	0.44
กลุ่มทดลอง 2	39	40.51	6.73	38.80	6.98	1.53	0.13
ทั้ง 2 กลุ่ม	80	49.08	11.58	47.67	11.62	1.53	0.12

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และ กลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 27 ความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลอง และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละในภาพรวมและรายด้านมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 28 ความคงทนในการเรียนรู้โน้ตค้นฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

มโนทัศน์ฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
<u>ด้านที่ 1</u> เชิงบรรยาย					
กลุ่มทดลอง 1	41	77.13	14.49	2.93**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	65.79	15.83		
กลุ่มทดลอง 2	39	67.31	13.02	3.60**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	54.57	18.06		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	71.88	15.08	4.54**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	59.97	17.83		
<u>ด้านที่ 2</u> เชิงทฤษฎี					
กลุ่มทดลอง 1	41	67.32	13.42	2.67**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	57.63	16.83		
กลุ่มทดลอง 2	39	46.41	12.87	2.99**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	37.56	13.56		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	56.88	16.73	3.48**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	47.22	18.18		
<u>ด้านที่ 3</u> เชิงความสัมพันธ์					
กลุ่มทดลอง 1	41	65.65	11.67	3.28**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	53.07	17.69		
กลุ่มทดลอง 2	39	48.29	14.83	3.23**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	37.60	14.68		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	56.46	15.69	4.28**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	45.04	17.87		

ตาราง 28 (ต่อ)

มนทัศน์ฟิลิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	69.27	9.87	3.81**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	57.98	13.48		
กลุ่มทดลอง 2	39	52.74	8.26	4.45**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	42.20	12.37		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	61.25	12.34	5.24**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	49.79	15.09		

** p < 0.01

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 28 คะแนนเฉลี่ยความคงทนในการเรียนรู้มนทัศน์ฟิลิกส์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมในภาพรวมและรายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 กลุ่มควบคุม 2 และกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่มอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตาราง 29 ความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ด้านที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน					
กลุ่มทดลอง 1	41	67.32	12.45	3.63**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	56.84	11.87		
กลุ่มทดลอง 2	39	56.41	10.12	4.58**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	44.39	13.04		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	62.01	12.57	5.43**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	50.38	13.91		
ด้านที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา					
กลุ่มทดลอง 1	41	60.49	14.48	3.34**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	46.32	17.07		
กลุ่มทดลอง 2	39	36.41	15.12	3.54**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	25.37	10.97		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	48.75	19.05	4.13**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	35.44	18.10		
ด้านที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ					
กลุ่มทดลอง 1	41	40.49	13.77	1.86	0.16
กลุ่มควบคุม 1	38	32.63	15.01		
กลุ่มทดลอง 2	39	24.10	13.90	0.86	0.39
กลุ่มควบคุม 2	41	21.98	12.61		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	32.50	16.03	1.95	0.15
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	26.58	14.92		
ภาพรวม					
กลุ่มทดลอง 1	41	56.10	8.43	4.64**	0.00
กลุ่มควบคุม 1	38	45.44	8.88		

ตาราง 29 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง 2	39	38.80	6.98	5.46**	0.00
กลุ่มควบคุม 2	41	30.24	6.84		
กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม	80	47.67	11.62	5.27**	0.00
กลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม	79	37.56	10.94		

** p < 0.01

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และ กลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 29 จะเห็นเฉลี่ยความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง1 กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่ม ทดลองทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่ากลุ่มควบคุม 1 กลุ่มควบคุม 2 และกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่มอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านการ วิเคราะห์และวางแผน กับด้านปฏิบัติการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังการทดลองแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนด้านตรวจสอบคำตอบมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มี นัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา(Research and Development) มีสาระสำคัญของการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในด้าน
 - 2.1 มโนทัศน์ฟิสิกส์
 - 2.2 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
 - 2.3 เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
 - 2.4 ความคงทนในการเรียนรู้

สมมติฐานของการวิจัย

1. มโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
3. เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม
4. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้ และมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

1.1 การศึกษาทฤษฎีและแนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย ทฤษฎีพื้นฐานของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน แนวคิดทฤษฎีสรคณิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ เป็นต้น

1.2 ศึกษาความคิดเห็นจากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ และนักเรียนเกี่ยวกับกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ สภาพปัญหาอุปสรรคการเรียนการสอนฟิสิกส์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปวางแผนดำเนินการวิจัยและพัฒนา

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างรูปแบบการเรียนการสอน

2.1 จัดทำรูปแบบการเรียนการสอน เป็นขั้นที่นำผลการวิเคราะห์และการสรุปข้อมูลพื้นฐานจากขั้นตอนที่ 1 มาสร้างเป็นรูปแบบการเรียนการสอน (ฉบับร่าง)

2.2 การประเมินและตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อศึกษาความเหมาะสมและความสอดคล้องในองค์ประกอบต่างๆ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

3.1 ศึกษานำร่อง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในสภาพการเรียนการสอนจริงก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาสันพิทยา จำนวน 19 คน เพื่อทราบถึงปัญหาและอุปสรรคระหว่างการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

3.2 การทดลองใช้จริง เป็นการนำรูปแบบการเรียนการสอน ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองโดยแบ่งเป็น กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) และกลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทองและนำข้อมูลมาประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research ที่มีกลุ่มควบคุมและมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง(Pretest-Posttest Control Group Design)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการประเมินผลหลังจากนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับนำไปปรับปรุงในส่วนที่ยังบกพร่องอยู่ เพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนการสอนที่สมบูรณ์ ซึ่งการประเมินผลรูปแบบการเรียน

การสอนฯ พิจารณาจาก 1) คะแนนเฉลี่ยร้อยละเกณฑ์ฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2) คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสูงกว่ากลุ่มควบคุม 3) เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุม และ 4) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาการเรียนการสอน

1.1 ได้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบสำคัญ คือ

1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการเรียนการสอน และ 4) การประเมินผล

1.2 กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนทบทวนความรู้เดิมในเรื่องที่ผ่านมาหรือความรู้เดิมที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียน โดยใช้วิธีการตั้งคำถาม หรือทดสอบย่อย ให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมและเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) เป็นขั้นจูงใจและท้าทายให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น อยากเรียนรู้ โดยผู้สอนจัดหาสื่อการสอน หรือกิจกรรมที่น่าสนใจ ตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่เรียน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ ประกอบด้วย 3 ขั้น คือ

1) **ขั้นสร้างมโนทัศน์** เป็นขั้นที่ครูผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมนำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ โดยครูผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ ตลอดจนเป็นที่ปรึกษาแก่นักเรียน นอกจากนี้หลังกิจกรรมแต่ละกลุ่มย่อยร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรม

2) **ขั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์** เป็นขั้นที่ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อค้นพบมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง

3) **ขั้นกระจำมโนทัศน์** เป็นขั้นที่ครูผู้สอนอธิบายกฎ นิยาม และหลักการเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply: A) เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวิเคราะห์และวางแผน 2) ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา และ 3) ขั้นตรวจสอบคำตอบ

2. ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน

ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน เมื่อนำรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง ได้ผลดังนี้

2.1 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ หลังการทดลอง ในภาพรวม และรายด้านทุกด้านสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในกลุ่มทดลอง 2 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านมโนทัศน์เชิงบรรยายสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนด้านมโนทัศน์เชิงทฤษฎี และเชิงความสัมพันธ์มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในภาพรวม และรายด้าน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในด้านตรวจสอบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดพบว่า กลุ่มทดลอง 1 ในภาพรวม และรายด้านทุกด้าน ยกเว้นด้านตรวจสอบคำตอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มทดลอง 2 พบว่าในภาพรวม และรายด้านทุกด้าน ยกเว้นด้านวิเคราะห์และวางแผน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลอง ในภาพรวม และรายด้านทุกด้านสูงกว่าก่อนการทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในด้านเนื้อหาที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2.4 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 ซึ่งเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้

2.5 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้มโนทัศน์ฟิสิกส์ ในภาพรวม และรายด้านทุกด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2.6 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาพีสิกส์ ในภาพรวม และรายด้านทุกด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยกเว้นในด้านตรวจสอบคำตอบที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

ประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผลมี 2 ประเด็น คือ 1) ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และ 2) ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาพีสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

1) ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาพีสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถนำไปจัดการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนได้พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ มีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน และขั้นตอนแต่ละขั้นตอนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ผู้วิจัยได้เริ่มพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาพีสิกส์ เพื่อนำผลการศึกษามาใช้กำหนดเป็นกรอบในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน จากนั้นจึงวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสรคณิยม แนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ และนำมากำหนดเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วย หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการเรียนการสอน และการประเมินผล โดยกระบวนการเรียนการสอนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) ขั้นตอนที่ 3 ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) และขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของทิสนา แคมมณี (2553: 220) ที่สรุปไว้ว่าการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนต้องผ่านการจัดองค์ประกอบต่างๆให้เป็นระบบ โดยคำนึงถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งจัดให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่อนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

นอกจากนี้ยังมีการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ และความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องในทุกองค์ประกอบและมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนได้ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนาอย่างมีระบบและเป็นไปตามขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ จอยซ์และเวลล์ (Joyce; & Weil. 1996: 11-25) ที่กล่าวว่าก่อนหน้า

รูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ และปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนการสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองศึกษานำร่อง เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ก่อนนำไปทดลองใช้จริง

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยมีแนวคิดทฤษฎีเป็นแนวทางในการพัฒนา ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและทำการศึกษานำร่องเพื่อดูความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้จึงมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ตามวัตถุประสงค์

2) ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า

2.1) คะแนนเฉลี่ยร้อยละโน้ตส์ฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งในภาพรวมและรายด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่ง สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานและแสดงความคิดเห็นร่วมกัน หรือมีการแลกเปลี่ยนความรู้ทางฟิสิกส์ ทั้งในส่วนของข้อเท็จจริง หลักการและโมโนทัศน์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ สอดคล้องกับกรมวิชาการ (2548: 1-5) ที่พบว่า การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ร่วมกันอภิปรายทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้นและเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ขั้นตอนที่เป็นจุดเน้นสำคัญที่ส่งผลต่อโมโนทัศน์ฟิสิกส์ ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนทบทวนความรู้ในเรื่องที่ผ่านมาหรือความรู้เดิมที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียนและร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพื่อเตรียมความพร้อมและเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ ไตรเวอร์และโอลด์แฮม (Driver; & Oldham .1986: 105-122) ที่ให้ความสำคัญในการให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้เดิมที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนก่อนเนื้อหาในเรื่องนั้นๆ เช่นเดียวกับแนวคิดของ แฮมเมอร์ริช ลิม และนีล (Hemmerich; Lim; & Neel. 1994 : 16) ที่สรุปไว้ว่า การทบทวนความรู้เดิม ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนหรือขยายโครงสร้างความรู้ ซึ่งเกิดจากนักเรียนได้เชื่อมโยงโมโนทัศน์ใหม่เข้ากับความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม อีกทั้งสอดคล้องกับ Gagné (อ้างอิงจากทิสนา แคมมณี. 2553: 75-76) ที่ได้เสนอแนวคิดว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง การเรียนรู้ในความรู้ใหม่ต้องอาศัยความรู้เดิมเป็นพื้นฐาน อีกทั้งในขั้นตอนที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ(Engage : E) เป็นขั้นการจูงใจให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น โดยครูผู้สอนจัดหาสื่อการเรียนสอน หรือกิจกรรมที่น่าสนใจ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่เรียนสอดคล้องกับงานวิจัยของ ก๊อตและคนอื่นๆ (Gott; et al . 1994; อ้างอิงจาก อุษณีย์ อนุรุทธ์วงศ์. 2546: 99-100) พบว่าสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการ

เพิ่มขึ้นหรือลดลงของความสามารถทางสติปัญญาคือ แรงจูงใจที่เกิดจากความอยากรู้อยากเห็นจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี และขั้นตอนที่ 3 ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทำการทดลอง สำรวจ ตรวจสอบ สอดคล้องกับประมวล ศิริพันธ์แก้ว(2555: 14-29) ที่กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์นั้นจะต้องจัดให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลอง หรือกิจกรรมประเภทลงมือปฏิบัติ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ได้ สอดคล้องกับ เซลเลย์ (Selley. 1999: 3-6) ที่ได้เสนอแนะแนวทางการจัดการเรียนการสอนไว้ว่า ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและทำการสืบสอบด้วยตนเอง อีกทั้งสอดคล้องกับขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 79-80) ในขั้นสำรวจและค้นหา ที่มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เพื่อรวบรวมข้อมูลข้อสังเกต เพื่อได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอ อีกทั้งได้เปิดโอกาสให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเพื่อให้ได้ ข้อค้นพบมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับวิจารณ์ พานิช (2547: 12) ที่กล่าวว่า การแลกเปลี่ยนเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญ เพราะยังมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับคนอื่นมากเท่าไรก็จะทำให้เข้าใจมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวนักเรียนทุกคนมีโอกาสได้ทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียน โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้อื่นได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของอรชา ชูเชื้อ (2554) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสอดคล้องกับอนงค์รัตน์ แก้วบำรุง (2554) ที่ศึกษาผลของการเรียนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อมโนทัศน์ของนักเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 50) พบว่ากลุ่มทดลอง 1 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนกลุ่มทดลอง 2 พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านเชิงทฤษฎี และด้านเชิงความสัมพันธ์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง มีบางคนที่ละเลยการปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนขาดองค์ความรู้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นต่อไป และจากการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมทดลอง และการตรวจรายงานการทดลอง ยังมีนักเรียนส่วนหนึ่งมีปัญหาในการอภิปราย และการตอบคำถามท้ายการทดลอง ไม่เข้าใจว่าผลการทดลองว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ใดบ้างที่สามารถอธิบายได้ และนักเรียนบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทดลองกับหลักการทฤษฎี

นอกจากนี้นักเรียนกลุ่มทดลอง 2 ส่วนหนึ่งขาดเรียนบ่อยครั้ง ซึ่งผู้วิจัยทราบจากอาจารย์ที่ปรึกษาว่านักเรียนเหล่านั้นมีปัญหา และขาดการสนับสนุนจากครอบครัว ทำให้การเรียนขาดความต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื้อหาส่วนใหญ่ในวิชาฟิสิกส์มีความเกี่ยวเนื่องเป็นลำดับ นักเรียนจะเรียนเนื้อหาใหม่ได้ต้องมีพื้นฐานความรู้เดิมมาก่อน หากไม่มีพื้นฐานความรู้เดิมอย่างเพียงพอ จะทำให้เรียนเรื่องใหม่ได้ยาก อีกทั้งนักเรียนส่วนหนึ่งขาดความกระตือรือร้น และความเอาใจใส่ในกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย ส่งงานไม่ตรงเวลา จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามสามารถกล่าวได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อีกวิธีหนึ่งที่จะส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งจะเห็นได้จากคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2.2) จากการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า เมื่อพิจารณาในภาพรวมคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้น คือ 1) ขั้นเตรียมความพร้อม(Prepare : P) 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ(Engage : E) 3) ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) และ 4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) โดยเฉพาะขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น โดยแนวทางดังกล่าวประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย คือ 1) ขั้นวิเคราะห์และวางแผน เป็นขั้นอ่านเพื่อทำความเข้าใจ คัดวิเคราะห์โจทย์เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยพิจารณาจากคำสำคัญทางฟิสิกส์ การเขียนแผนภาพที่ระบุตัวแปรทางฟิสิกส์ และวางแผนเพื่อเลือกมโนทัศน์ ทฤษฎี หลักการ สูตรต่างๆทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา 2)ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่สอดคล้องและต่อเนื่อง มาจากขั้นที่ 1 โดยมีเป้าหมายสำคัญคือ เป็นการนำความสัมพันธ์จากการหลักการทางฟิสิกส์ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการ และ 3) ขั้นตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เพื่อหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำนึงถึงความสมเหตุ สมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นมีความถูกต้อง นอกจากนี้นักเรียนยังได้รับการฝึกฝนในการทำโจทย์ปัญหาที่เริ่มจากง่ายไปส่ายากและซับซ้อนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้นักเรียนมีโอกาสที่จะพัฒนาทักษะการคิด ก่อให้เกิดความมั่นใจและความเชื่อมั่นในตัวเอง ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้สอดคล้องโปรโตเลสและโรเปส(Portoles & Lopez. 2008: 106) ที่กล่าวสรุปไว้ว่า ปัจจัย 2 ประการ ที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือ นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี หลักการทาง

ฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับเต๋า(Tao. 1999: 368) ที่กล่าวว่า ความสำเร็จในการ แก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถของนักเรียนมากนัก หากแต่ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง และยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไกอีร์รา ,โรแกม และบัวร์นา (Gaigher; Roganb; & Brauna. 2007) ที่ ศึกษาผลของโครงสร้างกลยุทธ์ในการแก้ปัญหากับนักเรียนในโรงเรียนของประเทศในแอฟริกาใต้ ซึ่งมีการใช้แผนภาพคำตอบ (Solution Map) ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลวิจัยพบว่านักเรียนที่ ได้รับโครงสร้างกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามีความสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน และทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้ อีกทั้งสอดคล้องกับ เซลคูร์, เคาแกน และ อีรอล(Selçuk; Çalka; & Erol. 2007) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของ นักเรียน จำนวน 37 คน ที่ได้รับการเสริมกระบวนการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการดังกล่าวมีความสามารถ และทักษะในการแก้ โจทย์ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นรายด้าน พบว่ากลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในด้านตรวจสอบคำตอบนั้นแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการที่จะต้องตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความถูกต้องเพียงใด รวมถึงนักเรียนเมื่อได้คำตอบที่โจทย์ต้องการแล้วนักเรียนไม่มีการตรวจสอบ คำตอบที่ได้ จึงทำให้คะแนนในด้านตรวจสอบคำตอบไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับ อมรลักษณ์ ฤทธิเดช (2554: 399) ที่กล่าวว่า การตรวจสอบคำตอบไม่ใช่ขั้นตอนที่ทำให้ให้นักเรียนได้ คำตอบที่ต้องการแต่เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการยืนยันคำตอบที่คำนวณได้ว่ามีความถูกต้องจึงอาจทำให้มีนักเรียนบางส่วนที่มีความมั่นใจในการคำนวณหาคำตอบของตนเองมีความเห็นว่าไม่มีความ จำเป็นจะต้องตรวจสอบคำตอบอีก อีกทั้งสอดคล้องกับอดิศักดิ์ สิงห์สีโว (2549: 163) ที่ได้ศึกษา ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยหลักสูตรสถานศึกษา ที่เน้น การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหของ นักเรียนมีคะแนนสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นขั้นตอนการ ตรวจสอบการแก้ปัญหา ที่พบว่านักเรียนมีคะแนนต่ำกว่าคะแนนจุดตัด ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนยัง ขาดความสามารถในการขยายความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ซึ่งสอดคล้อง กับผลการศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาระบวนการคิดระดับสูง ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548: 16) ที่พบว่านักเรียนยังขาดทักษะ ในการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือองค์ความรู้ที่ได้และยังไม่ค่อยให้เหตุผลเท่าที่ควร จากผลการวิจัยถึงแม้ว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์บางด้านจะไม่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญก็ตาม แต่ด้วยกระบวนการการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความ สามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เอื้อต่อ

การเรียนรู้ของนักเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ น่าจะเป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่จะช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้

และนอกจากนี้ผู้วิจัยได้สังเกต และตรวจแบบฝึกหัดในส่วนของการแก้โจทย์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ในช่วงระหว่างจัดการเรียนการสอน ซึ่งมีรายละเอียดดังภาคผนวก ง

2.3) คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA นั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และได้มีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการเรียนการสอน สอดคล้องกับ ออลล์พอร์ต (Gordon W. Allport. 1967: 3) ที่กล่าวว่า เจตคติเป็นสิ่งที่เกิดจากประสบการณ์ โดยประสบการณ์มีส่วนในการสร้างเจตคติ ดังนั้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนด้วยตนเอง จะสามารถส่งเสริมให้มีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น นอกจากนี้ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นน่าจะช่วยส่งเสริมเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ได้ ดังเช่นขั้นกระตุ้นความสนใจ ซึ่งเป็นขั้นสร้างความสนใจของนักเรียนโดยใช้ด้วยสถานการณ์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษาและการอภิปรายซักถามจนนักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้และต้องการค้นหาคำตอบ ซึ่งเป็นการส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ สอดคล้องกับ อาคินโบโบรา (Akinbobola. 2009 : 8) ที่กล่าวว่าการให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ที่ดีกว่าวิธีการอื่นๆ อีกทั้งในขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ได้มีโอกาสนำเสนอผลงาน ทำให้กล้าแสดงออก มีความภูมิใจ และได้แสดงศักยภาพของตน ได้ทำการศึกษาทดลองด้วยตนเองในกิจกรรมที่มีความหลากหลาย ทำให้นักเรียนมองเห็นว่าความรู้ทางฟิสิกส์เป็นเรื่องที่ง่ายต่อการเรียนรู้ เกิดความรู้สึกที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์มากกว่ารูปแบบการเรียนการสอนปกติ ซึ่งสอดคล้องกับที่ พันธุ์ ทองชุมชุม (2544 : 15-16) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาเจตคติในตัวนักเรียนได้ เช่น การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกสังเกต การใช้คำถาม รวมไปถึงการสร้างสถานการณ์ต่างๆ ที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาเจตคติได้ เช่นเดียวกับ วิภาพร มาพบสุข (2540 : 128) ที่ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเจตคติของนักเรียนว่ามีข้อควรคำนึงถึง เช่น การจัดประสบการณ์ต่างๆ ให้นักเรียนเกิดความรู้สึกและอารมณ์ที่เต็มไปด้วยความพึงพอใจและยินดี และจัดกิจกรรมเพื่อสร้างและพัฒนาเจตคติและค่านิยมที่ต้องการโดยให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติหรือมีประสบการณ์ตรง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ซูมโร (Soomro. 2011) และฮุเซ็นและคนอื่นๆ (Husain; et al. 2011) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางวัฏจักรการเรียนรู้ ที่มีต่อเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ มีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบรรยายเช่นเดียวกับผลการวิจัยมุซาเซีย อาบาชาและไบโย

โย (Musasia; Abacha; Biyoyo. 2012) ซึ่งได้ศึกษาเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนในประเทศเคนยา กลุ่มที่เน้นการปฏิบัติกับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ พบว่าคะแนนเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์หลังการทดลองของกลุ่มที่เน้นการปฏิบัติสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ

2.4) การศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ พบว่ากลุ่มทดลองซึ่งใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความคงทนในการเรียนรู้และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA เป็นรูปแบบที่มีกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรคนิยม ซึ่งนักเรียนทุกคนมีโอกาสได้ทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ และสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์ หรือความรู้เดิมได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ มีการใช้คำถามคอยกระตุ้นให้คิดในทุกขั้นตอนของการทำงาน รวมถึงการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซักถามเมื่อไม่เข้าใจ และมีการทบทวนความรู้ความเข้าใจร่วมกัน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และเกิดความเข้าใจในเนื้อหา จึงส่งผลให้นักเรียนจดจำสิ่งต่างๆ ได้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับสุปรียา วงศ์ตระหง่าน (2545: 2) ที่กล่าวว่า การได้มาซึ่งความรู้ พบว่าข้อมูล ความคิด และทักษะจะเข้าสู่ความจำเมื่อสัมพันธ์กับปัญหา ส่งผลให้จดจำได้อีกทั้งสอดคล้องกับ สมจิต สวธนไพบูลย์ (2535 :34) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดและนำไปสู่การปฏิบัติที่ละขั้นตอนเป็นการจัดโอกาสให้นักเรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียน มีเสรีภาพในการปฏิบัติทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี ดังนั้นการให้นักเรียนได้มีบทบาทในฐานะผู้กระทำหรือได้ปฏิบัติยอมช่วยให้นักเรียนได้จดจำความรู้อย่างเป็นระบบและก่อให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกต่างๆ แก่นักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับชาติรี เกิดธรรม (2547: 56) และสุระ วุฒิพรหม(2547: 21) ที่ได้กล่าวว่าการสอนตามแนวทางวัฏจักรการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นเพียงผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มากกว่าที่จะเป็นผู้บอกเล่าให้นักเรียนจดจำเรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ทั้งนี้โดยคำนึงถึงวุฒิภาวะ ประสบการณ์เดิม และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่นักเรียนได้รับมาก่อน การเรียนรู้ของนักเรียนจึงเกิดขึ้นในระหว่างที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาด้านการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การแสดงความคิดเห็น สามารถสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตนเอง และเกิดความคงทนในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศราววุฒิ ชันคำหมื่น (2553) ที่ศึกษาเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เรื่องสมดุลกลของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนเชิงรุกกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้เชิงรุกมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อีกทั้งสอดคล้องกับ เดสลอเรีย และเวียร์แมน(Deslauriers; &

Wieman. 2011) ที่ได้ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์เรื่องกลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) โดยใช้รูปแบบการสอนแบบบรรยาย และแบบเชิงปฏิสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนเชิงปฏิสัมพันธ์ ส่งผลให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่าการสอนแบบบรรยาย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล ที่เน้นความรู้จากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอกกับความใส่ใจของบุคคลในการเลือกรับข้อมูลในการสร้างความรู้ โดยเมื่อบุคคลรับสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้ามาผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 จะมีการประมวลผลในเบื้องต้นเพื่อบันทึกข้อมูลในความจำระยะสั้นและอาศัยกลวิธีต่าง ๆ เพื่อให้ข้อมูลเหล่านั้นมีความหมาย และเมื่อบุคคลมีความใส่ใจและเข้ารหัสข้อมูลก็จะได้รับการประมวลผลและถูกเก็บไว้ในความทรงจำระยะยาวซึ่งเป็นความจำที่มีความคงทนของความรู้และการเรียกใช้ในภายหลัง (Huffman. 1997: 552-554; Jonessen. 2009: 19)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจกับรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA ก่อนนำไปใช้ มีการวางแผนและเตรียมการ รวมทั้งเทคนิคต่าง ๆ ที่ส่งเสริมบรรยากาศในการเรียนรู้

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนต้องพิจารณาความรู้เดิมของผู้เรียน เพราะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ ดังเช่นในงานวิจัยนี้ที่ใช้ในขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P)

1.3 ผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้สึก และการตั้งคำถามอย่างสม่ำเสมอ เพราะจะทำให้ทราบถึงความรู้ และความเข้าใจของนักเรียน ดังเช่นในขั้นของค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize :C)

1.4 การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้แก่ นักเรียนผู้สอนควรคำนึงถึงการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในเวลาที่กำหนดไว้ อย่างสม่ำเสมอและควรเลือกใช้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับกิจกรรมการเรียนการสอน หรือปัญหาที่พบได้ในชีวิตประจำวัน ดังเช่นในขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply: A)

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ให้ครอบคลุมทั้งระดับช่วงชั้น 4 (ม.4-6) เพื่อให้ก่อเกิดความต่อเนื่องและเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงในรายวิชาฟิสิกส์

2.2 ข้อค้นพบประการหนึ่งจากการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบคำตอบได้เท่าที่ควร พิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านความสามารถในการตรวจสอบคำตอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนในด้านนี้ไม่แตกต่างกับนักเรียน

กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนปกติ ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไป ผู้สอนควรมีการสร้างความตระหนักให้นักเรียนได้เห็นถึงความสำคัญของขั้นตอนนี้ เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางช่วยเหลือนักเรียนต่อไป

2.3 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่นอกเหนือจากมโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์และความคงทนในการเรียนรู้ เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าระหว่างที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนมีความกระตือรือร้น ได้ทำการสรุปและอภิปรายผล และมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ดังนั้นควรศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น ทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผล เป็นต้น





บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2542). เอกสารชุดเทคนิคการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด : การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ. กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพการศึกษาของสถานศึกษาขั้นพื้นฐานพัฒนาหลักสูตร.
- _____. (2544). แนวทางการจัดทำหลักสูตรของสถานศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ.
- _____. (2546). แนวทางการประเมินผลด้วยทางเลือกใหม่. กรุงเทพฯ: สำนักงานการทดสอบการศึกษา.
- _____. (2548). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กมลรัตน์ หล้าสูงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กุฎราชวิทยาลัย.
- กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2541). ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามครู ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน. (2525). “การผลิตสื่อวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์”. ทบวงมหาวิทยาลัย .
- คณาพร คมสัน. (2540). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองในการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ด. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- จักรพันธ์ พิรัชชา. (2553). การเปรียบเทียบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของ Polya กับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2542). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: เซ็นเตอร์ดีสคัฟเวอรี.

- ัชชฎา อัญญสิทธิ. (2544). ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคุณลักษณะของผู้มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการประถมศึกษาแห่งชาติ ในจังหวัดมุกดาหาร. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยทางการศึกษา). มหาสารคาม. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). การพัฒนาหลักสูตรระดับมัธยมศึกษา. คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.
- ทิตนา แคมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี; และคนอื่นๆ. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- นภาพร วงศ์เจริญ. (2550). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุปัญญา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นวลอนงค์ บุญฤทธิ์พงศ์. (2552). ระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฑทอง.
- นารีรัตน์ พักสมบุรณ์. (2541). การใช้ชุดส่งเสริมศักยภาพทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และบุคลิกภาพนักวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บงกชรัตน์ สมานสินธุ์. (2551). ผลการจัดการเรียนแบบอริยสัจ 4 ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญนันต์พงษ์. (2547). การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปนัดดา เทียงโยธา. (2552). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

- ประจวบจิตร คำจตุรัส. (2535). *ประมวลผลงานการศึกษาและการวิจัยที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา สาขาศึกษาศาสตร์*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. อุดรธานี.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประมวล ศิริผั่นแก้ว. (2541, ตุลาคม-ธันวาคม). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางเรียนรู้*. นิตยสาร สสวท. 26(103): 8-11.
- _____. (2555). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์หน่วยที่ 8-15. บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรียาภรณ์ วงศ์อนุตรโรจน์. (2546). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.
- พนารัตน์ วัดไทยสง. (2544). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์. (2542). *กิจกรรมทักษะกระบวนการสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพชีวิต.
- พิมพ์พันธุ์ เดชะคุปต์; และคนอื่นๆ. (2549). “คู่มือครูพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของนิสิต นักศึกษา ระดับปริญญาตรี สำหรับหลักสูตรครุศาสตร์: การบูรณาการทักษะกระบวนการคิดในการเรียนการสอนเนื้อหาสาระ”. *โครงการวิจัย เรื่อง การนำเสนอรูปแบบเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูงของนิสิตนักศึกษาครู ระดับปริญญาตรี สำหรับหลักสูตรครุศาสตร์*. ศึกษาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิสนุ ฟองศรี. (2554). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. ปัตตานี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มนต์ชัย สิทธิจันทร์. (2547). *ผลของการฝึกจินตนาการในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการจินตนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนัส บุญประกอบ; และวสันต์ ทองไทย. (2542). “*วิธีการแก้ปัญหา*”. *พลิกปัญหาให้เป็นปัญหา*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- มนัส บุญประกอบ; และคนอื่นๆ. (2547). *พลิกปัญหาให้เป็นปัญญา*. กรุงเทพฯ: ธนรัชการพิมพ์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชันส์.
- _____. (2551). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2541). *ทฤษฎีการสร้างความรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. ใน *สาระการศึกษา ESSENCE OF EDUCATION “การเรียนการสอน ”*. กรุงเทพฯ: กองทุนศาสตราจารย์ ดร.อุบล เรียงสุวรรณ คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วารินทร์ รัตมีพรหม. (2542). *การออกแบบและพัฒนาระบบการสอน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์. (2555). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. อุดมสำเนา
- วรัญญา จีระพลสุวรรณ. (2544, มกราคม-มีนาคม). การสอนวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง. *วารสารวิทยาการ*. 55(3) : 162-169.
- วิจารณ์ พานิช. (2547). *สถานศึกษากับการจัดการความรู้เพื่อสังคม*. กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและแผนการศึกษาสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- วิภาพร มาพบสุข. (2540). *จิตวิทยาทั่วไป*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- วัชรสันต์ อินธิสาร. (2547). *ผลของการพัฒนามโนทัศน์ทางเรขาคณิตและเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad*. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ: ปริญญาโท ค.ม. คุรุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศราวุฒิ ชันคำหมื่น. (2553). *การประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การสอนฟิสิกส์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ศูนย์ข้อมูลข่าวสารปฏิรูปประเทศไทย. (2553). *การเปรียบเทียบสมรรถนะของประเทศไทย กับนานาชาติ*. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2554, จาก [Http://www.thaireform.in.th/](http://www.thaireform.in.th/)
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(สทศ.) [องค์การมหาชน]. (2554). *สรุปผลงานประจำปี 2552*. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2554, จาก [Http://www.niets.or.th/](http://www.niets.or.th/)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

- _____. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- _____. (2548). เอกสารประกอบการเผยแพร่ ขยายผล และอบรมรูปแบบการเรียนการสอน
แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพฯ: ศูนย์ลาดพร้าว.
- _____. (2555). การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ. สืบค้นเมื่อ
17 ธันวาคม 2554, จาก [Http://www3.ipst.ac.th/files/TIMSS2077](http://www3.ipst.ac.th/files/TIMSS2077)
- สมจิต สวธนไพบูลย์. (2534). ประมวลผลการพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะ
ศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (2541). เอกสารคำสอนวิชาประชุมปฏิบัติการการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมศักดิ์ โสภณพินิจ. (2543, พฤษภาคม-กรกฎาคม). ยุทธวิธีการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับการ
สอน. วารสารคณิตศาสตร์. 44: 41.
- สุปรียา วงษ์ตระหง่าน. (2545). การจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-based
Learning). ข่าวสารกองabinการศึกษา. 14(10): 1-4.
- สุระ วุฒิพรหม. (2547, พฤษภาคม-มิถุนายน). ทางเลือกใหม่ของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้
ฟิสิกส์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง. วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
และเทคโนโลยี. 32: 20-23.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). สร้างสรรค์นักคิด : คู่มือการจัดการศึกษา
สำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพฯ: ศูนย์ลาดพร้าว.
- _____. (2545). แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.2545-2559). กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิก.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). การเปรียบเทียบสมรรถนะของประเทศไทยกับ
นานาชาติ. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2554, จาก [Http://www.onec.go.th/](http://www.onec.go.th/)
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2540). การเสริมสร้างศักยภาพนักเรียนกรุงเทพมหานครด้านวิทยาศาสตร์
และมิติสัมพันธ์. กรุงเทพฯ: ภาคหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (2542). ทฤษฎีสรณนิยม สารานุกรมศึกษาศาสตร์ฉบับเฉลิมพระเกียรติ
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในวโรกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ 5
ธันวาคม 2542. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (2544). “ วัฏจักรการเรียนรู้ ” ในสารานุกรมศึกษาศาสตร์. กรุงเทพฯ:
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุรางค์ ไคว้ตระกูล. (2552). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ; และอรรถัย มูลคำ. (2545). 21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.

กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). ยุทธศาสตร์การคิดแก้ปัญหา. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์.

อนงค์รัตน์ แก้วบำรุง. (2554). ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อมรลักษณ์ ฤทธิเดช. (2554). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮเลอร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

อรชา ชูเชื้อ. (2554). ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรพิน ชื่นชอบ. (2548). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหตามเทคนิคของโพลยา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.

อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์. (2546). สร้างเด็กให้เป็นอัจฉริยะ : *Raising a Genius*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

_____. (2544, กรกฎาคม - สิงหาคม). “สติปัญญาของมนุษย์กับกระบวนการแก้ปัญหา”. *สานปฏิรูป*. 8: 98-99.

อดิศักดิ์ สิงห์สีโว. (2549). การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อัครรัฐ นามะกันคำ. (2550). การเปรียบเทียบความเข้าใจเชิงแนวคิดเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การสอนฟิสิกส์). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

- Akinbobola, A.O. (2009). Enhancing Students' Attitude Towards Nigerian Senior Secondary School Physics Through the Use of Cooperative, Competitive and Individualistic Learning Strategies. *Australian Journal of Teacher Education*. 34(1): 1-9.
- Anderson, H.O. (2003). *Teaching Science as Inquiry*. Indiana: Indiana University.
- Andre, Thomas. (1986). *Problem Solving and Education in Cognitive Classroom Learning : Understanding, Thinking, and Problem Solving*. Edr Phy, Gary D.; & Andre, Thomas. Orlando: Academic.
- Alloport, G. W. (1967). *Reading in Attitude Theory and Measurement*. Edited by Martin Fishbein. New York : Willey.
- Arends, R.I. (1997). *Classroom Instruction and Management*. New York: The McGraw Hill.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational Psychology*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Billings, R.L. (2001). *Assessment of the Learning Cycle and Inquiry-Based Learning in High school Physics Education*. Dissertation Abstracts International. 40/04: 89A.
- Brooks; & Jacqueline Grennon.; & Brooks, Martin G. (1993). *In Search of Understanding : The Case for Constructivist Classrooms*. Virginia: ASCD.
- Bruner, J.S.; & Austin, G.A. (1965). *A Study of Thinking*. New York: John Willy and Sons.
- Burciaga, J.R. (2002). *How do You Solve Problems?*. Retrieved April 18, 2012, from [Http:// www.brynmawr.edu/Acads/Physics/study/problems.html](http://www.brynmawr.edu/Acads/Physics/study/problems.html)
- Bybee, R.; et al. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Chang, M. (1993). *Role of Explanations and Student-Centered Interaction in Science Learning. An Applied Constructivist Approach to Instructional Design*. International Dissertation abstracts in UMI.1998 . Syracuse University Aac .
- Charles, R.I.; & Lester, F.K. (1982). *Teaching problem solving: What, why and how*. Palo Alto, CA: Dale Seymour.
- Cole, D.J.; et al. (2000). *Portfolio Across the Curriculum and Beyond*. California: Corwin Press .
- Cohen, S.; & Horak. (1989). *The Teaching Science as Decision Making Process*. Kendal: Hunt.

- Cummings, A. L.; & Curtis, K. (1992). Social Problem Solving Cognitions and Strategies of Student Teachers. *The Alberta Journal of Educational Research*. 38 (4): 255-268.
- Curry, J. (2003). *The Dialectic of Knowledge-in-Production: Value Creation in Late Capitalism and the Rise of Knowledge-Centered Production*. Retrieved December 25, 2011, from [Http://www. sociology.org/content/vol002.003./curry.html](http://www.sociology.org/content/vol002.003./curry.html)
- Deslauriers, L.; & Wieman, C. (2011). Learning and Retention of Quantum Concept with Different Teaching Method. *American Physical Society*. 7: 1554-1559
- Dick, W; & Carey, L. (1996). *The Systematic Design of Instruction*. 4th ed. New York: Longman.
- Ding, N.; & Harskamp, E. (2007). Structured Collaboration Versus Individual learning in Solving Physics Problems. *International Journal of Science Education*. 28(14): 1669-1688.
- Driver, R.; & Oldham, V. (1986). *A constructivist Approach to Curriculum Development in Science*. Studies in Science Education. 13: 105-122.
- Edwards, A.L. (1957). *Techniques of Attitude Scale Construction*. Bombay : Feffer & Simans Private.
- Eisenkraft, A. (2003). "Expanding the 5E Model ". *The Science Teacher*. 70(6): 56-59.
- Foshay, A. W. (1998). Problem Solving and the Arts. *Journal of Curriculum and Supervision*. 13(4): 328- 338.
- Foong, P.Y. (2007). Problem Solving in Mathematics. *In Teaching Primary School Mathematics: A Resource Book*. Lee Peng Yee. Singapore: McGraw-Hill Education (Asia).
- Gaighera, E.; Roganb, J. M; & Brauna, M.W. (2007). Exploring the Development of Conceptual Understanding through Structured Problem-Solving in Physics. *International Journal of Science Education*. 29(9) : 1089–1110.
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*. 4th ed. New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.
- Gök, T.; & Silay. (2010). The Effects of Problem Solving Strategies on Students' Achievement, Attitude and Motivation. *Latin-American Journal of Physics Education*. 4(1): 7-21.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.

- Hestenes, H. (1987) . Toward a modeling theory of physics instruction . *American Journal of Physics*. 55(5): 440-454.
- Hemmerich, H., Lim, W., & Neel.K. (1994). *Strategies for Lifelong Learning in Mathematics and Science in the Middle and High School Grades*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Huffman,D. (1997). Effect of Explicit Problem Solving Instruction on High School Student' Problem Solving Performance and Conceptual Understanding of Physics. *Journal of Research in Science Teaching*. 34: 551-570.
- Hussain,S. Alam; M. Ahmad, S.; & Ahmad.N. (2011). The Effectiveness of Scientific Attitude Toward Physics Teaching Through Inquiry Method Verses Traditional Teaching Lecture Method of Female Students at Secondary School Lever in Pakistan. *American Journal of Physics*. 3(4): 441-444.
- Jonassen, D.H. (2009). *What do Human Learn*. New Jersey: Prentice Hall.
- Joyce, B.; & Weil, M. (1978). *Information Processing Model of Teaching*. New Jersey : Prentice- Hall.
- _____. (1996). *Model of Teaching*. 5th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Karplus, R. (1977). Science Teaching and the Development of Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*. 14(1): 169–175.
- Kaya.; & Uğur Büyük. (2010). Attitude towards Physics Lessons and Physical Experiments of the High School Students. *Journal of European Physics Education*. 2(1): 43- 44.
- Krulik, Stephen.; & Rudnick, Jesse A. (1993). *The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High School*. Boston: Allyn and Bacon.
- Lawson, A. E. (2000). What Kinds of Scientific Concept Exist? . Concept Construction and Intellectual Development in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching*. 9: 996-1018.
- Larkin, J. H.; & Brackett, G. C. (1976). Teaching General Learning and Problem-Solving Skills. *American Journal of Physics* . 44(3): 212-217
- Lawson, A.E. (1995). *Science Teaching and Development of Thinking*. California: Wadsworth.
- Leighton, Jacqueline P.; & Sternberg, Robert J. (2003). Reasoning and Problem Solving in Handbook of Psychology: *Experimental Psychology*. Editors Healy.

- Llewellyn, D. (2001). *Inquire within: Implementing Inquiry-Based Science Standards*. Thousand Oaks, Calif. Corwin Press.
- Line, K. K. (2000). *Exploring Science in Early Childhood Education: A Development Approach*. 3rd ed. University of Louisville. Delmar Thomson Learning. USA.
- Lorsbach, A. W.; & Tobin, K.B. (1997). An Interpretation of Assessment Methods in Middle School Science. *International Journal of Science Education*. 3(2): 14
- Heller, P.; & Hollabaugh, M. (1992). Teaching Problem Solving through Cooperative Grouping. Part 2: Designing Problems and Structuring Groups. *American Journal of Physics*. 60(7): 637-645.
- Matlin, M. W. (2002). *Cognition*. 5th ed. Forth Worth: Harcourt College Publishers.
- Martin, D.J. (1994). "Concept Mapping as an Aid to Lesson Planning: A Longitudinal Study." *Journal of Elementary Science Education*. 6(2): 11-30.
- McDermott, L. C. (1990). A Perspective on Teacher Preparation in Physics and Other Science: The Need for Special Science Course for Teacher. *America Journal physics*. 58(8). 734-742.
- Mcgriff, J.S.; et al. (2000). *A Problem Solving Assessment Instrument*. Retrieved December 25, 2011, from [Http://www.personal.psu.edu/faculty/s/j/sjm256/portfolio/kbase/Research&Evaluation/ProblemSolving.pdf](http://www.personal.psu.edu/faculty/s/j/sjm256/portfolio/kbase/Research&Evaluation/ProblemSolving.pdf)
- Meng, E.; & Doran, R.L. (1933). *Improving Instruction and Learning Through Evaluation Elementary School Science*. Columbus, Ohio :ERIC : 33.
- Metallidou, P. (2009). Pre-Service and in-Service Teachers' Metacognitive Knowledge about Problem-Solving Strategies. *Teaching and Teacher Education*. 25: 76-82.
- Morgan, C.T. (1978). *Thinking and Problem Solving in A Brief Introduction to Psychology*. 2nd ed. New Delhi: McGraw – Hill.
- Musasia, A.M.; Abacha, O.A.; & Biyoyo. M.E. (2012). Effect of Practical Work in Physics on Girls Performance, Attitude Change and Skills Acquisition in the Form Two-Three Secondary Schools' Transition in Kenya. *International Journal of Humanities and Social Science*. 2(23): 151-166.
- Murphy, E. (1997). *Constructivism: from Philosophy to Practice*. Retrieved December 25, 2011, from [Http://www.stemnet.nf.ca](http://www.stemnet.nf.ca)

- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academy. New York: Basic Books.
- Newell, A.; & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Nitko, A.J. (2004). *Educational Assessment of Students*. 4th ed. New Jersey : Pearson Education.
- Odum, A.L.; & Kelly, P.V. (2001). *Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concept to High School Biology Students*. *Science Education*. 85: 615-635.
- Osborne, R. J.; Bell B. F.; & Gilbert J. K. (1983). " Science Teaching and Children's Views of the World. " *European Journal of Science Education*. 5(1): 1-14.
- Piaget, J. (1972). *The psychology of the child*. New York: Basic Books.
- Polya, G. (1957). *How to Solve it*. 2nd ed. New York: Doubleday Anchor Books.
- _____. (1980). On Solving Mathematical Problems in High School. *In Problem Solving in School Mathematics: 1980 Yearbook*. Virginia : NCTM.
- Pol, H. (2005). Solving Physics Problems with the Help of Computer-Assisted Instruction. *International Journal of Science Education*. 27: 451-469.
- Portoles, J.S. & Lopez, V.S. (2008). Types of Knowledge and their Relation to Problem Solving in Science: Direction for Practice. *Education Science Journal* . 6: 105-112.
- Purdy, J. E.; et al. (2001). *Learning and Memory*. 2nd ed. Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning.
- Redish, E.F. (2003). Implication of Cognitive Studies for Teaching Physics. *American Journal of Physics*. 62(9) :135.
- Reys, Robert E.; et al. (2004). *Helping Children Learn Mathematics*. 7th ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Thornton, R.K.; & Sokoloff, D.R. (1998). "Assessing students learning of Newton's laws: *The Force and Motion Conceptual Evaluation*." *American Journal of Physics*. 6(4): 228- 351.
- Saunders, W. (1992). "The Constructivist Perspective: Implication and Teaching Strategies for Science." *School Science and Mathematics* . 3(1): 136-141.
- Rojas, S. (2010). *On the Teaching and Learning of Physics Problem Solving*. *Rev. Mex. Fis.* 56(1): 22–28.

- Savage, M.; & Williams, J. (1990). *Mechanics in Action-Modeling and Practical Investigations*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Selçuk, G. S.; Çalkan, S.; & Erol, M. (2007). The Effects of Gender and Grade Levels on Turkish Physics Teacher Candidates' Problem Solving Strategies. *Journal of Turkish Science Education*. 4(1): 92-100.
- Selley, N. (1999). *The Art of Constructivist Teaching in The Primary School: a Guide for Students and Teachers*. London . David Futton Publishers.
- Serap. (2010). *A Effects of the Problem Solving Strategies Instruction on the Students' Physics Problem Solving Performances and Strategy Usage*. Procedia Social and Behavioral Sciences. 2 : 2239–2243.
- Singh, A. (1993). *Problem Solving in Physics: An Interactive Computer Assisted Environment*. Auckland: Doctoral Dissertation. The University of Waikato.
- Soden, R. (1994). *Teacher Problem Solving in Vocational Education*. London: Routledge.
- Sokoloff, D.; & Thornton, R . (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment. *Journal Physics of Teaching*. 34(4): 347.
- Soomro, A.D.; Qaisrani, M.N.; & Uqaili, M.A. (2011). Measuring Students' Attitudes Towards Learning Physics : Experimental Research. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5(11): 2282-2288.
- Sunal, Dennis W.; Sunal.; & Cynthia S. (2003). *Science in the Elementary and Middle School*. New Jersey: Merrill Prentice Hall.
- Sund, R. B.; & Trowbridge, L. W. (1973). *Teaching Science by Inquiry in Secondary School*. 2nd ed. Ohio : A Bell & Howell.
- Tao, P.K. (1999). Peer Collaborative in Solving Qualitative Physics Problem :The Role of Collaborative Talk. *Research of science Education*. 29(3): 365-383.
- Tolga, G. (2011). The Impact of Peer Instruction on College Students Beliefs about Physics and Conceptual Understanding of Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 10: 417Y436
- Tsaparlis, G.; & Angeliopoulos, V. (2000). A Model of Problem Solving: Its Operation, Validity, and Usefulness in the Case of Organic-Synthesis Problems. *Journal Science Education*. 84(2): 131–153.
- Tsui, Lisa. (2002). Fostering Critical Thinking Through Effective Pedagogy. *The Journal of Higher Education*. 73(6): 740 – 763.

- Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge ,MA : MIT Press.
- William, K, M. (2003). Writing About the Problem-Solving Process to Improve Problem – Solving Performance. *Mathematics Teacher*. 96(3): 185.
- Woolfolk, A.E. (1993). *Educational Psychology*. Needham Heights. MA: Allyn and Bacon.
- Xin, Yan Ping. (2003). *A Comparison of Two Instruction Approaches on Mathematics Word Problem Solving By Students with Learning Problem*. Dissertation Abstracts International. 63(12): 4276-A.
- Zahoric, J. A. (1995). *Constructivist Teaching (Fastback 390)*. Bloomington, Indiana : Phi Delta Kappa Educational Foundation.







ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิรมล ปิตะนิละผลิน
ข้าราชการบำนาญ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร. ฉัตรชัย พะวงษ์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
3. อาจารย์ ดร. บำเหน็จ สุดชมโฉม
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. อาจารย์ ดร. สมอง ทองปาน
ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. อาจารย์โอภาส สุขหวาน
ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ข

- คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เห็นความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
- ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนการสอน
- ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน
ที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA)
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



สภาพปัญหาและความสำคัญ

สภาพการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันยังคงสอนในรูปแบบการสอนตามตำรา ที่เน้นการท่องจำ ผู้สอนไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ ปฏิบัติทางความคิดขั้นสูง และครูผู้สอนยังมีลักษณะเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนการสอน เน้นการบอกความรู้ การใช้สมการทางคณิตศาสตร์สอน จึงทำให้นักเรียนขาดความเข้าใจใน โหมดที่สำคัญทางฟิสิกส์ ไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในหลักการ แนวคิดและทฤษฎีต่างๆ และไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาแบบประยุกต์ได้ จากการศึกษา พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการทำให้นักเรียนสามารถ บรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนได้ ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่ดีนั้น ต้องมีลักษณะที่ดึงดูดความ สนใจของนักเรียนทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากที่สุด สามารถทำให้นักเรียนรู้สึกได้ว่าสิ่งที่ เรียนไม่ใช่เรื่องไกลตัว ทำให้การเรียนรู้เกิดขึ้นที่ตัวนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ ได้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการสืบค้น เสาะหา ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ โดย นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น มีอิสระอย่างเต็มที่ และครูผู้สอนต้องเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ อำนวยความสะดวก คือ เป็นผู้จัดประสบการณ์ และเตรียมสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม เพื่อให้ นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และทำให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และ แก้ปัญหาเป็น ได้เกิดการพัฒนาความรู้ มีมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่างๆ ได้

แนวคิดพื้นฐาน

แนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยแนวคิดที่สำคัญ คือ แนวคิด ทฤษฎีสรคณิยม และแนวคิดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ ซึ่งนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัด กิจกรรมในชั้นเรียนอย่างเป็นขั้นตอน โดยจัดเรียนการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการ สืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

หลักการ

หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนทำหน้าที่ดำเนินกิจกรรมให้เป็นไปในทางส่งเสริมให้นักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้ได้ด้วยตนเอง
2. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการค้นพบมโนทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ
3. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้ได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในความรู้ที่ค้นพบจากการดำเนินกิจกรรม
4. เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบ แบบแผน โดยผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนฯ มีจุดมุ่งหมายหลักดังนี้

1. เพื่อให้นักเรียนเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้า ลงมือปฏิบัติหาความรู้ได้ด้วยตนเอง
2. เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่ถูกต้อง
3. เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสได้นำเสนอและแลกเปลี่ยนแนวความคิดของตนเองกับผู้อื่น
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถมีขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบแบบแผน
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการจัดการเรียนการสอนประกอบที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ดังนี้ 1) ขั้นเตรียมความพร้อม(Prepare : P) 2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) 3) ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย คือ 3.1 ขั้นสร้างมโนทัศน์ 3.2 ขั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ 3.3 ขั้นกระจ่างมโนทัศน์ 4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ โดยรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P)

เป็นขั้นที่ครูผู้สอนทบทวนความรู้เดิมในเรื่องที่ผ่านมา หรือความรู้เดิมที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องที่ต้องเรียนรู้ใหม่ให้กับนักเรียน โดยใช้วิธีการ ตั้งคำถาม หรือทดสอบย่อย และให้นักเรียนร่วมกัน แสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมและเป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอน พร้อมทั้งชี้แจงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละครั้งในเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E)

เป็นขั้นการจูงใจและท้าทายให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น อยากเรียนรู้ โดยผู้สอนจัดหาสื่อการสอน หรือกิจกรรม การสาธิตที่น่าสนใจ ตั้งคำถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่เรียน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C)

เป็นขั้นที่ครูผู้สอนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นสร้างมโนทัศน์

ครูผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมนำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองโดยการลงมือปฏิบัติ ซึ่งครูผู้สอนจะอำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ และเป็นพี่ปรึกษาที่ดีให้นักเรียน และหลังกิจกรรม ในแต่ละกลุ่มย่อยร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

3.2 ชั้นแลกเปลี่ยนมโนทัศน์

ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อให้ได้ข้อสรุป ข้อค้นพบมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ถูกต้อง

3.3 ชั้นกระจ่างมโนทัศน์

ครูผู้สอนอธิบายกฎ นิยาม และหลักการเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนในชั้นเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 4 ชั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A)

เป็นขั้นที่นำมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้ โดยผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน : เป็นขั้นการอ่านเพื่อทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์โจทย์ เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยพิจารณาจาก คำสำคัญทางฟิสิกส์ การเขียนแผนภาพที่ระบุตัวแปรทางฟิสิกส์ และวางแผนเพื่อเลือกมโนทัศน์ ทฤษฎี หลักการ สูตรต่างๆทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาในขั้นถัดไป โดยสามารถทำได้ดังนี้

1.1 ค้นหาคำสำคัญ ชีตเส้นใต้คำสำคัญทางฟิสิกส์ ส่วนที่โจทย์ต้องการทราบ ส่วนที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมแทนคำสำคัญนั้นด้วย สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์

1.2 สร้างแผนภาพ หลังจากรวบรวมคำสำคัญทางฟิสิกส์แล้วให้เชื่อมโยงข้อความจากโจทย์และคำสำคัญให้เป็นแผนภาพ เช่น บันไดลาดกับกำแพง วัตถุผูกเชือกคล้องผ่านรอกพื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ พร้อมระบุ สัญลักษณ์ ตัวแปรกำกับไว้ในกรอบข้างแผนภาพ การใช้เวกเตอร์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ หรือเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) เพื่อที่จะให้ได้แนวการได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา

1.3 หลักการทางฟิสิกส์ ก่อนการคำนวณหาคำตอบ ต้องวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาโดยรวบรวมสูตร กฎ สมการ นิยาม ทฤษฎีหลักการทางฟิสิกส์ ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา เช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แล้วอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่เลือกไว้ว่าสอดคล้องเหมาะสมกับโจทย์ปัญหาหรือไม่ โดยพิจารณาสูตร กฎ นิยาม สมการ หลักการ ที่นำมาใช้นั้นเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา : เป็นขั้นที่สอดคล้องและต่อเนื่องมาจากขั้นที่ 1 โดยมีเป้าหมายสำคัญคือเป็นการนำความสัมพันธ์จากการหลักการทางฟิสิกส์ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการ โดยสามารถทำได้ ดังนี้

2.1 การแก้สมการ ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา ซึ่งหากมีการแก้สมการมากกว่า 1 สมการ เพื่อความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหา ควรจะกำหนดให้เป็นสมการที่ 1 , 2 หรือ 3 ตามลำดับ หากการแก้โจทย์ปัญหานั้นต้องอาศัยหลักคณิตศาสตร์สำหรับพีสิกส์มาใช้ก็ควรเขียนสูตร สมการทางคณิตศาสตร์กำกับไว้ด้านข้างของกระดาษ

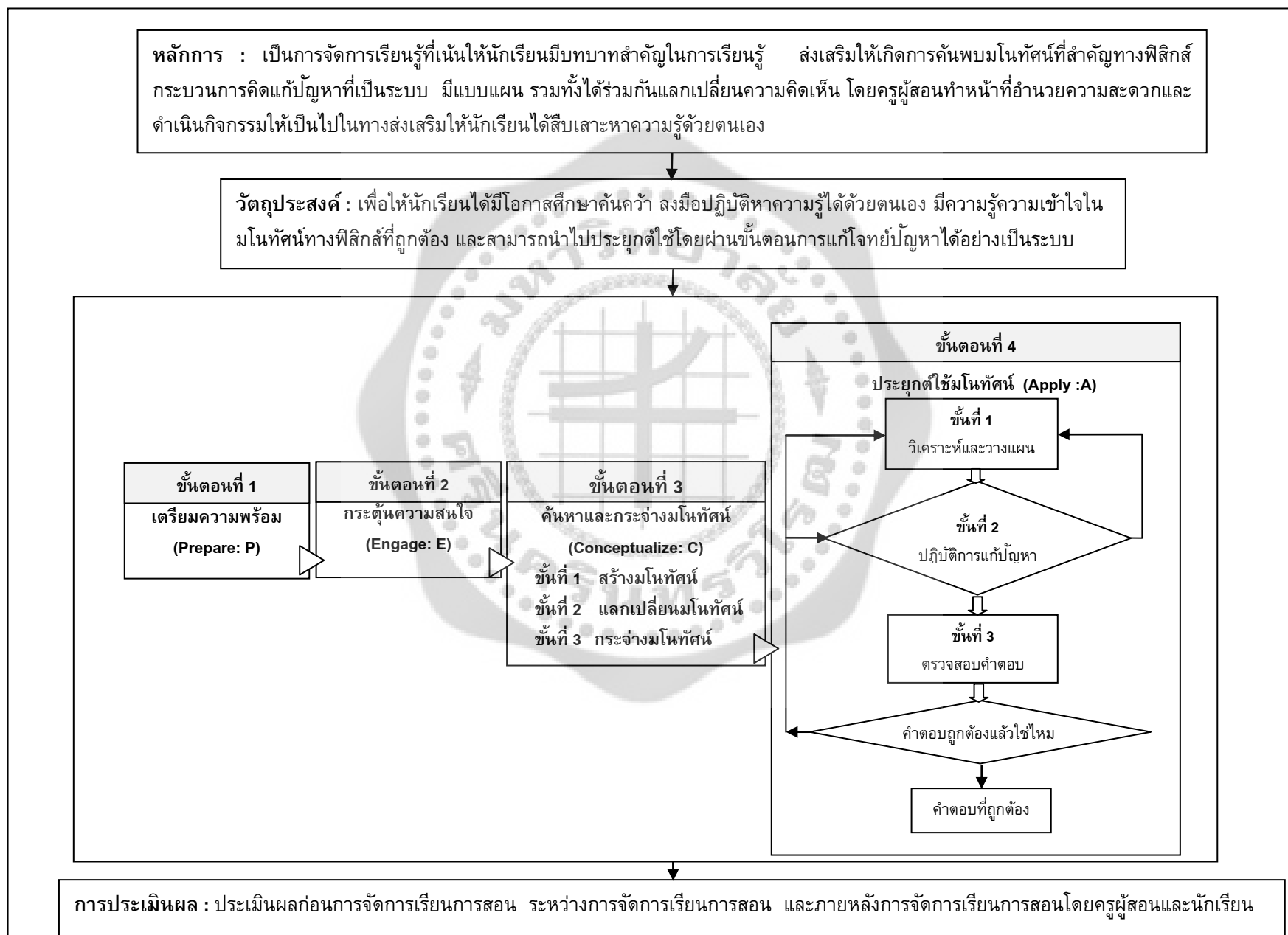
2.2 ตรวจสอบหน่วย ก่อนที่จะแทนค่าตัวเลขในสมการให้ทำการตรวจสอบหน่วย (Check Unit) ทั้งสองข้างของสมการว่าถูกต้องหรือไม่ แล้วจึงค่อยทำการแทนตัวเลขในสมการสุดท้ายของการแก้ปัญหา หากพบปัญหาสามารถกลับไปยังขั้นที่ผ่านมา หรืออาจปรับปรุงแผนการที่วางไว้

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ : เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เพื่อหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นมีความถูกต้อง โดยสามารถทำได้ ดังนี้

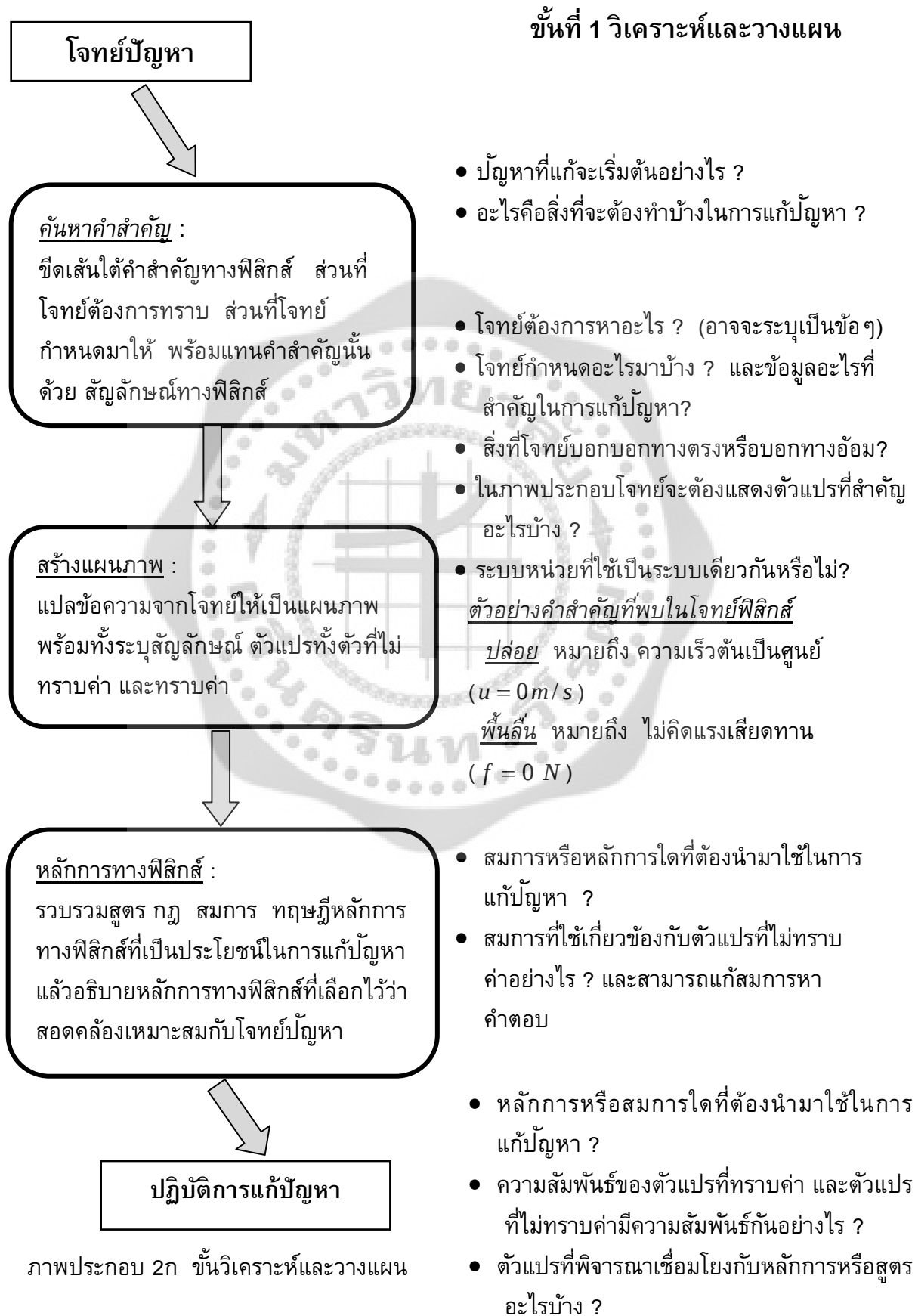
3.1 พิจารณาความสมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการทราบหรือไม่ คำตอบที่ได้ความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

3.2 ทบทวนการหาคำตอบ หากคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผล หรือไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนพร้อมแก้ไขให้ถูกต้อง โดยพิจารณาจากการเลือกใช้สูตรหรือหลักการว่ามีความถูกต้องหรือไม่ คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาผิดหรือไม่ ลืมการเปลี่ยนหน่วยหรือไม่ หรือดูค่าสำคัญที่ขีดเส้นใต้ไว้ที่โจทย์ว่า คำตอบนั้นตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

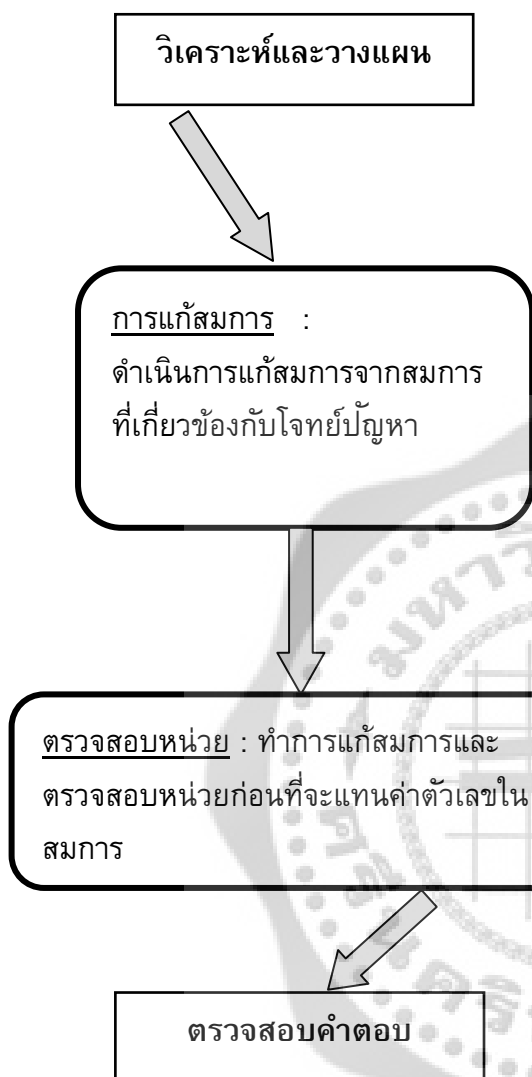
ภาพประกอบ 12 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 2



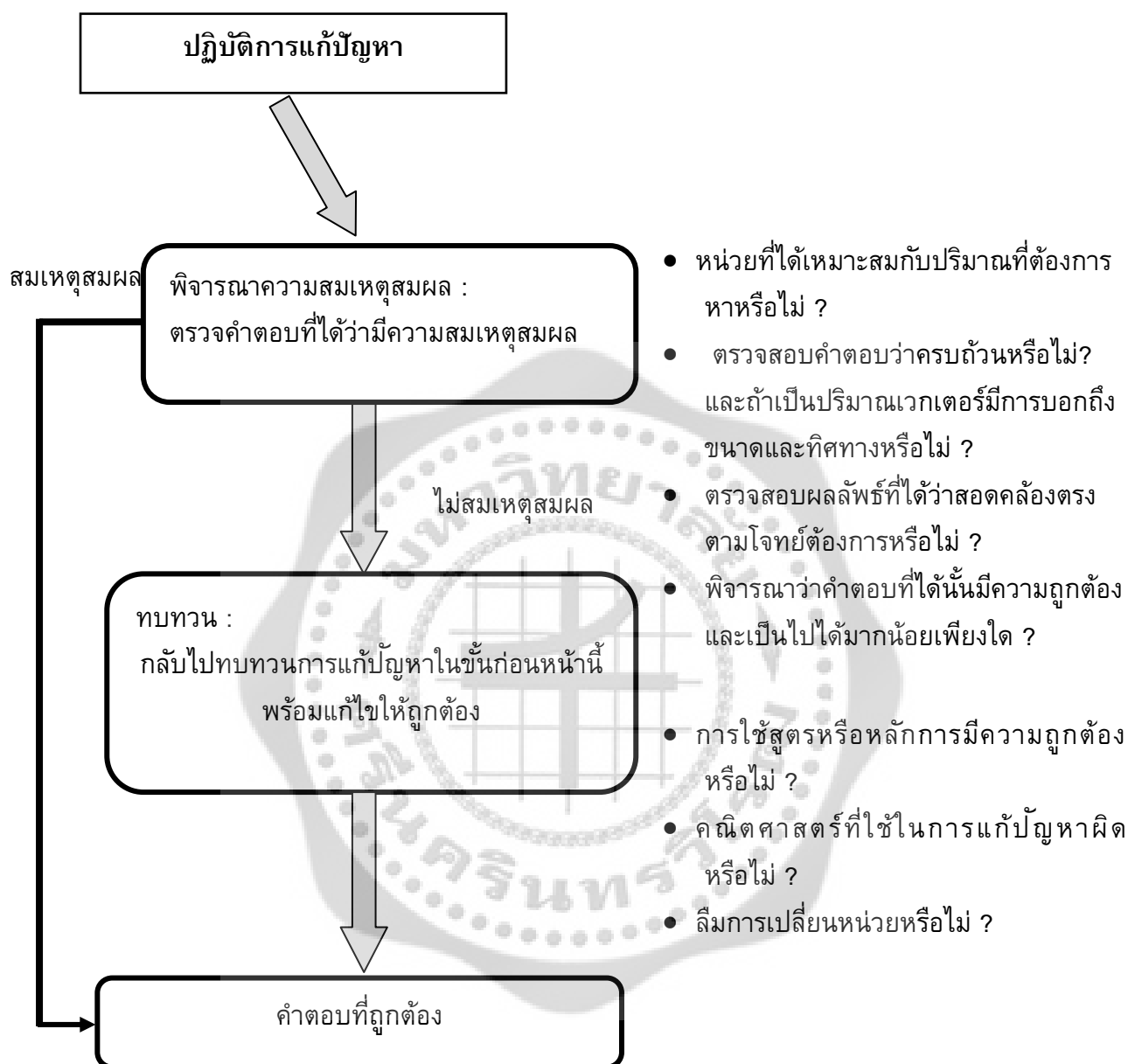
ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา



- สมการหรือหลักการใดที่ต้องนำมาใช้ ในการแก้ปัญหา ?
- ใช้สมการ หรือหลักการที่เตรียมไว้ ในการแก้ปัญหา
- คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์เรื่องใดที่ต้องนำมาใช้ ?
- ถ้ามีการแก้สมการมากกว่าหนึ่ง สมการ เพื่อความเข้าใจในการแก้ปัญหา ควรจะกำหนดให้เป็นสมการที่ 1, 2 หรือ 3
- ดำเนินการแก้สมการและตรวจสอบ หน่วย(Check Unit) ก่อนแทนตัวเลข
- ทำการแทนค่าตัวเลขในสมการ สุดท้ายของการแก้ปัญหาหากขณะที่กำลัง ดำเนินการแก้ปัญหาแล้วผู้เรียนพบปัญหา จากการแก้สมการอีก ผู้เรียนสามารถกลับไป ยังขั้นที่ 2 ได้ หรืออาจปรับปรุงแผนการที่วางไว้

ภาพประกอบ 2x ขั้นปฏิบัติการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ



ภาพประกอบ 2ค ขั้นตรวจสอบคำตอบ

การเตรียมความพร้อม

การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ ประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้ สื่อวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ และเครื่องมือที่ใช้ประเมินผลไว้ให้ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้ทันที หรืออาจนำไปปรับปรุงและเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนการสอนให้มากที่สุด ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมดังนี้

การเตรียมสื่อการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอนนี้ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางให้สำหรับครูผู้สอน ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรเตรียมสื่อวัสดุอุปกรณ์ให้เพียงพอแก่นักเรียน พร้อมทั้งควรตรวจสอบสภาพให้พร้อมก่อนการใช้งาน นอกจากนี้ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้นอย่างละเอียด พร้อมทั้งจัดเตรียมใบกิจกรรมและใบความรู้ให้พร้อมเพื่อแจกแก่นักเรียน

การเตรียมเครื่องมือการวัดและประเมินผล

ครูผู้สอนต้องตระหนักว่าการเรียนการสอน และการวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการเดียวกันจำเป็นต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนอย่างแท้จริง ผลการประเมินควรได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการที่หลากหลาย อาทิเช่น การสังเกต แบบประเมินตนเอง แบบทดสอบต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นครูผู้สอนควรเตรียมศึกษาวิธีการวัดและประเมินผลดังกล่าว เพื่อการเก็บข้อมูลอย่างตรงไปตรงมา และนำไปสู่การแปลผลและลงข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

แนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอน

การใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. ผู้ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA : รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA มีขั้นตอนในการจัดเรียนการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยการเรียนการสอนนั้น ครูผู้สอนคอยกระตุ้นสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน ซึ่งครูผู้สอนสามารถศึกษาทำความเข้าใจและปฏิบัติตามได้โดยง่ายจากคู่มือครูประกอบการสอน

2. กลุ่มเป้าหมาย : นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA นี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สมดุลกลงานและพลังงาน แต่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนักเรียนหัวข้ออื่นได้ตามความเหมาะสม

3. ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA คือ 30 คาบ

4. รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA นี้ใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีเอกสารประกอบการเรียนรู้และเอกสารครูผู้สอน

5. เพื่อให้การใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA นี้ประสบความสำเร็จสูงสุด ครูผู้สอนจำเป็นต้องศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ ฯ นี้ให้ละเอียดก่อนการดำเนินการ ดังนี้

- ศึกษาคู่มือว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA นี้ประกอบด้วยเอกสารอะไรบ้าง
- ศึกษาเนื้อหาในเอกสารให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ก่อนดำเนินการใช้
- จัดเตรียมอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนที่เสนอแนะให้พร้อมก่อนการใช้

หมายเหตุ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA นี้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ (เพิ่มเติม) ซึ่งในการนำไปใช้จริงนั้นอาจมีการปรับเปลี่ยนให้เกิดความเหมาะสม ทั้งในเรื่องของเวลาและรายละเอียดของเนื้อหาสาระให้มีความสอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของนักเรียนได้

บทบาทของครูผู้สอน

ครูผู้สอนในฐานะผู้อำนวยการความสะดวกให้นักเรียนในระหว่างแสวงหาความรู้ ผู้สอนควรเข้าใจบทบาทของตนเอง โดยดำเนินการดังนี้

1. ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอภิปรายกลุ่ม
2. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งหากิจกรรมที่ดึงดูดและสอดคล้องกับลักษณะที่สำคัญของวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle)
3. รับฟังความคิดเห็นของนักเรียนและให้ความสำคัญต่อการแสดงความคิดเห็นของนักเรียน
4. มีการใช้เทคนิค ลีลาการสอนที่สนุก ไม่น่าเบื่อ และตอบสนองความสนใจของนักเรียน
5. อธิบายการทำกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน ด้วยภาษาที่นุ่มนวล และให้กำลังใจ
6. อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทำกิจกรรม และพร้อมเสนอแนะระหว่างการทำกิจกรรม หากมีปัญหานักเรียนต้องการขอความช่วยเหลือ
7. ช่วยนักเรียนสรุปสาระสำคัญและเพิ่มเติมสิ่งที่เรียนรู้เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมสิ้นสุดลง
8. แบ่งนักเรียนให้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย 4-5 คน โดยมีการลดความสามารถและเพศ
9. กล่าวชมเชยหรือให้รางวัลเมื่อนักเรียนตอบคำถามหรือร่วมทำกิจกรรมได้ถูกต้อง เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจและเป็นกำลังใจให้แก่นักเรียน
10. สร้างบรรยากาศให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอย่างเท่าเทียมกัน

บทบาทของนักเรียน

บทบาทของนักเรียน ครูผู้สอนควรชี้แนะให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตน โดยครูผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนฝึกฝนปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเรื่องต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทั้งเดี่ยวและการทำงานเป็นกลุ่มร่วมกับเพื่อน จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่นหนังสือ ใบความรู้ต่างๆ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

2. มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติจริง สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ตอบคำถาม ทำการทดลอง ทำกิจกรรม ทำแบบฝึกหัด เป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม รวมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ๆ และครูผู้สอน

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และนำไปปฏิบัติ จึงได้แสดงบทบาทของครูผู้สอน และนักเรียนในแต่ละขั้นตอน ให้เห็นได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในตาราง 1



บทบาทของครูและนักเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 1 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการ
แก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ลำดับขั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P)	- เน้นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมที่จำเป็นกับเรื่องที่จะเรียนเข้าด้วยกัน - ชี้แจงจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละครั้งในเนื้อหา	- ใช้คำถามหรือ การสอบย่อยเพื่อทบทวนความรู้เดิมหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่องที่จะเรียน - ประเมินความเข้าใจของนักเรียน ถ้าพบว่ามีข้อสงสัย ก็ดำเนินการแก้ไข - ชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอนครั้งนี้	- มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนและพร้อมที่จะปฏิบัติตามเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ - อภิปราย สังเกต ร่วมกิจกรรมที่ครูนำเสนออย่างเต็มความสามารถ
ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E)	เน้นกิจกรรมและการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจกระตือรือร้นและอยากเรียนรู้	- จัดทำกิจกรรมที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียน - ตั้งคำถามประเด็นที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดในประเด็นที่ต้องการศึกษา	- ให้ความสนใจและตั้งใจในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน - มีการแสดงความคิดเห็นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize:C)	- เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทดลองสำรวจ ตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อได้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นในชั้นเรียนและทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง สมบูรณ์	3.1 ขั้นสร้างมโนทัศน์ - นำเสนอกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างมโนทัศน์ เช่นการทดลอง การสืบค้นเนื้อหาการเรียนในหัวข้อนั้น - อำนวยความสะดวกและเป็นพี่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน	- ให้ความสนใจและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน - นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมในกลุ่มย่อย

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับขั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่าง มโนทัศน์ (Conceptualize:C) (ต่อ)		3.2 ขั้นแลกเปลี่ยน มโนทัศน์ ▪ รับฟังความคิดเห็น ของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ▪ อำนวยความสะดวก ให้กับนักเรียน 3.3 ขั้นกระจ่างมโนทัศน์ ▪ ครูอธิบาย หลักการ สูตรเพิ่มเติมเพื่อความ เข้าใจที่ถูกต้อง	▪ ให้ความสนใจและ รับฟังความคิดเห็นของ เพื่อนในชั้นเรียนอย่าง ตั้งใจ ▪ นักเรียนร่วม อภิปรายกับครูเพื่อ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น
ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A)	▪ เน้นให้นักเรียนได้ เชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์ไป ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ โจทย์ปัญหาผ่านขั้นตอนการ แก้ปัญหา 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1. วิเคราะห์และวางแผน 2. ปฏิบัติการแก้ปัญหา 3. ตรวจสอบคำตอบ	ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และ วางแผน ▪ ครูแจกคู่มือการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้กับ ผู้เรียนในครั้งแรกที่เรียน ▪ กระตุ้นให้นักเรียนคิด ให้อบด้าน คิดหลากหลาย ▪ เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การแก้โจทย์ปัญหากับ เพื่อนในชั้นเรียนทั้งในกลุ่ม ตนเองและเพื่อนต่างกลุ่ม ▪ ให้นักเรียนแต่ละ กลุ่มได้ศึกษาค้นคว้า สร้างทางเลือกแนวทางการ แก้โจทย์ปัญหา ▪ อำนวยความสะดวก ให้ กำลังใจและเป็นที่ปรึกษา ที่ดีให้กับนักเรียน	▪ ทำงานเป็นกลุ่มย่อย และรายบุคคลเพื่อแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ ได้รับ ตามขั้นตอน ดังนี้ <u>วิเคราะห์และวางแผน</u> 1.1 <u>ค้นหาคำสำคัญ</u> ; ชีด เส้นใต้คำสำคัญในโจทย์ และแทนคำสำคัญ (Keyword) ด้วย สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ 1.2 <u>สร้างแผนภาพ</u> ; แปล ข้อความจากโจทย์เป็น แผนภาพ ประกอบโจทย์ โดยระบุสัญลักษณ์และ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 1.3 <u>หลักการทางฟิสิกส์</u> ; รวบรวมสูตร กฎ สมการ ที่เป็นประโยชน์ในการ แก้ปัญหาแล้วอธิบาย หลักการที่เลือกไว้

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับขั้น	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้โมทัศน์ (Apply : A) (ต่อ)			โดยระบุสัญลักษณ์และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 1.3 <u>หลักการทางฟิสิกส์</u> ; รวบรวมสูตร กฎ สมการที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาแล้วอธิบายหลักการที่เลือกไว้
		ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา ▪ ให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้ทำการแก้โจทย์ปัญหา ▪ อำนวยความสะดวก และเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน	ปฏิบัติการแก้ปัญหา 2.1 <u>การแก้สมการ</u> ; ดำเนินการแก้สมการจากสมการที่เกี่ยวข้อง 2.2 <u>ตรวจสอบหน่วย</u> ; ตรวจสอบหน่วย(Check Unit)ก่อนที่จะแทนค่าตัวเลขในสมการ
		ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ ▪ ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายคำตอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ▪ อำนวยความสะดวก และเป็นที่ปรึกษาที่ดีให้กับนักเรียน ▪ มอบหมายงานให้นักเรียน เพื่อส่งเสริมศักยภาพผู้เรียน	ตรวจสอบคำตอบ 3.1 <u>สมเหตุสมผล</u> ; ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ 3.2 <u>ทบทวนการหาคำตอบ</u> ; หากคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ถูกต้องให้กลับไปทบทวนพร้อมแก้ไขให้ถูกต้อง ▪ มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนอย่างเต็มศักยภาพ

โครงสร้างเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ รายวิชา ฟิสิกส์ (เพิ่มเติม) เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ดังนี้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วงและแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 ทดลองและอธิบายได้ว่าเมื่อตั้งหรือผลักวัตถุด้วยแรงที่มากกว่าหนึ่งแรงจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมือนว่ามีแรงหนึ่งซึ่งเป็นผลลัพธ์ของแรงนั้น

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 สำรวจตรวจสอบและอธิบายความหมายของงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงานและการนำไปใช้ประโยชน์
เวลาที่ใช้สอน 30 คาบ ดังนี้

ตาราง 2 การกำหนดหัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้

เนื้อหาเรื่อง	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลาที่ใช้ (คาบ)
สมดุลกล	1.สภาพสมดุลและเงื่อนไขสมดุล	4
	2.แรงเสียดทาน	4
	3.โมเมนต์ของแรง	4
	4. จุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วง	2
	5.โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	2
		รวม 16 คาบ
งานและพลังงาน	5.งาน	2
	6.กำลัง	2
	7.พลังงานจลน์	2
	8.พลังงานศักย์โน้มถ่วง	2
	9.พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	2
	10.กฎการอนุรักษ์พลังงาน	4
		รวม 14 คาบ
		ใช้เวลาทั้งหมด 30 คาบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของ สมดุลกล สมดุลสถิต สมดุลจลน์ได้
2. จำแนกลักษณะของสมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุนได้
3. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ของสภาพสมดุลของวัตถุในกรณีแรงสองแรง และแรงสามแรง
ขนานกันและไม่ขนานกันได้
4. อธิบายความหมายของแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานจลน์และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
ได้
5. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อแรง เสียดทานได้ พร้อมทั้งบอกวิธีเพิ่มหรือ
ลดแรงเสียดทาน เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
6. อธิบายความหมาย โมเมนต์ของแรงที่เกิดขึ้นกับวัตถุในขณะวัตถุหมุนและอยู่ สภาพสมดุล
ได้
7. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ของโมเมนต์ของแรงกับปริมาณที่เกี่ยวข้องอื่นๆ
8. อธิบายจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุได้
9. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ของจุดศูนย์กลางถ่วงและศูนย์กลางมวลของวัตถุได้
10. อธิบายความหมายโมเมนต์ของแรงคู่ควบได้พร้อมยกตัวอย่างของการนำโมเมนต์ของแรงคู่
ควบไปใช้ได้
11. อธิบายความหมายของงานทางฟิสิกส์ได้
12. อธิบายความแตกต่างระหว่างงานในชีวิตประจำวันและงานทางฟิสิกส์ได้
13. อธิบายความหมายของคำว่ากำลังได้
14. อธิบายความหมายของพลังงานจลน์ได้
15. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ได้
16. อธิบายความหมายของพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้
17. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์โน้มถ่วงได้
18. อธิบายความหมายของพลังงานศักย์ยืดหยุ่นได้
19. ทดลอง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นได้
20. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานและนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆได้

แผนการดำเนินการจัดการเรียนรู้

ตาราง 3 แผนการดำเนินการจัดการเรียนรู้

สัปดาห์ที่	คาบที่	เนื้อหาสาระ	สื่อการสอน
1	1-2 (2 คาบ)	ปฐมนิเทศก่อนเรียน - เอกสารคำชี้แจงการเรียนรู้ - ทดสอบก่อนเรียน(แบบวัด มโนทัศน์ฟิสิกส์,แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์,แบบวัด เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์)	- แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ - แบบวัดความสามารถในการ แก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ - แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์
1-2	3-6 (4 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สภาพสมดุลและ เงื่อนไขสมดุล	- ใบงานที่ 1 - ใบความรู้ที่ 1 - ใบกิจกรรมที่ 1 - แบบฝึกหัดที่ 1 - แบบประเมินตนเอง
2-3	7-10 (4 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน	- ใบงานที่ 2 - ใบความรู้ที่ 2 - ใบกิจกรรมที่ 2 - แบบฝึกหัดที่ 2 - แบบประเมินตนเอง
3-4	11-14 (4 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โมเมนต์ของแรง	- ใบงานที่ 3 - ใบความรู้ที่ 3 - ใบกิจกรรมที่ 3 - แบบฝึกหัดที่ 3 - แบบประเมินตนเอง
5	15-16 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง จุดศูนย์กลางมวล	- ใบงานที่ 4 - ใบความรู้ที่ 4 - ใบกิจกรรมที่ 4 - แบบฝึกหัดที่ 4 - แบบประเมินตนเอง
5	17-18 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง โมเมนต์ของแรงคู่ ควบ	- ใบงานที่ 5 - ใบความรู้ที่ 5 - ใบกิจกรรมที่ 5 - แบบฝึกหัดที่ 5 - แบบประเมินตนเอง

ตาราง 3 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	คาบที่	เนื้อหาสาระ	สื่อการสอน
6	19-20 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง งานทางฟิสิกส์	- ใบงานที่ 6 - ใบความรู้ที่ 6 - ใบกิจกรรมที่ 6 - แบบฝึกหัดที่ 6 - แบบประเมินตนเอง
6	21-22 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง กำลัง	- ใบงานที่ 7 - ใบความรู้ที่ 7 - ใบกิจกรรมที่ 7 - แบบฝึกหัดที่ 7 - แบบประเมินตนเอง
7	23-24 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง พลังงานจลน์	- ใบงานที่ 8 - ใบความรู้ที่ 8 - ใบกิจกรรมที่ 8 - แบบฝึกหัดที่ 8 - แบบประเมินตนเอง
7	25-26 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง	- ใบงานที่ 9 - ใบความรู้ที่ 9 - ใบกิจกรรมที่ 9 - แบบฝึกหัดที่ 9 - แบบประเมินตนเอง
8	27-28 (2 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	- ใบงานที่ 10 - ใบความรู้ที่ 10 - ใบกิจกรรมที่ 10 - แบบฝึกหัดที่ 10 - แบบประเมินตนเอง
8-9	29-32 (4 คาบ)	แผนจัดการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน	- ใบงานที่ 11 - ใบความรู้ที่ 11 - ใบกิจกรรมที่ 11 - แบบฝึกหัดที่ 11 - แบบประเมินตนเอง
10-11	3 คาบ	ทำการทดสอบหลังเรียน	- แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ - แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ - แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 สมดุลกล

เรื่อง แรงเสียดทาน

เวลา 4 คาบ

วิชา ฟิสิกส์

ภาคเรียนที่ 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วงและแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-6 ทดลองและอธิบายได้ว่าเมื่อดึงหรือผลักวัตถุด้วยแรงที่มากกว่าหนึ่งแรงจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมือนว่ามีแรงหนึ่งซึ่งเป็นผลลัพธ์ของแรงนั้น

มโนทัศน์หลัก

แรงเสียดทานเป็นปริมาณด้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก และสัมพันธ์กับความเสียดทาน ซึ่งแรงเสียดทานมี 2 ประเภท คือ แรงเสียดทานสถิต เกิดขึ้นเมื่อวัตถุหยุดนิ่งและมีค่ามากที่สุดขณะวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ และแรงเสียดทานจลน์ เกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่แล้ว

จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของแรงเสียดทาน แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้
2. แปลความหมายจากกราฟระหว่างแรงที่ใช้ดึงกับน้ำหนักของวัตถุ และหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์จากกราฟได้
3. แก่สถานการณ์โจทย์ปัญหาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานได้

เนื้อหา

1. แรงเสียดทาน
2. ประเภทของแรงเสียดทาน

กระบวนการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P)

ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องของแรงในธรรมชาติที่มีอยู่กี่ชนิด อะไรบ้าง พร้อมแลกเปลี่ยนรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน โดยครูคาดหวังว่านักเรียนสามารถตอบคำถามได้ ดังนี้

1. แรงโน้มถ่วง
2. แรงแม่เหล็กไฟฟ้า
3. แรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน
4. แรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม

ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E)

1. ครูนำไม้เมตรขึ้นมา แล้วถามนักเรียนว่าใครสามารถที่จะวางไม้เมตรบนนิ้วชี้ของมือทั้งสองข้าง แล้วเลื่อนนิ้วทั้งสองข้างเข้าหากันได้บ้าง
2. นักเรียนตัวแทนออกมาทำการสาธิตหน้าชั้นเรียน จำนวน 3 คน เพื่อแสดงให้เพื่อนๆ ในชั้นเรียนสังเกตซึ่งผลการสาธิตนี้จะเลื่อนที่ละข้างไม่ได้ แล้วครูใช้คำถามว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น
3. ครูให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนใส่ถุงมือข้างใดข้างหนึ่ง แล้วลองเลื่อนนิ้วชี้เข้าหากันอีกครั้ง แล้วใช้คำถามเช่นเดิม (ครูคาดหวังว่านักเรียน ควรจะตอบได้ว่า การที่นิ้วชี้ไม่สามารถเลื่อนเข้าหาพร้อมกันได้ เนื่องจากแรงต้านหรือแรงเสียดทานระหว่างถุงมือกับไม้เมตรเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถเลื่อนนิ้วเข้าหากันได้)
4. ครูให้นักเรียนเข้าสู่การทดลองเรื่องแรงเสียดทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน

ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize:C)

3.1 ขั้นสร้างมโนทัศน์

1. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย 1 เรื่องแรงเสียดทาน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำทดลอง
2. นักเรียนลงมือปฏิบัติทำการทดลอง พร้อมบันทึกผล และเขียนรายงานผลเพื่อนำผลการปฏิบัติการทดลองมารวบรวมอภิปรายแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันในชั้นเรียนโดยครูเป็นผู้ที่คอยอำนวยความสะดวกและเป็นทีปรึกษาให้กับนักเรียนเมื่อนักเรียนพบปัญหาอุปสรรคขณะทำการทดลอง

3.2 แลกเปลี่ยนมโนทัศน์

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ จากผลการปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างทดลองมารวบรวมอภิปรายและแสดงความคิดเห็น จนได้ข้อสรุป ดังนี้

1) เมื่อออกแรงดึงวัตถุที่มีมวลเท่ากันบนพื้นผิวสัมผัสต่างกัน จะออกแรงดึงไม่เท่ากัน โดยผิวสัมผัสระหว่างวัตถุที่หยาบ หรือขรุขระ จะออกแรงดึงมากกว่าผิวสัมผัสที่ลื่นหรือเรียบ แสดงให้เห็นว่า เมื่อออกแรงดึงวัตถุจะมีแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่มีทิศทางตรงกันข้าม เรียกแรงนี้ว่า แรงเสียดทาน

2) การออกแรงดึงวัตถุที่หยุดนิ่งจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มขยับพร้อมที่จะเคลื่อนที่ ซึ่งแรงดึงดังกล่าวมีขนาดเท่ากับแรงที่ต้านทานการดึงของวัตถุ ขณะหยุดนิ่งหรือเริ่มจะเคลื่อนที่ เรียกว่า แรงเสียดทานสถิต

3) การออกแรงดึงวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งแรงดึงดังกล่าวมีขนาดเท่ากับแรงที่ต้านทานการดึงของวัตถุขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า แรงเสียดทานจลน์

4) เมื่อออกแรงดึงวัตถุที่มีมวลต่างกัน บนผิวสัมผัสชนิดเดียวกัน วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะออกแรงดึงมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย แสดงให้เห็นว่า แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ หรือแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุในแนวตั้งฉาก

5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (F) กับ น้ำหนักของวัตถุ (W) ขณะที่หยุดนิ่งจนเริ่มจะเคลื่อนที่ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จะมีความชันไม่เท่ากัน โดยความชันของเส้นกราฟของแรงดึงวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จะน้อยกว่า

3.3 กระบวนการโน้ตค้น

1. ครูเพิ่มเติมโดยให้นักเรียนเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ โดยครูกำหนดสัญลักษณ์ ให้ดังนี้

F_1	แทน	แรงดึงให้กล่องไม้เริ่มเคลื่อนที่
F_2	แทน	แรงดึงให้กล่องไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
W	แทน	น้ำหนักของกล่องไม้
N	แทน	แรงที่พื้นกระทำต่อกล่องไม้ในแนวตั้งฉากกับพื้น
f_s	แทน	แรงเสียดทานสถิต
f_k	แทน	แรงเสียดทานจลน์

2. ครูให้นักเรียนเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ โดยอาศัยผลจากการทดลอง ซึ่งครูคิดว่านักเรียนควรจะเขียนได้ ดังนี้

$$f_s = F_1 \quad \text{— (1)}$$

$$f_k = F_2 \quad \text{— (2)}$$

$$N = W \quad \text{— (3)}$$

4. ครูให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า เมื่อกล่องไม้หยุดนิ่งหรือเริ่มเคลื่อนที่ จะได้ว่า

$$\frac{F_1}{W} = \frac{f_s}{N}$$

และจากกราฟเราได้ว่า $\frac{F_1}{W}$ มีค่าคงตัว (ค่าของความชัน) ดังนั้น จึงได้ว่า $\frac{f_s}{N}$ มีค่าคงตัวด้วย ซึ่ง

เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ใช้สัญลักษณ์ μ_s นั่นคือ $\frac{f_s}{N} = \mu_s$ หรือ $f_s = \mu_s N$

5. ในทำนองเดียวกัน เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จะได้ว่า $f_k = \mu_k N$
เมื่อ μ_k เป็นสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนที่มีความสงสัยได้ซักถามเพื่อทำความเข้าใจให้ถูกต้อง
พร้อมออกมารับไปความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์

1. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับไปงาน เรื่อง แรงเสียดทาน
2. ครูแสดงตัวอย่างพร้อมขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาบนกระดาน มีขั้นตอน ดังนี้

ตัวอย่างโจทย์ปัญหา

ออกแรงผลักวัตถุมวล 20 กิโลกรัม โดยแนวแรงทำมุม 30° กับพื้นขรุขระ อยากทราบว่าต้องออกแรงผลักเท่าไร จึงจะทำให้กล่องนี้เริ่มจะเคลื่อนที่ กำหนด ให้ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตเป็น 0.5 และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์เป็น 0.2

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

ค้นหาคำสำคัญ

จากโจทย์ปัญหาข้างต้นจะพบคำสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหา คือ

พื้นขรุขระ หมายถึง ขณะที่ออกแรงผลักวัตถุจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นในทิศทาง

ตรงกันข้าม

เริ่มจะเคลื่อนที่ หมายถึง แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่มีแรงผลักนั้น

เป็นแรงเสียดทานสถิต ดังนั้น สัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ต้องนำมาใช้ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

โจทย์ต้องการหาสิ่งใด

ต้องการหาแรงผลัก F ที่กระทำต่อกล่องไปนี้

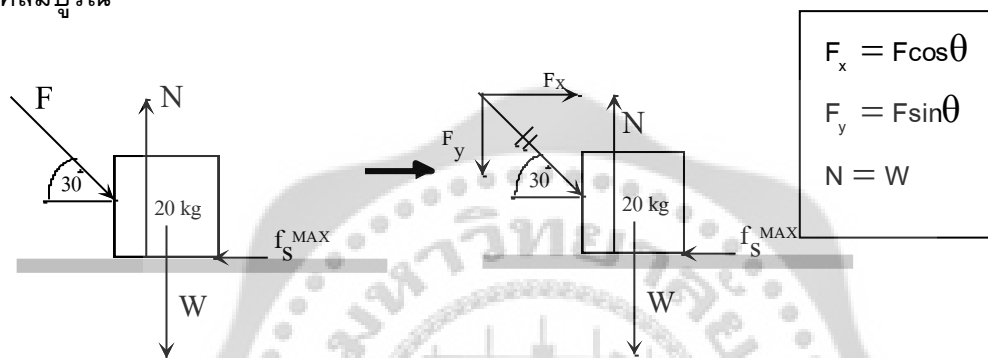
จากสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้
นักเรียนจะเห็นว่าระบบของ
โจทย์หยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่แสดง
ว่า สัมประสิทธิ์ความเสียด
ทานจลน์ไม่ต้องนำมาเกี่ยวข้องกับ
การแก้ปัญหา

โจทย์กำหนดสิ่งใด

- (1) มวลของกล่อง คือ 20 กิโลกรัม ($m = 20 \text{ kg}$)
- (2) สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต 0.5 ($\mu_s = 0.5$)
- (3) สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์เป็น ($\mu_k = 0.2$)
- (4) แนวแรงของมุมที่ทำกับระนาบพื้น 30°

วาดแผนภาพประกอบโจทย์

จากโจทย์ปัญหาข้างต้น ให้เขียนภาพแทนโจทย์และสัญลักษณ์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้สมบูรณ์



หลักการทางฟิสิกส์

เนื่องจากขณะออกแรงผลักแล้วกล่องยังไม่เคลื่อนที่ แสดงว่าขณะนั้นผิวสัมผัสระหว่างกล่องกับพื้นผิวมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแนวของแรง และกล่องนี้จะเริ่มขยับพอดี ก็ต่อเมื่อ แรงเสียดทานขณะนั้น เป็นแรงเสียดทานสถิตสูงสุด ($f_{s \max}$) และเนื่องจากแรงไม่ได้อยู่ในแนวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ จึงต้องทำการแยกองค์ประกอบของแรงเข้าแกน x และ y แล้วใช้กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน $\sum F = 0$ ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาค่าของแรง F

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

การแก้สมการ

หา F จาก $\sum F = 0$ (จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน)

$$F \cos \theta - f_{s \max} = 0$$

$$F \cos \theta = f_{s \max}$$

$$F \cos \theta = \mu (mg + F \sin \theta)$$

$$f_{s \max} = \mu N = \mu (mg + F \sin \theta)$$

$$\text{เมื่อ } N = mg + F \sin \theta$$

ตรวจสอบหน่วย

$$N = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 + N$$

แทนค่า จะได้

$$\begin{aligned} F \times \frac{\sqrt{3}}{2} &= 0.5(200 + F \times \frac{1}{2}) \\ 0.85F &= 100 + 0.25F \\ F &= 166.67 \text{ N} \end{aligned}$$

สรุปคำตอบ แรงผลักรถสปริงนี้มีขนาด 166.67 นิวตัน จึงจะทำให้รถสปริงนี้เริ่มจะเคลื่อนที่

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ถูกต้อง สมเหตุสมผล

คำตอบที่ได้อยู่ในหน่วยของแรง คือ นิวตัน มีความถูกต้อง และสมเหตุสมผล สอดคล้องกับโจทย์ที่ต้องใช้แรงผลักรถสปริง 166.67 นิวตัน เมื่อเทียบกับน้ำหนักที่กดลงบนพื้นที่มีขนาด $W + F\sin 30^\circ$ นิวตัน หรือ 283 นิวตัน ซึ่งจะเห็นว่าขนาดของแรงที่ผลักน้อยกว่า แสดงถึงสภาพที่รถสปริงนั้นยังไม่เกิดการเคลื่อนที่

3. ครูให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาจับแบบฝึกหัดการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
4. ให้นักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา และร่วมกันเฉลยกันในชั้นเรียน
5. นักเรียนแต่ละคนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ลงในแบบประเมินตนเองของนักเรียน

สื่อการเรียนรู้

1. เครื่องชั่งสปริง
2. เครื่องชั่งดิจิทัล
3. วัสดุผิวสัมผัส (แผ่นไม้ แผ่นพลาสติก และแผ่นโฟม)
4. กล้องไม้
5. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน
6. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน
7. ใบงานแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน
8. กระดาษกราฟ

การประเมินผล

ตัวบ่งชี้/พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
อธิบายความหมายของแรงเสียดทานสถิต แรงเสียดทานจลน์และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงกับน้ำหนักวัตถุได้	ตรวจผลงานจากการทำกิจกรรมที่ 2	ใบกิจกรรมที่ 2 แบบประเมินกิจกรรมที่ 2(แบบประเมินตนเอง)	ผ่านร้อยละ 80
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงเสียดทานได้	ตรวจผลงานจากการทำใบงานที่ 2	ใบงานที่ 2 (แบบฝึกหัดการแก้โจทย์ปัญหา)	ผ่านร้อยละ 80

แบบบันทึกผลการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง แบบบันทึกนี้ใช้สำหรับครูเพื่อบันทึกผลการเรียนรู้หลังจากที่ได้จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

1. ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวม

.....

.....

.....

ผลการสังเกตกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยภาพรวม

.....

.....

.....

ผลการปฏิบัติงานของนักเรียนตามที่ได้รับมอบหมาย (ใบงาน/ แบบฝึกหัด/ การนำเสนอผลงาน)

.....

.....

.....

ความคิดเห็นของครูต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

.....

.....

.....

2. ปัญหา หรือ อุปสรรค .

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....อาจารย์
(.....)



ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนการสอน

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง แรงเสียดทาน

ผู้ทำการทดลอง ชั้น เลขที่

รายชื่อสมาชิก

วันที่ทำการทดลอง

- | | | |
|---------|------------|--------------|
| 1. | ชั้น | เลขที่ |
| 2. | ชั้น | เลขที่ |
| 3. | ชั้น | เลขที่ |
| 4. | ชั้น | เลขที่ |

จุดประสงค์ของกิจกรรม : เพื่อศึกษา

1. ชนิดของแรงเสียดทาน
2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดแรงเสียดทาน

สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

.....

วัสดุ อุปกรณ์

กล่องไม้	3	กล่อง
เครื่องชั่งสปริง	1	อัน
แผ่นไม้	1	แผ่น
แผ่นพลาสติก	1	แผ่น
แผ่นโฟม	1	แผ่น

ตัวแปรที่ศึกษา

ตอนที่ 1

- ตัวแปรต้น
 ตัวแปรตาม
 ตัวแปรควบคุม

ตอนที่ 2

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

ขั้นตอนการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 กรณีจำนวนกล่องไม้คงที่ คู่ของพื้นผิวสัมผัสเปลี่ยน

1) ใช้เครื่องชั่งสปริงตึงกล่องไม้ จำนวน 1 กล่อง บนแผ่นไม้ โดยให้ทิศของแรงดึงอยู่ในแนวระดับ สังเกตและบันทึกผลขนาดแรงที่ใช้ดึง ขณะกล่องไม้เริ่มเคลื่อนที่ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

2) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1) แต่เปลี่ยนพื้นผิวสัมผัสเป็น แผ่นยาง และแผ่นโฟม ตามลำดับ

3) ทำการทดลองในแต่ละพื้นผิวสัมผัสซ้ำอีก 2 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยขนาดของแรงดึง

ตอนที่ 2 กรณีเพิ่มจำนวนกล่องไม้ คู่ของผิวสัมผัสไม่เปลี่ยน

1) นำกล่องไม้มาชั่งกับเครื่องชั่งดิจิตอล พร้อมบันทึกผล

2) ใช้เครื่องชั่งสปริงตึงกล่องไม้ 1 กล่อง โดยให้ทิศของแรงดึงอยู่ในแนวระดับ สังเกตและบันทึกผลขนาดแรงที่ใช้ดึง ขณะวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

3) ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1) แต่เพิ่มจำนวนกล่องไม้ เป็น 2 และ 3 กล่องตามลำดับ

4) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1- 2 อีก 2 ครั้ง

5) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (F) กับน้ำหนักของกล่องไม้ (W) ขณะวัตถุเริ่มเคลื่อนที่

6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (F) กับน้ำหนักของกล่องไม้ (W) ขณะวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 จำนวนกล่องไม้คงที่ พื้นผิวสัมผัสเปลี่ยน
คู่พื้นผิวสัมผัสที่ 1 ระหว่าง _____ กับ _____

สภาพของกล่องไม้	ขนาดของแรงดึง (นิวตัน)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
เริ่มจะเคลื่อนที่			
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่			

คู่พื้นผิวสัมผัสที่ 2 ระหว่าง _____ กับ _____

สภาวะการเคลื่อนที่	ขนาดของแรงดึง (นิวตัน)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
เริ่มจะเคลื่อนที่			
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่			

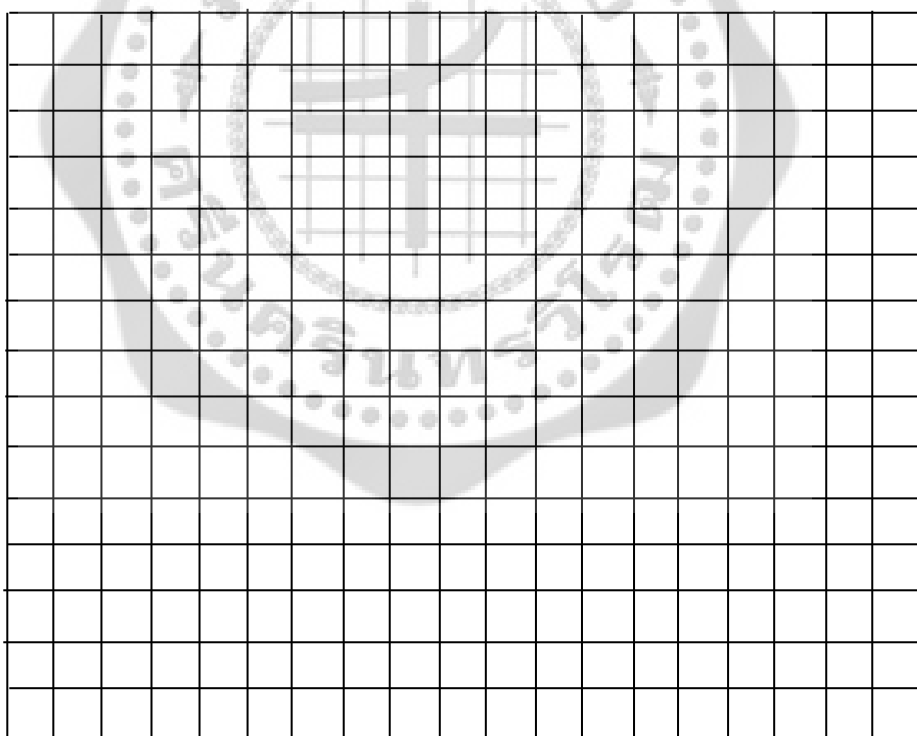
คู่ของพื้นผิวสัมผัสที่ 3 ระหว่าง _____ กับ _____

สภาวะการเคลื่อนที่	ขนาดของแรงดึง (N)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
เริ่มจะเคลื่อนที่			
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่			

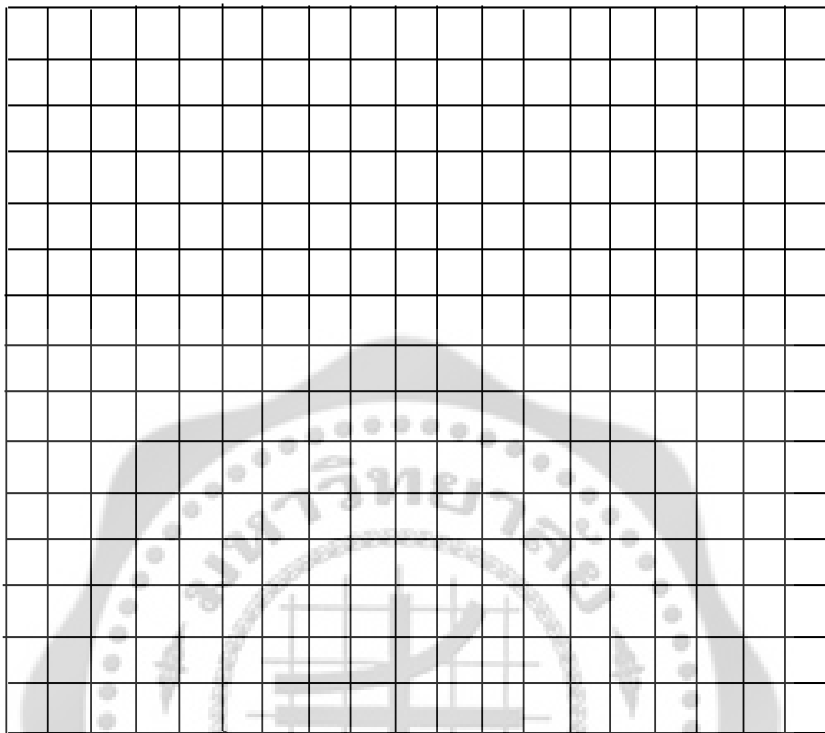
ตอนที่ 2 กรณี เพิ่มจำนวนกล่องไม้ ผิวสัมผัสไม่เปลี่ยน

จำนวนกล่องไม้ (กล่อง)	มวลกล่องไม้ (kg)	ขนาดของแรงดึง(N) ขณะเริ่มจะเคลื่อนที่			ขนาดของแรงดึง(N) ขณะเคลื่อนที่ความเร็วคงที่		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
1							
2							
3							

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (F) กับน้ำหนักกล่องไม้ (W) ขณะวัตถุเริ่มเคลื่อนที่



เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (F) กับน้ำหนักของกล่องไม้ (W) ขณะวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่



สรุปผลการทดลอง

[illegible]

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อออกแรงดึงกล่องไม้ให้ขนานกับพื้นผิวสัมผัส บนพื้นวัสดุต่างชนิดกัน เมื่อกล่องไม้เริ่มจะเคลื่อนที่ แรงที่ใช้ดึงจะต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

2. เมื่อออกแรงดึงกล่องไม้ขนานกับพื้นผิวสัมผัส บนพื้นวัสดุต่างชนิดกัน เมื่อกล่องไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แรงที่ใช้ดึงจะต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

3. เมื่อออกแรงดึงกล่องไม้ 1 2 และ 3 กล่อง ตามลำดับ ให้ขนานกับพื้นบนพื้นวัสดุเดียวกัน เมื่อเริ่มเคลื่อนที่ แรงดึงบนกล่องไม้ทั้ง 3 กล่อง ต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

4. เมื่อออกแรงดึงกล่องไม้ 1 2 และ 3 กล่อง ตามลำดับ ให้ขนานกับพื้นบนพื้นวัสดุเดียวกัน เมื่อกล่องไม้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แรงดึงทั้ง 3 จะต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดึง (F) กับน้ำหนักของกล่องไม้ (W) บนพื้นผิววัสดุชนิดเดียวกัน เมื่อเริ่มเคลื่อนที่ และขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....



ใบงานแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น ม.4/..... เลขที่.....

คะแนนที่ได้

.....
.....

1. วัตถุ 15 กิโลกรัม วางบนระนาบเอียงปัดทำมุม 37° กับแนวราบออกแรง F ดึงวัตถุขนานกับระนาบเอียง ถ้าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิตมีค่า 0.5 จงหาแรง F ที่พอดี ทำให้วัตถุยับขึ้น
ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

คำสำคัญ

.....
.....
.....

วาดแผนภาพ

หลักการทางฟิสิกส์

.....
.....
.....

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

แก้สมการ

ตรวจสอบหน่วย

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ถูกต้อง สมเหตุสมผล

.....
.....
.....

2. แท่งไม้ 2 อัน A และ B มีน้ำหนัก 2 กิโลกรัม และ 4 กิโลกรัม ผูกติดกันด้วยเชือกเบาถูกลากด้วยแรง F ไปบนพื้นไม้ที่อยู่ในแนวระดับซึ่งมีสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิตเป็น 0.7 และสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์เป็น 0.4 จงหาขนาดของแรง F ที่จะทำให้แท่งไม้ทั้งสองเคลื่อนที่ไปบนพื้นด้วย ความเร็วคงที่

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

คำสำคัญ

.....

.....

.....

วาดแผนภาพ

หลักการทางฟิสิกส์

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

แก้สมการ

ตรวจสอบหน่วย

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ถูกต้อง สมเหตุสมผล

.....

.....

.....

3.วัตถุหนัก mg เลื่อนลงจากพื้นเอียงด้วยความเร็วสม่ำเสมอ พื้นเอียงทำมุมกับพื้น 30° จงหาสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ระหว่างวัตถุกับพื้น

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

คำสำคัญ

.....

.....

.....

วาดแผนภาพ

หลักการทางฟิสิกส์

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

แก้สมการ

ตรวจสอบหน่วย

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ถูกต้อง สมเหตุสมผล

.....

.....

.....

4. ออกแรงดึงกล่องในทิศทำมุม θ กับแนวราบทำให้กล่องเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่บนพื้นผิว
 ถ้าพบว่าแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับกล่องมีค่าเป็น $\frac{1}{3}$ เท่าของน้ำหนักของกล่อง จงคำนวณ θ
 (กำหนด ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์เท่ากับ 0.4)

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

คำสำคัญ

.....

.....

.....

.....

วาดแผนภาพ

หลักการทางฟิสิกส์

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

แก้สมการ

ตรวจสอบหน่วย

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ถูกต้อง สมเหตุสมผล

.....

.....

.....

5. มวล m วางบนพื้นเอียงที่ทำมุม 30° กับพื้นราบถูกโยงกับมวล 10 กิโลกรัมที่แขวนอยู่ในแนวดิ่งด้วยเชือกใ้รน้ำหนัซึ่งพาดอยู่บนรอกที่ติดอยู่ปลายด้านบนของพื้นเอียง และสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ระหว่างมวล m กับพื้นเอียงคือ 0.5 มวล m ควรมีขนาดเท่าไรจึงจะทำให้สามารถเคลื่อนที่ลงมาตามแนวพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน

คำสำคัญ

.....

.....

.....

.....

วาดแผนภาพ

หลักการทางฟิสิกส์

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา

แก้สมการ

ตรวจสอบหน่วย

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ

ถูกต้อง สมเหตุสมผล

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน

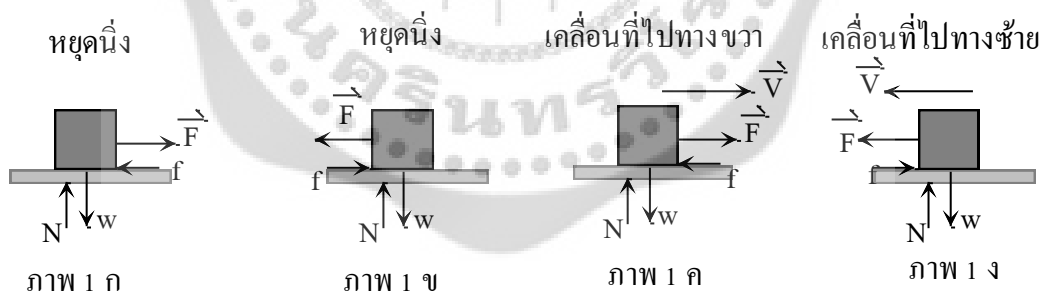
แรงเสียดทาน (FRICTION FORCE)

แรงเสียดทานหรือความเสียดทาน เกิดขึ้นเมื่อผิวสัมผัสมีแนวโน้มเคลื่อนออกจากกัน ซึ่งไม่ได้หมายความว่าผิวสัมผัสดังกล่าวต้องเป็นผิวสัมผัสระหว่างของแข็งเท่านั้น โดยความเสียดทานสามารถเกิดขึ้นภายในชั้นของไหลได้ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสที่เป็นของแข็งเท่านั้น

โดยธรรมชาติแล้วแรงเสียดทานจะมีขนาดและทิศไม่คงตัวขึ้นอยู่กับสถานะของการเคลื่อนที่ในขณะนั้น เพื่อความเข้าใจธรรมชาติของแรงเสียดทานได้ดี ในที่นี้จึงจะกล่าวถึงธรรมชาติของขนาดและทิศของแรงเสียดทานแยกออกจากกัน ดังนี้

ทิศของแรงเสียดทาน

แรงเสียดทานเป็นแรงที่ต้านความพยายามในการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเทียบกับผิวที่วัตถุสัมผัสอยู่ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า แรงเสียดทานมีทิศตรงกันข้ามกับแนวโน้มการเคลื่อนที่ของวัตถุเทียบกับผิวสัมผัส แรงเสียดทานเกิดขึ้นได้ทั้งสถานะที่วัตถุหยุดนิ่งแต่มีแนวโน้มเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งและสถานะที่กำลังเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับผิวสัมผัส ดังภาพ 1



ภาพ 1 ทิศของแรงเสียดทาน

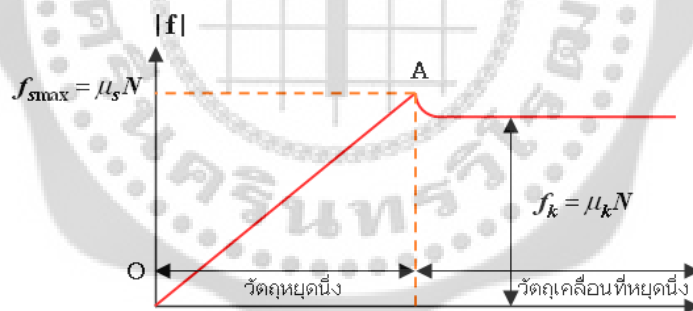
ภาพ 1(ก) แสดงวัตถุที่วางนิ่งอยู่บนพื้น ในตอนเริ่มต้นเมื่อเริ่มใช้แรง $\vec{F}$ ดึงวัตถุไปทางขวามือ หากใช้แรง $\vec{F}$ เพียงเล็กน้อยจะพบว่าวัตถุยังคงอยู่นิ่งแต่มีแนวโน้มเคลื่อนที่ไปทางขวามือเทียบกับพื้น ซึ่งการที่วัตถุยังคงอยู่นิ่งทั้งที่มีแรง $\vec{F}$ มากระทำแสดงว่าต้องมีแรงอีกแรงหนึ่งกระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงกันข้ามกับแรง $\vec{F}$ โดยตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน จะพบว่าแรงนี้ต้องมีขนาดเท่ากับแรง $\vec{F}$ ด้วย แรงนั้น คือ แรงเสียดทาน f ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างวัตถุกับพื้นนั่นเอง จะพบว่าในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่ง ทิศของแรงเสียดทาน จะตรงกันข้ามกับแนวโน้มการเคลื่อนที่ ซึ่งสถานะเช่นนี้ยังคงเกิดขึ้นหากใช้แรง $\vec{F}$ ลากวัตถุมาทางซ้ายมือ ดังภาพ 1(ข)

ในกรณีที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่อยู่หนึ่งนั้น แรงเสียดทานบนวัตถุจะมีทิศตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเทียบกับพื้น ซึ่งในภาพ 1(ค) และ (ง) หมายถึง ทิศที่ตรงกันข้ามกับทิศของความเร็ว $\vec{v}$ ของวัตถุ

ข้อควรระวัง ทิศของแรงเสียดทานที่กล่าวถึงในภาพที่ 1 เป็นทิศของแรงเสียดทานบนวัตถุเท่านั้นซึ่งในขณะเดียวกันจะมีแรงอีกแรงหนึ่งที่มีขนาดเท่ากันกระทำบนผิวสัมผัสในทิศตรงกันข้ามด้วย โดยเป็นแรงตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

ขนาดของแรงเสียดทาน

ในขณะที่วัตถุหยุดนิ่ง เมื่อเริ่มออกแรง ที่ไม่มากเกินไป วัตถุจะยังคงอยู่ต่อไป เนื่องจากมีแรงเสียดทาน กระทำในทิศตรงกันข้ามกับแนวโน้มการเคลื่อนที่ ซึ่งจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน ทำให้ทราบว่าแรงเสียดทาน จะมีขนาดเท่ากับแรง $\vec{F}$ จากนั้นเมื่อเพิ่มแรง $\vec{F}$ มากขึ้น โดยวัตถุยังคงไม่เคลื่อนที่ ขนาดของแรงเสียดทานย่อมต้องเพิ่มขึ้นและมีขนาดเท่ากับแรง $\vec{F}$ เสมอ แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งที่แรงเสียดทาน มีค่าสูงสุดและไม่สามารถเพิ่มขึ้นตามแรง ได้อีกต่อไป การเพิ่มแรงอีกเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ รูปแบบการเพิ่มขึ้นของแรงเสียดทาน ตามแรง ในช่วงที่วัตถุยังคงหยุดนิ่ง แสดงได้ด้วยกราฟระหว่างขนาดของแรงเสียดทาน f กับขนาดของแรง $\vec{F}$ ดังภาพ 2



ภาพ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับแรงดึง
(ที่มา <http://www.obeclms.com/lesson/02>)

จากภาพ 2 จะแสดงความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่าง f กับ $\vec{F}$ ในช่วงที่วัตถุหยุดนิ่ง โดยกำหนดให้ขนาดของแรงเสียดทานสูงสุดแทนด้วย f_{smax} เมื่อออกแรง $\vec{F}$ เพิ่มขึ้นจนแรงเสียดทานมีค่าสูงสุดเท่ากับ f_{smax} แล้ว แรง $\vec{F}$ ที่เพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยจะทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ ซึ่งเมื่อวัตถุเคลื่อนที่จะรู้สึกได้ทันทีว่าแรงเสียดทานลดลง แรงเสียดทานในช่วงที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ เรียกว่าแรงเสียดทานสถิต (Static friction force)

รูปแบบเช่นนี้พบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น ในตอนเริ่มเข็นรถยนต์เคลื่อนที่ แต่เมื่อรถยนต์จะต้องใช้แรงมากเพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่แล้วจะใช้แรงน้อยลงในการทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ต่อไป



ลักษณะเช่นนี้สอดคล้องกับกราฟในภาพ 2 โดยเมื่อขนาดของแรง F มากกว่า $f_{s\max}$ แล้ววัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่และมีแรงเสียดทานลดลงจากแรงเสียดทานสูงสุด แรงเสียดทานในช่วงนี้ เรียกว่า แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction Force)

สาเหตุที่แรงเสียดทานมีขนาดแตกต่างกัน ในแต่ละช่วงก็เนื่องมาจากกลไกการเกิดความเสียดทานมีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากภาพขยายของความขรุขระระหว่างผิวสัมผัส ดังภาพประกอบ 3



ภาพ 3 ภาพขยายความขรุขระระหว่างพื้นผิว

(ที่มา http://engineeronadisk.com/notes_mechanic/staticsb24.html)

จากภาพ 3 พบว่า ในขณะที่วัตถุหยุดนิ่ง ส่วนที่ยื่นออกจากผิวสัมผัสที่ขรุขระจะขบกันอยู่ เมื่อออกแรง F จะทำให้บริเวณที่ขบกันถูกยกขึ้นห่างออกจากกัน แต่วัตถุก็ยังคงไม่เคลื่อนที่ จนเมื่อออกแรง F เท่ากับแรงเสียดทานสูงสุด $f_{s\max}$ ส่วนที่ยื่นออกจากผิวสัมผัสที่ขบกันอยู่จะขยับห่างออกจนเกือบจะหลุดออกจากกัน จากนั้นเมื่อเพิ่มแรง F อีก วัตถุก็จะเริ่มเคลื่อนที่โดยผิวสัมผัสจะเลื่อนอยู่บนปลายของส่วนที่ยื่นออกจากผิวที่ขรุขระ ในสภาวะนี้ความเสียดทานส่วนใหญ่ไม่ได้

เกิดขึ้นจากการขบกันของความขรุขระอีกต่อไป แต่เกิดจากอนุหภูมิที่ผิวสัมผัสมีค่าสูงจนทำให้เกิดการเชื่อมกันของบริเวณที่สัมผัสกัน โดยขนาดของแรงสัมผัสนี้น้อยกว่าขนาดของแรงเสียดทานสูงสุด f_{smax} จากการขบกันของส่วนที่ยื่นออกจากผิวขรุขระ อีกทั้งยังมีค่าคงตัว ดังกราฟ 2

เมื่อพิจารณาขนาดของแรงเสียดทานจะพบว่า ในช่วงที่วัตถุยังอยู่ในสมดุลและไม่เกิดการเคลื่อนที่นั้น ขนาดของแรงเสียดทานขึ้นอยู่กับแรง $\vec{F}$ แต่ขนาดของแรงเสียดทานสูงสุดซึ่งเป็นจุดที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่เป็นสมบัติของวัตถุที่ไม่ขึ้นกับแรง $\vec{F}$ แต่ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ ความขรุขระของผิวคู่สัมผัส และขนาดของแรงทั้งหมดที่กดลงบนผิวสัมผัส ทั้ง 2 ปัจจัยนี้เป็นสิ่งที่กำหนดว่าแรงเสียดทานสูงสุดระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งควรมีค่าเท่าใด ในทางปฏิบัติจึงกำหนดให้ความขรุขระของผิวสัมผัสแทนด้วย μ_s โดยเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต (Coefficient of Static Friction) ส่วนแรงทั้งหมดที่กดลงบนผิวสัมผัสจะเท่ากับแรงตั้งฉาก N จากพื้น ดังนั้นขนาดของแรงเสียดทานสูงสุด จึงอยู่ในรูปแบบ ดังนี้

$$f_s = \mu_s N \quad \text{_____}(1)$$

ในทำนองเดียวกัน ในช่วงที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะขึ้นอยู่กับความขรุขระระหว่างผิวคู่สัมผัสและแรงทั้งหมดที่กดลงบนผิวสัมผัส ซึ่งสามารถแสดงแรงเสียดทานในช่วงนี้ได้ด้วยสมการดังนี้

$$f_k = \mu_k N \quad \text{_____}(2)$$

โดยที่ μ_k คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ (Coefficient of Kinetic Friction)



แบบประเมินตนเองของนักเรียน

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/...

เลขที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

โรงเรียน.....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้างจากการเรียนในครั้งนี้

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่านักเรียนจะสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในการเรียนอะไรบ้าง อย่างไร

.....

.....

.....

4. นักเรียนชอบกิจกรรมการเรียนการสอนนี้ หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

5. นักเรียนพบปัญหา หรือ อุปสรรคอะไรบ้างในการเรียนและในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้

.....

.....

.....



ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

- ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์
- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
- ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกล งานและพลังงาน

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้วัดมโนทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสมดุลกล และหน่วยการเรียนรู้งานและพลังงาน
2. ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เวลา 90 นาที
3. ให้เขียนชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่ รหัสประจำตัว วิชาที่สอบ รหัสวิชาที่สอบ ด้วยปากกาในกระดาษคำตอบ พร้อมทั้งระบายรหัสประจำตัว ด้วยดินสอดำเบอร์ 2B ทับตัวเลขในวงกลม ให้ตรงกับตัวเลขที่เขียน
4. การตอบให้ตอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว จากตัวเลือก 1, 2, 3, และ 4
5. ในการตอบ ให้ใช้ดินสอดำเบอร์ 2B ระบายวงกลมตัวเลือก ① ② ③ หรือ ④ ในกระดาษคำตอบให้เต็มวง (ห้ามระบายนอกวง) ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว
6. ถ้าต้องการเปลี่ยนตัวเลือกใหม่ ต้องลบรอยระบายในวงกลมตัวเลือกเดิม ให้สะอาดหมดรอยดำเสียก่อน แล้วจึงระบายวงกลมตัวเลือกใหม่

1. พลังงานศักย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจะมีค่า (มโนทัศน์เชิงบรรยาย)

1. แปรโดยตรงกับระยะทางจากพื้นโลก
2. แปรผกผันกับระยะทางจากพื้นโลก
3. แปรโดยตรงกับกำลังสองของระยะทางจากพื้นโลก
4. แปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางจากพื้นโลก

เฉลย ข้อ 1

2. ในทางฟิสิกส์สภาพสมดุลที่สมบูรณ์ของวัตถุใดๆ คือ (มโนทัศน์เชิงทฤษฎี)

1. วัตถุนั้นจะต้องอยู่ในสภาพที่ไม่ถูกแรงใดๆ มากระทำเลย
2. เมื่อตำแหน่งที่ออกแรงกระทำผ่านแนวของจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุนั้น
3. ผลรวมของแรงต่างๆ ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ และผลรวมทางคณิตศาสตร์ของโมเมนต์เป็นศูนย์
4. แรงลัพธ์ของแรงคู่ควบ มีค่าเป็นศูนย์ แต่ผลรวมของโมเมนต์ของแรงคู่ควบเท่ากับผลคูณของขนาดของแรงใดแรงหนึ่งกับระยะตั้งฉากระหว่างแรงทั้งสอง

เฉลยข้อ 3

3. A และ B ออกแรงขนาดเท่ากัน ดึงกล่องกลิ้งให้เคลื่อนที่ตามแนวแรงได้ระยะทางเท่ากัน โดยที่ A ใช้เวลามากกว่า B ข้อความใดกล่าวถูกต้อง (มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์)

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. A ได้งานมากกว่า B | 2. A ได้งานน้อยกว่า B |
| 3. A ใช้กำลังมากกว่า B | 4. A ใช้กำลังน้อยกว่า B |

เฉลย ข้อ 4

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

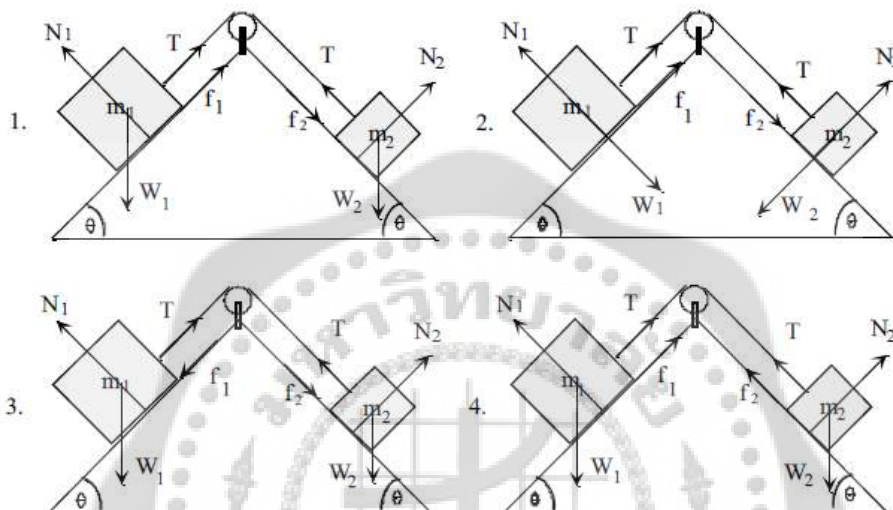
คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้ เป็นแบบวัดชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งประกอบไปด้วยสถานการณ์ และคำถามในแต่ละสถานการณ์ มี 3 ข้อ
 2. สถานการณ์มีทั้งหมด 5 สถานการณ์ และคำถามทั้งหมด 15 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที
 3. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล ชั้น เลขที่ รหัสประจำตัว วิชาที่สอบ และรหัสวิชาที่สอบ ด้วยปากกาใน กระดาษคำตอบ พร้อมทั้งพร้อมทั้งระบายรหัสประจำตัว ด้วยดินสอดำเบอร์ 2B ทับตัวเลขในวงกลม ให้ตรงกับตัวเลขที่เขียน
 4. การตอบให้ตอบตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว จากตัวเลือก 1, 2, 3, และ 4
 5. ในการตอบ ให้ใช้ดินสอดำเบอร์ 2B ระบายวงกลมตัวเลือก ① ② ③ หรือ ④
- ในกระดาษคำตอบให้เติมวง(ห้ามระบายนอกวง) ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว

ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1

ระนาบเอียงสองระนาบรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว บนระนาบแต่ละด้านมีวัตถุมวล m_1 และ m_2 วางอยู่ (m_1 มากกว่า m_2) โดยวัตถุทั้งสองผูกด้วยเชือกที่คล้องผ่านรอกซึ่งติดอยู่ที่จุดบรรจบกันของระนาบ ถ้าระนาบเอียงทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ μ

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว แผนภาพในข้อใดเขียนองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งสองได้ถูกต้อง (วิเคราะห์และวางแผน)



เฉลย ข้อ 1

2. จงหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน μ ที่ทำให้วัตถุทั้งสองมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ปฏิบัติการแก้ปัญหา)

1. $(\frac{m_1}{m_2}) \sin \theta$
2. $\tan \theta$
3. $(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}) \tan \theta$
4. $(\frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2}) \sin \theta$

เฉลย ข้อ 3

3. สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานที่ได้จากข้อที่ 2 นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้อง เหมาะสม เพราะเหตุใด (ตรวจสอบคำตอบ)

1. μ อยู่ในเทอม $m_1, m_2, \sin \theta$
2. μ อยู่ในเทอม $m_1, m_2, \tan \theta$
3. μ มีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมุมของพื้นเอียง
4. μ มีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลทั้งสอง

เฉลย ข้อ 2

แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

คำชี้แจง

1. แบบวัดชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อวัดเจตคติที่นักเรียนมีต่อวิชาฟิสิกส์
2. แบบวัดชุดนี้ มีจำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที จึงขอความร่วมมือจากนักเรียนในการตอบแบบวัด และแบบวัดฉบับนี้ไม่มีผลใดๆต่อคะแนนในการเรียนของนักเรียน
3. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียน
4. ในการตอบแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ฉบับนี้ไม่มีความคิดเห็นที่ถือว่าที่ถูกหรือผิด เพราะเกิดจากความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียน โดยคำตอบของนักเรียนจะไม่กระทบต่อผลการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด และขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบวัดครั้งนี้

ชื่อ-นามสกุล.....
 เลขที่ ชั้น/ห้อง.....
 โรงเรียน.....

ข้อ ที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็น ด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	เป็น กลาง	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่างยิ่ง
ด้านคุณภาพการสอน						
1.	ครูผู้สอนจัดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง					
2.						
3.	ครูผู้สอนยกตัวอย่างประกอบหรือใช้สื่อเพื่อให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น					
4.						
5.						
ด้านเนื้อหา						
1.	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ทำหยาต่อการพิสูจน์ ค้นคว้าเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่					
2.						
3.	วิชาฟิสิกส์ทำให้รู้วิธีการแก้ปัญหา					
4.						
5.						

ภาคผนวก ค

- ตาราง 30 ผลการประเมินความเหมาะสมส่วนประกอบของโครงร่างรูปแบบการเรียนการสอน
โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตาราง 31 ผลการประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบของโครงร่างรูปแบบการเรียนการสอน
โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตาราง 32 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ตาราง 33 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ค่าความยาก (p)
ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์
- ตาราง 34 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) แสดงค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของ
แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
- ตาราง 35 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) และอำนาจจำแนก (t) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชา
ฟิสิกส์

ตาราง 30 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนฯ

ข้อ ที่	ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล (ระดับ ความ เหมาะสม)
		1	2	3	4	5			
1	หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนฯ เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ปฏิบัติจริง	5	5	5	3	5	4.60	0.89	มากที่สุด
2	จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนฯ เหมาะสม สำหรับนักเรียน	5	5	5	3	5	4.60	0.89	มากที่สุด
3	เนื้อหาของรูปแบบการเรียนการสอนฯ เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียน การสอนฯ	5	5	4	3	5	4.40	0.89	มาก
4	เนื้อหาของรูปแบบการเรียนการสอนฯ เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5	กระบวนการเรียนการสอนเหมาะสมกับ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอนฯ	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6	กระบวนการเรียนการสอนเหมาะสมสำหรับ เนื้อหาของรูปแบบการเรียนการสอนฯ	5	5	4	3	5	4.40	0.89	มาก
7	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับกระบวนการเรียน การสอน	5	5	5	4	5	4.80	0.45	มากที่สุด
8	การวัดและการประเมินผลเหมาะสมกับ กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้	5	5	4	3	5	4.40	0.89	มาก
9	การวัดและการประเมินผลเหมาะสมสำหรับ นักเรียน	5	5	4	3	5	4.40	0.89	มาก
10	ระยะเวลาในการเรียนเหมาะสมกับการเรียนรู้ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้	5	5	4	3	5	4.40	0.89	มาก

หมายเหตุ

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมของส่วนประกอบของโครงสร้างหลักสูตรให้ความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ตาราง 31 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของรูปแบบการเรียนการสอนฯ

ข้อ ที่	ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม $\sum R$	IC	แปลผล
		1	2	3	4	5			
1.	หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนฯ สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.	หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนฯ สอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3.	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอนฯ สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอนฯ สอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
5.	จุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอนฯ สอดคล้องกับการวัดและประเมินผล	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.	เนื้อหาสาระสอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7.	เนื้อหาสาระสอดคล้องกับสื่อการเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
8.	เนื้อหาสาระสอดคล้องกับการวัดและการประเมินผล	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
9.	รูปแบบการเรียนการสอนฯ สอดคล้องกับสื่อการเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 32 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม $\sum R$	IC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	0	1	3	0.80	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	0	0	1	3	0.60	สอดคล้อง

ตาราง 32 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม $\sum R$	IC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 32 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม $\sum R$	IC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง

ตาราง 32 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม $\sum R$	IC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	0	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11								
1.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมโนทัศน์หลัก	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
2.เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	0	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
3.สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4.กิจกรรมการเรียนการสอนมีความเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอนและเนื้อหา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5.การประเมินผลเหมาะสมกับกระบวนการเรียนการสอน	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6.การจัดเวลาเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและระดับของผู้เรียน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง

การหาคุณภาพของเครื่องมือประเมินผล

1.แบบวัดมโนทัศน์ฟลิคส์

ตาราง 33 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดมโนทัศน์ฟลิคส์

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม $\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)
	1	2	3	4	5					
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.29	0.23
2	1	1	0	0	1	3	0.60	สอดคล้อง	0.38	0.32
3	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.57	0.49
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.48	0.28
5	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.80	0.46
6	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.53	0.58
7	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.51	0.56
8	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.31	0.51
9	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.74	0.47
10	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.74	0.47
11	0	1	1	1	1	3	0.60	สอดคล้อง	0.28	0.28
12	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.46	0.40
13	1	1	0	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.51	0.63
14	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.31	0.28
15	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.50	0.47
16	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.80	0.37
17	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.69	0.60
18	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.57	0.42
19	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.51	0.65
20	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.59	0.65
21	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.52	0.65
22	0	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.67	0.63
23	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.45	0.54

ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)
	1	2	3	4	5					
24	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.41	0.58
25	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.57	0.67
26	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.55	0.51
27	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.38	0.51
28	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.50	0.60
29	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.43	0.60
30	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.45	0.63

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เท่ากับ 0.81

หมายเหตุ

การแปลผลค่าของคะแนนมีความหมายดังนี้

1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถวัดตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

• ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จัดว่าเป็นข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ตาราง 34 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)
	1	2	3	4	5					
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.64	0.57
2	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.33	0.68
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.56	0.52
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.58	0.54
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.59	0.56
6	1	1	1	0	1	5	0.80	สอดคล้อง	0.54	0.68
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.63	0.59
8	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.51	0.52
9	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.40	0.63
10	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.51	0.52
11	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.50	0.59
12	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.47	0.38
13	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.51	0.23
14	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.53	0.66
15	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.44	0.75

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เท่ากับ 0.72

หมายเหตุ

- ข้อสอบที่ใช้ได้หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.23-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.23 ขึ้นไป
- จำนวนผู้ตอบหรือนักเรียนที่ทำแบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 214 คน

3.แบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

ตาราง 35 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อ (IC) และอำนาจจำแนก (t) ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IC	ผลการ ประเมิน	อำนาจ จำแนก (t)	ค่า p- value
	1	2	3	4	5					
ด้านที่ 1 คุณภาพการสอน										
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	7.43	0.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	8.21	0.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	8.43	0.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	9.04	0.00
5	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	9.01	0.00
ด้านที่ 2 เนื้อหา										
1	1	1	1	1	1	4	1.00	สอดคล้อง	4.42	0.00
2	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง	9.51	0.00
3	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	6.29	0.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	6.31	0.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	8.27	0.00
ด้านที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้										
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	5.94	0.00
2	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	7.93	0.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	7.32	0.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	9.81	0.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	9.50	0.00
ด้านที่ 4 บรรยากาศการเรียนรู้										
1	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	8.59	0.00
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	4.09	0.00
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	4.06	0.00
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	8.24	0.00
5	1	1	1	0	1	5	0.80	สอดคล้อง	6.39	0.00

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เท่ากับ 0.88

หมายเหตุ

- ข้อคำถามที่ใช้ได้ หมายถึง ข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนก (t) มากกว่า 1.75 ขึ้นไป
- จำนวนผู้ตอบหรือนักเรียนที่ทำแบบทดสอบชุดนี้มีจำนวน 214 คน

ภาคผนวก ง

ผลการสังเกต และข้อบันทึกของผู้วิจัยที่ได้ตรวจแบบฝึกหัดโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของ
กลุ่มทดลอง 1 และ กลุ่มทดลอง 2

จากการที่ผู้วิจัยได้สังเกตและตรวจแบบฝึกหัดในส่วนของการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ในช่วงระหว่างจัดการเรียนการสอน ได้ผลซึ่งสรุปดังตาราง 36

ตาราง 36 ผลการสังเกตและข้อบันทึกของผู้วิจัยที่ได้ตรวจแบบฝึกหัดโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2

รายการ	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2
ขั้นตอนการแก้ โจทย์ปัญหา ด้านวิเคราะห์และ วางแผน	ในขั้นนี้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบสำคัญที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติทุกครั้ง คือ การค้นหาคำสำคัญ การวาดแผนภาพประกอบโจทย์ และ หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีประเด็นสำคัญ ดังนี้ คำสำคัญ ในระยะแรกของการเริ่มทำแบบฝึกหัดตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA พบว่านักเรียนกลุ่มทดลอง 1 บางส่วนไม่สามารถปฏิบัติตามได้ เช่น ไม่สามารถระบุคำสำคัญต่างๆ ได้ถูกต้อง การระบุสิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนด ผู้สอนจำเป็นต้องคอยฝึกฝนให้ผู้เรียนสามารถระบุคำสำคัญต่างๆ ให้ได้ด้วยวิธีการต่างๆ อาทิเช่น การใช้ปากกาขีดในส่วนที่สำคัญ การยกตัวอย่างคำสำคัญที่พบบ่อยๆ ในโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น ระดับอ้างอิง , ปลอยวัตถุ วัตถุอยู่ในสภาพสมดุล เป็นต้น และเมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนสม่ำเสมอพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุคำสำคัญต่างๆ ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น	ในขั้นนี้ประกอบด้วย องค์ประกอบสำคัญที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติทุกครั้ง คือ การค้นหาคำสำคัญ การวาดแผนภาพประกอบโจทย์ และ หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมีประเด็นสำคัญ ดังนี้ คำสำคัญ ในระยะแรกของการเริ่มทำแบบฝึกหัดตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบ PECA พบว่านักเรียนโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถปฏิบัติตามได้ ผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายและให้คำแนะนำและเทคนิคต่างๆ ในการตีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการแจกคู่มือการแก้โจทย์ปัญหากับนักเรียน และให้นักเรียนทุกคนอ่านทำความเข้าใจแล้วจึงค่อยเริ่มให้นักเรียนระบุคำสำคัญต่างๆ ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถค้นหาคำสำคัญได้ดีขึ้น

ตาราง 36 (ต่อ)

รายการ	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2
ขั้นตอนการแก้ โจทย์ปัญหา ด้านวิเคราะห์และ วางแผน	การวาดแผนภาพประกอบโจทย์ ในระยะเริ่มต้นนักเรียนบางส่วนไม่เขียน แผนภาพแทนโจทย์ หรือเขียนไม่ ถูกต้องสมบูรณ์ ผู้สอนจำเป็นต้องมี การตรวจงานและแก้ไขในส่วนนี้ให้กับ นักเรียนว่าสิ่งที่ถูกต้องเป็นเช่นไร เพื่อให้นักเรียนเป็นตัวอย่างและแนวทาง ในการแก้โจทย์ปัญหาในครั้งต่อไป ซึ่งก็พบว่านักเรียนสามารถพัฒนา ตนเองในการวาดแผนภาพประกอบ โจทย์ได้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น	การวาดแผนภาพประกอบโจทย์ ในระยะเริ่มต้นนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ สามารถเขียนแผนภาพแทนโจทย์ได้ หรือเขียนแล้วไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ไม่ มีการกำหนดสัญลักษณ์ ตัวแปร ต่างๆลงในแผนภาพ เขียน องค์ประกอบของแรงต่างๆที่กระทำ ต่อวัตถุได้ไม่ถูกต้อง ผู้สอนจำเป็นต้องมีการตรวจงานและแก้ไขใน ส่วนนี้ให้กับนักเรียนว่าสิ่งที่ถูกต้อง เป็นเช่นไร เพื่อให้ให้นักเรียนเป็น ตัวอย่างและแนวทางในการแก้โจทย์ ปัญหาในครั้งต่อไป ซึ่งก็พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองในการ วาดแผนภาพประกอบโจทย์ได้ ถูกต้องมากขึ้น
	หลักการทางฟิสิกส์ : ในขั้นนี้ใน ระยะแรกนักเรียนยังไม่สามารถเขียน อธิบายได้ว่าจะเขียนออกมาในลักษณะ ใด ผู้สอนจำเป็นต้องเสนอแนะแนว ทางการเขียนหลักการทางฟิสิกส์ เช่น การเขียนถึงความสัมพันธ์ของกฎ หลักการหรือสูตรที่เกี่ยวข้องสำหรับการ แก้ปัญหาในโจทย์ข้อนั้นๆ รวมถึง หลักการทางคณิตศาสตร์ที่มีความ จำเป็นในการมาใช้แก้ปัญหา	หลักการทางฟิสิกส์ : ในขั้นนี้ใน ระยะแรกนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ สามารถเขียนอธิบายได้ว่าจะเขียน ออกมาในลักษณะใด ผู้สอนจำเป็นต้อง เสนอแนะแนวทางการเขียน หลักการทางฟิสิกส์ เช่น การเขียน หลักการหรือสูตรที่เกี่ยวข้องสำหรับ การแก้ปัญหาในโจทย์ข้อนั้นๆ รวมถึงหลักการทางคณิตศาสตร์ที่มี ความจำเป็นในการมาใช้ในการ แก้ปัญหา

ตาราง 36 (ต่อ)

รายการ	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2
ขั้นตอนการแก้ โจทย์ปัญหา ด้านปฏิบัติการ แก้ปัญหา	ในขั้นตอนปฏิบัติการแก้ปัญหา พบว่านักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถทำตามขั้น 1 วิเคราะห์และวางแผน ได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ จะไม่สามารถทำการแก้ปัญหาได้ ในทางกลับกันนักเรียนที่สามารถทำตามขั้นที่ 1 ได้ถูกต้อง นักเรียนจะสามารถปฏิบัติการแก้โจทย์ปัญหาได้ตามที่ได้วิเคราะห์และวางแผนได้ แต่ก็มึนักเรียนบางส่วนมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องหมายของคำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ลืมการเปลี่ยนหน่วยของตัวแปรต่างๆ หรือเปลี่ยนหน่วยได้ไม่ถูกต้อง	ในขั้นตอนปฏิบัติการแก้ปัญหา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองน้อย ผู้สอนจึงใช้วิธีทำให้ง่ายเป็นแนวทางให้ แล้วจึงปล่อยให้ทำด้วยตนเองโดยสามารถปรึกษาหารือกันได้ภายในกลุ่ม นักเรียนบางส่วนสามารถทำเสร็จได้ในเวลาที่กำหนด ซึ่งผลจากการตรวจแบบฝึกหัดในส่วนการแก้ปัญหานี้ นักเรียนบางส่วนมีความผิดพลาดของคำตอบที่ได้เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องหมายของคำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ลืมการเปลี่ยนหน่วยของตัวแปรต่างๆ หรือเปลี่ยนหน่วยได้ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างตัวแปรที่มีการเปลี่ยนหน่วยในโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เช่น หน่วยของความเร็วซึ่งในระบบ S.I. จะต้องเป็นเมตรต่อวินาที โจทย์ส่วนหนึ่งจะให้มาเป็นหน่วยอื่นๆ เช่น กิโลเมตรต่อชั่วโมง กิโลเมตรต่อนาที เป็นต้น ซึ่งเป็นจุดหนึ่งที่นักเรียนละเลยกันพอสมควร หรือแม้กระทั่งหน่วยของเวลา ความยาว ก็เป็นสิ่งที่นักเรียนมักจะผิดพลาดอยู่บ่อยๆ

ตาราง 36 (ต่อ)

รายการ	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2
ขั้นตอนการแก้ โจทย์ปัญหา ด้านตรวจสอบ คำตอบ	นักเรียนบางส่วนยังทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างคำตอบที่ได้กับหลักการทางฟิสิกส์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงทำให้คะแนนในส่วนนี้ลดลงไป ผู้สอนจะต้องคอยเขียนคำแนะนำลงไปแบบฝึกหัดเพื่อให้ นักเรียนได้พิจารณาเป็นแนวทางในการทำแบบฝึกหัดครั้งถัดไป โดยตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนเขียนในด้านการตรวจสอบคำตอบ ได้แก่ - คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผล เพราะ แรงที่กระทำมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่จึงทำให้เครื่องหมายของงานมีค่าเป็นบวก และ ทำให้กำลังที่ใช้มีค่าเป็นบวกเช่นกัน - สมเหตุสมผล เนื่องจาก แรงเสียดทานต้องมีทิศทางตรงกันข้ามกับการกระจัดอยู่แล้วทำให้งานติดลบ - เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เมื่อทำการเพิ่มมวลเป็น 2 เท่า พลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้น 2 เท่าเช่นกัน - งานของแรงต้านเป็นลบ เพราะ มีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ คำตอบจึงเหมาะสม - งานเนื่องจากแรงอนุรักษ์ ไม่ขึ้นกับเส้น ในกรณีไม่คิดแรงต้าน	นักเรียนโดยส่วนใหญ่เชื่อมโยงทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างคำตอบที่ได้กับหลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ และข้อคำถามบางข้อเป็นการพิสูจน์สมการ นักเรียนบางส่วนยังทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างคำตอบที่ได้กับหลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ และข้อคำถามบางข้อเป็นการพิสูจน์สมการ นักเรียนบางคนเมื่อได้คำตอบจะไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ เช่น ขนาดของแรงที่ได้ มีค่าขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสอง ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนเขียนในด้านการตรวจสอบคำตอบ ได้แก่ - หน่วยถูกต้อง - เวลาที่ใช้มีความเหมาะสมกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ - ถูกต้อง เพราะตำแหน่งที่พลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับพลังงานจลน์ ต้องอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของความสูงจากจุดที่ปล่อย และพลังงานรวมของระบบต้องมีค่าเท่ากัน

ตาราง 36 (ต่อ)

รายการ	กลุ่มทดลอง 1	กลุ่มทดลอง 2
ขั้นตอนการแก้ โจทย์ปัญหา ด้านตรวจสอบ คำตอบ (ต่อ)	- พลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่ามากขึ้นตามความสูงตามแนวตั้งเมื่อเทียบกับแนวอ้างอิง - สมเหตุสมผล เนื่องจากขนาดของแรงดึงมีผลต่อระยะยืดของสปริง และเนื่องจากขนาดของแรงดึงในครั้งแรกมากกว่าครั้งที่สอง ทำให้ระยะยืดของสปริงในครั้งแรกควรจะมากกว่าครั้งที่สองด้วย - เวลาที่ใช้มีความเหมาะสมกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ - ถูกต้อง เพราะตำแหน่งที่พลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับพลังงานจลน์ ต้องอยู่ที่ครึ่งหนึ่งของความสูงจากจุดที่ปล่อย และพลังงานรวมของระบบต้องมีค่าเท่ากัน	

หมายเหตุ กลุ่มทดลอง 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

กลุ่มทดลอง 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง

จากตาราง 36 ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีลำดับขั้นตอน จะช่วยให้นักเรียนมีกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่เป็นระบบ ขั้นตอนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งได้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และการฝึกการคิดที่เป็นระบบจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนในการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากปัญหาทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ภาคผนวก จ

- ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน
- ตัวอย่างผลงานนักเรียน

ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน



นักเรียนกำลังร่วมกัน ทำงานเป็นกลุ่ม



ตัวแทนนักเรียนนำเสนอผลการทดลอง



นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน



นักเรียนลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ร่วมกัน



ตัวอย่างผลงานนักเรียน



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	เกริก ศักดิ์สุภาพ
วันเดือนปีเกิด	24 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	79/248 ถ.ประชาอุทิศ แยก 4 แขวงสีกัน เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10210
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ซอยสุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10110
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2546	การศึกษาระดับบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ - ฟิสิกส์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ.2549	การศึกษาระดับบัณฑิต (ฟิสิกส์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ.2556	การศึกษาระดับปริญญาโท (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ