

การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



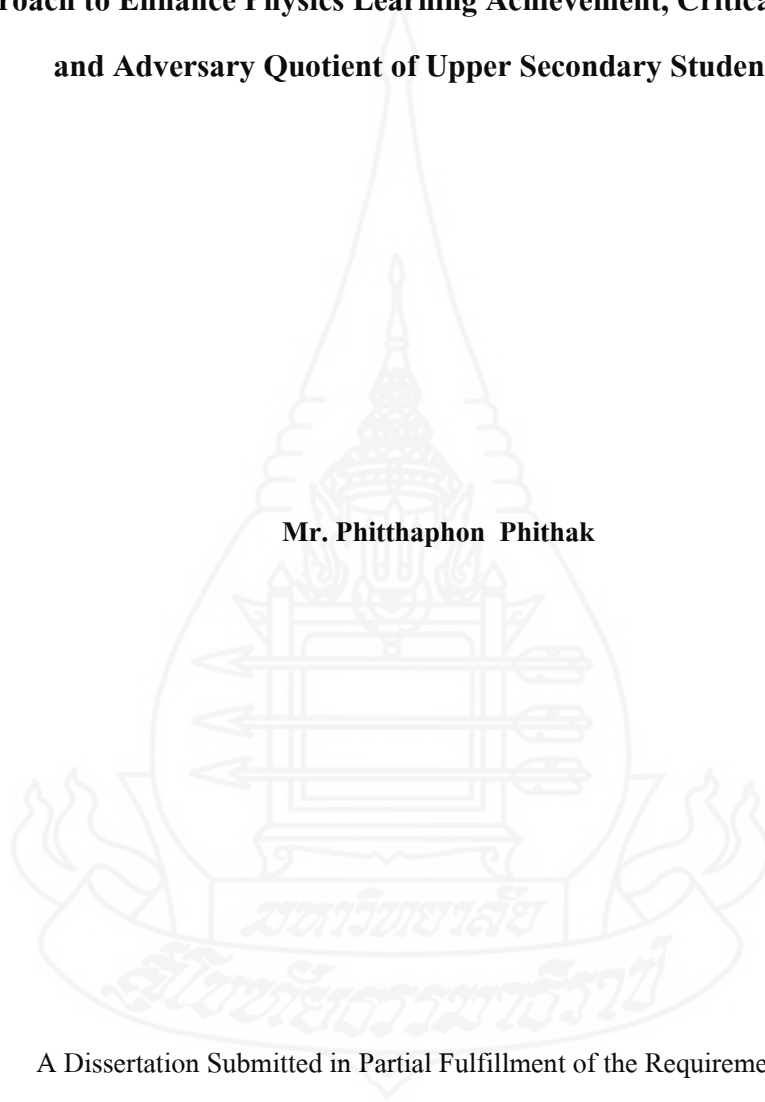
นายพิทพนธ์ พิทักษ์

คู่มือฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2560

**Development of a Physics Instruction Model Based on STEM Education
Approach to Enhance Physics Learning Achievement, Critical Thinking,
and Adversary Quotient of Upper Secondary Students**

Mr. Phitthaphon Phithak



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Doctor of Philosophy
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University

2017

หัวข้อคุณิพนธ์ การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อและนามสกุล นายพิทพนธ์ พิทักษ์

วิชาเอก หลักสูตรและการสอน


สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ
3. ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ


คุณิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาเอก เมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2561


คณะกรรมการสอบคุณิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรศักดิ์ ผลโคก)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ)


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


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)


..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา รุ่งโรจน์วิทย์)

ชื่อคุณูปนิพนธ์ การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัย นายพิทรพนธ์ พิทักษ์ รหัสนักศึกษา 4572000026 **ปริญญา** ปริญญาคุณวุฒิปบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ จินดาบุรุษย์ (2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ
(3) ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ **ปีการศึกษา** 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2) ประเมินรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และสภาพการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอน ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยการศึกษานำร่อง
ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมาใช้ทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน ในสองห้องเรียนของโรงเรียนกระบุรีวิทยา โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วสุ่มให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร และขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

ผลการวิจัยมีดังนี้ 1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนมี 2 ขั้นตอน คือ (3.1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา (3.2) ขั้นตอนการสอนมี 6 ขั้นตอน คือการระบุประเด็นปัญหา การสำรวจตรวจสอบ การตั้งสมมติฐานการประเมินผลเพื่อคัดเลือกลักษณะสมมติฐาน การผลิตผลงาน และการประเมินผลงาน และ (4) การวัดและประเมินรูปแบบการเรียนการสอน และ 2) ผลการประเมินรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่าของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่าของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่าของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ รูปแบบการสอน สะเต็มศึกษา วิชาฟิสิกส์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

Dissertation title: Development of a Physics Instruction Model Based on STEM Education Approach to Enhance Physics Learning Achievement, Critical Thinking, and Adversary Quotient of Upper Secondary Students

Researcher: Mr. Phitthaphon Phithak; **ID:** 4572000026;

Degree: Doctor of Philosophy (Curriculum and Instruction);

Dissertation advisors: (1) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor;

(2) Dr. Duongdearn Pinsuwan, Assistant Professor; (3) Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob;

Academic year: 2017

Abstract

This study was a research and development study with the following objectives: 1) to develop a physics instruction model based on STEM education approach to enhance physics learning achievement, critical thinking, and adversary quotient of upper secondary students; and 2) to evaluate the developed instruction model.

The research process was divided into five phases. The first phase was the study of the current conditions of physics learning achievement, physics ability, critical thinking ability, adversary quotient of upper secondary students, and physics learning management based on STEM education approach. The second phase was the development of the instruction model. The third phase was the pilot study try-out of the developed instruction model. The fourth phase was the experiment with the developed instruction model. The research sample for the experiment consisted of 80 Mathayom Suksa IV students in two intact classrooms of Kra Buri Wittaya School, obtained by cluster random sampling. Then, one classroom was randomly assigned as the experimental group; the other classroom, the control group. The employed research instruments were physics learning management plans, a physics learning achievement test, a scale to assess critical thinking ability, and a scale to assess adversary quotient. The data were analyzed by multivariate analysis of variance (MANOVA). Finally, the fifth phase was the evaluation and improvement the developed instruction model.

The findings were as follows: 1) the developed instruction model comprised 4 components: (1) the rationale; (2) the objectives; (3) the learning management process which comprised 2 steps: (3.1) the step of creating problematic situations, and (3.2) the step of instruction which consisted of 6 steps: identifying the problem, investigation of the problem, formulation of hypotheses, decision making to select the hypothesis, producing the product, and evaluation of the product; and (4) the evaluation of the instruction model; and 2) regarding evaluation results of the developed instruction model, it was found that (1) the post-experiment physics learning achievement of the experimental group students was significantly higher than their pre-experiment counterpart achievement and significantly higher than the counterpart achievement of the control group students at the .05 level of statistical significance; (2) the post-experiment critical thinking ability of the experimental group students was significantly higher than their pre-experiment counterpart ability and significantly higher than the counterpart ability of the control group students at the .05 level of statistical significance; and (3) the post-experiment adversary quotient of the experimental group students was significantly higher than their pre-experiment counterpart quotient and significantly higher than the counterpart quotient of the control group students at the .05 level of statistical significance.

Keywords: Instruction model, STEM education, Physics, Critical thinking, Adversary quotient

กิตติกรรมประกาศ

คุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี จากความกรุณาเอาใจใส่ ให้คำปรึกษาตลอดจนให้แนวคิดและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา คุษฎีนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน พินสุวรรณ และ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชา ศีลภาสา ศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช ที่ถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์และให้กำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติรี ฝ่ายคำตา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ คงภักดี ดร.อนุชิต ฮันเย็ก และดร.เขมวดี พงสานนท์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรศักดิ์ ผลโภค ประธานกรรมการสอบ คุษฎีนิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน กรรมการสอบคุษฎีนิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงคุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ โรงเรียนกระบุรีวิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองเครื่องมือวิจัย และนักเรียนโรงเรียนกระบุรีวิทยาที่ให้ความร่วมมือในการรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาเอก วิชาเอกหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเสมอมา

ประโยชน์ ความดีงามและคุณค่าจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจและความห่วงใยแก่ผู้วิจัยตลอดมา

พิทพนธ์ พิทักษ์

สิงหาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	5
กรอบแนวคิดการวิจัย	5
สมมติฐานการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	7
นิยามเชิงปฏิบัติการ	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	11
การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์	11
สะเต็มศึกษา	23
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	60
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	69
ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค	83
รูปแบบการเรียนการสอน	95
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	98
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	98
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถ ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	103

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<p>ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้การจัดการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยศึกษานำร่อง.....</p>	109
<p>ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริง.....</p>	116
<p>ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....</p>	122
<p>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</p>	123
<p>ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน.....</p>	123
<p>ตอนที่ 2 ผลการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....</p>	131
<p>ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถ ในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยศึกษานำร่อง.....</p>	144

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 4 ผลการนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย ไปทดลองใช้จริงเพื่อประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอน.....	150
ตอนที่ 5 ผลการประเมินรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถ ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	169
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	171
สรุปการวิจัย.....	171
อภิปรายผล.....	178
ข้อเสนอแนะ.....	183
บรรณานุกรม.....	185
ภาคผนวก.....	197
ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ.....	198
ข ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษาศภาพปัจจุบัน.....	200
ค คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	215
ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้.....	224
จ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	250
ประวัติผู้วิจัย.....	288

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของมาตรฐาน ว.4.1.....	13
ตารางที่ 2.2	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของมาตรฐาน ว.4.2.....	15
ตารางที่ 2.3	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของมาตรฐาน ว.5.1.....	16
ตารางที่ 2.4	ตัวชี้วัดในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของมาตรฐาน ว.8.1.....	19
ตารางที่ 2.5	หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	25
ตารางที่ 2.6	ความหมายและแนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	29
ตารางที่ 2.7	ความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (Traditional Classroom) และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	32
ตารางที่ 2.8	วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ (Well – Structured Problem) กับ ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (ill – Structured Problem).....	34
ตารางที่ 2.9	ชนิดสถานการณ์ปัญหา 6 ประการ ซึ่งแบ่งโดย มหาวิทยาลัยสตรีคท์.....	35
ตารางที่ 2.10	โครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	41
ตารางที่ 2.11	กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดย Ann Lambros (2002).....	43
ตารางที่ 2.12	ผลลัพธ์ของขั้นตอนที่ 3 ของ Linda Torp and Sara Sage (2002).....	44
ตารางที่ 2.13	ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	46
ตารางที่ 2.14	ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยผู้วิจัย.....	50
ตารางที่ 2.15	ตารางบันทึกผลการระดมสมองขั้นตอนที่ 3.....	51
ตารางที่ 2.16	ผลการวิเคราะห์คำสำคัญของความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	61
ตารางที่ 2.17	การวิเคราะห์ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากเอกสาร 3 ฉบับ.....	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

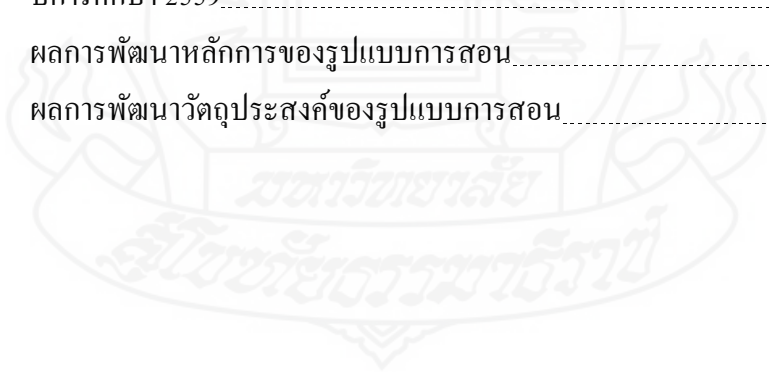
	หน้า
ตารางที่ 2.18	ผลการวิเคราะห์คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 72
ตารางที่ 2.19	กระบวนการและการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 76
ตารางที่ 2.20	แสดงองค์ประกอบแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ซึ่งพัฒนาโดยกรณีศึกษา สุขสมัย..... 89
ตารางที่ 2.21	แสดงโครงสร้างแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ซึ่งพัฒนาโดยกรณีศึกษา สุขสมัย..... 90
ตารางที่ 2.22	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคซึ่งพัฒนาโดยกรณีศึกษา สุขสมัย..... 93
ตารางที่ 2.23	แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการเทียบช่วงคะแนนกับระดับความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคของแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ซึ่งพัฒนาโดยกรณีศึกษา สุขสมัย..... 93
ตารางที่ 3.1	เนื้อหาความสามารถที่ต้องการวัด ลักษณะการวัด (ข้อคำถาม) และน้ำหนัก ของเนื้อหาแต่ละด้านของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.... 113
ตารางที่ 4.1	ผลการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค..... 126
ตารางที่ 4.2	ผลการประเมินนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์..... 130
ตารางที่ 4.3	ผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559..... 130
ตารางที่ 4.4	การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน..... 138
ตารางที่ 4.5	ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ..... 140
ตารางที่ 4.6	ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งใช้ในการศึกษานำร่อง... 144
ตารางที่ 4.7	ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ศึกษาในการศึกษานำร่อง..... 145

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง ในศึกษานำร่อง.....	146
ตารางที่ 4.9 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการสอนของการศึกษานำร่อง.....	147
ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งใช้ในการทดลองใช้จริง.....	150
ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบรูปแบบการสอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	151
ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนของกลุ่มควบคุมและรูปแบบการสอนของกลุ่มทดลองในแต่ละมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด.....	153
ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ศึกษาในการทดลองจริง.....	165
ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคจำแนกตามกลุ่มรูปแบบการสอน ในการทดลองจริง.....	166
ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคจำแนกตามการวัด (ก่อนเรียน – หลังเรียน) ของนักเรียนกลุ่มทดลองในการทดลองจริง.....	168

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6
ภาพที่ 2.1	ขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน..... 37
ภาพที่ 3.1	กรอบแนวคิดทฤษฎี (Theoretical Framework)..... 104
ภาพที่ 3.2	แนวทางในการพัฒนารูปแบบสอน..... 105
ภาพที่ 3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพปัจจุบันของการสอนฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในด้านต่างๆ แนวคิด ทฤษฎี และองค์ประกอบของรูปแบบการสอน..... 106
ภาพที่ 3.4	แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม วัดผลก่อนและหลัง การทดลอง (Pretest – Posttest Control Group Design)..... 116
ภาพที่ 4.1	แผนภูมิวงกลมแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559..... 125
ภาพที่ 4.2	แผนภูมิวงกลมแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง ของครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559..... 129
ภาพที่ 4.3	ผลการพัฒนาหลักการของรูปแบบการสอน..... 133
ภาพที่ 4.4	ผลการพัฒนาวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน..... 135



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่ความรู้และข่าวสารเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาและทักษะที่จะนำความรู้มาใช้ในทางสร้างสรรค์ (เคย์, 2554, น.44) สอดคล้องกับยุคเศรษฐกิจฐานความรู้ (Knowledge Economy) จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ความรู้ในการพัฒนานวัตกรรมให้เกิดขึ้นใหม่ (ศิริรัตน์ จำปีเรือง และอมรรัตน์ วัฒนาธร, 2553, บทคัดย่อ) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อศักยภาพในการแข่งขันทางเศรษฐกิจประเทศไทยจึงมีการปรับตัวทางเศรษฐกิจ โดยนำนโยบายประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) ซึ่งเป็นรูปแบบในการพัฒนาเศรษฐกิจโดยการขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อให้ก้าวพ้นจากกับดักประเทศรายได้ปานกลาง มีการนำความรู้และเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับต่างๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับนานาชาติ ดังนั้น เป้าหมายด้านการศึกษาในศตวรรษที่ 21 จะต้องเตรียมคนให้เป็นบุคคลที่ทำงานโดยใช้ความรู้ (Knowledge Worker) และสามารถสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้ นักเรียนจะต้องเป็นบุคคลที่พร้อมจะเรียนรู้ (Learning Person) เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ความรู้ด้านเนื้อหาหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไทยรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพิจารณาข้อมูลจากคะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O – NET) ในปีการศึกษา 2554 - 2559 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าสาระอื่นๆ ผลคะแนนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพภายนอก รอบสาม (พ.ศ.2554 – 2558) ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปี พ.ศ.2554 พบว่า ตัวบ่งชี้ที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสถานศึกษาส่วนใหญ่มีผลการประเมินระดับ พอใช้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 53.14 (สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2556, น.49) จากข้อมูลดังกล่าวสามารถตีความได้ว่า ความรู้ด้านเนื้อหาหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไทยรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ในระดับที่สูงขึ้น

การส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดมีความสำคัญกับการเรียนรู้ในทุก
 รายวิชา (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เขาวทิตพิงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และไสว พักขาว, 2557)
 กระบวนการคิดสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ กระบวนการคิดที่จำเป็น คือ
 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์
 ต่างๆ เช่น กระบวนการคิดแก้ปัญหา กระบวนการตัดสินใจ กระบวนการวิจัย เป็นต้น (ศูนย์พัฒนา
 หลักสูตร กรมวิชาการ, 2543) โดยนำความรู้ด้านเนื้อหามาใช้สร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิด
 ขั้นสูง ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตัดสินใจและแก้ปัญหา โดยยึดหลักการคิดด้วย
 เหตุผล จากข้อมูลที่เป็นจริงมากกว่าอารมณ์และการคาดเดา (สันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา
 ชูชาติ, 2544 น.31–32) ผลการสำรวจสภาพการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์โดย สสวท.(2558) พบว่า
 การสอนของครูมีจุดเน้นในเรื่องแนวคิดวิทยาศาสตร์ ทักษะการสำรวจตรวจสอบและทักษะ
 การทดลอง แต่ยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองและสอนโดยเน้นความจำ
 มากกว่ากระบวนการคิดขั้นสูง ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ
 นักเรียนไทย โดยพิจารณาจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International
 Student Assessment:PISA) ซึ่งวัดการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง ความสามารถ
 ของบุคคลที่จะเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทาง
 วิทยาศาสตร์ได้อย่างไต่ตรง โดยประเมินใน 3 สมรรถนะ ประกอบด้วย (1) การอธิบาย
 ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง
 วิทยาศาสตร์ (3) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งกรอบการ
 ประเมินดังกล่าวมีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลคะแนน PISA ด้านการ
 รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ในปี 2558 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ย 421 คะแนน
 โดยที่ระดับนานาชาติมีคะแนนเฉลี่ย 493 คะแนน (โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท., 2558)
 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนไทยต่ำกว่าระดับนานาชาติ
 ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อเพิ่มศักยภาพ
 ในการแข่งขันของประเทศไทยในอนาคต

ผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและการสื่อสารอย่างรวดเร็ว ซึ่งเด็กที่เกิด
 ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2543จนถึงปัจจุบันได้รับการเรียกว่า เด็กยุคดิจิทัลหรือชนพื้นเมืองดิจิทัล
 (Digital Native) ซึ่งหมายถึง เด็กที่เจริญเติบโตและคุ้นเคยกับเทคโนโลยียุคดิจิทัลมาตั้งแต่เกิด
 (นวลจันทร์ จุฑาทักติกุล, 2558) การดำเนินชีวิตของกลุ่มนี้มีรูปแบบเปลี่ยนไปจากเดิม เทคโนโลยีเข้า
 มามีบทบาทในชีวิตมากขึ้น (นิพนธ์ ชาญอัมพร และชาติรี ใต้ฟ้าพูล, 2558, น.73) ซึ่งความก้าวหน้า

ทางเทคโนโลยี อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เด็กรุ่นใหม่เติบโตท่ามกลางความสะดวกสบาย ขาดความอดทนในการแก้ปัญหา เป็นปัจจัยสำคัญในการประสบความสำเร็จในชีวิตที่นอกเหนือจากเขาวัวปัญญาและเขาวัวอารมณ์ (ประทักษ์ ธิจิตเลอสรวง,2543) ส่งผลให้เกิดความท้อแท้และสิ้นหวังไม่สามารถยืดหยัดต่อสู้จนผ่านวิกฤติได้จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีการศึกษาทางจิตวิทยาเพื่อค้นหาความสามารถของบุคคลในการจัดการและเอาชนะปัญหา แนวคิดดังกล่าวคือ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (Adversity Quotient : AQ) ซึ่งศึกษาโดย Paul G. Stoltz (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา,2552,น.1 – 2) ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ควรมีการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคควบคู่กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อให้นักเรียนอยู่ในสังคมศตวรรษที่ 21 อย่างมีความสุข

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมเกิดขึ้น การจัดการศึกษาจะต้องพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ในเนื้อหาวิชาควบคู่กับทักษะและความอดทนในการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการใน 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) จัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) หรือ โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning) ซึ่ง สสวท.(2557) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ซึ่ง Vasquez, Comer, and Sneider(2013,p.18) เสนอลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษา 5 ลักษณะ คือ (1) มุ่งเน้นไปที่การบูรณาการ (2) เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับชีวิตจริง (3) เน้นการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (4) สร้างความท้าทายให้กับนักเรียน และ(5) มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันระหว่างนักเรียน

จากผลการศึกษาของ National Research Council of The National Academies (2011) พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ความรู้ในเนื้อหาวิชา) กล่าวคือ ความสามารถในการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณจะช่วยให้เข้าใจธรรมชาติและเป้าหมายของการเรียนรู้ รู้เหตุผลของการค้นคว้าหาความรู้ ทำให้รู้ว่าจะค้นหาอะไร อย่างไร เมื่อใด (ชนาธิป พรกุล, 2554, น.9) นอกจากนี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นทีม ฝึกการแก้ปัญหาและการชี้แนะตนเองเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ (Capraro, Capraro, & Morgan, 2013, P.2)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการฝึกฝนให้นักเรียนจัดการกับปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังผลการศึกษาของ Anwari et al(2015) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ เรื่องพลังงานไฟฟ้า โดยแบ่งนักเรียนเป็น 40 กลุ่ม เพื่อให้นักเรียนทำการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าด้วยตนเอง จากนั้นนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการประดิษฐ์มอเตอร์ ผลการศึกษา พบว่า นักเรียน 20 กลุ่ม (50%) สามารถประดิษฐ์มอเตอร์ได้สำเร็จ นักเรียน 19 กลุ่ม (47.5%) สามารถออกแบบมอเตอร์ได้ แต่เมื่อประดิษฐ์แล้วมอเตอร์ไม่หมุน นักเรียน 1 กลุ่ม (2.5%) ไม่สามารถออกแบบและประดิษฐ์มอเตอร์ได้ เนื่องจากเป็นนักเรียนหญิงทั้งกลุ่มและไม่ถนัดเรื่องพลังงานไฟฟ้า ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับบุคคล 3 ประเภท ซึ่งแบ่งโดย พอล จี สดอลท์ซซึ่งเปรียบเทียบกับนักไต่เขา ประกอบด้วย (1) คนไม่สู้ (Quiter) หมายถึง คนที่ไม่ทำอะไรพร้อมที่จะถอยหนีและถอนตัว ดังเช่น นักเรียนกลุ่มที่ไม่สามารถออกแบบและประดิษฐ์มอเตอร์ได้ (2) นักตั้งแคมป์ (Camper) เป็นนักไต่เขาที่มีความพยายามไปถึงจุดที่ตั้งแคมป์ได้ แต่ก็ไม่ประสบผลสำเร็จหากไม่ป็นต่อไป ดังเช่น นักเรียนกลุ่มที่สามารถออกแบบมอเตอร์ได้ แต่มอเตอร์ไม่หมุน ถ้านักเรียนกลุ่มนี้มีความพยายามในการหาสาเหตุที่มอเตอร์ไม่หมุนและแก้ปัญหาดังกล่าว ก็จะประสบความสำเร็จ (3) นักต่อสู้ (Climber) คนกลุ่มนี้มีความคิดเห็นว่า ทุกสิ่งทุกอย่างสามารถเป็นไปได้ ไม่ยอมให้ปัจจัยใดๆมาเป็นอุปสรรคขัดขวางความสำเร็จ ดังเช่น นักเรียนกลุ่มที่สามารถประดิษฐ์มอเตอร์ได้สำเร็จ บุคคลทั้ง 3 ประเภทมีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค(AQ) แตกต่างกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสามารถปรับปรุงและพัฒนาขึ้นได้โดยฝึกฝนการแก้ปัญหาต่างๆด้วยตนเอง รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์และการฝึกทำกิจกรรมต่างๆ โดยใช้แนวทาง The LEAD Sequence ซึ่งนำเสนอโดย พอล จี สดอลท์ซ(สดอลท์ซ,2548) เมื่อวิเคราะห์แนวทางดังกล่าว พบว่ามีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม กล่าวคือ เป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ มีการวิเคราะห์หาเหตุผลเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคได้

ในปีการศึกษา 2559 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ ได้มีนโยบายขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในโรงเรียนทั่วประเทศ แต่ยังคงขาดรูปแบบการสอนที่ชัดเจนและเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยนำแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แนวทางการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนและจัดลำดับกิจกรรมปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและครู ในการวิจัยครั้งนี้ทดสอบประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

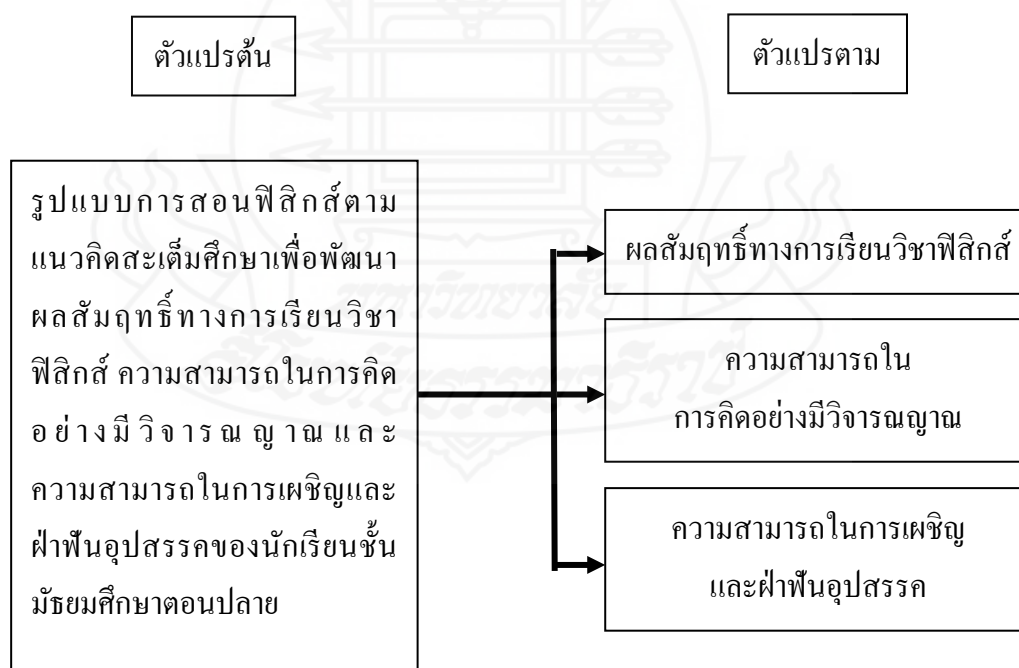
3. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัยและแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 พบว่า ควรพัฒนาคนให้เป็นบุคคลที่ทำงาน โดยใช้ความรู้ (Knowledge Worker) สามารถสร้าง

นวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆและเป็นบุคคลที่พร้อมจะเรียนรู้ (Learning Person) เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการระดับสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ใน 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) เพื่อให้ นักเรียนสามารถบูรณาการและเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง (Vasquez, Comer, & Sneider, 2013) ส่งผลให้ นักเรียนเกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (Adversity Quotient: AQ) นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมให้ นักเรียนได้เตรียมความพร้อมเพื่อการใช้ชีวิตในสังคมศตวรรษที่ 21 อีกด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการฝึกทักษะตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและได้สรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐาน 2 ข้อ ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ

สมมติฐานที่ 2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1,073,869 คนปีการศึกษา 2559 โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คนซึ่งได้มาจากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi – stage sampling) จากโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วประเทศ ได้กลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

กลุ่มประชากรที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงาน

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 322 คน จากครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วประเทศ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการคำนวณกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น.38) ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi – stage sampling) จากโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วประเทศ ได้กลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ปีการศึกษา 2560 จำนวน 200 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40คนเป็นกลุ่มทดลอง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 40คนเป็นกลุ่มควบคุม

5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

5.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการสอน ประกอบด้วย

1) รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2) รูปแบบการสอนแบบปกติ

5.2.2 ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน มี 3 ตัวแปร คือ

- 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
- 2) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 3) ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

6. นิยามเชิงปฏิบัติการ

6.1 รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง แบบแผนของกระบวนการสอนที่ได้รับการจัดลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ โดยมีหลักการ ทฤษฎีการศึกษาที่นำมาใช้เป็นพื้นฐาน ได้แก่ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แนวทางการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณและแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคโดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยมีองค์ประกอบ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการสอน วิธีวัดและประเมินผล

6.2 รูปแบบการสอนปกติ หมายถึง กระบวนการตามลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นสร้างคำอธิบาย (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินการเรียนรู้ (Evaluation)

6.3 ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน หมายถึง ผลที่เกิดจากการใช้รูปแบบการสอน ซึ่งประกอบด้วย

6.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หมายถึง ความรู้ในวิชาฟิสิกส์พื้นฐานตามตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 ซึ่งวัดได้จากคะแนนผลการทดสอบของนักเรียน จากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

6.3.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ (Critical Thinking) หมายถึง การไตร่ตรองข้อมูลหรือสถานการณ์ โดยใช้กระบวนการคิดขั้นสูง คือ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า โดยมีเป้าหมายเพื่อตัดสินใจในการนำข้อมูลมาใช้หรือแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ โดยวัดได้จากแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ประกอบด้วย ความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล ความสามารถในการวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน และความสามารถในการประเมินค่า

6.3.3 ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (Adversity Quotient) หมายถึง การที่บุคคลสามารถตอบสนองต่อปัญหาต่างๆอย่างมีสติ สามารถรับรู้ต้นเหตุและเข้าใจปัญหา มีความรับผิดชอบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น มีความมุ่งมั่นอดทนจนกระทั่งฝ่าฟันและเอาชนะปัญหาได้ โดยวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6) ของ กรรณิกา สุขสมัย(2549) ซึ่งปรับปรุงจาก The Adversity Response Profile (ARP) ตามทฤษฎีของ พอล จี สตอลท์ซ

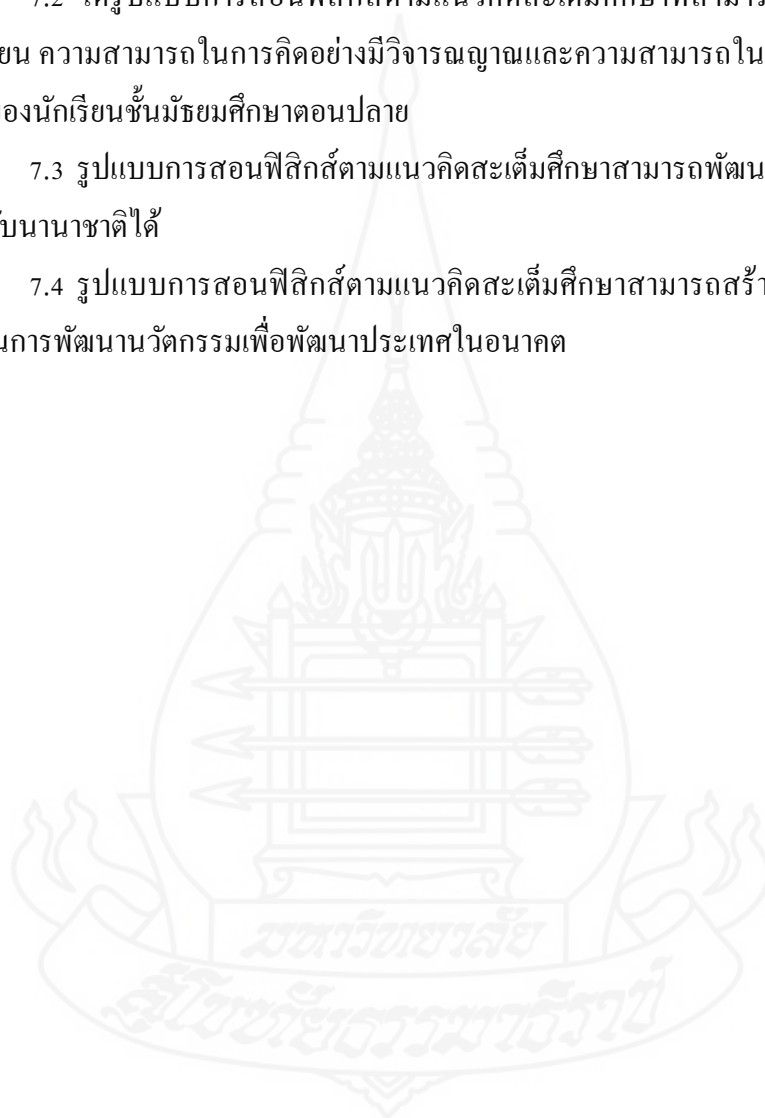
7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ได้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงเรียนได้

7.2 ได้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

7.3 รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาคุณภาพนักเรียนให้เท่าเทียมกับนานาชาติได้

7.4 รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถสร้างแรงบันดาลใจของนักเรียนในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อพัฒนาประเทศในอนาคต



บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับ ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์
 - 1.1 เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์
 - 1.2 หลักสูตรและสาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์
 - 1.3 กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์
 - 1.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์
2. สะเต็มศึกษา
 - 2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 2.2 หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 2.3 เป้าหมายจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 2.4 เทคนิคการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 2.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.3 กระบวนการและการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.3 การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

5. ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.1 ความหมายของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.2 แนวคิดพื้นฐานของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.3 องค์ประกอบของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.4 เทคนิคในการช่วยพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.5 การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.6 แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 - 5.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
6. รูปแบบการเรียนการสอน
 - 6.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน
 - 6.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน
 - 6.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

1. การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

1.1 เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป) ได้กล่าวถึงเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์
2. เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์จริงกับคำอธิบายทางทฤษฎี
3. เพื่อให้เข้าใจและยอมรับในขอบเขตของข้อมูลที่ได้ว่า ขึ้นกับขีดความสามารถของเครื่องมือวัด
4. เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5. เพื่อให้สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการนำหลักการทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ในด้านต่าง ๆ ทั้งเชิงความคิดและเชิงการปฏิบัติ
6. เพื่อให้เกิดความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์

7. เพื่อให้มีความใจกว้าง คิดและปฏิบัติอย่างมีเหตุผล
8. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ ผลดีและผลเสียต่อสังคมในการนำความรู้ทางฟิสิกส์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ
9. เพื่อให้ตระหนักในอิทธิพลของสังคมที่มีต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 หลักสูตรและสาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดกรอบเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ในสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ดังนี้

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็ก ไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรมตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของมาตรฐาน ว.4.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	ในสนามโน้มถ่วงจะมีแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก เมื่อปล่อยวัตถุ วัตถุจะตกแบบเสรี สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุต่างๆ ไม่หลุดจากโลก เช่น การโคจรของดาวเทียมรอบโลก และอาจใช้แรงโน้มถ่วงไปใช้ประโยชน์เพื่อหาแนวตั้งของช่างก่อสร้าง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้าและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้าจะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างเครื่องมือบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่น ออสซิลโลสโคป
	3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็กและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างหลอดภาพโทรทัศน์
	4. วิเคราะห์และอธิบายแรงนิวเคลียร์และแรงไฟฟ้าระหว่างอนุภาคในนิวเคลียส	อนุภาคในนิวเคลียสเรียกว่า นิวคลีออน นิวคลีออนประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน นิวคลีออนในนิวเคลียสยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงนิวเคลียร์ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงผลัทางไฟฟ้าระหว่างนิวคลีออน นิวคลีออนจึงอยู่รวมกันในนิวเคลียสได้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6
ของมาตรฐาน ว.4.2

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง	การเคลื่อนที่ที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวใดแนวหนึ่ง เช่น แนวราบหรือแนวตั้งที่มีการกระจัด ความเร็ว ความเร่ง อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยความเร่งของวัตถุหาได้จากความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
	2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่มีความเร็วในแนวราบคงตัวและความเร่งในแนวตั้งคงตัว การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสวงกลมและมีแรงในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม เช่น การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยที่มุมสูงสุดที่เบนจากแนวตั้ง มีค่าคงตัวตลอด
	3. อภิปรายผลการสับสนและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การเล่นเทนนิส บาสเกตบอล การเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การวิ่งทางโค้งของรถยนต์ให้ปลอดภัย การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างนาฬิกาแบบลูกตุ้ม

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรารู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6

ของมาตรฐาน ว.5.1

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	1. ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น	<p>คลื่นกลมีสมบัติ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน</p> <p>อัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่นมี</p> <p>ความสัมพันธ์กันดังนี้ $\text{อัตราเร็ว} = \text{ความถี่} \times \text{ความยาวคลื่น}$</p>
	2. อธิบายการเกิดคลื่นเสียงบีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	<p>คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง</p> <p>บีตส์ของเสียงเกิดจากคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย มารวมกัน ทำให้ได้ยินเสียงดังค่อยเป็นจังหวะ</p> <p>ความเข้มเสียง คือ พลังงานเสียงที่ตกตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา</p> <p>ระดับความเข้มเสียงจะบอกความดังค่อยของเสียงที่ได้ยิน</p> <p>เครื่องดนตรีแต่ละชนิดที่ใช้ตัวโน้ตเดียวกัน จะให้รูปคลื่นที่แตกต่างกัน เรียกว่า มีคุณภาพเสียงต่างกัน</p>

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	3. อธิบายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ และการเสนอวิธีป้องกัน	มลพิษทางเสียงมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ถ้าฟังเสียงที่มีระดับความเข้มเสียงสูงกว่ามาตรฐานเป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อการได้ยินและสภาพจิตใจได้ การป้องกันโดยการหลีกเลี่ยงหรือใช้เครื่องครอบหูหรือลดการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง เช่น เครื่องจักร
	4. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ และการป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่ต่อเนื่องกัน โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงความถี่ต่างๆ มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน เช่น การรับส่งวิทยุ โทรทัศน์ การป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ไม่อยู่ใกล้เตาไมโครเวฟขณะเตาทำงาน
	5. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับพลังงาน	ปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยาที่นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากแตกตัวเรียกว่าฟิชชัน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการหลอมรวมนิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลน้อยเรียกว่า ฟิวชัน ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงานเป็นไปตามสมการ $E = mc^2$
	6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	ปฏิกิริยานิวเคลียร์ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-6	7. อธิบายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และนำไปใช้ประโยชน์	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนประเภทหนึ่ง ซึ่งได้พลังงานความร้อนจากพลังงานนิวเคลียร์
	8. อธิบายชนิดและสมบัติของรังสีจากธาตุกัมมันตรังสี	รังสีจากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ แอลฟา บีตาและแกมมาซึ่งมีอำนาจทะลุผ่านต่างกัน
	9. อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	กัมมันตภาพรังสีเกิดจากการสลายของไอโซโทปของธาตุที่ไม่เสถียร สามารถตรวจจับได้ โดยเครื่องตรวจวัดรังสีในธรรมชาติมีรังสีแต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก รังสีมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ โบราณคดี รังสีในระดับสูงมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันตัวชี้วัดในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวชี้วัดในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ของมาตรฐาน ว.8.1

ชั้น	ตัวชี้วัด
ม.4-6	<ol style="list-style-type: none"> ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

ตารางที่ 2.4(ต่อ)

ชั้น	ตัวชี้วัด
ม.4-6	11. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งทำทนายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่ การยอมรับเป็นความรู้ใหม่
	12. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

1.3 กิจกรรมการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (ม.ป.ป) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ประกอบด้วย (1) การใช้คำถาม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด โดยครูจะเป็นผู้ป้อนคำถามให้กับนักเรียน กระตุ้น และชี้แนะ เพื่อให้ นักเรียน ตอบคำถามตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยคำถามที่ครูตั้งขึ้นควรคำนึงถึงประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนการสอนให้มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น (2) การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต เพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การบันทึกข้อมูล การแก้ปัญหาขณะทำการทดลอง และการสรุปข้อมูลอย่างมีเหตุผล เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นการปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ นักเรียน ได้อีกทางหนึ่ง และ(3) การอภิปราย ใช้เพื่อนำเข้าสู่เนื้อหาที่ต้องการจะสอน หรือเพื่อนำไปสู่การสังเกต การทดลองและการสรุปผลการทดลองซึ่งมีความจำเป็นที่สุด การอภิปรายเป็นการฝึกให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุ ซึ่งเป็น การปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะที่ทำการอภิปรายครูจะเป็นผู้แนะนำและควบคุมให้อยู่ในประเด็นการอภิปราย

อลิศรา ชูชาติ, โกเมศ นาแจ้ง, และวรรณ นาคศรีอาภรณ์ (2558) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ 3 แนวทาง คือ

1. การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ (Strategic Knowledge Construction) เป็น การจัดการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาความรู้และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ เพื่อประยุกต์ความรู้เชิงมโนทัศน์และ

ความรู้เชิงกระบวนการในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นการเน้นปัญหา (Focus The problem) คือ การนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่หลากหลายและมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน เพื่อกระตุ้นความสนใจและระบุนำคำถามสำคัญของประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (Describe The physics) คือ การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรมการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์จากความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการวางแผน (Plan The Solution) คือ การอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหา ได้แก่ การตรวจสอบข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา การนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหา การเลือกวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการดำเนินการตามแผน (Execute The plan) คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ได้เลือกไว้ และขั้นตอนที่ 5 ขั้นการประเมินคำตอบ (Evaluation The solution) คือ การอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

2. การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ด้วยลำดับขั้นการเรียนการสอนที่เน้นโมเดลเป็นศูนย์กลาง (Model – Centered Instruction Sequence) คือ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาการสร้างความรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางความคิด ได้แก่ การสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ การใช้แบบจำลองในการสร้างคำอธิบายและตั้งสมมติฐานเพื่อตรวจสอบกับปรากฏการณ์ใหม่ ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และการตั้งคำถามสำคัญ คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยเสนอสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความสงสัย ซึ่งจะนำไปสู่การคิดหาคำตอบ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น คือ นักเรียนสร้างแบบจำลองรายบุคคลเพื่อแสดงถึงความเข้าใจในสถานการณ์ที่กำลังศึกษาและคิดสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ คือ นักเรียนร่วมทำงานเป็นกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนสมมติฐาน นักเรียนร่วมกันสำรวจตรวจสอบสถานการณ์ปัญหาเพื่อวางแผนในการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น คือ นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาพิจารณาเพื่อกำหนดสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 5 ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง คือ นักเรียนศึกษาสถานการณ์จำลองที่ไม่สามารถเรียนรู้ได้จากการสำรวจตรวจสอบและอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนที่ 6 ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง คือ นักเรียนนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากสถานการณ์จำลองมาใช้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตน เพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนที่ 7 ขั้นการประเมินโดยเพื่อน คือ

นักเรียนนำเสนอแบบจำลองรายบุคคลและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อประเมินแบบจำลองของแต่ละคน ขั้นตอนที่ 8 ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้าง คือ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียนเพื่ออภิปรายลักษณะสำคัญของแบบจำลองในรูปแบบต่างๆเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมิตรร่วมกันของชั้นเรียน และขั้นตอนที่ 9 ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย คือ นักเรียนนำแบบจำลองซึ่งเป็นมิตรร่วมกันของชั้นเรียนไปใช้ในการอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่ศึกษา

3. การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process) คือ การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ เพื่อให้ นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตั้งคำถาม (Ask) คือ การระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (Imagine) คือ การระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นวางแผน (Plan) คือ การระบุวิธีและขั้นตอนการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (Create) คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ และขั้นตอนที่ 5 ขั้นปรับปรุง (Improve) คือ การทดสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์และอภิปรายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อปรับปรุงให้มีผลงานดียิ่งขึ้น

1.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

สสวท.(2555) ได้นำเสนอการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 3 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การประเมิน โดยครู หมายถึง การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูเป็นผู้ดำเนินการตั้งแต่กำหนดวัตถุประสงค์ สร้างเครื่องมือวัด กำหนดเกณฑ์การประเมิน การให้คะแนนและตัดสินผลการเรียนรู้

แนวทางที่ 2 ประเมิน โดยครูและนักเรียน หมายถึง การประเมินการเรียนรู้ที่ครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดวัตถุประสงค์ วิธีการประเมิน เกณฑ์การประเมิน โดยนักเรียนจะได้ร่วมประเมินตนเองด้วย โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

และแนวทางที่ 3 การประเมินผลโดยนักเรียน หมายถึง การประเมินผลการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการด้วยตนเอง นักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมที่หลากหลายตามความถนัด จัดเก็บผลงานอย่างเป็นระบบและประเมินผลงานด้วยตนเอง

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 3 แนวทางดังกล่าว สามารถดำเนินการโดยใช้กิจกรรมการทดสอบด้วยข้อสอบและการประเมินจากการปฏิบัติงานและผลงานของนักเรียน

2. สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา(STEM EDUCATION) เกิดจาก 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science, S) เทคโนโลยี (Technology, T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering, E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics, M) โดยจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ผสมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่ง Koehler, Binns, and Bloom (2016,pp.17) ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นกระบวนการตัดสินใจ โดยอาศัยความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้เทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา(Stem Education) เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยสถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council จากการศึกษาความหมายจากรวบรวมที่ เกี่ยวข้องจำนวน 6 ฉบับ ได้ให้ความหมายดังนี้

Vasquez, Comer, and Sneider (2013, pp 4) สะเต็มศึกษา คือ การเรียนการสอนแบบบูรณาการระดับสหวิทยาการ (Interdisciplinary Approach) ใน 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการเข้าสู่ชีวิตจริงและเชื่อมโยงกับประสบการณ์เรียนรู้เพื่อนักเรียน

Thananuwong (2015, pp.76) สะเต็มศึกษาคือ แนวทางการสอนแบบบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) สะเต็มศึกษาไม่ใช่หลักสูตรแต่เป็นแนวทางการจัดการจัดการเรียนการสอน โดยการบูรณาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าไปใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

สสวท.(2557: น.4) สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2558: คำนำ)สะเต็มศึกษา หมายถึง การศึกษาที่นักเรียนได้ ทักษะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian (อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558,น.202)สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้เรื่องทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาคำความรู้และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

จำรัส อินทลาภาพร ,มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงศ์ใหญ่, และศรีสมร พุ่มสะอาด (2558: น.68) สะเต็มศึกษา ในบริบทของต่างประเทศ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่สำหรับในบริบทของประเทศไทย สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการใน 3 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี เนื่องจากไม่มีสาระวิศวกรรม แต่จะให้การสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าไปใน 3 สาระ ดังกล่าว

จากความหมายข้างต้น พบว่า นักวิชาการทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายสอดคล้องกัน คือ สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปความหมายของสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต สามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง

2.2 หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) หรือ โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning) มีเทคโนโลยีเป็นแนวทางพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอน (Hansen and Gonzalez, 2014, Abstract) จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปหลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

หลักการ	Zollman (2012)	Vasquez, Comer and Sneider, (2013)	Hansen and Gonzalez (2014)	สสวท. (2557)	จรัส อินทลาภาพร มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงศ์ใหญ่, ศรีสมร พุ่มสะอาด (2558)	สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2558)
1.จัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ	/	/	/	/	/	/
2.เชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง	/	/	/	/	-	/
3.พัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21	/	/	/	/	/	-
4.จัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือ โครงการเป็นฐาน	-	/	/	/	/	/
5.จัดการเรียนการสอน โดยเหมาะสมกับช่วงวัยและ ความรู้เดิมของนักเรียน	/	/	-	/	-	-
6.วัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การ ประเมินตามสภาพจริง	-	/	-	/	/	/

หลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

2. เชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง หมายถึง การจัดการเรียนการสอน โดยนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงของนักเรียนมาศึกษา เพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ในห้องเรียนกับชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

3. พัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 หมายถึง การจัดการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย (3.1) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) (3.2) ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี (Information Media and Technology Skills) (3.3) ทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and Career Skills)

4. จัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือโครงงานเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนการสอน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ซึ่งสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวจะถูกออกแบบโดยครูหรือเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนสนใจ

5. จัดการเรียนการสอนโดยเหมาะสมกับช่วงวัยและความรู้เดิมของนักเรียน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยกำหนดสถานการณ์ปัญหา ความยากง่ายในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงวัยและความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความท้าทายในการแก้ปัญหา ถ้าสถานการณ์ปัญหามีความยากเกินกว่าช่วงวัยและความรู้เดิมของนักเรียน นักเรียนอาจเกิดความเบื่อหน่ายส่งผลให้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้

6. ประเมินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง กระบวนการประเมินนักเรียน ด้านความรู้ กระบวนการ คุณลักษณะ โดยใช้กระบวนการสังเกต บันทึกเก็บรวบรวมข้อมูลของนักเรียนขณะทำกิจกรรมและผลงานของนักเรียน

สำหรับบริบทของประเทศไทย สสวท. (2557, น. 16) ได้เสนอแนวทางในการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน 3 แนวทาง คือ

1. จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน

2. จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือก

3. จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มนอกห้องเรียน

2.3 เป้าหมายการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงาน นักเรียนขาดความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการประกอบอาชีพ (สิรินภา กิจเกื้อกุล, 2558, น.202) ดังนั้น จึงมีการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยการนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน Nation Research Council of The National Academies (2011, pp.4 – 5) ได้กำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. เพื่อเพิ่มจำนวนนักเรียนเข้าศึกษาต่อสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เป็นการเตรียมความพร้อมรับมือกับเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมที่จะเกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 และความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กำลังจะเกิดขึ้น

2. เพื่อเพิ่มแรงงานในสาขาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เช่น แพทย์ พยาบาล นักเทคโนโลยี เป็นต้น

3. เพื่อเพิ่มการรู้สะเต็ม (STEM literacy) ให้กับนักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับพลเมืองภายในประเทศที่จะต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่ง Vasquez, Comer, and Sneider (2013, pp.10 - 11) ได้กล่าวถึงการรู้สะเต็มประกอบด้วย การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) คือ (1) ความรู้ ความเข้าใจ ในหลักการ ทฤษฎี กฎของวิชาวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิดกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ (3) การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี (Technological Literacy) คือ ความสามารถในการใช้ การจัดการ ความเข้าใจและประเมินเทคโนโลยี ซึ่งเทคโนโลยี หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก ซึ่งเทคโนโลยีจะมีความหมายตั้งแต่สิ่งที่ย่อย เช่น ดินสอ จนกระทั่งถึงระบบการสื่อสาร นอกจากนี้เทคโนโลยียังรวมถึง โครงสร้างพื้นฐานทั้งหมด ซึ่งต้องมีการออกแบบ การผลิต การดำเนินการและการซ่อมแซมสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ นักเรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการใช้งานตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่เกิดขึ้น และสามารถวิเคราะห์ผลกระทบของเทคโนโลยีตั้งแต่ระดับประชากร ระดับประเทศและระดับโลก การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Literacy) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์กับสถานการณ์ต่างๆได้ โดยสามารถกำหนดปัญหา สามารถสร้างและทดสอบวิธีการแก้ปัญหา และสามารถออกแบบภายใต้เงื่อนไขต่างๆ เพื่อค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) คือ ความเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง

โดยนักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์มาใช้ในการตัดสินใจและนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

2.4 เทคนิคการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยรายละเอียด ดังนี้

2.4.1 ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Fogarty (1997, pp.2) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคือ รูปแบบหลักสูตรซึ่งถูกออกแบบจากปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยเป็นปัญหาที่มีแนวคำตอบที่หลากหลาย (ill – Structured) ซึ่งนักเรียนจะกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้วยตนเองและค้นหาคำตอบของปัญหาโดยวิธีการศึกษาด้วยตนเอง

Lambros (2002, pp.1) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ความรู้ใหม่โดยเริ่มต้นจากปัญหา ซึ่งสถานการณ์ปัญหาที่จะนำมาใช้เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดยเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการแสวงหาความรู้และสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่จากสถานการณ์ดังกล่าว

Torp and Sage (2002, pp.15) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นประสบการณ์เรียนรู้ในด้านการคิด (Minds - on) และการปฏิบัติ (Hands – on) ซึ่งเกิดจากกระบวนการสืบสวนและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

Eggen and Kauchak (2012, pp.225) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคือ รูปแบบการสอน โดยการ ใช้ปัญหา ซึ่งมุ่งไปที่การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา เนื้อหาและการกำกับตนเอง (Self – regulation)

ยรวัดน์ คล้ายมงคล (2545 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ 2554, น.57) กล่าวว่า การเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ปัญหาเป็นเครื่องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียน ได้สมรรถภาพที่ต้องการ โดยมีครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

วัลลี สัตยาศัย (2547, น.16) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ วิธีการเรียนรู้ที่เริ่มต้นด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการต่างๆ จากแหล่งวิทยาการที่หลากหลาย เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยที่มิได้มีการศึกษาหรือเตรียมตัวล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวมาก่อน

ทิสนา แคมมณี (2554, น.137 - 138) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดสภาพการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยครูอาจนำนักเรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือครูอาจจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหา ร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ

จากความหมายของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยนักวิชาการทั้ง 7 ท่าน สามารถสรุปความหมายได้ ดังนี้ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเป็นเครื่องมือในการนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด โดยนักเรียนเป็นผู้ศึกษาหาความรู้และแก้ปัญหาที่ครูกำหนดด้วยตัวนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน จากความหมายข้างต้นสอดคล้องกับ Krauss and Boss (2013, pp.6) ซึ่งได้ให้ความหมายและแนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ความหมายและแนวปฏิบัติของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

	ความหมาย	การปฏิบัติ
การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก	ให้ความสำคัญกับประสบการณ์และการเรียนรู้ของนักเรียน	ครูจะทำหน้าที่ออกแบบ จัดเตรียมและแนะนำนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้
นักเรียนได้รับความรู้ ทักษะ และการแสดงออกทางจิตพิสัย	โครงการ คือ หลักสูตรซึ่งในการพัฒนาความสามารถของนักเรียน	ครูออกแบบ และ วัตถุประสงค์ พัฒนาการของนักเรียนด้านความรู้ ทักษะและจิตพิสัย

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

	ความหมาย	การปฏิบัติ
ใช้สืบสวนจากปัญหา ปลายเปิด	คำถามเป็นตัวกระตุ้นให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้	คำถามที่ดีเป็นจุดเริ่มต้นที่จะ นำไปสู่คำถามที่นักเรียน สามารถนำไปใช้ในการ สืบสวน
เป็นการสร้างความหมาย	การเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญและมี คุณค่าสำหรับนักเรียน	โครงการจะต้องทำให้นักเรียน มีความคิดขั้นสูง สร้างองค์ ความรู้ มีการวิเคราะห์ สร้างสรรค์และสรุปได้
นำไปสู่การถ่ายโอนความรู้	โครงการจะนำไปสู่การ ประจักษ์ การสร้างแรงจูงใจ การสร้างแรงบันดาลใจ ความ เพลิดเพลิน	โครงสร้างของปัญหาที่ไม่ สมบูรณ์จะช่วยให้นักเรียนมี ความคิดสร้างสรรค์และการ ถ่ายโอนความรู้ ซึ่งจะนำไปสู่ การเรียนรู้ที่ยั่งยืน

หมายเหตุ: ปรับปรุงจาก Thinking Through Project – Based Learning : Guiding Deeper Inquiry.

(pp.6), by Jane Krauss and Suzie Boss, 2013, California: A Sage Company.

2.4.2 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะสำคัญ ดังนี้
Lambros (2002, pp.2 - 4) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียน
การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

- 1) สถานการณ์ในชีวิตประจำวันถูกนำมาใช้เป็นสถานการณ์ปัญหาเพื่อ
กระตุ้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ใหม่
- 2) นักเรียนจะเป็นผู้กำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ด้วยตนเอง
- 3) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะใช้กระบวนการกลุ่ม
ขนาดเล็กในการแสวงหาความรู้ตามเป้าหมายที่นักเรียนกำหนด
- 4) นักเรียนจะต้องรับผิดชอบในการเรียนรู้ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการ
จัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

5) ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ Torp and Sage (2002, pp.15) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมี 3 ประการ คือ

- 1) นักเรียนถูกกระตุ้นด้วยสถานการณ์ปัญหา
- 2) ปัญหาแบบองค์รวมทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความเชื่อมโยงกัน
- 3) ครูเป็นผู้แนะนำนักเรียนให้เกิดการคิด การสืบเสาะและการทำความเข้าใจ

ในระดับลึก

Eggen and Kauchak (2012, pp.226) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมี 3 ประการ คือ

1) บทเรียนมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหา กล่าวคือ บทเรียนจะเริ่มต้นจากปัญหา โดยมีเป้าหมาย คือ การแก้ปัญหา

2) นักเรียนจะเป็นผู้รับผิดชอบในการแก้ปัญหา กล่าวคือ นักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง โดยใช้กระบวนการกลุ่ม (กลุ่มละไม่เกิน 4 คน)

3) ครูเป็นผู้สนับสนุนกระบวนการทำงานของนักเรียน กล่าวคือ ครูจะใช้คำถามกระตุ้นและสนับสนุนเพื่อให้นักเรียนมีความพยายามในการแก้ปัญหาคำแนะนำของครูจะต้องไม่ชี้นำนักเรียน เพราะ จะทำให้นักเรียนไม่เกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ในทางตรงข้ามถ้าครูไม่มีการแนะนำนักเรียนเลย นักเรียนอาจเสียเวลาในการแก้ปัญหาและเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

ทิสนา แคมมณี (2554, น.138) ได้เสนอตัวบ่งชี้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1) ครูและนักเรียนมีการร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือความต้องการของนักเรียน

2) ครูและนักเรียนมีการออกไปเผชิญสถานการณ์จริงหรือครูมีการจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเผชิญปัญหา

3) ครูและนักเรียนมีการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา

4) นักเรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน

5) ครูมีการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล การศึกษาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

6) นักเรียนมีการศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

7) ครูมีการกระตุ้นให้นักเรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม

8) นักเรียนมีการลงมือแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและประเมินผล

9) ครูมีการติดตามการปฏิบัติงานของนักเรียนและให้คำปรึกษา

10) ครูมีการประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งทางด้านผลงานและกระบวนการ มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545 อ้างถึงใน ประสาท เนื่องเฉลิม 2558, น.171)

ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2) การเรียนรู้เกิดขึ้นในกลุ่มนักเรียนที่มีขนาดเล็ก

3) ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำ

4) ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

5) ปัญหาที่นำมาใช้มีคำตอบหลายคำตอบหรือแก้ปัญหาก็ได้หลายทาง

6) นักเรียนเป็นคนแก้ปัญหา โดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ๆด้วยตนเอง

7) ประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยสังเกตจากความสามารถในการปฏิบัติ

จากแนวคิดลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจากนักวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า มีความสอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนการสอนจะต้องใช้ปัญหาที่มีคำตอบหลากหลาย โดยนักเรียนจะเป็นผู้สืบค้นเพื่อหาคำตอบภายใต้การแนะนำและสนับสนุนจากครู ลักษณะสำคัญดังกล่าวนี้มีความแตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ (Traditional Classroom)

และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนการสอนแบบปกติ	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
ครูจะสอนเนื้อหาในลักษณะการย่อข้อมูลให้กับนักเรียน	ครูช่วยเหลือนักเรียนในการสืบค้นความรู้ ตามลำดับขั้นตอนการทำโครงการ
ครูจะเป็นผู้พูดมากที่สุด	ครูจะเป็นผู้รับฟังนักเรียน
ถ้านักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหา ครูจะสอนซ้ำอีกครั้ง	ถ้านักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา ครูจะกระตุ้นด้วยการตั้งคำถาม เพื่อให้ นักเรียนแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

การจัดการเรียนการสอนแบบปกติ	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
ครูจะให้ความสำคัญกับชิ้นงานหรือผลสอบในแต่ละบทเรียน	ครูจะใช้การประเมินพัฒนาการของนักเรียน (Formative Assessment) ในกระบวนการทำงานของนักเรียนเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ

หมายเหตุ : ปรับปรุงจาก Thinking Through Project – Based Learning : Guiding Deeper Inquiry. (pp.48), by Jane Krauss and Suzie Boss, 2013, California: A Sage Company.

2.4.3 องค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากการศึกษาลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ คือ สถานการณ์ปัญหา นักเรียนและครู ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะมีบทบาทแตกต่างกัน ดังนี้

1) สถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเปรียบเสมือนเครื่องจักรในการนำพานักเรียนเพื่อไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ต้องการ ทิพวัลย์ สุทิน และปิยะพงศ์ โชติพันธ์ (2554, น.3) ได้กล่าวถึงสถานการณ์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง รายละเอียดสถานการณ์ซึ่งประกอบด้วยปรากฏการณ์ใด ปรากฏการณ์หนึ่งหรือหลายปรากฏการณ์ ที่ต้องการคำอธิบายเพื่อทำความเข้าใจ โดย Eggen and Kauchak (2012, pp.230) ได้กล่าวว่า ปัญหาโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ (1) ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ (Well – Structured Problem) หมายถึง ปัญหาที่สามารถระบุคำตอบได้เพียงคำตอบเดียว (2) ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (ill – Structured Problem) หมายถึง ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ซึ่ง สุธี พรรณหาญ (คัดลอกจาก ชันยกร ช่วยทุกข์ เพื่อน 2556, น.32) ได้วิเคราะห์ความแตกต่างของปัญหาทั้ง 2 ประเภท ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ (Well – Structured Problem) กับ ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (ill – Structured Problem)

ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ (Well – Structured Problem)	ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (ill – Structured Problem)
1. นิยามปัญหาจัดทำได้ง่าย ชัดเจน	1. ปัญหาต้องสามารถนิยามและอาจนิยามใหม่ได้
2. ในปัญหามีการจัดให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา	2. ต้องมีการสืบเสาะข้อมูลเพิ่มเติมจากภายนอกเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
3. มีจุดเน้นที่วิธีการแก้ปัญหา	3. มีจุดเน้นที่เป็นธรรมชาติของปัญหา
4. สามารถระบุคำตอบได้เพียงคำตอบเดียว	4. มีวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้หลายแนวทาง
5. นิยามปัญหาได้ชัดเจนและย้อนหลังไปหาคำตอบได้	5. การแก้ปัญหาคำเนินไปโดยไม่มีกติกานิยามปัญหาที่ชัดเจนหรือข้อมูลที่เพียงพอ
6. มีบริบทที่เป็นนามธรรม	6. มีบริบททางสังคม
7. มีแรงจูงใจต่ำในการแก้ปัญหา	7. มีแรงจูงใจสูงในการแก้ปัญหา

หมายเหตุ: ที่มา การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ระดับอุดมศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. (น.32), ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน, 2556, บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วัลลี สัตยาชัย (2547) กล่าวว่า มหาวิทยาลัยมาสเตอร์คิด ได้แบ่งชนิดสถานการณ์ปัญหาได้ 6 ประการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ชนิดสถานการณ์ปัญหา 6 ประการ ซึ่งแบ่งโดย มหาวิทยาลัยสตรีคท์

ชนิดสถานการณ์ปัญหา	วัตถุประสงค์
1. สถานการณ์ปัญหาเชิงอธิบาย (Explanation Problem)	เพื่อให้ นักเรียน สามารถ อธิบาย ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น
2. สถานการณ์ปัญหาเชิงอภิปราย (Discussion Problem)	เพื่อให้ นักเรียน ได้โต้แย้งในประเด็น เดียวกัน ตามความคิดเห็นของนักเรียนแต่ ละคน
3. สถานการณ์ปัญหาเชิงยุทธศาสตร์ (Strategy Problem)	เพื่อให้ นักเรียน ฝึกใช้เหตุผลในการ ตัดสินใจแก้ปัญหา โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจในสาเหตุของปัญหา
4. สถานการณ์ปัญหาเชิงการศึกษา (Study Problem)	เพื่อให้ นักเรียน ไปศึกษาความรู้เพิ่มเติมใน เรื่องที่กำหนดให้
5. สถานการณ์ปัญหาเชิงประยุกต์ (Application Problem)	เพื่อให้ นักเรียน สามารถประยุกต์ความรู้ที่ เรียนมาในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจาก ขณะเรียนรู้เรื่องดังกล่าว
6. สถานการณ์ปัญหาหลายระดับ (Multi – Level Problem)	เพื่อให้ นักเรียน ศึกษาเชิงลึกในคำถามที่ กำหนด ใน แต่ละคำถาม ซึ่งจะมี ความสัมพันธ์กัน

2) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์ปัญหาเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจากการศึกษาวรรณกรรม 4 ฉบับ มีดังนี้

Delisle (1997, pp. 26 – 36) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลำดับการวางแผน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกเนื้อหาและทักษะ (Selecting Content and Skills)
หมายถึง การศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาเพื่อกำหนดเนื้อหาและทักษะที่ต้องการให้เกิดกับตัวนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดแหล่งการเรียนรู้ (Determining Availability of Resources) หมายถึง ครูครูสำรวจแหล่งเรียนรู้ว่าเพียงพอหรือไม่ โดยสำรวจทั้งในโรงเรียนและแหล่งเรียนรู้อื่น ขั้นตอนนี้ครูควรดำเนินการก่อนที่จะเขียนปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 เขียนปัญหา (Writing a Problem Statement) หมายถึง การกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนศึกษา โดยสถานการณ์ปัญหาคควรมีลักษณะ ดังนี้

1) เป็นการพัฒนาอย่างเหมาะสม โดยสามารถพัฒนาสติปัญญาและอารมณ์ สังคมของนักเรียน

2) คำนึงถึงประสบการณ์ของนักเรียน

3) มีความสอดคล้องกับหลักสูตรทั้งในด้านเนื้อหาและทักษะ

4) สามารถใช้การเรียนการสอนได้หลายวิธี

5) สถานการณ์ปัญหาชนิดที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 4 เลือกกิจกรรมการเรียนรู้ (Choosing a Motivation Activity) หมายถึง การเลือกกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริง เพื่อให้มองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 สร้างคำถาม (Developing a Focus Question) หมายถึง การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการตั้งคำถาม

ขั้นตอนที่ 6 กำหนดวิธีการประเมินผล (Determining an Evaluation Strategy) ให้มีความหลากหลายโดยประเมินทั้งในด้านเนื้อหาและทักษะ

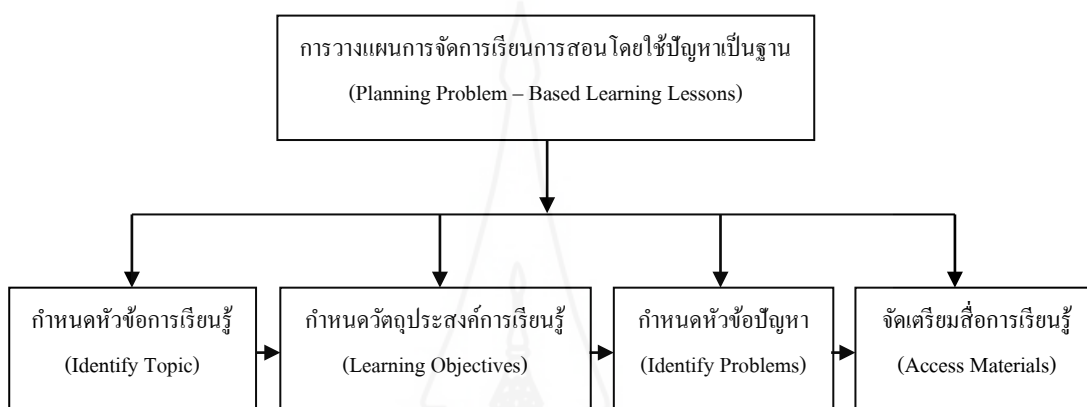
Eggen and Don Kauchak (2012, pp.226 - 228) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลำดับการวางแผน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดหัวข้อการเรียนรู้ (Identify Topic) หมายถึง การกำหนดหัวข้อที่จะทำการจัดการเรียนการสอน เช่น แรง การออกแบบการทดลอง การหาพื้นที่ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Learning Objectives) หมายถึง การกำหนดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้เรียนแล้ว โดยทั่วไปการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะมี 2 เป้าหมายหลัก คือ เป้าหมายในแต่ละบทเรียน หมายถึง นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่กำหนด และเป้าหมายในระยะยาว หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดหัวข้อปัญหา (Identify Problems) หมายถึง การกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหา ในการกำหนดสถานการณ์ปัญหาคควรมีความเชื่อมโยงกับความรู้นักเรียน เพราะ จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ (Access Materials) หมายถึง การจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนให้เพียงพอแก่นักเรียน
ขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดของ Paul Eggen and Don Kauchak สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการวางแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ปรับปรุงจาก *Strategies and Models for Teachers: Teaching Content and Thinking Skills*. (pp 227), Paul Eggen and Don Kauchak, 2012, Boston: Pearson Education, Inc

วัลลี สัตยาศัย (2547, น.41 - 42) กล่าวว่า แนวทางการสร้างสถานการณ์ปัญหา ขั้นตอนแรก คือ เขียนวัตถุประสงค์การศึกษา (Learning Objective) ซึ่งต้องมีความชัดเจนเพื่อช่วยให้การเขียนสถานการณ์ปัญหากระทำได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ขั้นตอนต่อมา คือ การเลือกชนิดของโจทย์ปัญหาและจำนวนปัญหา โดยต้องมีการพิจารณาว่า ปัญหาในแต่ละข้อครอบคลุมวัตถุประสงค์ข้อใดบ้างและใช้เวลาในการศึกษาเท่าใด ขั้นตอนสุดท้าย คือ ตรวจสอบว่าเนื้อหาที่คาดว่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้หลังจากได้อ่านสถานการณ์ปัญหาและอภิปรายกันแล้ว ตรงกับวัตถุประสงค์หรือไม่ ถ้ายังขาดหรือยังไม่ครอบคลุมอาจใช้วิธีการบรรยายเพิ่มเติม

ทิพวัลย์ สุทิน และปิยะพงศ์ โชติพันธ์ (2554, น.11 - 13) กล่าวว่า ขั้นตอนการออกแบบสถานการณ์ปัญหา มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตรเพื่อกำหนดเนื้อหาสาระหลักที่จะจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน การวิเคราะห์หลักสูตรต้องระบุ เป้าหมายรวมของรายวิชา ระบุ

มโนทัศน์ที่สำคัญ กำหนดรายละเอียดของเนื้อหารายวิชา ระดับของรายวิชาและวุฒิภาวะของนักเรียน เช่น ควรจะเรียนรายวิชานี้ตอนไหน เพื่อให้สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดสัดส่วนเนื้อหาในภาพรวมที่จะเลือกเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน หลังจากวิเคราะห์ภาพรวมของเนื้อหาสาระหลักก็สามารถกำหนดสัดส่วนว่าในหลักสูตรหรือรายวิชาจะสามารถจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหามากน้อยเพียงใด เช่น จัดได้เต็มทั้งวิชาที่เรียกว่า Full – PBL หรือเพียงบางส่วนที่เรียกว่า Hybrid – PBL ก็สามารถทำได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละโจทย์ปัญหา หลังจากกำหนดสัดส่วนได้แล้ว ก็พิจารณาว่าในร้อยละที่กำหนดไว้เมื่อดูจากตารางการเรียนการสอนแล้วจะสามารถเขียนเป็นโจทย์ปัญหาได้กี่ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโจทย์ปัญหาให้สอดคล้องกับประเภทความรู้ที่คาดหวังให้เกิดกับนักเรียนในแต่ละโจทย์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 เขียนโจทย์ปัญหาร่วมกับคณะครู โดยต้องกำหนดความลึกซึ้งของเนื้อหาที่จะเขียน โจทย์ปัญหา ควรถามคำถามที่เป็นปลายเปิด กำหนดข้อมูลว่าควรจะมีอย่างน้อยเพียงใด ที่จะช่วยกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ทุกขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานจนบรรลุวัตถุประสงค์ของรายวิชา

ขั้นตอนที่ 6 ทดลองใช้โจทย์ปัญหา หลังจากคณะครูได้เขียนโจทย์ปัญหาเสร็จ ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องทดลองใช้โจทย์ปัญหา โดยในเบื้องต้นต้องนำเสนอโจทย์ปัญหาให้คณะครูได้อ่านและคาดคะเนวัตถุประสงค์การเรียนรู้พร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับ ตลอดจนข้อเสนอแนะเมื่อปรับปรุงตามข้อเสนอแนะแล้วให้นำโจทย์ปัญหาไปทดลองใช้ โดยเลือกกลุ่มผู้ทดลองให้ใกล้เคียงกับกลุ่มนักเรียนจริง โดยให้เรียนรู้กระบวนการครบทุกขั้นตอนของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุงเพื่อแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง หลังจากได้ทดลองใช้ก็ให้กลุ่มนักเรียนทดลองเรียนรู้จากโจทย์ปัญหาทดลอง ได้ประเมินโจทย์และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ครู ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อครูจะนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปใช้จริง

ขั้นตอนที่ 8 นำไปใช้กับกลุ่มนักเรียนจริงตามขั้นตอนการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนที่ 9 ประเมินผลหลังจากนำไปใช้จริง โดยนักเรียนและครูประเมินโจทย์ปัญหา เมื่อจบขั้นตอนการเรียนรู้ทุกขั้นตอน เพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

จากวรรณกรรมทั้ง 4 ฉบับ พบว่า ในวรรณกรรมแต่ละฉบับมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน แต่มีวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกัน คือ สร้างสถานการณ์ปัญหาที่จะนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนสำคัญของการสร้างสถานการณ์ปัญหา ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์หลักสูตร เป็นขั้นตอนการศึกษาหลักสูตร ซึ่งในบริบทของงานวิจัยชิ้นนี้ คือ การศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเนื้อหาที่จะสอนแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งในการวิจัยชิ้นนี้ คือ การเลือกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาระ/ตัวชี้วัดที่ต้องการสอน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง วิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยคำนึงถึงบริบทของนักเรียนในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างและบริบทของโรงเรียนมีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้น การเลือกเทคโนโลยีที่จะสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงต้องพิจารณาธรรมชาติของเนื้อหาและบริบทของโรงเรียนประกอบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับวัยและชีวิตจริงของนักเรียนในแต่ละพื้นที่

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีความครอบคลุมตัวชี้วัดตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ คือ การนำเทคโนโลยีที่ต้องการให้นักเรียนศึกษามาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาฟิสิกส์กับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์นำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดสถานการณ์ปัญหาและชนิดของปัญหา โดยให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดวิธีการวัดและประเมินผล เพื่อให้กระบวนการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพ ครูควรกำหนดวิธีการวัดและประเมินผลที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

3) บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Fogarty (1997, pp.8) กล่าวว่า บทบาทของนักเรียน คือ ผู้มีส่วนได้เสีย (Stakeholders) โดยนักเรียนจะต้องออกแบบการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ซึ่งครอบคลุมกระบวนการแก้ปัญหาทุกขั้นตอน ดังนั้น การเรียนรู้โดยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนจะต้องมีความรับผิดชอบมากกว่าการเรียนรู้โดยวิธีอื่น

วัลลี สัตยาศัย (2547) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

(1) เปลี่ยนบทบาทจากผู้รับฟังและจดจำสิ่งที่ครูได้สอนในชั้นเรียน มาเป็นมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยจะต้องรับผิดชอบต่อความก้าวหน้าของกลุ่มและของตนเอง

(2) นักเรียนจะต้องร่วมมือกับนักเรียนคนอื่นในการเรียนรู้ ตั้งแต่การสร้างวัตถุประสงค์การเรียนรู้ร่วมกัน การค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม การทำงานกลุ่มตามที่ได้รับมอบหมาย

(3) การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมุ่งให้เกิดการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนภายในกลุ่ม ดังนั้น นักเรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน นอกจากนี้ต้องช่วยเหลือเพื่อนที่เรียนอ่อนเพื่อให้เรียนทันเพื่อนคนอื่นด้วย

เกียรติกำจร กุศล และฐิติพร ปานมา (2554, น.15) กล่าวถึงคุณลักษณะของนักเรียน ดังนี้

- (1) มีความกระตือรือร้น กล้าพูด กล้าแสดงความคิดเห็น และช่างสงสัย ใฝ่รู้
- (2) รับผิดชอบต่อตนเองและกระบวนการกลุ่ม
- (3) อดทนและยอมรับความแตกต่างของเพื่อนในกลุ่ม
- (4) ยอมรับในสิ่งที่ตน ไม่รู้และเข้าใจผิด เป็นกัลยาณมิตรต่อกัน ร่วมกัน

ตัดสินใจ

- (5) วิพากษ์ ความคิดของผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
- (6) ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง
- (7) ตรงเวลาและบริหารเวลาได้อย่างเหมาะสม
- (8) วิเคราะห์ ประเมินตนเองและเพื่อนในกลุ่ม ได้ถูกต้องตามความเป็นจริง

2.4.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะเริ่มต้นจากปัญหา นักเรียนจะทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จนเกิดกระทั่งเกิดเป็นความรู้ใหม่ ดังที่ ทิพวัลย์ สุทิน และปิยะพงศ์ โชติพันธ์ (2554, น.6) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ควรจัดสภาพแวดล้อมเพื่อสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างน้อย 3 ขั้นตอน คือ การกระตุ้นความรู้เดิม (Activation of Prior Knowledge) การเสริมสร้างความรู้ใหม่ที่เฉพาะเจาะจง (Encoding Specificity) และการสร้างความเข้าใจให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Elaboration of Knowledge) สถานการณ์ปัญหาเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้ง 3 ขั้นตอนนี้จากการศึกษาวรรณกรรมจำนวน 7 ฉบับ พบว่า นักการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

Delisle (1997, pp.26 – 36) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเชื่อมโยงปัญหา (Connecting with the Problem) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีประสิทธิภาพ นักเรียนควรมีความรู้เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดมีความสัมพันธ์กับตน ครูจะต้องออกแบบปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความสุขในการเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การจัดโครงสร้าง (Setting Up the Structure) หลังจากที่ครูได้เชื่อมโยงระหว่างปัญหาหรือสถานการณ์กับตัวนักเรียนแล้ว ลำดับต่อไปจะกำหนดโครงสร้างเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนบันทึกลงในตารางที่ 2.10 ซึ่งประกอบด้วย (1) แนวคิด (Ideas) หมายถึง บันทึกสิ่งที่เป็นแนวความคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (2) ข้อเท็จจริง (Facts) หมายถึง การบันทึกข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในขณะที่ทำการอภิปรายในประเด็นนี้ ครูควรแสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น (3) ประเด็นการเรียนรู้ (Learning Issue) หมายถึง การบันทึกคำถามที่ต้องการรู้ ซึ่งคำตอบของคำถามจะช่วยนักเรียนในการแก้ปัญหา ประเด็นการเรียนรู้จะนำไปสู่รายละเอียด ความหมายหรือการวิจัย (4) แผนการเรียนรู้ (Action Plan) หมายถึง การหาคำตอบที่ต้องการ เช่น การถามผู้รู้ หนังสือ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ตารางที่ 2.10 โครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

แนวคิด	ข้อเท็จจริง	ประเด็นการเรียนรู้	แผนการเรียนรู้
(Ideas)	(Facts)	(Learning Issue)	(Action Plan)

หมายเหตุ : ปรับปรุงจาก How to Use Problem – Based Learning in the Classroom. (pp.32),

by Robert Delisle, 1997, California: A Sage Company. Alexandria: ASCD.

ขั้นตอนที่ 3 เตรียมพร้อมในการแก้ปัญหา (Visiting the Problem) นักเรียนจะร่วมกันวางแผนเพื่อเตรียมพร้อมในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาที่ละประเด็นดังตารางที่ 2.10 ในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งในแต่ละประเด็นจะมีความสัมพันธ์กัน หลังจากนั้นในกลุ่มจะแบ่งงานกันเพื่อไปศึกษาความรู้ตามที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 ทบทวนการแก้ปัญหา (Revisiting the Problem) หลังจากที่แต่ละคนไปศึกษาความรู้ที่กำหนดแล้ว ทุกคนจะมารวมกันเพื่อทบทวนการแก้ปัญหา โดยครูจะให้แต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มรายงานผลการศึกษา ขณะเดียวกันครูจะประเมินทรัพยากรที่นักเรียนใช้ในการศึกษาและประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการให้น้ำหนักของหลักฐานและการเปรียบเทียบแนวคิด ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์และการตัดสินใจ

ขั้นตอนที่ 5 ผลิตชิ้นงาน (Producing a Product or Performance) นักเรียนจะนำความรู้มาใช้ในการผลิตชิ้นงาน ผลงานที่นักเรียนผลิต ครูสามารถวัดผลการเรียนรู้และทักษะที่กำหนดไว้ได้

ขั้นตอนที่ 6 ประเมินผลงาน (Evaluating Performance and Problem) ผลงานจะถูกประเมิน โดยครูและตัวนักเรียนเอง ซึ่งผลการประเมินจะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในบทเรียนต่อไป

Lambros (2002, pp.6-9) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในระดับประถมศึกษา มีขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเสนอปัญหาครูจะแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 – 7 คน จากนั้นจึงทำการนำเสนอปัญหาโดยใช้สื่อต่างๆ เช่น ภาพนิ่ง เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ วิดิทัศน์ เป็นต้น ซึ่งครูอาจให้นักเรียน 1 คน อ่านสถานการณ์ให้เพื่อนนักเรียนในห้องฟัง

ขั้นตอนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากที่นักเรียนได้ทราบถึงปัญหาแล้ว นักเรียนจะวางแผนการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 2.11 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- (1) ข้อเท็จจริง (Facts) หมายถึง สิ่งที่นักเรียนได้จากปัญหา
- (2) สิ่งที่ต้องรู้ (Needs to Know) หมายถึง สิ่งที่ต้องทำความเข้าใจเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
- (3) ประเด็นในการเรียนรู้ (Learning Issues) หมายถึง สิ่งที่นักเรียนต้องค้นคว้า วิจัยหรือสืบค้นเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
- (4) การแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Possible Solution) หมายถึง แนวคิดในการแก้ปัญหาซึ่งนำไปสู่ประเด็นการเรียนรู้ใหม่ (New Learning Issues) ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นในการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2.11 กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดย Ann Lambros (2002)

ข้อเท็จจริง (Facts List)	สิ่งที่จำเป็นต้องรู้ (Need to Know)	ประเด็นในการเรียนรู้ (Learning Issues)
การแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Possible Solution)		ประเด็นการเรียนรู้ใหม่ (New Learning Issues)
วิธีการแก้ปัญหา(Defendable Solution (s))		

หมายเหตุ: ปรับปรุงจาก Problem – Based Learning in K – 8 Classrooms. A Teacher’s Guide to Implementation. (pp.8), by Ann Lambros, 2002, California: Corwin Press,Inc.

ขั้นตอนที่ 3 ตั้งสมมติฐานหลังจากที่นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลได้แล้ว นักเรียนจะคิดวิธีการแก้ปัญหาโดยการตั้งสมมติฐาน 2 – 3 ข้อ จากนั้นเลือก 1 ข้อ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

Torp and Sage (2002, pp.35 - 46) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อมของนักเรียน (Prepare the Learning) มีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนซึ่งจะต้องเป็นผู้เผชิญกับการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ครูควรหลีกเลี่ยงการสอนเนื้อหาก่อนที่จะเกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำหนด เพราะ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะแตกต่างจากการสอนวิธีอื่น คือ นักเรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะผ่านการแก้ปัญหา การเตรียมความพร้อมของนักเรียนดำเนินการโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนทำการอภิปรายในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะสอนอย่างกว้างๆ

ขั้นตอนที่ 2 สัมผัสปัญหา (Meet the Problem) มีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดบทบาทของนักเรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการในการแก้ปัญหา ในบางครั้งการกำหนดบทบาทให้นักเรียนเป็นอาชีพต่างๆ เช่น วิศวกร ที่ปรึกษา หรืออาชีพอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีความรู้ลึกกว่าอยู่ในสถานการณ์จริง ในการ
สำรวจปัญหาครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร (What We Know) เราจำเป็นต้องรู้อะไร
(What We Need to Know) และแนวคิดของเรา (Our Ideas) มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้ทราบถึง
สิ่งที่ตนรู้ สิ่งที่ต้องจำเป็นต้องรู้ และแนวคิดของตนที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นความรู้
เดิมของนักเรียนและเตรียมเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหา ครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่รู้ (Know) สิ่งที่ต้องการรู้ (Need to Know) และแนวคิด (Ideas) ลงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ผลลัพธ์ของขั้นตอนที่ 3 ของ Linda Torp and Sara Sage (2002).

สิ่งที่รู้ (Know)	สิ่งที่ต้องการรู้ (Need to Know)	แนวคิด (Ideas)
-------------------	----------------------------------	----------------

หมายเหตุ : ปรับปรุงจาก Problems as Possibilities : Problem – Based Learning for K – 16

Education. (pp.40), by Linda Torp and Sara Sage, 2002, Alexandria: Association
for Supervision and Curriculum Development (ASCD).

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดปัญหา (Define the Problem Statement) จุดมุ่งหมาย
เพื่อกำหนดปัญหาหรือประเด็นที่นักเรียนต้องเผชิญและกำหนดเงื่อนไขข้อขัดแย้งซึ่งจะนำไปสู่
วิธีการแก้ไขปัญหานั้น

ขั้นตอนที่ 5 การรวบรวมข้อมูล (Gather and Share Information) จุดมุ่งหมาย
เพื่อ (1) นักเรียนวางแผนในการเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล (2) ความรู้ใหม่ที่ได้รับความช่วยเหลือให้เข้าใจ
ปัญหาได้อย่างไรและประเมินว่าข้อมูลใหม่เหล่านั้นช่วยในการเข้าใจปัญหาได้อย่างไร และ
(3) ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการสื่อสารระหว่างกันและมีการเรียนรู้แบบร่วมมือซึ่งจะช่วยให้การ
แก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 6 การสร้างวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Generate Possible
Solutions) จุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้ออกมาซึ่งวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้อาจมีความเชื่อมโยงกับข้อมูลที่นักเรียนได้เก็บรวบรวม

ขั้นตอนที่ 7 กำหนดวิธีการที่ดีที่สุด (Determine the Best Fit of Solutions)
จุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้เปรียบเทียบวิธีการหาคำตอบในแต่ละวิธี โดยประเมินจากข้อดีและ
ผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละวิธี

ขั้นตอนที่ 8 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและการประเมินผลงาน (Present the Solution and Performance Assessment) จุดมุ่งหมายเพื่อนักเรียนเชื่อมโยงและแสดงถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้และความสำคัญของความรู้ โดยนักเรียนจะเป็นผู้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานและจะมีการประเมินงานด้วย

ขั้นตอนที่ 9 สอบถามปัญหา (Debrief the Problem) จุดมุ่งหมายเพื่อนักเรียนสะท้อนในสิ่งที่ได้เรียนรู้และอภิปรายในประเด็นที่ควรศึกษาเพิ่มเติม

Eggen and Kauchak (2012, pp.228 - 233) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2 ระดับ คือ (1) นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นได้และมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง และ (2) พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนและเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ประสิทธิภาพดังกล่าว สามารถเกิดขึ้นได้โดยใช้กระบวนการเรียนการสอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำเสนอปัญหา (Review and Present Problem)การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เดิมที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาและนำเสนอปัญหาให้กับนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 สร้างกลยุทธ์ (Devise a Strategy)นักเรียนจะสร้างกลยุทธ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ครูจะเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหานักเรียน ถ้าแนวทางการแก้ปัญหานักเรียนไม่ถูกต้อง ครูควรใช้วิธีการตั้งคำถามเพื่อนักเรียนทบทวนแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวเพื่อนักเรียนไม่ใช้เวลากับวิธีการดังกล่าวมากเกินไป

ขั้นตอนที่ 3 นำกลยุทธ์ไปใช้ (Implement the Strategy)ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะนำกลยุทธ์ที่สร้างขึ้นนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ถึงอย่างไรก็ตามการนำกลยุทธ์ไปใช้ในการแก้ปัญหานักเรียนอาจมีอุปสรรคเกิดขึ้น ครูควรนำเทคนิคการสอนแบบการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) มาใช้ เพื่อช่วยเหลือนักเรียนในการแก้ปัญหา ถ้านักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาดด้วยตนเองได้

ขั้นตอนที่ 4 การอภิปรายและประเมินผล (Discuss and Evaluate Results) ขั้นตอนสุดท้าย ครูจะใช้คำถามเพื่อประเมินความถูกต้องของวิธีการที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์
ขั้นตอนที่ 1 นำเสนอปัญหา (Review and Present Problem) ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนที่จำเป็นต้องใช้ในการ แก้ปัญหา นำเสนอปัญหาให้กับนักเรียนเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา อย่างเป็นรูปธรรม	<ul style="list-style-type: none"> - ดึงดูดนักเรียนเข้าสู่บทเรียน - ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน - เตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่บทเรียน
ขั้นตอนที่ 2 สร้างกลยุทธ์ (Devise a Strategy) นักเรียนสร้างกลยุทธ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และครูให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เกี่ยวกับกลยุทธ์ดังกล่าว	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนมีวิธีการ แก้ปัญหาที่เป็นไปได้
ขั้นตอนที่ 3 นำกลยุทธ์ไปใช้ (Implement the Strategy) นักเรียนนำกลยุทธ์มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีครูเป็นผู้ดูแลและให้ข้อมูลย้อนกลับ	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้ให้นักเรียนมีประสบการณ์ใน การแก้ปัญหา
ขั้นตอนที่ 4 การอภิปรายและประเมินผล (Discuss and Evaluate Results) ครูให้คำแนะนำในการอภิปรายเกี่ยวกับผลการแก้ปัญหาของ นักเรียน	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ นักเรียน

หมายเหตุ : ปรับปรุงจาก Strategies and Models for Teachers Teaching Content and Thinking Skills. (pp.228), by Paul Eggen and Don Kauchak, 2012, Boston: Pearson Education, Inc.

ยุรวัดน์ คล้ายมงคล (2545 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, น.60 – 61)
 เสนอกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมปัญหา จุดมุ่งหมายเพื่อสร้างปัญหาสำหรับการเรียนให้ได้
 ตามสาระการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 2 สร้างความเชื่อมโยงสู่ปัญหาจุดมุ่งหมาย เพื่อทำให้นักเรียนมี
 ความรู้สึกว่ปัญหามีความสำคัญ และนำไปให้ความสนใจและเวลาดำเนินการและเพื่อนำเสนอปัญหา
 วิธีสอนและเทคนิคการสอนได้แก่ ใช้การอภิปรายที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม การใช้คำถามที่
 กระตุ้นประสบการณ์เดิม บทบาทสมมติ สถานการณ์จำลองและการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 สร้างกรอบของการศึกษาจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างกรอบหรือ
 ขอบเขตที่ชัดเจนที่จะทำให้การศึกษาค้นคว้าเป็นรูปธรรมชัดเจน ดำเนินต่อไปได้ง่ายและเป็นไป

ตามทิศทางที่กำหนดวิธีสอนและเทคนิคการสอนได้แก่ ใช้การระดมสมอง การเขียนตารางแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาที่รู้ ประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม วิธีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และเทคนิคการระดมสมองเพื่อช่วยหาแนวคิด

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาค้นคว้าโดยกลุ่มย่อยจุดมุ่งหมาย เพื่อรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ แก้ปัญหาตามที่กำหนดไว้ในกรอบการศึกษาวิธีสอนและเทคนิคการสอนได้แก่ใช้บทบาทสมมติ สถานการณ์จำลอง เพื่อฝึกทักษะการค้นคว้าและการทำงานกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ และกิจกรรมกลุ่มเพื่อฝึกทักษะการค้นคว้าและทำงานกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 5 ตัดสินใจหาทางแก้ปัญหาจุดมุ่งหมาย เพื่อประเมินความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า และเพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหาวิธีสอนและเทคนิคการสอนได้แก่ ใช้การอภิปรายข้อดี ข้อเสีย จุดเด่น จุดด้อยของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี

ขั้นตอนที่ 6 สร้างผลงานจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างชิ้นงานหรือดำเนินการตามแนวทางที่กำหนดไว้วิธีสอนและเทคนิคการสอน ได้แก่ ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 7 ประเมินผลการเรียนรู้จุดมุ่งหมาย เพื่อสรุปสาระการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการประเมินการเรียนรู้และสร้างความเชื่อมโยงกับเรื่องที่เกี่ยวข้องวิธีสอนและเทคนิคการสอน ได้แก่ ใช้เทคนิค Mind Mapping

อัญชลี ชยานุวัชร (2554, น.22 – 24) กล่าวว่า การเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการที่ใกล้เคียงกับกระบวนการวิจัย การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานรูปแบบที่ใช้ในมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มี 7 ขั้นตอน เป็นรูปแบบของมหาวิทยาลัยลุนด์ (Lund University in Sweden) และ มหาวิทยาลัยอีราสมุส (Erasmus University in the Netherlands) ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจัดไว้เป็นกิจกรรมในกลุ่มย่อย ประกอบด้วยสมาชิก ระหว่าง 8 – 12 คน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 อธิบายคำศัพท์ที่ไม่เข้าใจ (Clarifying Unfamiliar Terms) กลุ่มนักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจคำศัพท์และข้อความที่ปรากฏอยู่ในโจทย์ปัญหาให้ชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 ระบุปัญหา (Problem Definition) กลุ่มนักเรียนร่วมกันระบุปัญหาหลักที่ปรากฏในโจทย์ปัญหาและตั้งคำถามจากโจทย์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ระดมสมอง (Brainstorm) กลุ่มนักเรียนระดมสมองจากคำถามที่กลุ่มร่วมกันกำหนดขึ้น โดยอาศัยความรู้เดิมของสมาชิกกลุ่มทุกคน โดยถือว่าทุกความคิดมีความสำคัญ ดังนั้น จะต้องรับฟังซึ่งกันและกัน

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ปัญหา (Analyzing the Problem) กลุ่มนักเรียนอธิบาย วิเคราะห์ปัญหาและตั้งสมมติฐานที่เชื่อมโยงกันกับปัญหาตามที่ได้ระดมสมองกัน ช่วยกันคิดอย่างมี เหตุผล สรุปเป็นความรู้และแนวคิดของกลุ่ม

ขั้นตอนที่ 5 สร้างประเด็นการเรียนรู้ (Formulating Learning Issues) กลุ่ม นักเรียนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อค้นหาข้อมูลที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้กลุ่มนักเรียนจะร่วมกันสรุปว่า ความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดที่ยังไม่รู้หรือจำเป็นต้องไป ค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่ออธิบายปัญหานั้น

ขั้นตอนที่ 6 ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง (Self-Study) กลุ่มนักเรียน ค้นคว้า หากอธิบายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยรวบรวมข้อมูลความรู้และสารสนเทศจากสื่อ และแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เช่น ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ผู้รู้ ฯลฯ เพื่อค้นหาคำตอบให้บรรลุตาม วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้และเป็นการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 7 รายงานต่อกลุ่ม (Reporting) กลุ่มนักเรียนนำรายงานข้อมูลหรือ สารสนเทศใหม่ที่ได้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมมาอภิปราย วิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อสรุปเป็นองค์ ความรู้และนำมาเสนอต่อกลุ่มในแต่ละประเด็นการเรียนรู้

ประสาธน์ เนืองเฉลิม (2558, น.176 – 178) นำเสนอกระบวนการจัดการเรียน การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อมของนักเรียน ครูต้องทำการวิเคราะห์ความรู้ ความสามารถและทักษะที่นักเรียนมีเป็นพื้นฐานเดิม และสิ่งที่นักเรียนอยากรู้เพิ่มเติม ซึ่งการ วิเคราะห์นี้อาจได้มาจากการสังเกต การสัมภาษณ์ โดยครูต้องเชื่อว่านักเรียนทุกคนมีความรู้เป็น พื้นฐานเพียงแต่มากน้อยแตกต่างกัน หลังจากนั้นครูทำการปฐมนิเทศแนวทางการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนทราบวิธีการเรียนการสอน บทบาทของครูและนักเรียน ระยะเวลาในการเรียนหรือ เงื่อนไขอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 เสนอสถานการณ์ของปัญหา ครูอาจเกริ่นนำเพื่อเชื่อมโยง ประสบการณ์เดิมของนักเรียนกับสถานการณ์ใหม่ที่นักเรียนจะได้พบ หรือให้นักเรียนเป็นผู้นำเสนอ ประเด็นปัญหา ครูแจ้งวัตถุประสงค์หรือประเด็นปัญหาที่ต้องการให้แก้ไขร่วมกัน ซึ่งครูต้องปรับ บทบาทให้ตนเองเป็นผู้เสนอแนะหรือเป็นที่ปรึกษาในการวิเคราะห์ปัญหา รวมทั้งนำเสนอ แหล่งข้อมูลที่เตรียมไว้และแหล่งข้อมูลภายนอกที่นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมได้

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดกรอบการศึกษา นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหาภายในกลุ่มเพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่จะศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา การกำหนด

กรอบที่เปรียบเสมือนการวางแนวทางที่จะดำเนินการ มองเห็นภาพและเป้าหมายร่วมกัน รวมถึงการกำหนดวิธีการที่จะทำให้การศึกษาหาคำตอบบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ให้ชัดเจนขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 สร้างสมมติฐาน นักเรียนแบ่งกลุ่มและช่วยกันระดมความคิดเห็นจากสมาชิกภายในกลุ่ม แลกเปลี่ยนเรียนรู้และเชื่อมโยงแนวคิดของแต่ละคน อาศัยความรู้เดิมเป็นข้อมูลในการสร้างสมมติฐาน จากนั้นร่วมกันจำแนกและคัดเลือกแต่ละสมมติฐานที่น่าจะเป็นไปได้

ขั้นตอนที่ 5 ค้นคว้าข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละคนค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลภายในและภายนอกตามที่ได้แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ การค้นคว้าหาข้อมูลจะช่วยให้ นักเรียนได้ขยายกรอบแนวคิด เกิดมุมมองที่กว้างขึ้นและมีข้อมูลที่มากพอต่อการตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มปรึกษาหารือร่วมกันเพื่อพิจารณาเลือกสมมติฐานที่น่าจะเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด โดยข้อมูลที่ได้รับนั้นต้องเกิดจากการคิดและลงมือสืบเสาะหาข้อมูลร่วมกัน ขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้พัฒนาตนเองในหลายๆด้าน เกิดการปรับเปลี่ยนมุมมองต่อวิธีการทำงานและการสร้างความรู้

ขั้นตอนที่ 7 สร้างผลงานตามแนวทางที่เลือก นักเรียนช่วยกันนำแนวทางที่เลือกไปทดลองแก้ปัญหา หากแก้ปัญหาไม่ได้ก็ให้ใช้ทางเลือกข้อถัดไป หรือค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงทางเลือกนั้นให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและนำไปทดลองใหม่อีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 8 ประเมินผลโดยวิธีการที่หลากหลาย นักเรียนนำเสนอผลการแก้ปัญหาหรือแนวทางแก้ปัญหามาให้นักเรียน การประเมินจะไม่วัดเฉพาะความรู้หรือผลงานสุดท้ายเพียงอย่างเดียว แต่จะวัดกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลงานด้วย การประเมินสามารถวัดได้จากแบบทดสอบ แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกต หรือวิธีการประเมินอื่นๆ

จากรรณกรรมทั้ง 7 ฉบับ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยผู้วิจัย

Delislse (199, pp.26 – 36)	Lambros, (2002, pp.6-9)	Torp and Sage, (2002, pp.35 – 46)	Eggen and Kauchak, (2012, pp.228 – 233)	ยุรวัดน์คล้ายมงคล (2545 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ 2554, น.60 – 61)	อัญชลี ชยานุวัชร (2554, น.22 – 24)	ประสาทเนื่องเฉลิม (2558, น.176 – 178)	ผลการสังเคราะห์ โดยผู้วิจัย
		1.การเตรียมความพร้อมนักเรียน		1.เตรียมปัญหา	1.อธิบายคำศัพท์ที่ไม่เข้าใจ	1.เตรียมความพร้อมของนักเรียน	1.สร้างสถานการณ์ปัญหา
1.การเชื่อมโยงปัญหา	1.นำเสนอปัญหา	2.สำรวจปัญหา	1.นำเสนอปัญหา	2.สร้างความเชื่อมโยงสู่ปัญหา	2.ระบุปัญหา	2.เสนอสถานการณ์ปัญหา	2.ระบุประเด็นปัญหา
2.การจัดโครงสร้าง 3.การเตรียมพร้อมในการแก้ปัญหา		3.ขั้นนิยาม 4.กำหนดปัญหา		3.สร้างกรอบการศึกษา	3.ระดมสมอง 4.วิเคราะห์ปัญหา 5.สร้างประเด็นการเรียนรู้	3.กำหนดกรอบการศึกษา	3.เก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลและจัดระบบข้อมูล
4.ทบทวนการแก้ปัญหา	2.เก็บรวบรวมข้อมูล	5.การเก็บรวบรวมข้อมูล		4.ศึกษาค้นคว้า	6.ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.สร้างสมมติฐาน 5.ค้นคว้าข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐาน	4.ตั้งสมมติฐาน
	3.ตั้งสมมติฐาน	6.สร้างวิธีการหาคำตอบที่เป็นไปได้	2.สร้างกลยุทธ์	5.ตัดสินใจหาทางแก้ปัญหา		6.ตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา	5.ประเมินเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน
5.ผลิตชิ้นงาน		8.นำเสนอวิธีการ	3.นำกลยุทธ์ไปใช้	6.สร้างผลงาน		7.สร้างผลงาน	6.ผลิตผลงาน
6.ประเมินผลงาน		แก้ปัญหาละ ประเมินผลงาน	4.การอภิปรายและประเมินผล	7.ประเมินผลการเรียนรู้	7.รายงานต่อกลุ่ม	8.ประเมินผลโดยวิธีการที่หลากหลาย	7.ประเมินผลงาน
		9.สอบถามปัญหา					

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อมของนักเรียน เป็นการปฐมนิเทศนักเรียนให้ทราบถึงแนวทางการจัดการเรียนการสอน บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนที่ 2 นำเสนอสถานการณ์ปัญหา ครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กับนักเรียนในรูปแบบต่างๆ เช่น วิดิทัศน์ ภาพนิ่ง สิ่งพิมพ์ เป็นต้น โดยครูจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมออกมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ระดมสมองเพื่อจัดโครงสร้างข้อมูล นักเรียนจะทำการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ โดยจำแนกข้อมูลเป็น 2 ประเภท คือ (1) ข้อเท็จจริงหรือสิ่งที่ทราบแล้ว (2) ข้อมูลที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ผลการระดมสมองจะบันทึกลงในตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ตารางบันทึกผลการระดมสมองขั้นตอนที่ 3

ข้อเท็จจริงหรือสิ่งที่ทราบแล้ว	ข้อมูลที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม	
	ประเด็น	แนวทางการค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนที่วางไว้ในตารางที่ 2 – 12 หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเป็นพื้นฐานในการกำหนดสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินทางเลือกเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน หลังจากที่นักเรียนกำหนดสมมติฐานแล้ว นักเรียนจะทำการตัดสินใจในการเลือกสมมติฐานเพื่อใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่ครูได้นำเสนอ

ขั้นตอนที่ 6 ผลิตผลงาน เมื่อนักเรียนตัดสินใจเลือกสมมติฐานแล้ว นักเรียนจะทำการผลิตผลงานภายใต้สมมติฐานที่เลือกไว้

ขั้นตอนที่ 7 ประเมินผลงาน นักเรียนจะนำผลงานของแต่ละกลุ่ม มานำเสนอให้เพื่อนในชั้นเรียนทราบ โดยครู เพื่อนในชั้นเรียนจะร่วมกันประเมินผลงาน และนักเรียนจะต้องประเมินผลงานของตนเองด้วย ผลการประเมินครูจะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนานักเรียนในการทำกิจกรรมในครั้งต่อไป

2.4.4 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ข้อมูลที่ได้รับจากการวัดและประเมินผลจะทำให้ครูทราบถึงประสิทธิผลในการจัดการเรียนการสอนในด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการ ตามที่ได้กำหนดไว้ จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 3 ฉบับ มีดังนี้

วัลลี สัตยาศัย (2547, น.71) กล่าวว่า การประเมินการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการประเมิน

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาขอบเขต เกณฑ์ วิธีการและสิ่งที่จะประเมิน

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดผู้ประเมินว่ามีใครบ้างที่จะเป็นผู้ประเมิน โดยผู้ประเมินควรครอบคลุมทุกด้านของกิจกรรม เช่น นักเรียนประเมินตนเอง เพื่อนประเมิน ครูประเมิน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 เลือกใช้เทคนิคและเครื่องมือในการประเมินที่หลากหลาย โดยต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและวัตถุประสงค์ของรายวิชา รวมไปถึงสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน เช่น ใช้การทดสอบ ใช้การสัมภาษณ์ ใช้การสังเกตพฤติกรรม ใช้แบบสอบถาม ใช้การบันทึกจากผู้เกี่ยวข้อง ใช้แบบประเมินตนเอง ใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดเวลาและสถานที่ที่จะประเมิน เช่น การประเมินระหว่างการทำกิจกรรมกลุ่ม การประเมินระหว่างทำโครงการ

ขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์ผลและจัดการข้อมูลการประเมิน โดยนำเสนอรายการกระบวนการ แฟ้มสะสมผลงาน การบันทึกข้อมูล ผลการสอบ

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลการประเมินเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องของการเรียนรู้และพัฒนานักเรียน รวมทั้งปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน และในกรณีที่เป็นการประเมินผลสรุปรวมเพื่อตัดสินผลการเรียน ควรพิจารณาใช้เกณฑ์ที่กำหนด และนำผลการประเมินระหว่างเรียนมาประกอบการพิจารณาด้วยเสมอ

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554, น.61) กล่าวว่า การประเมินการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักควรดำเนินการ ดังนี้

1) การประเมินความรู้ เป็นการประเมินความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพ ซึ่งได้จากการศึกษาค้นคว้าและการชี้แนะการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ประเมินจากการให้นักเรียนตอบคำถาม เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2) การประเมินสมรรถภาพในการใช้กระบวนการค้นคว้าหาความรู้ เป็นการประเมินความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งวิธีการประเมินทำได้ทั้งการให้นักเรียนประเมินตนเองหรือให้ผู้เกี่ยวข้องในการเรียนของนักเรียนร่วมประเมินด้วย

3) การประเมินสมรรถภาพในการชี้นำด้วยตนเองเป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ขอมรับตนเอง ประเมินตนเอง ตามความเป็นจริง

4) การประเมินสมรรถภาพในการทำงานเป็นกลุ่มเป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนขณะอยู่ในกลุ่ม โดยกลุ่มจะเรียนรู้ไปพร้อมๆกันจากการช่วยกันทำงาน และค้นคว้าหาความรู้

ประสาธต์ เนื่องเฉลิม (2558, น.179 – 180) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินตนเองและประเมินเพื่อนในกลุ่มด้วยวิธีการประเมินที่หลากหลาย ประกอบด้วย การประเมินความก้าวหน้าของนักเรียน (Formative Assessment) เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้อะไรและควรปรับปรุงข้อใดบ้าง และการประเมินความก้าวหน้าแบบผลรวม (Summative Assessment) เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีเพียงใด สามารถนำไปใช้ในสภาพจริงได้มากน้อยเพียงใด

2.4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ ดังนี้

ทวีพงศ์ ศรีสุวรรณ (2553) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชา ฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และประเมินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการประเมินตามสภาพจริง พบว่า นักเรียนมีการทำกิจกรรมร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยมีผลการประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น มัลติมีเดีย (Multimedia) ข้อความ (Text) ภาพนิ่ง (Image) ภาพเคลื่อนไหว (Animate) วิดิทัศน์ (Video) และเสียง (Sound) เป็นต้น สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ นอกจากนี้การประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ควรเน้นผลงานของนักเรียนเพียงอย่างเดียว ควรประเมินกระบวนการทำงานควบคู่ไปด้วย

ธีราพร นามวงษ์ (2555) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ของไหล เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน

หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ครูควรมีการเตรียมความพร้อมในการสอน โดยศึกษากิจกรรม รายละเอียดของใบงานและใบความรู้ให้ละเอียดก่อนจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้การเสริมแรงมีส่วนสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนแต่ละคน

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ, มานิต บุญประเสริฐ, และพรรณราย ทรัพย์ะประภา(2555) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบนำตนเองโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองเรียนโดยรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมเรียนโดยวิธีการบรรยาย พบว่า หลังเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยครูจะต้องชี้แจงวิธีการเรียนและจัดสรรเวลาในการเรียนให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน

วัลย์ลักษณ์ คตะวงศ์ (2555) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ระหว่างการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หลังเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกัน ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนทั้ง 2 แบบ มีลำดับขั้นตอนที่คล้ายกัน ส่งผลให้นักเรียนมีการใช้เหตุผล สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในต่างประเทศ ผู้วิจัยได้ศึกษาจำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

Sahin (2010) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียน

ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กัน ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาในด้านอื่นๆ อย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากระดับพื้นฐานไปถึงระดับเชี่ยวชาญได้

Hirca (2011) ได้ศึกษาผลย้อนกลับ (Feedback) จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาฟิสิกส์ โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ผลย้อนกลับจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในวิชาฟิสิกส์ แบ่งได้ 3 ประเด็น คือ (1) ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรม พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนทำให้ได้รับความรู้ใหม่ กิจกรรมมีความท้าทาย (2) สิ่งที่ได้รับจากการเรียนฟิสิกส์ พบว่า กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้มีความมั่นใจในการเรียนฟิสิกส์ส่งผลให้มีความพึงพอใจในการเรียน (3) ความกังวลเกี่ยวกับกิจกรรม พบว่า นักเรียนไม่สามารถทำกิจกรรมได้สำเร็จ เพราะ ขาดความพร้อมด้านเครื่องมือและความสามารถในการประดิษฐ์ชิ้นงานผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่าการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

Yeo, Tan, and Lee (2012) ได้ทำการศึกษากิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องเรียนวิชาฟิสิกส์ ขณะจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า กิจกรรมในห้องเรียนเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงของนักเรียน โดยอยู่ในขอบเขตสาระการเรียนรู้ที่หลักสูตรกำหนด ครูมอบหมายให้นักเรียนกำหนดสมมติฐานจากปัญหาแล้วทำการสืบค้นเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา การสืบค้น ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ การบรรยายโดยครูและการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง เมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลครบถ้วนแล้ว จะทำการระดมสมองเพื่อเสนอวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นนำเสนอในชั้นเรียนผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์เรียนรู้ในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ฝึกกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียนในการเข้าสู่สังคมฐานความรู้ (Knowledge – Based Society)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เริ่มจากครูนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน โดยการนำเสนอจะใช้สื่อที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน จากนั้นนักเรียนจะทำการสืบเสาะเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา หลังจากได้ข้อมูลครบถ้วนแล้วนักเรียนจะระดมสมองเพื่อกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา ผลผลิตงานและนำเสนอในชั้นเรียน การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถ

พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถของนักเรียนในด้านต่างๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทำงานร่วมกัน เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เป็นต้น ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนควบคู่กับแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีหลักการเพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดสภาพแวดล้อมตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) สามารถพัฒนาการเรียนรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนได้ (Nam & Osman, 2017) สอดคล้องกับ Koehler, Binns and Bloom (2016) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนได้ เพราะ เป็นการจัดการเรียนสอนที่มีสภาพแวดล้อมตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เป็นปรัชญาการศึกษาที่ตั้งอยู่บนฐานความเชื่อที่ว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองซึ่งความรู้นี้จะฝังติดอยู่กับคนสร้างดังนั้นความรู้ของแต่ละคนเป็นความรู้เฉพาะตัวเป็นสิ่งที่คนสร้างขึ้นเองเท่านั้น โดยนักเรียนจะเป็นผู้กำหนดหรือมีส่วนร่วมในการกำหนดสิ่งที่จะเรียนและวิธีการเรียนของตนเองและเป็นผู้ตัดสินใจว่าตนเองจะได้เรียนรู้อะไร เรียนรู้อย่างไรและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างไร สามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ในบริบทอื่นได้อย่างเหมาะสม เรียนรู้จากการปฏิบัติมีอิสระในการคิดและทำสิ่งต่างๆเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนด้วยตนเองและเรียนรู้บรรยากาศการเรียนที่มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายใต้การอำนวยความสะดวกของครู

2.5.1 ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจต์และวิกิออสกี (ทิสนา แคมมณี 2554, น.90 – 91) เพียเจต์ อธิบายว่าพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซาบหรือดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้ จะเกิดสถานะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสถานะให้อยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ส่วนวิกิออสกี ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคม ซึ่งเขาให้ความสำคัญกับแตกต่างระหว่างบุคคลและการให้ความช่วยเหลือนักเรียนเพื่อให้ก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่

ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ วิกตอร์สกี ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับ “Zone of Proximal development” เขาอธิบายว่าเด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปถึง ช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปถึง ช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพจะเจริญเติบโตนี้เองที่เรียกว่า “Zone of Proximal development” ซึ่งเขาเชื่อว่าการช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กจะช่วยพัฒนาเด็กให้ไปถึงระดับที่อยู่ในศักยภาพของเด็กได้

จากแนวคิดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูลซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญาควบคู่ไปกับกระบวนการทางสังคม

2.5.2 องค์ประกอบของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ คือ

- 1) โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม ซึ่งนักเรียนเมื่อได้รับความรู้ใหม่ จะนำความรู้นั้นเข้าไปอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ก่อน
- 2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) หมายถึง กระบวนการทางสมองที่ใช้ในการทำความเข้าใจความรู้ที่ได้รับมา ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ (1). กระบวนการดูดซึม (Assimilation) จะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ใหม่สามารถเข้ากับความรู้เดิมได้ (2). กระบวนการปรับสภาวะ (Accommodation) จะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ใหม่กับความรู้เดิมไม่สามารถเข้ากันได้ นักเรียนจะเกิดสภาวะที่เรียกว่า สภาวะไม่สมดุลหรือภาวะงุนงงสงสัย นักเรียนจะมีการปรับโครงสร้างทางปัญญาใหม่เพื่อให้อยู่ในสภาวะสมดุลหรือมีความเข้าใจในความรู้ที่ได้รับมาใหม่นั้นเอง
- 3) ความรู้ใหม่ ได้แก่ ข้อมูล ข้อเท็จจริง ความรู้ ความรู้ลึกประสบการณ์ใหม่ๆที่นักเรียนรับเข้าไป

2.5.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในการเรียนรู้

ทิสนา แคมมณี (2554) ได้นำเสนอการนำทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน ดังนี้

- 1) ผลของการเรียนรู้จะเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้และการตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น เป้าหมายการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง ครูจะต้องเป็นตัวอย่างและฝึกฝนกระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนเห็น นักเรียนจะต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
- 2) เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียน ไปสู่การสาธิตการแปลและการสร้างความหมายที่หลากหลาย การเรียนรู้ทักษะต่างๆจะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาจริงได้

3) ในการเรียนการสอน นักเรียนจะเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มตัว นักเรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนอยู่ในบริบทจริง ซึ่งไม่ได้หมายความว่านักเรียนจะต้องออกไปสถานที่จริงเสมอ แต่ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ หรือ ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นของจริง มีความสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน โดยนักเรียนสามารถจัดกระทำ ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง กับสิ่งนั้นจนเกิดความเข้าใจ

4) ในการจัดการเรียนการสอนครูจะต้องจัดบรรยากาศทางสังคมให้เกิดขึ้น กล่าวคือ นักเรียนจะต้องมีโอกาสในการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและบุคคลอื่นๆ ทำให้การเรียนรู้ กว้างขึ้นและซับซ้อนขึ้น

5) ในการเรียนการสอน นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่

6) บทบาทของครูจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ ครูจะเป็นผู้สร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน จัดเตรียมกิจกรรมให้กับนักเรียน ดูแลนักเรียนเมื่อเกิดปัญหา

7) ในการประเมินผลการเรียนรู้ จะใช้การประเมินผลที่หลากหลาย เช่น การประเมินจากเพื่อน การประเมินโดยเพิ่มสะสมงาน การประเมินตนเอง เป็นต้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า มีแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและผลจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

พลศักดิ์ แสงพรหมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธีระกุล (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับแบบปกติพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะการเรียนรู้ โดยมีพื้นฐานจากการสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนการสอนแบบปกติ นอกจากนี้คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษายิ่งสูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนการสอนแบบปกติผลการอภิปรายของ

งานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเข้าใจความเชื่อมโยงระหว่างหลักการ แนวคิดและทักษะของแต่ละวิชา ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การคิดและการปฏิบัติ ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์และความคิดเชิงวิพากษ์ ทำให้นักเรียนมีความสนใจเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

Thananuwong (2015) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ของเล่นวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการสังเกตชั้นเรียน แบบสอบถามและการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์และมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน ระดับดีมาก ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์จากการออกแบบและประดิษฐ์ของเล่น นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เนื่องจากของเล่นเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตของทุกวัย การออกแบบ การประดิษฐ์และการซ่อมแซมของเล่นด้วยตนเองสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อของเล่นและฝึกทักษะพื้นฐานในการซ่อมบ้าน สิ่งของเครื่องใช้ในครัวเรือนได้

Wilhelm (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ดวงจันทร์ มีการบูรณาการเทคโนโลยี เช่น โปรแกรม Stellarium โปรแกรม GSP การใช้ Blog เป็นต้น ครูจะมีบทบาทในการกลั่นกรองภาระงานเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามลำดับขั้น นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ผลการศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ และเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Anwari et al. (2015) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โครงงานเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้า เพื่อพัฒนาเมตาคognition) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบเมตาคognition โดยใช้แบบทดสอบ Metacognitive Activities Inventory (MCAI) ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในระดับที่ลึก นอกจากนี้ยังฝึกทักษะการคิดและแก้ปัญหา นำข้อผิดพลาดจากการออกแบบมา

ปรับปรุงเพื่อให้ผลงานบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามประสบการณ์และความรู้เดิมมีส่วนสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อครูจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Hiong and Osman (2015) ได้พัฒนารูปแบบการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหรือ BTEM (Biology, Technology, Engineering and Mathematics) โดยใช้ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะ 5E โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน เพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียน พบว่า สามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า BTEM มีความสอดคล้องกับ STEM กล่าวคือ เน้นให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงระหว่างความรู้ในห้องเรียนและความรู้นอกห้องเรียนเพื่อแก้ปัญหาที่ได้รับ นักเรียนมีโอกาสทำงานร่วมกันมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันส่งผลให้สามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้เทคนิคการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือเทคนิคการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีการสอดแทรกกระบวนการสืบเสาะในขั้นตอนการสอน โดยสถานการณ์ปัญหาจะเชื่อมโยงกับชีวิตของนักเรียน ผลการจัดการเรียนการสอนส่งผลให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

Good (1979, pp.7) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่างๆที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากคะแนนสอบที่กำหนดให้หรือจากคะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมาย

Eysneck and Meili (1986, pp.16) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ดัชนีชี้ประสิทธิผลและคุณภาพของการจัดการศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนก็ได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น.295) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ จากที่ไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อย ก่อนที่จะมีการเรียนการสอนซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543, น.29) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือคือมวล ประสพการณ์ที่ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมในด้านต่างๆของสมรรถภาพสมอง

สมนึก กัทธิชชนี (2553, น.103) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ วัดสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นกับแบบทดสอบ มาตรฐาน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนักวิชาการ ผู้วิจัยได้ทำการ วิเคราะห์เพื่อหาคำสำคัญ โดยใช้ตารางที่ 2.16พบว่า คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย ความรู้ พฤติกรรม ทักษะต่างๆ ผลจากการเรียนการสอน ดังนั้น สามารถสรุป ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้และทักษะต่างๆซึ่งเป็นผลมาจาก การจัดการเรียนการสอน โดยสามารถวัดพฤติกรรมที่แสดงถึงความรู้และทักษะต่างๆระหว่างจัดการ เรียนการสอนหรือหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นแล้ว

ตารางที่ 2.16ผลการวิเคราะห์คำสำคัญของความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำสำคัญ	นักวิชาการ				
	Good. (1973, pp.7)	Eysneck and Meili (1986, pp.16)	ภพ เลาห์ไพบูลย์ (2542, น.295)	พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543, น.29)	สมนึก กัทธิชชนี (2553, น.103)
ความรู้	/	-	-	/	-
พฤติกรรม	-	-	/	-	-
ทักษะต่างๆ	/	-	-	-	-
ผลจากการ เรียนการสอน	/	/	/	/	/

สำหรับบริบทของงานวิจัยชิ้นนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ในวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน ตามตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 ซึ่งวัดได้ จากคะแนนผลการทดสอบของนักเรียน หลังจากเรียน โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิด

สะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีอยู่หลายปัจจัย ในระยะเริ่มแรกได้มีการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ตัวแปรด้านสติปัญญา (Cognitive – variables) ได้แก่ เซาว์ปัญญา ความถนัดทางภาษา ความสามารถทางการคำนวณ เป็นต้น (Brody & Brody; 1976, Cattell; 1965, Tyler; 1965) ซึ่งในระยะต่อมาผู้ศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น

Anastasi (1961, pp.142) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนอกจากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านสติปัญญาแล้ว ยังมีปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม แรงจูงใจและอื่นๆ

Harvighurst and Neugarten (1996, pp.157) กล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย ความสามารถที่ติดตัวมาแต่กำเนิด การอบรมในครอบครัว ประสิทธิภาพของสถานศึกษา ความเข้าใจตนเองและความมุ่งมั่นในอนาคต

Bloom (1982, pp.166 – 175) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 3 ด้าน คือ (1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Entry Behavior) ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนและความถนัดของนักเรียน (2) ด้านจิตพิสัย (Affective Entry Behavior) ได้แก่ ความสนใจและเจตคติต่อเนื้อหาวิชาที่เรียน ความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเองและบุคลิกภาพ และ (3) ด้านคุณภาพการเรียนการสอน (Quality of Instruction) ได้แก่ การได้รับคำแนะนำ การมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน การเสริมแรงของครู การแก้ไขข้อผิดพลาดและการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นต้น

Selcuk (2010) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาฝึกสอน พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ กลยุทธ์ในการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย (1) การลงรายละเอียด (Elaboration) หมายถึง การนำความรู้ใหม่ที่ได้รับไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม (2) การจัดหมวดหมู่ (Organization) หมายถึง การเขียนแผนภาพเพื่อเชื่อมโยงความรู้หรือหลักการต่างๆ เข้าด้วยกัน (3) การทบทวน (Rehearsal) หมายถึง การทบทวนบทเรียนด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ทำแบบฝึกหัด อ่านทบทวน หลังจากเรียนจบในแต่ละวัน และ (4) การตรวจสอบความเข้าใจ (Comprehension Monitoring) หมายถึง การหาความรู้เพิ่มเติมเมื่อไม่สามารถตอบคำถามหรือแก้โจทย์ปัญหาได้

กรรณิการ์ ภิรมรัตน์ (2554) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พบว่า ตัวแปรที่ส่งผล

ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 6 ตัวแปร คือ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เพศ รายได้ของผู้ปกครอง การดูแลเอาใจใส่ของผู้ปกครอง การใช้เวลาเพื่อการเรียนและเจตคติต่อการเรียน ซึ่ง 6 ตัวแปรดังกล่าวสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ร้อยละ 40

จากการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่ามีหลากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยด้านตัวนักเรียนเอง ปัจจัยด้านครอบครัว ปัจจัยด้านสังคม ปัจจัยด้านคุณภาพการเรียนการสอน เป็นต้น ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้ จะต้องยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละวัย

3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การตรวจสอบความรู้ ทักษะและสมรรถภาพสมองในด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนการสอน โดยเครื่องมือที่ใช้วัดผลเรียกว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) ซึ่งหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถด้านวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุตามจุดประสงค์ที่วางไว้เพียงใด (ชั้นยากร ช่วยทุกข์เพื่อน 2556, น.78) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมณี กัททิษณี (2551, น.63) ได้จำแนกเป็น 2 ประเภทคือ

แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Test) หมายถึง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูสร้างขึ้นเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉพาะกลุ่มที่สอน

แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการปรับปรุงข้อสอบจนมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อเปรียบเทียบนักเรียนกลุ่มต่างกัน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พิชิต ฤทธิ์จรูญ (อ้างถึงใน ชั้นยากร ช่วยทุกข์เพื่อน 2556, น.80 – 81) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องสอดคล้องกับพฤติกรรมทางการศึกษา 3 ด้านของบลูม คือ

1. พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นสมรรถภาพด้านสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ แบ่งเป็น 6 ระดับ เรียงลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด ซึ่ง พิศิษฐ ตัณฑวิช (2558) ได้กล่าวถึง ลำดับขั้นของกระบวนการทางปัญญาในจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมปรับปรุงใหม่ ดังนี้

1.1 การจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุ บอกชื่อได้ เช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้

1.2 ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง เช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

1.3 การปรับใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ไขปัญหา เช่น นักเรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ การจัดการ เช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

1.5 การประเมิน (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิเคราะห์ ตัดสิน เช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

1.6 การสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผน ผลิต เช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

2. พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมที่แสดงเกี่ยวกับ ความรู้สึกนึกคิดทางจิตใจ อารมณ์และคุณธรรมของบุคคลซึ่งต้องอาศัยการสร้างหรือปลูกฝัง คุณลักษณะนิสัยต่างๆให้เกิดขึ้น ซึ่งมี 5 ระดับ

2.1 การรับรู้ (Receive or Attending) เป็นขั้นที่บุคคลรู้สึกว่ามีสิ่งเร้ามากระตุ้น ให้แสดงพฤติกรรมและจะเริ่มทำความรู้จักในสิ่งนั้น

2.2 การตอบสนอง (Responding) เป็นขั้นที่บุคคลแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบสิ่งเร้า นั้นด้วยความยินยอม เต็มใจ

2.3 การเกิดค่านิยม (Valuing) เป็นขั้นที่บุคคลมองเห็นคุณค่าของการตอบสนอง สิ่งเร้าหรือประสบการณ์แล้วกลายมาเป็นสิ่งที่ยึดถือของบุคคลในโอกาสต่อไป

2.4 การจัดระบบคุณค่า (Organization) เป็นขั้นตอนที่บุคคลนำค่านิยมที่ตนเอง สร้างไว้แล้ว มาจัดระบบหรือหมวดหมู่โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่านิยมเหล่านั้นและปรับสิ่ง ที่ขัดแย้งกัน เพื่อนำมาสร้างเป็นค่านิยมสำหรับยึดถือปฏิบัติต่อไป

2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (Characterization) เป็นขั้นการนำค่านิยมที่จัดระบบ คุณค่าที่มีในตัวเข้าเป็นระบบที่ถาวรและทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมของบุคคลไม่ว่าจะอยู่ใน สถานการณ์ใดๆก็จะแสดงพฤติกรรมตามค่านิยมที่ยึดถือตลอดไป

3. พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับ ความสามารถเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการใช้งานของอวัยวะต่างๆในร่างกายที่ต้องอาศัย การประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อกับการทำงานของระบบประสาทต่างๆซึ่งเป็นหน่วยสั่งการ

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาวรรณกรรม 3 ฉบับที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ดังตารางที่ 2.17 พบว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ หมายถึง ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตร โดยสร้างตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ซึ่งในตารางดังกล่าวจะระบุถึงจำนวนข้อที่จะออกข้อสอบในแต่ละเนื้อหาและแต่ละพฤติกรรม จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มากำหนดรูปแบบของข้อคำถาม

2. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบ หมายถึง การเขียนข้อสอบโดยยึดตารางที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นหลัก จะทำให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัด

3. การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง การตรวจทานข้อสอบในแต่ละข้อ โดยพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาตามหลักวิชา การใช้ภาษาที่ถูกต้อง รัดกุมและชัดเจน จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจความเที่ยงตรงของข้อสอบ นำมาปรับปรุงและทำไปทดลองกับกลุ่มที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่จะสอบจริง นำผลการสอบมาวิเคราะห์คุณภาพหาค่าอำนาจการจำแนก ค่าความยากง่ายและค่าความเชื่อมั่น

4. สร้างแบบทดสอบฉบับจริง หมายถึง การนำข้อสอบในแต่ละข้อที่ผ่านการดำเนินการในขั้นที่ 3 มาพิมพ์เพื่อนำไปใช้ต่อไป

ตารางที่ 2.17 การวิเคราะห์ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากเอกสาร 3 ฉบับ

แขนงวิชาการวัด และประเมินผลการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2544, น.4)	ภาควิชาวิจัย และพัฒนการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2551, น.64)	บุญชม ศรีสะอาด (2553, น.65 – 67)
1. วางแผนการสร้าง แบบทดสอบ	1. วิเคราะห์หลักสูตรและทำ ตารางวิเคราะห์หลักสูตร	1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชาและทำตาราง กำหนดลักษณะข้อสอบ
	2. กำหนดรูปแบบของข้อ คำถาม	2. กำหนดแบบของข้อ คำถาม

ตารางที่ 2.17 (ต่อ)

แขนงวิชาการวัด และประเมินผลการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2544, น.4)	ภาควิชาวิจัย และพัฒนการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2551, น.64)	บุญชม ศรีสะอาด (2553, น.65 – 67)
2. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบ	3. เขียนข้อสอบ	3. เขียนข้อสอบ
3. ตรวจสอบคุณภาพข้อสอบ ก่อนนำไปใช้	4. ตรวจสอบข้อสอบ 5. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ความเที่ยงของ แบบทดสอบ	4. ตรวจสอบข้อสอบ
	6. พิมพ์เป็นแบบทดสอบ ฉบับทดลอง	5. พิมพ์ข้อสอบฉบับ ทดลอง
	7. ทดสอบและวิเคราะห์ ข้อสอบ	6. ทดลองใช้ วิเคราะห์ คุณภาพและปรับปรุง
	8. พิมพ์แบบทดสอบ	7. พิมพ์ข้อสอบฉบับจริง

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ดังนี้

ไชยรัตน์ สุริยคุปต์, ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, และอิสรา ก้านจักร (2555) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเรียน โดยชุดการเรียนรู้แบบผังมโนทัศน์ร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และกลุ่มควบคุมเรียนแบบปกติ พบว่า หลังเรียนนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยเกี่ยวเพศของนักเรียน พบว่า ในกลุ่มทดลองเพศไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียน ผลการอภิปรายของงานวิจัย

ฉบับนี้ พบว่า แผนผังมโนคติเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นอกจากนี้การเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดขั้นสูงได้

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี และวัชรภรณ์ แก้วดี (2557) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบอนุमानเบื้องต้น และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า หลังเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบอนุमानเบื้องต้นสามารถพัฒนานักเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจและการนำมโนทัศน์ไปใช้ โดยใช้การตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อคาดคะเนคำตอบอันจะนำไปสู่ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้

อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์ และอติศรา ชูชาติ (2557) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของรายงานฉบับนี้ พบว่า การใช้คำถามเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการสืบเสาะ ทำให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คำถามที่มีประสิทธิภาพทำให้ครูทราบว่านักเรียนมีความรู้เพียงใด ช่วยให้ครูสามารถชี้แนะเพื่อให้นักเรียนสร้างคำถามไปสู่การสืบเสาะเพื่อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสร้างคำอธิบายที่จะนำไปสู่ความรู้ใหม่ในสถานการณ์ที่มีความแตกต่าง

มนตรี มณีวงษ์ (2558) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบร่วมมือเทคนิค STAD หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าสถิต พบว่า หลังเรียนคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลการอภิปรายของรายงานฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบร่วมมือเทคนิค STAD ช่วยให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน จึงเป็นผลให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ผู้วิจัย ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศจำนวน 4 ฉบับ ผลการศึกษามีดังนี้

Afolabi, Akinbobola, and Folashade (2009) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการจัดการเรียนการสอน 3 แบบ คือ การสอนแบบค้นพบที่มีการชี้แนะ (Guide Discovery) การสอนแบบสาธิต (Demonstration) และการสอนโดยตรง (Expository) พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอน 3 แบบ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้ โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบค้นพบที่มีการชี้แนะ (Guide Discovery) มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผลการอภิปรายของรายงานฉบับนี้ พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบค้นพบที่มีการชี้แนะ ส่งเสริมให้นักเรียนสืบเสาะความรู้ด้วยตนเองโดยใช้คำถามของครูเป็นแนวทาง นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ ส่งผลให้สามารถจดจำหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Selcuk, Sezgin, Sahin, Acikgoz, and Un (2011) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการจัดการเรียนการสอน 2 แบบ คือ การสอนแบบปกติผนวกกับกลยุทธ์ในการเรียนรู้ ได้แก่ การตั้งคำถาม การสรุป การใช้ภาพประกอบ ซึ่งนำมาจัดการเรียนการสอนให้กับกลุ่มทดลอง และการสอนแบบปกติ นำมาจัดการเรียนการสอนให้กับกลุ่มควบคุม พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของรายงานฉบับนี้พบว่า กลยุทธ์ในการเรียนรู้ ได้แก่ การตั้งคำถาม การสรุป การใช้ภาพประกอบ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาและมีกระบวนการคิดที่ดีไปพร้อมกัน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น

Eryilmaz, Ates, and Ali (2011) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Hands – On และ Minds – On และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของรายงานฉบับนี้พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Hands – On และ Minds – On จะควบคู่กัน โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Hands – On เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ขณะที่กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Minds – On นักเรียนจะใช้กระบวนการคิดเพื่อลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยจิตใจจดจ่อ

Doymus, Akcay, and Kemal (2014) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการจัดการเรียนการสอน 3 แบบ คือ การสืบสอบและแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม (Investigation Group) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Learning Together Group) การอ่าน เขียนและ

นำเสนอ (Reading – Writing – Presenting Group) พบว่า หลังเรียนคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของทั้ง 3 แบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบการอ่าน เขียนและนำเสนอ (Reading – Writing – Presenting Group) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงที่สุด ผลการอภิปรายของรายงานฉบับนี้พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบการอ่าน เขียนและนำเสนอ นักเรียนจะต้องนำเสนอผลการเรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนได้รับการฝึกการสร้างมโนทัศน์ที่ศึกษาสามารถอธิบายเหตุผลและสรุปผลการศึกษาได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สามารถพัฒนาได้ด้วยเทคนิคการสอนแบบสืบเสาะ โดยมีคำแนะนำเพื่อให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะในการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นนักเรียนจะนำเสนอข้อมูลที่สืบค้นมาซึ่งเป็นการฝึกให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษา สามารถอธิบายให้กับผู้อื่นรับทราบได้ ข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอนในการวิจัยครั้งนี้

4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดระดับสูง ซึ่งในประเทศไทยมีผู้ใช้ชื่อที่แตกต่างกันออกไป เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิพากษ์ การคิดเชิงวิพากษ์ เป็นต้น ซึ่งทำให้มีผู้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณแตกต่างกันออกไปในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้คำว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อวิเคราะห์ความหมายจากวรรณกรรม 9 เรื่อง ซึ่งในแต่ละเรื่องนักวิชาการได้ให้ความหมาย ดังนี้

Cottrell (2002, pp.1) การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกิจกรรมทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความคิด เป็นการเรียนรู้ในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์และประเมินทางเลือก โดยใช้กระบวนการทางจิต เช่น การไตร่ตรอง การจำแนก การเลือกและการตัดสินใจ

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ (2554, น.31 - 32) ได้ทำการศึกษาความหมายจากนักการศึกษาจำนวน 7 ท่าน ได้แก่ ไบเออร์, แอนเจโล, เคอร์แลนด์, สกริเวน, ฮาลเพิร์น รักจิรี โอ, แมคโคเวน สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาโดยยึดหลักการคิดด้วยเหตุผล จากข้อมูลที่เป็นจริงมากกว่าอารมณ์และการคาดเดา

ทิสนา แคมมณี และคณะ (2550 อ้างถึงใน ชนาธิป พรกุล, 2554, น.266) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง “การนำเสนอรูปแบบเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูงของนิสิตนักศึกษาครูระดับ

ปรัชญาตรี สำหรับหลักสูตรครุศึกษา”ได้ให้ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการคิดเพื่อให้ได้ความคิดที่รอบคอบ สมเหตุสมผลที่จะเชื่อหรือจะทำโดยผ่านการพิจารณารอบด้านอย่างกว้างไกล ลึกซึ้งและผ่านการพิจารณาถ่วงถ่วง ไตร่ตรอง ทั้งด้านคุณ-โทษ และคุณค่าที่แท้จริงของสิ่งนั้นมาแล้ว

สมาคมครุวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (2552, น.20) ความคิดวิจารณ์หรือความคิดวิเคราะห์วิจารณ์ เป็นกระบวนการคิดที่เน้นการทำความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น สถานการณ์ที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้น ด้วยเหตุผลที่น่าเชื่อถือ เป็นการคิดเพื่อพิจารณาสถานการณ์ต่างๆ ด้วยความรอบคอบไตร่ตรองอย่างถี่ถ้วน มีข้อมูลหลักฐานที่เชื่อถือมาสนับสนุนมากที่สุด มีการประเมินค่าปัจจัยต่างๆเพื่อประกอบการตัดสินใจ

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, น.131) ได้ศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณหรือการคิดวิเคราะห์วิจารณ์จากพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542 และนักวิชาการ 3 ท่าน ได้แก่ กู๊ด, เดรสเซล, และเอ็นนิส ได้ข้อสรุปว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่างๆ โดยมีหลักฐานข้อมูลประกอบการตัดสินใจและลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

บรรจง อมรชีวิน (2554, น.119) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นกระบวนการของการใช้ความรู้และสติปัญญาของเราในการให้ได้มาในการพิจารณาประเด็นใดประเด็นหนึ่งอย่างมีเหตุผลและสมเหตุสมผล โดยที่สามารถระบุและเอาชนะปัจจัยอุปสรรคขัดขวางจำนวนมากที่อาจทำให้การคิดปราศจากเหตุผล (Rational Thinking) ไปได้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, น.110) ได้ศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณของบุคคลต่างๆจำนวน 6 ท่าน ได้แก่ สกินเนอร์, วัตสันและเกเซอร์, ดิวอี้, เอนนิส, วูดส์, สคริฟเวนและพอล สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดระดับสูงที่เป็นความสามารถทางปัญญาขั้นสูงและต้องใช้ความสามารถหลากหลายในการคิด เพื่อพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเพื่อการตัดสินใจ ได้แก่ ความสามารถในการคิดรวบยอด การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน เพื่อนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาอย่างรอบด้านทั้งข้อมูลเชิงวิชาการ ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และข้อมูลส่วนตัวของผู้คิด ให้เกิดความชัดเจนถูกต้องแม่นยำเกี่ยวข้องกับตรงประเด็น สม่่าเสมอคงเส้นคงวา มีหลักฐานตรวจสอบได้ มีเหตุผล มีความลุ่มลึก มีความกว้างขวาง และเป็นธรรมชาติไม่ลำเอียง นำไปสู่การสรุปและตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่างๆที่เป็นปัญหาอย่างถูกต้องเหมาะสม

ชั้นยากกร ช่วยทุกข์เพื่อน (2556, น.54) ได้ศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณของนักการศึกษาจำนวน 6 ท่าน ได้แก่ วัดสันและเกลเซอร์, เอนนิส, วอลเลอร์, เพ็ญพิศุทธิ เนคมานุรักษ์, สิทธิพล อาจอินทร์, ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ หมายถึง กระบวนการคิดที่มีการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูล หรือสถานการณ์ปัญหาที่ปรากฏ โดยยึดหลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล เพื่อให้ได้แนวทางของการหาคำตอบที่เหมาะสม หรือเพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจ และการลงข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล

ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จัดทำเอกสารประกอบการอบรมโครงการ การพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาโดยยึดถือภารกิจและพื้นที่การปฏิบัติงานเป็นฐาน (TEPE ONLINE) (2559, น.34 – 35) ได้สรุปความหมายจากนักวิชาการ 5 ท่าน ประกอบด้วย มอร์สและแมคคลัว (Morse & McClure), เอนนิส(Ennis), อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย, ทศนัย ขำรักษา สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ หมายถึง กระบวนการคิดที่มีใช้เหตุผลในการพิจารณา เลือกร คัดกรอง ตรวจสอบ ข้อมูลและความรู้บนพื้นฐานของการประเมินหลักฐานและข้อมูล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาและใช้เหตุผลตามแนวตรรกวิทยาที่ถูกต้องเหมาะสมในการสรุปและคำตอบที่สมเหตุสมผล

จากความหมายข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ ดังตารางที่ 2.18จากการวิเคราะห์คำสำคัญ พบว่า ความหมายของการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ ประกอบด้วยคำสำคัญ 5 คำ คือ ข้อมูล ไตร่ตรอง/คิดด้วยเหตุผล วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินและตัดสินใจ จากคำสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยสรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณ หมายถึง การไตร่ตรองข้อมูลหรือสถานการณ์ โดยใช้กระบวนการคิดขั้นสูง คือ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า โดยมีเป้าหมายเพื่อตัดสินใจในการนำข้อมูลมาใช้หรือแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

ตารางที่ 2.18 ผลการวิเคราะห์คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักวิชาการ	คำสำคัญ					
	ข้อมูล/ สถานการณ์	ไตร่ตรอง /คิดด้วย เหตุผล	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมิน	ตัดสินใจ
Cottrell (2005, pp.1)	-	-	/	-	/	/
คันสนีย์ นัทรกุลปต์ และอุษา ชูชาติ (2544, น.31 - 32)	/	/	/	/	-	/
ทีศนา เขมมณีและคณะ (2550 อ้างถึงใน ชนาธิป พรกุล 2554, น.266)	-	/	-	-	-	-
สมาคมครูวิทยาศาสตร์ แห่งประเทศไทย(2552, น. 20)	/	/	-	-	/	/
ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, น.131)	/	/	-	-	-	/
บรรจง อมรชีวิน (2554, น.119)	/	/	-	-	-	-
ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, น.110)	/	/	/	/	/	/
ธัญญากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2556, น.54)	/	/	-	-	/	/
ภาควิชาเทคโนโลยีและ สื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2559, น.34 – 35)	/	/	-	-	/	/

4.1 กระบวนการและการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดขั้นสูง สามารถนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การแก้ปัญหา การตัดสินใจ การสร้างสรรค์ เป็นต้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณดำเนินการอย่างเป็นกระบวนการ (Beyer,1987, pp.24; Grant,1988, pp.35) โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การนิยามปัญหาหมายถึง การศึกษาปัญหาเพื่อระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจประเด็นที่สงสัยให้ชัดเจน (ทิสนา แจมมณีและคณะ 2550 อ้างถึงในชนาธิป พรกุล,2554, น.266; ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์,2553, น.139;ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ,2556, น.125;ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ,2544, น.32-36;สมาคมครุวิทยาาสตร์แห่งประเทศไทย,2552, น.21) ซึ่งตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการนิยามปัญหา ได้แก่ ความสามารถในการตั้งคำถามหรือการระบุประเด็นปัญหาได้ชัดเจน ความสามารถในการระบุสาระสำคัญของข้อมูลได้ชัดเจน (ทิสนา แจมมณีและคณะ 2550 อ้างถึงในชนาธิป พรกุล,2554, น.266;ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ,2556, น.121 – 122; ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ,2544, น.32 – 36; Paul, 1990, pp.4.)

ขั้นตอนที่ 2 การรวบรวมข้อมูล หมายถึง การสืบเสาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ (สมาคมครุวิทยาาสตร์แห่งประเทศไทย,2552, น.21) ตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ สามารถพิจารณาข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ว่า เป็นข้อมูลจากแหล่งใด ข้อมูลใดเป็นจริง ข้อมูลใดเป็นความคิดเห็น มีความเกี่ยวข้องหรือจำเป็น มากน้อยเพียงใด (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, น.121 – 122; ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์และอุษา ชูชาติ,2544, น.32 – 36.)

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์และการจัดระบบข้อมูล หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูล ออกเป็นประเด็นย่อยหรือการนำประเด็นย่อยต่างๆมาสรุปเป็นประเด็นใหญ่ โดยแสดงถึงความสัมพันธ์โดยใช้เหตุผล (สมาคมครุวิทยาาสตร์แห่งประเทศไทย,2552, น.21; Grant, 1988, pp.35.) ตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงความสามารถในการวิเคราะห์และการจัดระบบข้อมูล ได้แก่ ความสามารถในการอุปนัยและความสามารถในการนิรนัย (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ,2556, น.121 – 122)

ขั้นตอนที่ 4 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล มาใช้ในการสรุปแนวทางที่เป็นไปได้หรือใช้ในการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์,2553, น.139) ตัวบ่งชี้ที่แสดงความสามารถในการตั้งสมมติฐาน ได้แก่ ความสามารถในการเสนอคำตอบหรือทางเลือกที่สมเหตุสมผล (ทิสนา แจมมณีและคณะ 2550 อ้างถึงในชนาธิป พรกุล,2554,น.266)

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินค่า หมายถึง การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เป็นไปได้ โดยอาศัยการประเมินโดยมีเกณฑ์ในการกำหนดความสมเหตุสมผล (ทิสนา แจมมณีและคณะ 2550

อ้างอิงในชนาธิป พรกุล, 2554, น.266; Beyer, 1995, pp.24) ตัวบ่งชี้ที่แสดงความสามารถในการประเมินค่า ได้แก่ สามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกได้อย่างสมเหตุสมผล (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ ,2556, น.121 – 122)

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและสถานประกอบการส่งผลให้ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสำคัญมากขึ้น การออกแบบการสอนพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องเน้นไปที่การแสดงออกซึ่งทักษะและความรู้ที่เหมาะสม โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมประกอบกับการใช้สื่อที่มีความเป็นรูปธรรมจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้สมองในการคิด (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556, น.111; Halpern, 1999, pp.69; Kim, Sharma, Land & Furlong, 2013, Abstract)

คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2559) กล่าวว่า การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะต้องมีการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ โดยมีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการฝึกฝน ได้แก่ การสังเกต การตั้งคำถาม การจำแนก แยกแยะ การตีความ การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ การตั้งสมมติฐานและการสรุปโดยอาศัยเหตุผล โดยสรุปขั้นตอนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเสนองาน เป็นขั้นตอนการสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ การกระตุ้นให้นักเรียนมองเห็นคุณค่าของสิ่งที่ต้องการเรียนรู้
2. ขั้นฝึกความสามารถในการคิด เป็นการจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการคิดเป็นรายบุคคล มีโอกาสได้เปรียบเทียบความคิดของตนเองกับกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่ โดยการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากสถานการณ์ต่างๆที่กำหนดให้
3. ขั้นประเมินกระบวนการคิด เป็นการให้นักเรียนได้ประเมินผลการคิดของตนเองว่ามีวิธีการคิด กระบวนการคิดอย่างไร

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ได้นำเสนอ 7 ยุทธวิธีในการฝึกให้เป็นนักคิดอย่างมีวิจารณญาณสรุปได้ ดังนี้

1. ทำความคิดให้กระจ่าง หมายถึง การฝึกหัดสรุปความคิดของตนเพื่อนำเสนอให้คนอื่นเข้าใจ และฝึกหัดสรุปความรู้ ความคิดจากการฟังคนอื่น ว่าที่เราเข้าใจตรงกับที่เขาต้องการสื่อสารหรือไม่
2. ไม่หลงประเด็น หมายถึง การฝึกรวบรวมข้อมูลและตีความหมายของข้อมูล โดยตระหนักอยู่ตลอดเวลาว่า ข้อมูลเหล่านั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างไร นำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาอย่างไร ข้อมูลใดบ้างที่มีประโยชน์ต่อประเด็นปัญหาที่เรากำลังสนใจ

3. ฟีกถามอยู่เป็นนิจ หมายถึง การฟีกตั้งคำถามและฟีกหัดฟังคำถามของผู้อื่น ซึ่งคำถามที่ดีจะนำไปสู่การค้นพบคำตอบที่ชัดเจนและตรงประเด็น
4. ใช้เหตุผล หมายถึง การสรุปโดยใช้เหตุผลและตรวจสอบว่าเหตุใดจึงเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อมูล และเหตุใดความคิดของตนจึงถูก ความคิดเห็นของคนอื่นจึงผิด
5. ฟีกเป็นคนใจกว้าง หมายถึง การเปลี่ยนความของตน เมื่อพบว่ามีความคิดที่ดี และมีเหตุผลที่ดีกว่า
6. ฟีกคิดอภิปราย หมายถึง การตรวจสอบความรู้ ความคิดของตนกับผู้อื่น ซึ่งการจัดการเรียนการสอนระบบกลุ่มจะเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฟีกคิดอภิปราย
7. ฟีกนิสัยนักคิด มี 6 องค์ประกอบที่ส่งเสริมการฟีกนิสัยนักคิด ได้แก่ (1) สร้างความกระตือรือร้น หมายถึง การอยากรู้ อยากเห็น (2) ฟีกให้มีความกล้าเสี่ยง หมายถึง กล้าคิดแตกต่างจากคนส่วนใหญ่ (3) ความยุ่งยากซับซ้อน หมายถึง การพัฒนาความคิดจากระดับปัญหาที่ง่ายไม่ซับซ้อนไปสู่ระดับที่ยากและซับซ้อน (4) กระตุ้นให้เกิดจินตนาการ หมายถึง การได้รับการกระตุ้นให้เกิดการจินตนาการสร้างสรรค์ที่หลากหลาย ซึ่งเกิดจากภาพ จากประสบการณ์เดิม สิ่งแวดล้อมรอบตัว เป็นต้น (5) ฟีกรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น หมายถึง การฟีกฝนให้ทำงานเป็นกลุ่ม ฟีกการเป็นผู้นำและผู้ตาม ฟีกการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และ (6) สร้างความมั่นใจในตนเอง หมายถึง การกล้าแสดงออกซึ่งความคิด โดยเริ่มจากคำถามที่ง่ายไปสู่คำถามที่ยาก การแสดงออกในลักษณะกลุ่มจนกระทั่งเหลือเพียงคนเดียว

บทบาทของครูในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้กับนักเรียน เช่น (1) เตรียมคำถามหรือสถานการณ์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ฟีกการตั้งคำถาม การตีความจากข้อมูล (2) เตรียมสถานการณ์หรือปัญหาที่มีผู้ให้ข้อสังเกตหรือคำตอบไว้แล้ว เพื่อให้นักเรียนได้ฟีกตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลเหล่านั้นว่า มีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือไม่อย่างไร (3) จัดการเรียนการสอนแบบกลุ่ม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และ (4) ครูเป็นผู้ให้กำลังใจและสนับสนุนในการแสดงออกซึ่งความคิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้น

จากการศึกษาวรรณกรรมที่กล่าวมาในข้างต้น ผู้วิจัยสรุปกระบวนการและการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังตารางที่ 2.19

ตารางที่ 2.19 กระบวนการและการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ขั้นตอน	ความหมาย	ตัวบ่งชี้	แนวทางการพัฒนา
1. การนิยามปัญหา	การศึกษาปัญหาเพื่อระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจประเด็นที่สงสัยให้ชัดเจน	ความสามารถในการตั้งคำถามหรือการระบุประเด็นปัญหาได้ชัดเจน ความสามารถในการระบุสาระสำคัญของข้อมูลได้ชัดเจน	นักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาจากประสบการณ์เดิมโดยมุ่งผลลัพธ์คือการระบุประเด็นปัญหา
2. การรวบรวมข้อมูล	การสืบเสาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้	สามารถพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาได้ว่า เป็นข้อมูลจากแหล่งใด ข้อมูลใดเป็นจริง ข้อมูลใดเป็นความคิดเห็น มีความเกี่ยวข้องหรือจำเป็นมากน้อยเพียงใด	ฝึกให้นักเรียนตระหนักว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างไร และแหล่งข้อมูลที่สืบค้นมานั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่
3. การวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นประเด็นย่อยหรือการนำประเด็นย่อยต่างๆมาสรุปเป็นประเด็นใหญ่ โดยแสดงถึงความสัมพันธ์โดยใช้เหตุผล	ความสามารถในการอุปนัย และความสามารถในการนิรนัย	นักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นด้วยการนิรนัยหรืออุปนัย

ตารางที่ 2.19(ต่อ)

ขั้นตอน	ความหมาย	ตัวบ่งชี้	แนวทางการพัฒนา
4. การตั้งสมมติฐาน	การนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูลมาใช้ในการสรุปแนวทางที่เป็นไปได้หรือใช้ในการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล	ความสามารถในการเสนอคำตอบหรือทางเลือกที่สมเหตุสมผล	นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดสมมติฐานโดยอาศัยพื้นฐานของข้อมูลและแสดงเหตุผลในการกำหนดสมมติฐาน
5. การประเมินค่า	การตัดสินใจเลือกแนวทางที่เป็นไปได้โดยอาศัยการประเมินโดยมีเกณฑ์ในการกำหนดความสมเหตุสมผล	สามารถตัดสินใจเลือกทางเลือกได้อย่างสมเหตุสมผล	นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาและระบุเหตุผลในการกำหนดเกณฑ์ดังกล่าว

4.2 การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ แบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเอง มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 แบบทดสอบแบบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ

Watson and Glaser (1980) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จนถึงวัยผู้ใหญ่ แบบทดสอบมี 2 แบบ ซึ่งเป็นคู่ขนานกันคือ แบบ A และแบบ B แต่ละแบบประกอบด้วยแบบสอบย่อยมีข้อสอบรวม 80 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 50 นาที แต่ละแบบวัดความสามารถในการคิดต่างๆกันดังนี้

1) ความสามารถในการอนุมานหรือการอ้างอิง (Inferences) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่ให้ความ ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของข้อคำถามจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3-5 ข้อสรุป จากนั้นนักเรียนต้องพิจารณาตัดสินใจว่าข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ และเป็นเท็จ (อาจใช้ข้อคำถามอื่นในทำนองเดียวกัน)

2) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumptions) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นและข้อความใดไม่ เป็นลักษณะของข้อคำถามจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อความตามมาสถานการณ์ละ 2-3 ข้อความ จากนั้นนักเรียนต้องพิจารณาตัดสินใจข้อความในแต่ละข้อเป็น 2 ทางเลือก คือข้อความใด เป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด

3) ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของ ข้อคำถามจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 ย่อหน้า แล้วมีข้อสรุปตามมาสถานการณ์ละ 2-4 ข้อ จากนั้นนักเรียนต้องพิจารณาตัดสินใจใน 2 ทางเลือกว่าข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้ หรือไม่ตามสถานการณ์นั้น

4) ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้น้ำหนักของข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินใจความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของข้อ คำถามจะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปสถานการณ์ละ 2-3 ข้อ จากนั้นนักเรียนต้อง พิจารณาตัดสินใจใน 2 ทางเลือกว่าข้อสรุปในแต่ละข้อน่าเชื่อถือหรือไม่ภายใต้สถานการณ์นั้น

5) ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Argument) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล ลักษณะของข้อ คำถามจะมีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดของ คำตอบพร้อมเหตุผลกำกับ จากนั้นนักเรียนต้องพิจารณาตัดสินใจใน 2 ทางเลือกว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่และให้เหตุผลประกอบ

Ennis and Milman (1985) ได้สร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ฉบับ โดยมุ่งวัดกลุ่มบุคคลต่างระดับกันดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คอร์เนลระดับเอ็กซ์ (Cornell Critical Thinking Test Level X) เป็นแบบทดสอบสำหรับเด็กนักเรียนตั้งแต่ระดับ 4 จนถึง ระดับ 12 เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ เวลา 50 นาที มุ่งวัดความสามารถ

4 ด้าน คือ 1) ด้านการอุปนัย 2) ด้านการนิรนัย 3) ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต 4) ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณคอร์เนลระดับเซ็กซ์ (Cornell Critical Thinking Test Level Z) เป็นแบบทดสอบสำหรับเด็กนักเรียนมัธยมศึกษาที่มีปัญญาดีและกลุ่มนักศึกษาระดับวิทยาลัยจนถึงผู้ใหญ่เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ เวลา 50 นาที มุ่งวัดความสามารถ 7 ด้าน คือ 1) ด้านการอุปนัย 2) ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล 3) ด้านการพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง 4) ด้านการอ้างอิงเหตุผลผิดหลักตรรกะ 5) ด้านการนิรนัย 6) ด้านการให้คำจำกัดความ 7) ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

4.2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แบบทดสอบแบบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ อาจไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการวิจัย ดังนั้นจึงต้องสร้างแบบทดสอบการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อให้ตรงเป้าหมายในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยต้องมีความรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิด ขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, จุฑาทิพย์ ชาตีสวรรค์ และวิภาดา คำดี 2548, น.6 – 7)

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กล่าวคือ ต้องการวัดความสามารถทางการคิดต่างๆ ไปหรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะวิชา

2) กำหนดกรอบของการวัดและเขียนนิยามปฏิบัติการตามทฤษฎี โดยศึกษาจากทฤษฎี นิยาม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง แล้วเลือกแนวคิดหรือทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทหรือจุดมุ่งหมายที่ต้องการเป็นหลัก

3) สร้างผังแบบ วัด เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้าง พร้อมทั้งกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเนื้อหาในแต่ละองค์ประกอบตามทฤษฎีที่กำหนด

4) เขียนข้อสอบ กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการให้คะแนน จากนั้นลงมือร่างข้อสอบตามข้อกำหนดในข้อ 3 ตรวจสอบความชัดเจนและความถูกต้องทางภาษาด้วยตนเองหรือผู้เชี่ยวชาญ

5) นำแบบวัดไปทดลองใช้ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้ว จากนั้นนำผลการตอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบเป็นรายชื่อ คือ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) และทั้งฉบับคือ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพ และ/หรือปรับปรุงข้อสอบที่ไม่เหมาะสม แล้วทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างใหม่เพื่อวิเคราะห์ข้อสอบเป็นครั้งที่ 2

6) นำแบบทดสอบไปใช้จริง กับกลุ่มเป้าหมายจริง ซึ่งในการใช้แบบทดสอบทุกครั้งควรมีการรายงานค่าความเชื่อมั่นทุกครั้ง จากนั้นนำผลการวัดไปแปลความหมาย

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

เจริญขวัญ รัตนวงษา (2554) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดและกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ใช้แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของวันนา เปลีเยนพุม พบว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไสว วีระพันธ์ (2554) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามกรอบแนวคิดของ วัตต์สันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser) กำหนดเป้าหมายในการวิจัย คือ (1) นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ (2) นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด มีคะแนนจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม พบว่า บรรลุเป้าหมายทั้ง 2 ประการ ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า ขั้นตอนการสอนประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นทบทวน ขั้นตอนที่ 2 ขั้นเชิญชวน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสำรวจ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นอธิบายและคำตอบของปัญหา ขั้นตอนที่ 5 ขั้นนำไปปฏิบัติ ซึ่งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน นักเรียนมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ยังมีการสอดแทรกคำถามเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมและมีการทำแบบฝึกหัดท้ายแผนเพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ ความเข้าใจไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2556) ได้พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้า วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยผู้เขียนได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นมาเอง พบว่า รูปแบบ

การสอนที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนสอน 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อม ขั้นตอนที่ 2 ขั้นนำเสนอปัญหา ขั้นตอนที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ปัญหา ขั้นตอนที่ 4 ขั้นวางแผนระดมความคิด ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสรุปแนวทางในการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 6 ขั้นนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 7 ขั้น อภิปรายและสรุป ผลการศึกษาพบว่า หลังเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างจะต้องเรียนรู้จากการเรียนและมีส่วนร่วมในขั้นตอนการสอนทุกขั้นตอน ปัญหาที่นำมาใช้มีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันสามารถนำไปใช้ได้จริง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

กัญญาภัทร เหมขุนทด,บุญชม ศรีสะอาด และกนกพร ทองสอดแสง (2558) ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์และแบบปกติเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หน่วยการเรียนรู้โมเมนตัม โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผู้เขียนได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นมาเอง พบว่า ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและเสนอปัญหา ขั้นตอนที่ 2 ขั้นปฏิบัติ เป็นขั้นที่นักเรียนในกลุ่มร่วมมือกันเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 3 ขั้นสะท้อนความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนอภิปราย วิเคราะห์ เปรียบเทียบหาข้อสรุปในกระบวนการปฏิบัติ ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสร้างความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันสรุปกระบวนการปฏิบัติ ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมินผล หลังเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า ครูจะต้องทำหน้าที่แนะแนวทาง สร้างแรงจูงใจ อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมใช้วิธีการสอนที่เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน นักเรียนกับครู ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจากปัญหาที่กำลังเผชิญและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลาง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศจำนวน 4ฉบับ ผลการศึกษามีดังนี้ Norris (1985) ได้สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณดำเนินการในหลากหลายสาขาวิชา โดยกระบวนการสอนมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งการ

ออกแบบการทดลองของงานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้กลุ่มตัวอย่างเดียวเป็นกลุ่มทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองจะใช้ตั้งแต่ไม่กี่สัปดาห์จนกระทั่งระยะยาวเป็นปี

Kim, Sharma, Land, and Furlong (2013) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีลงมือกระทำ (Active Learning) ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้นมาเอง พบว่า แนวทางในการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย กิจกรรมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กิจกรรมเสริมต่อความรู้ (Scaffolding) และการทำรายงานรายบุคคล ผลการทดสอบหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีลงมือกระทำ (Active Learning) ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนมีโอกาสได้ทำงานร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Gulbahar, Kalelioglu, and Yasemin (2014) ได้ศึกษาเทคนิคการสอนที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของ California Critical Thinking Disposition Inventory (CCTDI) และประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การอภิปรายผ่านสื่อออนไลน์ เทคนิคการสอนในงานวิจัยฉบับนี้ ประกอบด้วย 1)การคิดแบบหมวก 6 ใบ (Six thinking hats) 2) การระดมสมอง (Brainstorming) 3) การแสดงบทบาทสมมติ (Role playing) 4) การสัมมนาแบบโสคราติส (Socratic seminar) 5) การสอนแบบทุกคนมีความเชี่ยวชาญ (Anyone here an expert) และ 6) การสอนแบบผสมผสาน (Mixed techniques) ผลการศึกษา พบว่า หลังเรียนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการสอนทั้ง 6 แบบ ซึ่งมีจำนวน 6 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาผลการประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้การอภิปรายผ่านสื่อออนไลน์ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Mixed techniques) แสดงถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสาน (Mixed techniques) ทำให้นักเรียนมีประสบการณ์ที่หลากหลาย

Saiz, Rivas, and Olivares (2015) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยการจัดการเรียนการสอนแบบผสมด้วยเทคนิคการสอนต่างๆ เช่น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) การผลิตผลงาน (Production Tasks) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Group) เป็นต้น โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการคิด

อย่างมีวิจารณญาณของ The Penncrisal Critical Thinking Test พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายและนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในทุกเทคนิคการสอน

การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถพัฒนาโดยใช้การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีลงมือกระทำ (Active Learning) นักเรียนจะต้องมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน นอกจากนี้ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ในทางบวก ซึ่งแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งใช้ในการวิจัยแบ่งได้ 3 ประเภท คือ (1) สร้างโดยผู้วิจัยเอง (2) สร้างโดยอาศัยกรอบแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักวิชาการ (3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากงานวิจัยมาใช้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีลงมือกระทำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน โดยผู้วิจัยสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยตนเองโดยอาศัยกรอบแนวคิดจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5. ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

5.1 ความหมายของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลให้การดำรงชีวิตมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น บุคคลแต่ละคนจะพบกับปัญหาในชีวิตและเผชิญความยากลำบากที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการยืนหยัดต่อสู้เพื่อจัดการกับปัญหาและเอาชนะความลำบากเป็นความสามารถที่มีอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล ดังนั้นจึงมีการศึกษาทางจิตวิทยาที่เรียกว่า ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (Adversity Quotient: AQ) โดยมีนักจิตวิทยาคนสำคัญ คือ พอล จี สตอลท์ซ (Paul G. Stoltz) ในปัจจุบันมีนักวิชาการทางการศึกษาได้ให้ความสนใจในการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยให้ความหมายดังนี้

Stoltz (1997) ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ในยามที่ต้องเผชิญกับความทุกข์ยากหรือความลำบาก โดยผู้ที่มีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงจะมีจิตใจที่เข้มแข็งไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคใดๆ แม้จะพ่ายแพ้หรือล้มเหลวไปก็สามารถลุกขึ้นสู้ใหม่ได้ ส่วนผู้ที่มีความสามารถ

ในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคต่ำ เวลาที่ต้องเผชิญกับความผิดหวังหรือความทุกข์ยากก็จะพ่ายแพ้ บางคนอาจจะทิ้งงานไปกลางคัน หรือบางคนอาจจะท้อแท้กับชีวิตถึงขั้นลาออกจากงานเป็นต้น

กรรณิกา สุขสมัย (2549, น.65) ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หมายถึง การที่บุคคลเผชิญปัญหาต่างๆที่ผ่านเข้ามาในชีวิต โดยเชื่อว่าตนเองสามารถควบคุมสถานการณ์ รับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา เข้าถึงปัญหาต่างๆและอดทนต่อปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่นำไปสู่ความสำเร็จในชีวิต

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2552, น.6-7) ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการตอบสนองต่อปัญหาอุปสรรคด้วยเจตคติ ในทางบวก มีสติ มีความรับผิดชอบและหาแนวทางแก้ปัญหาด้วยความมุ่งมั่น อดทน จนสามารถฝ่าฟันและเอาชนะปัญหาได้ กล่าวคือ เป็นความสามารถในการเปลี่ยนวิกฤติให้เป็นความสำเร็จนั่นเอง

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หมายถึง การที่บุคคลสามารถตอบสนองต่อปัญหาต่างๆอย่างมีสติ สามารถรับรู้ต้นเหตุ และเข้าใจปัญหา มีความรับผิดชอบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น มีความมุ่งมั่นอดทนจนกระทั่งฝ่าฟันและเอาชนะปัญหาได้

5.2 แนวคิดพื้นฐานของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคมีพื้นฐานมาจากกลุ่มวิชาทางวิทยาศาสตร์ 3 สาขาของStoltz (1997)ดังนี้

จิตวิทยาการรู้คิด (Cognitive Psychology)เมื่อเกิดปัญหาหรืออุปสรรคมนุษย์ไม่ทราบว่าจะจัดการอย่างไร ทำให้เกิดความท้อแท้และสิ้นหวัง ทำให้สูญเสียความสามารถในการแก้ปัญหาส่งผลให้การแก้ปัญหาล้มเหลว ในทางตรงข้ามถ้าได้รับการฝึกให้รู้ว่า ปัญหาหรืออุปสรรคเกิดขึ้นชั่วคราว เกิดจากปัจจัยภายนอก มนุษย์ก็จะเกิดกำลังใจในการหาแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จ

ระบบคุ้มกันจิตประสาท (Psychoneuroimmunology)สุขภาพกายและสุขภาพจิตมีความสัมพันธ์กัน โดยตรง สุขภาพจิตที่ดีจะส่งผลให้ภูมิคุ้มกันโรคดีตามไปด้วย ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคจะช่วยให้สุขภาพกายและสุขภาพจิตดี ปราศจากโรคภัย

สรีรวิทยาของระบบประสาท (Neurophysiology)สมองมีโครงสร้างที่สามารถสร้างความเคยชินได้ ถ้าเรามีการพัฒนาเจตคติให้ไปในทางบวก จะช่วยในการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคได้

5.3 องค์ประกอบของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2552, น.17 – 18)ได้นำเสนอการแบ่งองค์ประกอบความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคออกเป็น 4 มิติ ตามแนวคิดของ พอล จี สโตลท์ซ โดยเรียกย่อว่า CO2RE ซึ่งใช้ในการประเมินระดับของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยมีรายละเอียดในแต่ละมิติ ดังนี้

มิติที่ 1 การควบคุม (C = Control) หมายถึง ระดับการรับรู้ถึงความสามารถในการควบคุมตนเองให้สามารถข้ามผ่านเหตุการณ์ที่ยากลำบากหรืออุปสรรคไปได้

ผู้ที่มีมิติด้านการควบคุมที่สูง ได้แก่ คนที่สามารถเข้าใจปัญหาความยากลำบาก มีความคิดในเชิงรุกต่อปัญหาและพยายามหาทางออกในการแก้ปัญหาเพื่อทำให้ตนผ่านพ้นอุปสรรคและความยากลำบากได้ในระดับสูง เชื่อว่า ไม่มีอะไรที่เราไม่สามารถควบคุมได้เว้นแต่เราไม่พยายามควบคุมมัน

มิติที่ 2 การรับรู้สาเหตุและความรับผิดชอบ (O₂ = Origin and Ownership) หมายถึง ระดับความสามารถในการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยอื่นที่เป็นองค์ประกอบของอุปสรรคว่ามีสาเหตุมาจากอะไร โดยการพิจารณาจากพฤติกรรมของตนเองมากกว่าความสามารถของตนเองที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดแล้วเรียนรู้ที่จะปรับปรุงแก้ไข โดยไม่มีการตำหนิโทษตนเอง เพราะ การตำหนิโทษตนเองจะนำไปสู่ความโศกเศร้าเสียใจ อย่างไรก็ตามถ้าหากพบว่าเป็นความผิดพลาดของตนเองจะเข้าไปมีบทบาทในการรับผิดชอบหาทางแก้ไขให้ได้ ไม่ผลักภาระความรับผิดชอบให้ผู้อื่น

ผู้ที่มีมิติด้านสาเหตุและความรับผิดชอบสูง ได้แก่ ผู้ที่มีแนวโน้มค้นคว้า สาเหตุของอุปสรรคเกิดขึ้นมาจากสาเหตุภายนอก แต่ถ้าหากพบว่าเป็นความผิดของตนเองก็จะพิจารณาที่พฤติกรรมภายนอกมากกว่าปัจจัยภายในตัวเอง (เช่น ความสามารถ ความฉลาด) แล้วปรับปรุงตนเองจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น แต่ไม่โทษตัวเองพร่ำเพรื่อเพราะจะทำให้หมดกำลังใจ คนที่มีมิตินี้สูงจะยินดีรับผิดชอบในผลของสิ่งที่ตนกระทำ ไม่ผลักความรับผิดชอบให้ผู้อื่น

มิติที่ 3 การกระจายตัวของปัญหา (R = Reach) หมายถึง การวัดผลการกระจายของความยุ่งยากของปัญหาที่มีต่อการดำเนินชีวิตของแต่ละคนว่ามีมากน้อยเพียงใด

ผู้ที่มีมิติด้านการกระจายตัวของปัญหาสูง ได้แก่ คนที่สามารถควบคุมอารมณ์ด้านลบและสามารถจำกัดความเสียหายให้อยู่ภายในขอบเขตเป็นผู้ที่พร้อมรับกับอุปสรรคความยากลำบากทุกสถานการณ์ ไม่หวั่นไหว ไม่จมอยู่กับความทุกข์ที่มากับความยากลำบาก แต่คิดว่าอุปสรรคเป็นเหมือนเหตุการณ์หนึ่งที่ผ่านมาในชีวิตและจะผ่านพ้นไป มีความเชื่อว่า ทุกปัญหาสามารถแก้ไขได้ ไม่คิดทางลบหรือคิดวิบัติ

มิติที่ 4 ความอดทนต่อความยืดเยื้อปัญหา (E = Endurance) หมายถึง การรับรู้ถึงความคงทนของอุปสรรคได้มากหรือน้อย และความสามารถในการจัดการกับความยืดเยื้อของอุปสรรค รวมถึงหาวิธีที่จะขจัดให้หมดไป

ผู้ที่มีมิติด้านความอดทนสูง ได้แก่ ผู้ที่รับรู้ว่าคุณอุปสรรคจะดำรงอยู่ในระยะเวลาชั่วคราวเท่านั้นและสามารถแก้ไขได้ด้วยการฝึกฝนทักษะและความรู้ความสามารถ มีความหวัง มีกำลังใจ มีความพยายามที่จะหาทางเอาชนะอุปสรรคความยากลำบากในชีวิตให้หมดไปโดยเร็ว ในขณะที่ผู้ที่มีมิติด้านนี้ต่ำจะเป็นคนที่สิ้นหวังในชีวิต คิดว่าคุณอุปสรรคที่เกิดขึ้น ไม่สามารถขจัดออกไปได้และจะไม่พยายามแก้ไข ยอมรับว่าสิ่งที่เกิดขึ้นหรือเผชิญอยู่นั้นยังคงอยู่เป็นอุปสรรคของตนต่อไป

5.4 เทคนิคในการช่วยพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสามารถพัฒนาได้ ซึ่งมีนักวิชาการสนใจศึกษาและเสนอแนะวิธีการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เช่น Stoltz(1997) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เรียกว่าThe LEAD Sequence (Stolz, 1997 อ้างถึงในสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552)ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

L = Listen to your adversity respond หมายถึง การฟังและรับรู้ถึงวิธีการตอบโต้ปัญหาอุปสรรคของตนเองว่าเป็นอย่างไร มีมิติ (CO2RE) ใดต่ำหรือสูง

E = Explore all origins and your ownership of the result หมายถึง การสำรวจว่าสิ่งใดคือสาเหตุดั้งเดิมของอุปสรรคที่เกิดขึ้น ระบุให้ชัดเจนอย่างเฉพาะเจาะจงว่า ตนเองต้องทำอะไร เพื่อให้สถานการณ์ดีขึ้น และสาเหตุดังกล่าวมีส่วนใดที่อยู่ในความรับผิดชอบของเรา และสิ่งใดที่อยู่นอกเหนือความรับผิดชอบหรือการตัดสินใจของเรา

A = Analyze the evidence หมายถึง การวิเคราะห์ให้เกิดความชัดเจน โดยการค้นหาหลักฐานหรือภาวะแวดล้อมมาสนับสนุนว่าสิ่งที่ยอยู่นอกเหนือการควบคุมจริง ๆ แล้วมีอะไรบ้าง อุปสรรคจะเชื่อมโยงมาสู่ส่วนอื่นของชีวิตอีกหรือไม่ ทำอย่างไรจึงจะไม่ทำให้ปัญหาอยู่ในชีวิตนานจนเกินควรพร้อมทั้งวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการแก้ไขและเพิ่มศักยภาพของตนเอง

D = Do something หมายถึง เป็นการเลือกวิธีการและลงมือดำเนินการเพื่อให้อุปสรรคอยู่กับเราในระยะเวลาที่น้อยที่สุด ด้วยการหาข้อมูลที่เป็นเพิ่มเติม และวิธีที่จะสามารถควบคุมไม่ให้อุปสรรคเข้ามาบีบคั้นต่อชีวิต

จากเทคนิคดังกล่าว มีความเชื่อว่า เราสามารถเปลี่ยนแปลงชีวิตให้เกิดความสำเร็จ โดยการเปลี่ยนนิสัยและวิถีคิด เราสามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงขึ้นมาได้ โดยการโต้แย้งกับรูปแบบความคิดแบบเก่าที่ทำลายตนเอง และตั้งใจสร้างรูปแบบความคิดแบบใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตนเอง

5.5 การสร้างแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

เครื่องมือวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคได้เริ่มต้นพัฒนาโดย พอล จี สตอลท์ซ ต่อมามีการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคอย่างหลากหลายเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดความหมายและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคทั้ง 4 มิติ ได้แก่ การควบคุม การรับรู้สาเหตุและความรับผิดชอบ การกระจายตัวของปัญหา ความอดทนต่อความยืดเยื้อปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนาแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ให้สอดคล้องและครอบคลุมกับนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคทั้ง 4 มิติ ได้แก่ การควบคุม การรับรู้สาเหตุและความรับผิดชอบ การกระจายตัวของปัญหา ความอดทนต่อความยืดเยื้อปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 นำแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ไปตรวจหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของนิยามเชิงปฏิบัติการกับแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 นำแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคที่ได้พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item – Total Correlation)

ขั้นตอนที่ 7 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient)

5.6 แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ในปัจจุบันแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคมีการพัฒนาเพื่อปรับใช้ให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทำการทดสอบ ซึ่งสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2552) ได้นำเสนอแนวทางในการเลือกแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ดังนี้

1. สถานการณ์ต้องมีความเหมาะสม หมายถึง สถานการณ์ในข้อคำถามควรเป็นสถานการณ์ที่ผู้ถูกวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคจะต้องเผชิญในชีวิตประจำวัน เช่น การวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนข้อคำถามควรเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเรียน คุณครู เพื่อน ครอบครัว โดยข้อคำถามของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาจะแตกต่างกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาเนื่องจากสถานการณ์ที่ต้องเผชิญมีความแตกต่างกัน

2. รูปแบบของมาตรวัด ควรคำนึงถึงวัย อาชีพ และระดับการศึกษาของผู้ที่ทำแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เช่น คนไทยมีความคุ้นเคยกับการทำแบบสอบถามในมาตรรวมการประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert's Scale) ที่มีข้อคำถามอยู่ทางซ้าย ตัวเลือกอยู่ทางขวา แต่อาจไม่คุ้นเคยกับลักษณะข้อคำถามที่มีตัวเลือกอยู่ตรงกลาง นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการทำแบบทดสอบแบบ Multiple choice ในการสร้างแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ควรเลือกรูปแบบที่มีโจทย์และคำตอบ ก. ข. ค. ให้เลือกซึ่งมีความคล้ายคลึงกับแบบทดสอบซึ่งนักเรียนมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเลือกใช้มาตรวัดรูปแบบใด สิ่งที่ต้องคำนึง คือ คำชี้แจงควรมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และทำให้ผู้ทำแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคทราบว่าระดับความรู้สึกที่ต้องเลือกตอบหมายความว่าอย่างไร และตัวเลือกใดจึงจะตรงกับความรู้สึกและการตอบสนองต่อสถานการณ์นั้นจริง ๆ

3. ความยาวของแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ควรมีความเหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป เนื่องจากเป็นสถานการณ์สมมติ ดังนั้น ผู้ทำแบบวัดต้องใช้เวลาในการคิดว่าหากตนเองประสบกับเหตุการณ์เช่นนั้น เขาจะตอบสนองต่อเหตุการณ์อย่างไร หากมีข้อคำถามมาก ผู้ถูกวัดอาจเบื่อนายที่จะทำจึงรีบตอบให้เสร็จโดยเร็ว การตอบจึงอาจไม่ได้มาจากความคิด ความรู้สึกของเขาจริงๆ แต่หากจำนวนข้อสอบน้อยเกินไป ก็จะไม่สามารถวิเคราะห์ความสามารถในแต่ละมิติได้อย่างชัดเจน

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งเป็นช่วงชั้นเดียวกับกลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้ แบบวัดฉบับนี้พัฒนาตามทฤษฎีของพอล จี สตอลท์ซโดยกรรณิกา สุขสมัย (2549) มีลักษณะเป็นแบบสอบถามในมาตรรวมการประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert's Summated rating Scale) กำหนดความรู้สึก 4 ระดับ คือ

มากที่สุด มาก น้อย และน้อยที่สุด โดยมีข้อคำถาม 35 ข้อ ประกอบด้วยความสามารถ 4 ด้าน ดังแสดงในตารางที่ 2.20 และมีโครงสร้างดังแสดงในตารางที่ 2.21 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ .89 รายละเอียดของแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคฉบับนี้ แสดงในตัวอย่างที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์ แสดงในภาคผนวก จ)

ตารางที่ 2.20 แสดงองค์ประกอบแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคซึ่งพัฒนา
โดยภรรณิกา สุขสมัย

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวนข้อ
การควบคุมสถานการณ์ (Control)	ความสามารถของบุคคลในการรับรู้หรือเข้าใจได้ว่าตนเองสามารถจัดการหรือตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เลวร้ายได้ มีความเชื่อว่าปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นมีหนทางที่แก้ไขได้ มีความมุ่งมั่นในการตัดสินใจ ยืนกราน ไม่ลดละความตั้งใจในการเผชิญปัญหา	8
การรับรู้ต้นเหตุ และรับผิดชอบต่อปัญหา (Origin and Owership)	ความสามารถของบุคคลในการรับรู้ต้นเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยไม่กล่าวโทษตนเองจนเกินไป ไม่คิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นเพราะความผิดพลาด ความล้มเหลว หรือความบกพร่องของตนเองแต่เพียงผู้เดียว ตำหนิตนเองอย่างสร้างสรรค์ และนำตนเข้าไปร่วมรับผิดชอบหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นโดยไม่ผลักภาระความรับผิดชอบไปให้ผู้อื่น	7
การเข้าถึงปัญหา (Reach)	ความสามารถของบุคคลในการกล้าเผชิญกับปัญหาที่เข้ามาในชีวิต คิดว่าเราสามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ ไม่คิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจะเลวร้ายกว่าที่เป็นอยู่ ยอมรับสิ่งที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริง เข้าใจถึงปัญหาหรือความขัดแย้งที่เกิดขึ้นว่าความขัดแย้งดังกล่าวไม่ได้หมายความว่ารวมไปถึงการสูญเสียสัมพันธภาพที่ดีต่อกันและมองปัญหาว่าเป็น	11

 สิ่งท้าทาย

 ตารางที่ 2.20 (ต่อ)

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวนข้อ
การอดทนต่อปัญหา (Endurance)	ความสามารถของบุคคลในการรับรู้หรือเข้าใจได้ว่า ปัญหาและต้นเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ชั่วคราว ไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยๆ หรือ ตลอดเวลาและสามารถรับมือและอดทนต่อความยืดหยุ่นของปัญหาต่าง ๆ ได้	9

 ตารางที่ 2.21 แสดงโครงสร้างแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคซึ่งพัฒนาโดยกรรณิกา สุขสมัย

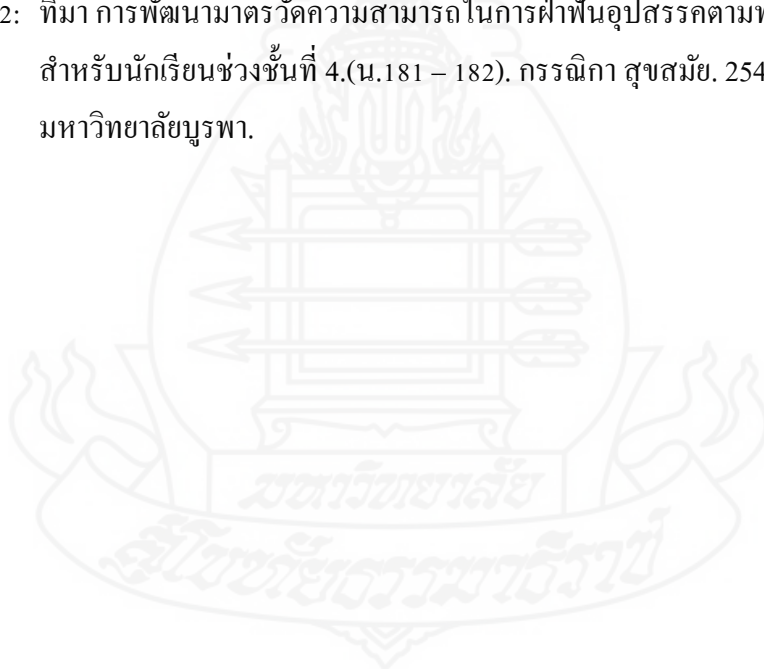
องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม
การควบคุมสถานการณ์ (Control)	1 เมื่องานที่ทำมีปัญหา สามารถเข้าควบคุมหรือแก้ไขสถานการณ์ได้ 2 หากเกิดเหตุการณ์สุดวิสัยขึ้น สามารถหาทางออกที่ดีที่สุดให้กับตนเองได้	8, 11, 13, 19, 26, 28, 30(+), 35
การรับรู้ต้นเหตุ และรับผิดชอบต่อปัญหา (Origin and Owership)	1 ไม่คิดว่างานต่าง ๆ ที่ผิดพลาด มักเกิดจากตนเอง แต่เพียงผู้เดียว 2 ไม่คิดว่าตนเองไม่เอาไหน หรือมีสติปัญญาต่ำ	2, 4, 14, 17, 23, 27, 29(+)
การเข้าถึงปัญหา (Reach)	1 แม้จะคิด ใจกับเพื่อนก็ไม่คิดว่าจะสูญเสียสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน 2 ไม่คิดว่าการที่ตนเองถูกตั้งความหวังไว้สูง จะกระทบต่อการดำเนินชีวิตด้านอื่น ๆ 3 คิดว่างานที่ทำผิดพลาด สูญหาย สามารถแก้ไขหรือค้นหาข้อมูลได้อีก	1, 6, 9, 12, 15, 20, 22, 24, 31, 33, 34

ตารางที่ 2.21 (ต่อ)

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อคำถาม
การอดทนต่อปัญหา (Endurance)	1 คิดว่าเป็นการชั่วคราวเมื่อต้องอยู่ร่วมกับบุคคลที่เราไม่ชอบหน้า 2 ไม่คิดว่าเหตุการณ์ที่ทำให้รู้สึกกดดันจะเกิดขึ้นเป็นประจำ 3 คิดว่าการผิดหวังกับเพื่อนสนิท หรือคนที่รักเป็นเรื่องชั่วคราวสามารถกลับมาคืนดีได้	3, 5(+), 7, 10, 16, 18, 21, 25, 32

หมายเหตุ 1 : วงเล็บ (+) หลังตัวเลขข้อคำถาม หมายถึง ข้อคำถามข้อนั้นเป็นข้อความทางบวก ส่วนข้อที่ไม่ได้ระบุวงเล็บหลังตัวเลข เป็นข้อความทางลบ

หมายเหตุ 2 : ที่มา การพัฒนามาตรวัดความสามารถในการฝ่าฟันอุปสรรคตามทฤษฎีของสตอลทซ์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4.(น.181 – 182). กรรณิกา สุขสมัย. 2549.บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยบูรพา.



ตัวอย่างที่ 1

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

(กรรณิกา สุขสมัย, 2549)

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาแต่ละข้อคำถามว่านักเรียนมีความคิด ความรู้สึกหรือพฤติกรรมอยู่ในระดับใด แล้วให้นักเรียนทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง มากที่สุด มาก น้อย น้อยที่สุด โดย

มากที่สุด หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น 76% ขึ้นไป

มาก หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น 51% - 75%

น้อย หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น 26% - 50%

น้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น ต่ำกว่า 25%

ข้อ	ข้อคำถาม	มากที่สุด	มาก	น้อย	น้อยที่สุด
1.	เมื่อฉันต้องทำกิจกรรมกับเพื่อนต่างห้องเรียนที่ไม่มีใครสนใจฉันฉันทำให้อันไม่ยอมเข้าร่วมกิจกรรมอีก				
2.	การที่เพื่อนสอบไม่ผ่าน เพราะฉันไม่ดีเองที่ชวนเพื่อนไปเที่ยวก่อนสอบ				
3	การที่ฉันถูกปฏิเสธการเข้าร่วมการแสดงของโรงเรียน เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นเสมอ				
4	การที่เพื่อนไม่มาตามนัด เพราะฉันไม่มีความสำคัญสำหรับเขา				
5	การผิดหวังกับเพื่อนสนิทเป็นเรื่องชั่วคราว ฉันสามารถกลับมาคืนดีได้ในไม่ช้า				
6	หากฉันไม่ได้รับคัดเลือกเป็นหัวหน้าห้องในเทอมนี้ฉันคงไม่ได้รับเลือกให้เป็นผู้นำด้านอื่น ๆ ของโรงเรียนด้วย				

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีข้อคำถาม 35 ข้อ คะแนนเต็ม 140 คะแนน วัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค 4 ด้าน แต่ละด้านมีจำนวนข้อคำถามและคะแนนเต็ม ดังนี้ ด้านการควบคุมสถานการณ์ มีข้อคำถาม 8 ข้อ คะแนนเต็ม 32 คะแนน ด้านการรับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา มีข้อคำถาม 7 ข้อ คะแนนเต็ม 28 คะแนน ด้านการเข้าถึงปัญหา มีข้อคำถาม 11 ข้อ คะแนนเต็ม 44 คะแนน ด้านการอดทนต่อปัญหา มีข้อคำถาม 9 ข้อ คะแนนเต็ม 36 คะแนน การให้คะแนนมีเกณฑ์ แสดงในตารางที่ 2.22 และเกณฑ์ที่ใช้ในการเทียบช่วงคะแนนดิบกับระดับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคแสดงในตารางที่ 2.23

ตารางที่ 2.22 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ซึ่งพัฒนาโดยกรรณิกา สุขสมัย

ระดับความรู้สึก	ข้อคำถามทางบวก	ข้อคำถามทางลบ
มากที่สุด	4	1
มาก	3	2
น้อย	2	3
น้อยที่สุด	1	4

ตารางที่ 2.23 แสดงเกณฑ์ที่ใช้ในการเทียบช่วงคะแนนดิบกับระดับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ซึ่งพัฒนาโดยกรรณิกา สุขสมัย

ช่วงคะแนนดิบ	ระดับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
116 - 137	สูง (กลุ่มนักปีนเขา)
98 - 115	ปานกลาง (กลุ่มนักตั้งแคมป์)
68 - 97	ต่ำ (กลุ่มคนไม่สู้)

หมายเหตุ: ที่มา การพัฒนามาตรวัดความสามารถในการฝ่าฟันอุปสรรคตามทฤษฎีของสตอลทซ์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4.(น.191). กรรณิกา สุขสมัย. 2549.บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยบูรพา.

5.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการสอนจำนวน 4 ฉบับ ดังนี้

วันดี จันทรลอย (2549) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้า เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการอภิปรายของงานวิจัยฉบับนี้ พบว่า ชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างมีระบบ จนกระทั่งได้ผลงานของนักเรียน นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดผลงาน ร่วมกันออกแบบเขียนแบบอย่างเป็นระบบ จนกระทั่งได้ผลงานออกมาและนำมาปรับปรุง ทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อประเมินผลงาน ส่งผลให้นักเรียนได้รับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

อสมมา มาตรฐานบุญ (2550) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคโดยใช้กิจกรรมกลุ่ม พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากกิจกรรมกลุ่มเป็นเครื่องมือนำไปสู่การเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้จักและเข้าใจตนเอง เกิดการยอมรับตนเอง จนสามารถพัฒนาตนเองให้มีความงอกงามทางจิตใจ

วัฒนา ปัดถาวะโร (2552) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคโดยใช้กระบวนการกลุ่ม พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล ฝึกทักษะการมีปฏิสัมพันธ์ ส่งผลให้เกิดความเป็นมิตรซึ่งจะทำให้ นักเรียนกล้าที่จะเผชิญกับปัญหาหรืออุปสรรคต่างๆ

สิริวรรณ วงศ์พงศ์เกษม (2554) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมพัฒนานักเรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยกลุ่มทดลองเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนานักเรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคและกลุ่มควบคุมไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรมดังกล่าว ผลการศึกษา พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการอภิปรายของงานวิจัย

ฉบับนี้ พบว่า โปรแกรมพัฒนานักเรียนที่พัฒนาขึ้นเป็นการบูรณาการระหว่างกิจกรรมพัฒนา
นักเรียนกับทฤษฎีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของพอล จี สตอลท์ซ โปรแกรมที่
พัฒนาขึ้นมีกิจกรรมซึ่งมีลักษณะ การให้ความรู้ การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การแสดงบทบาท
สมมติ การทำงานเดี่ยว การเล่นเกม โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
ส่งผลให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาที่
เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียนและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีการปรับปรุงผลงานให้มี
ประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยการจัดกิจกรรมบูรณาการกับทฤษฎี
ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของพอล จี สตอลท์ซ จะสามารถพัฒนาความสามารถ
ในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนได้ แนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยนำมาใช้เป็นข้อมูลในการ
พัฒนารูปแบบการสอนในการวิจัยครั้งนี้

6. รูปแบบการเรียนการสอน

6.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบ ตามพจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา
พุทธศักราช 2558 ได้ให้ความหมายว่า ผลที่เกิดจากความคิดเพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อการพัฒนาที่
ดำเนินการเป็นขนาดเล็กหรือในลักษณะย่อยส่วน โดยการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัจจุบันจากกลุ่ม
ตัวอย่างที่เลือก โดยวิธีการที่เป็นระบบหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จนได้รูปแบบที่สามารถ
นำไปใช้ได้จริง โดยมีความเหมาะสมและเป็นไปได้ เช่น รูปแบบการพัฒนาหลักสูตร รูปแบบการ
เรียนการสอน รูปแบบการบริหารวิชาการ โครงการวิจัยและพัฒนาอื่นๆ มีการนำรูปแบบมา
ประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งนักวิชาการศึกษาได้ให้ความหมายของรูปแบบการเรียน
การสอน เช่น

Joyce and Weil (1996, pp.1) รูปแบบการสอน หมายถึง การบรรยายถึง
สิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ รวมถึงพฤติกรรมของครูในการใช้รูปแบบการสอนนั้นๆ รูปแบบการ
สอนสามารถใช้ในการดำเนินการตั้งแต่ วางแผนการสอน หลักสูตร และการออกแบบสื่อการสอน
รวมถึงโปรแกรมสื่อผสมต่างๆ

ทิสนา แคมมณี (2554, น.5) รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง สภาพหรือลักษณะ
ของการจัดการเรียนการสอนที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบ ระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ
แนวคิด หรือความเชื่อต่างๆ โดยมีการจัดกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอนโดยอาศัย

วิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ เข้าไปช่วยทำให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ และได้รับการพิสูจน์และทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนได้

ชนาธิป พรกุล (2554, น.122) รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง แบบแผนการดำเนินการสอนที่จัดเป็นระบบ มีความสอดคล้องกับทฤษฎี หรือหลักการเรียนรู้ ได้มีการพิสูจน์หรือทดสอบแล้วว่ามีความมีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบ

พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา พุทธศักราช 2558(2558, น.354 – 355) รูปแบบการสอน หมายถึง แบบแผนของกระบวนการสอนที่ได้รับการจัดลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบสอดคล้องกับทฤษฎีหรือหลักการที่รูปแบบนั้นยึดถือและนำไปสู่จุดมุ่งหมายเฉพาะของรูปแบบนั้น กระบวนการสอนดังกล่าวต้องได้รับการพิสูจน์ ทดสอบตามระเบียบวิธีที่เหมาะสม จนกระทั่งมั่นใจได้ว่าสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายได้จริง จึงมีการเผยแพร่ให้นำไปใช้เป็นแบบแผนในการสอนเรื่องต่างๆ ที่มีจุดมุ่งหมายตามที่รูปแบบนั้นกำหนด

ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน สามารถสรุปได้ว่า หมายถึง การบรรยายแบบแผนแสดงสภาพการจัดการเรียนการสอนและแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ได้แก่ หลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดและกระบวนการสอน ซึ่งได้รับการทดสอบแล้วว่า จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะเจาะจงของรูปแบบการสอนนั้น

6.2 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนจะมีองค์ประกอบและการบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญๆ ดังนี้ (ทิสนา แจมมณี 2554, น.4)

1. มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการสอนนั้นๆ
2. มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ
3. มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้นๆ
4. มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

6.3 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การเปลี่ยนแปลงทางสังคม ส่งผลให้พฤติกรรมของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลง กระบวนการเรียนรู้ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงด้วย การจัดการเรียนการสอนของครูจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนเพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบการเรียนการสอนนั้น ดังนั้น การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจึงเป็นสิ่งสำคัญ (Joyce & Weil, 1996) ได้เสนอหลักการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีด้านจิตวิทยาการเรียนรู้
2. เมื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลายจะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพในเชิงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง และนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบที่พัฒนาขึ้น
3. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน อาจออกแบบให้ใช้ได้อย่างกว้างขวางหรือเพื่อเฉพาะวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้
4. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน จะมีจุดมุ่งหมายหลักที่ถือเป็นหลักในการพิจารณาเลือกรูปแบบไปใช้ กล่าวคือ ถ้าผู้ใช้นำรูปแบบการสอนไปใช้ตรงกับจุดหมายหลักก็จะทำให้เกิดผลสูงสุด แต่ก็สามารถนำรูปแบบนั้น ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ถ้าพิจารณาเห็นว่าเหมาะสม แต่ก็อาจได้ผลสำเร็จลดน้อยลงไป

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการพัฒนาการเรียนการสอนได้นำหลักการของจอยส์และวิล (Joyce & Weil, 1996) มาใช้ โดยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ คือ หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลของรูปแบบการเรียนการสอน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งการวิจัยเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้การจัดการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยศึกษานำร่อง

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริง

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำร่อง (O – NET)

ปีการศึกษา 2554 – 2559 ผลการทดสอบในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment :PISA) ในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ในช่วงปี 2543 – 2558 และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้น มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพื่อกำหนดนิยามของตัวแปรดังกล่าว และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษา เพื่อกำหนดขอบเขตของคำถามเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. สร้างแบบสอบถามจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่

2.1 ฉบับที่ 1 แบบประเมินตนเองของนักเรียน ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

2.2 ฉบับที่ 2 แบบประเมินนักเรียน โดยครู ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

2.3 ฉบับที่ 3 แบบสอบถามครู เรื่อง สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ แบ่งได้ 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ของแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ สอบถามเกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามฉบับที่ 1 สอบถามเกี่ยวกับการประเมินตนเองของนักเรียน ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามฉบับที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับการประเมินนักเรียนโดยครู ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามฉบับที่ 3 สอบถามครู เรื่อง สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

โดยที่ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ เป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	ระดับ มากที่สุด
4	หมายถึง	ระดับ มาก
3	หมายถึง	ระดับ ปานกลาง
2	หมายถึง	ระดับ น้อย
1	หมายถึง	ระดับ น้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ของแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

3. นำแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ ด้านหลักสูตรและการสอน 3 ท่านประเมินโดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามและนิยามที่กำหนด แบบสอบถามฉบับที่ 3 ประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อคำถาม ความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ซึ่งผลการประเมินพบว่า ฉบับที่ 1 ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1 ฉบับที่ 2 ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1 และฉบับที่ 3 ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามที่ได้รับการแก้ไขแล้วนำไปทดลองใช้เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามแต่ละฉบับ โดยดำเนินการ ดังนี้

ฉบับที่ 1 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ตามวิธีครอนบราค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.71

ฉบับที่ 2 และ ฉบับที่ 3 นำไปทดลองใช้กับครูที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ผลการวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ตามวิธีครอนบราค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 และ 0.99 ตามลำดับ

4. กลุ่มประชากรที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1,073,869 คนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน

ซึ่งได้มาจากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของ TARO YAMANE ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi – stage sampling) จากโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วประเทศ ได้กลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

กลุ่มประชากรที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและประเมินความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 322 คน จากครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วประเทศ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการคำนวณกรณีไม่ทราบจำนวนประชากร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 38) โดยมีสมการ ดังนี้

$$n = \frac{p(1-p)z^2}{e^2}$$

เมื่อกำหนดให้

n	คือ	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
p	คือ	สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยจะสุ่ม
z	คือ	ระดับความมั่นใจที่ผู้วิจัยกำหนดไว้
e	คือ	สัดส่วนของความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้เกิดขึ้นได้

ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi – stage sampling) จากโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วประเทศ ได้กลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

5. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ ดังนี้

5.1 ฉบับที่ 1 แบบประเมินตนเองของนักเรียน ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม มาแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง

ตอนที่ 2 ผลการประเมินตนเองของนักเรียน ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค วิเคราะห์โดยแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ หาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ นำมาสรุปในรูปของความเรียง

5.2 ฉบับที่ 2 แบบประเมินนักเรียน โดยครู ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม มาแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ หาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง

ตอนที่ 2 ผลการประเมินนักเรียน โดยครู ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค วิเคราะห์ โดยแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ หาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ นำมาสรุปในรูปของความเรียง

5.3 ฉบับที่ 3 แบบสอบถามครู เรื่อง สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอน ฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม มาแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง

ตอนที่ 2 สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาวิเคราะห์โดยแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ หาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ นำมาสรุปในรูปของความเรียง

6. ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ การประเมินการให้คะแนนความหมายของค่าเฉลี่ย ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง ระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง ระดับ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง ระดับ ปานกลาง

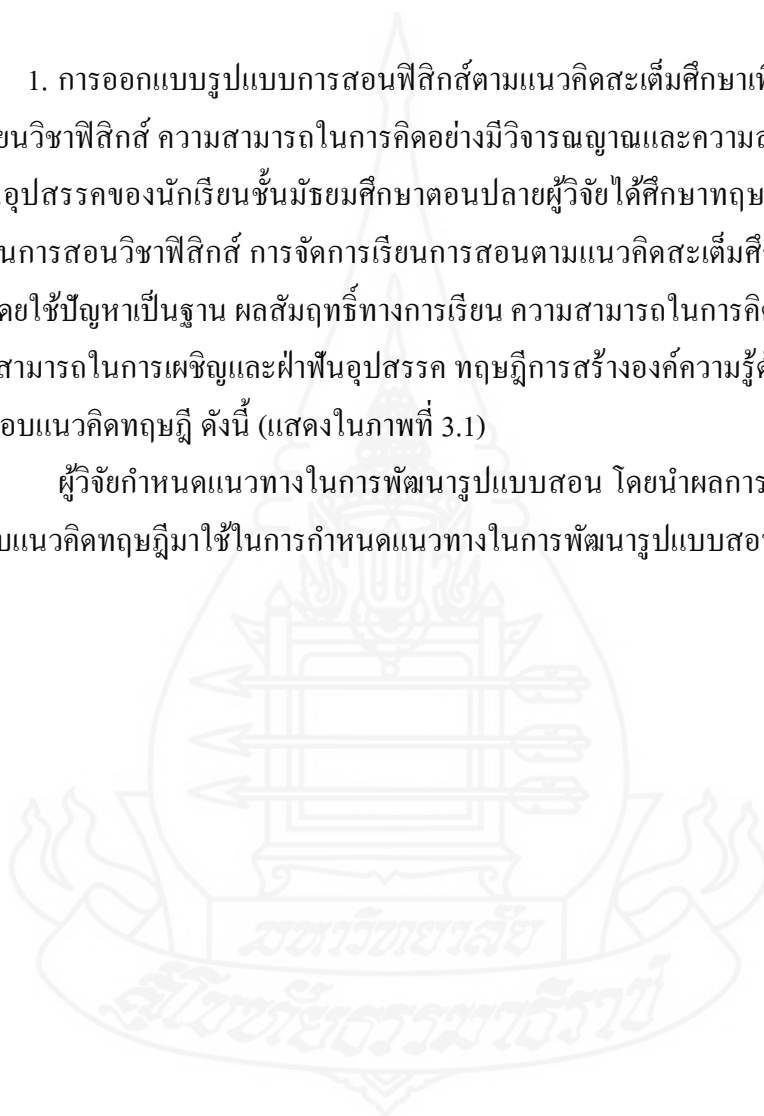
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง ระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง ระดับ น้อยที่สุด

**ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด
อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ
และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

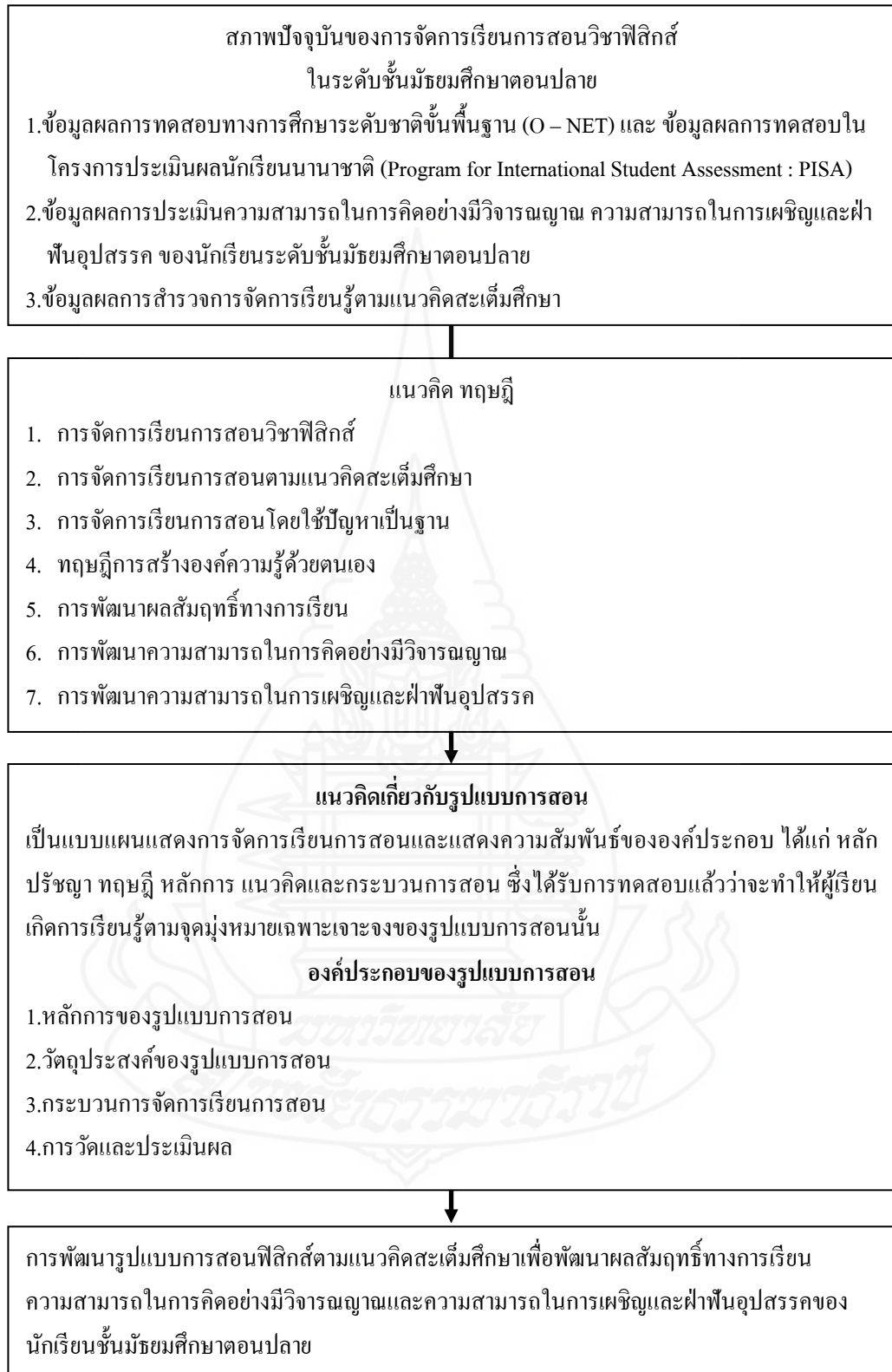
1. การออกแบบรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดทฤษฎี ดังนี้ (แสดงในภาพที่ 3.1)

ผู้วิจัยกำหนดแนวทางในการพัฒนารูปแบบสอน โดยนำผลการศึกษาจากขั้นตอนที่ 1 และกรอบแนวคิดทฤษฎีมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการพัฒนารูปแบบสอน ดังภาพที่ 3.2



<p style="text-align: center;">การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์</p> <p>การจัดการเรียนวิชาฟิสิกส์มีเป้าหมาย คือ นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ นักเรียนสามารถใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อ แก้ปัญหา นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ นักเรียนสามารถ สื่อสารข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีจิตวิทยาศาสตร์</p>	<p style="text-align: center;">การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</p> <p>คือ การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยมุ่งเน้นการ แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิตสามารถเชื่อมโยง ความรู้กับชีวิตจริง</p>
<p style="text-align: center;">การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน</p> <p>การจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเป็นเครื่องมือในการนำพานักเรียน ไปสู่ เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด โดยนักเรียนเป็นผู้ศึกษาหาความรู้และแก้ปัญหาที่ครูกำหนดด้วยตัว นักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน</p>	<p style="text-align: center;">ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง</p> <p>เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูลซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญา ควบคู่ไปกับกระบวนการทางสังคม</p>
<p style="text-align: center;">การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</p> <p>การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบรรลุตามเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้ จะต้องยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลางโดยการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละวัย</p>	<p style="text-align: center;">การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ</p> <p>การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีนักเรียนลงมือกระทำ (Active Learning) สามารถพัฒนา ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้โดยมีตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่การจัด สภาพแวดล้อมการเรียนรู้โดยมีนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ (Constructivist Learning Environment) กลยุทธ์ทางความคิด (Cognitive Strategies) และกระบวนการตั้งเป้าหมาย (Goal Orientation)</p>
<p style="text-align: center;">การพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค</p> <p>ต้องใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เพื่อเปิด โอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยมีเป้าหมายร่วมกันในการวางแผนแก้ไขปัญหาผ่าน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและดำเนินการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้</p>	

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดทฤษฎี (Theoretical Framework)

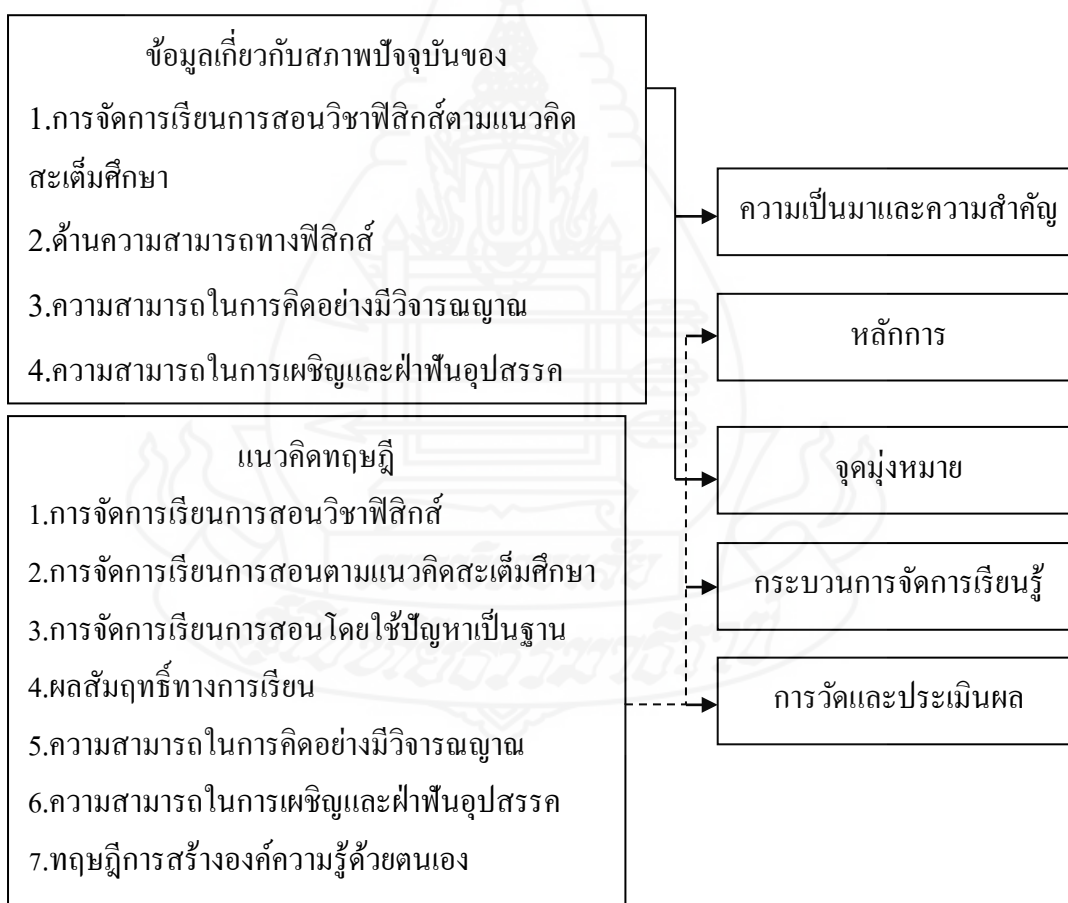


ภาพที่ 3.2 แนวทางในการพัฒนารูปแบบสอน

2. การกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยนำกรอบแนวคิดการวิจัยที่ได้ผนวกกับแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการสอนของนักการศึกษา จากนั้นนำแนวคิดที่สอดคล้องกันมา กำหนดเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ประกอบด้วย

- 2.1 หลักการของรูปแบบการสอน
- 2.2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน
- 2.3 กระบวนการจัดการเรียนการสอน
- 2.4 การวัดและประเมินผล

นำมาจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบการสอนกับแนวทางในการพัฒนารูปแบบสอน ดังภาพที่ 3.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



ภาพที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพปัจจุบันของการสอนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในด้านต่างๆ แนวคิด ทฤษฎีและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน

3. การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

3.1 การกำหนดหลักการของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยนำผลการศึกษาเอกสารหนังสือ งานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นพื้นฐานในการกำหนดหลักการของรูปแบบการสอน

3.2 การกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน โดยนำหลักการของรูปแบบการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงผลที่คาดว่าจะเกิดกับนักเรียนภายใต้หลักการแต่ละข้อแล้วนำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน

3.3 การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพื่อกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน

3.4 การกำหนดเครื่องมือและวิธีการประเมินผล ผู้วิจัยใช้การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การวัดและประเมินผลประกอบด้วย

3.4.1 ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทำการทดสอบนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

3.4.2 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยวัดและประเมินผลจากภาระงานที่กำหนดให้นักเรียนปฏิบัติ

3.4.3 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทำการทดสอบนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคโดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่

4. ประเมินรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ เป็นผู้มีความรู้และประสบการณ์ในการสอนวิชาฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือวุฒิการศึกษาระดับคุณวุฒิบัณฑิตในสาขาวิชาฟิสิกส์หรือหลักสูตรและการสอน

4.1 พัฒนาเครื่องมือในการประเมินรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง เหมาะสม/สอดคล้อง มากที่สุด
- 4 หมายถึง เหมาะสม/สอดคล้อง มาก
- 3 หมายถึง เหมาะสม/สอดคล้อง ปานกลาง
- 2 หมายถึง เหมาะสม/สอดคล้อง น้อย
- 1 หมายถึง เหมาะสม/สอดคล้อง น้อยที่สุด

ส่วนที่ 2 เป็นแบบปลายเปิดเพื่อให้ผู้ประเมินให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

4.2 นำเครื่องมือประเมินที่สร้างขึ้นพิจารณาความครอบคลุมของประเด็นในการประเมินและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาคณาจารย์

4.3 ปรับปรุงเครื่องมือในการประเมินตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาคณาจารย์

4.4 นำรูปแบบการสอนพร้อมแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน

4.5 นำเครื่องมือในการประเมินที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ โดยส่วนที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า นำมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา การให้คะแนนความหมายผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยมีค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสม/สอดคล้อง มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/สอดคล้อง มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/สอดคล้อง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/สอดคล้อง น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความเหมาะสม/สอดคล้อง น้อยที่สุด

4.6 ปรับปรุงรูปแบบการสอนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

**ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ
และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดยศึกษานำร่อง**

1. รูปแบบการสอนถูกปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการสอนในสภาพการสอนจริง โดยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อใช้ในการศึกษานำร่อง

2. กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษานำร่องได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 200 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 31 คน ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest – Posttest Design) โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการสอนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 3 สัปดาห์ รวม 9 ชั่วโมง

3. ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือประกอบการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อใช้ในการศึกษานำร่อง ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ จำนวน 3 แผน เพื่อใช้ในการศึกษานำร่อง มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1.1 ผู้วิจัยศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้แกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ในช่วงชั้นที่ 4 ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

3.1.2 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.1.3 ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ เป็นผู้มีความรู้และประสบการณ์ในการสอนวิชาฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือวุฒิการศึกษาระดับคุณวุฒิปบัณฑิตในสาขาวิชาฟิสิกส์หรือหลักสูตรและการสอน

3.1.4 พัฒนาเครื่องมือในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการประเมิน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- | | | | |
|---|---------|------------------|------------|
| 5 | หมายถึง | เหมาะสม/สอดคล้อง | มากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | เหมาะสม/สอดคล้อง | มาก |
| 3 | หมายถึง | เหมาะสม/สอดคล้อง | ปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | เหมาะสม/สอดคล้อง | น้อย |
| 1 | หมายถึง | เหมาะสม/สอดคล้อง | น้อยที่สุด |

ส่วนที่ 2 เป็นแบบปลายเปิดเพื่อให้ผู้ประเมินให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.1.5 นำเครื่องมือประเมินที่สร้างขึ้นพิจารณาความครอบคลุมของประเด็นในการประเมินและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้โดยคณะกรรมการที่ปรึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต

3.1.6 ปรับปรุงเครื่องมือในการประเมินตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต

3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้พร้อมแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน

3.1.8 นำเครื่องมือในการประเมินที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ โดยส่วนที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า นำมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา การให้คะแนนความหมายผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยมีค่าเฉลี่ยดังนี้

- | | | | |
|-----------------------|---------|------------------------|------------|
| ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 | หมายถึง | มีความเหมาะสม/สอดคล้อง | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 | หมายถึง | มีความเหมาะสม/สอดคล้อง | มาก |
| ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 | หมายถึง | มีความเหมาะสม/สอดคล้อง | ปานกลาง |
| ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 | หมายถึง | มีความเหมาะสม/สอดคล้อง | น้อย |
| ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 | หมายถึง | มีความเหมาะสม/สอดคล้อง | น้อยที่สุด |

3.1.9 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เพื่อใช้ในการศึกษานำร่อง มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.2.1 ศึกษาสาระการเรียนรู้แกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.2.2 กำหนดเนื้อหาในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

3.2.3 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และภาษาที่ใช้ โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 คน โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) แบบทดสอบฉบับที่ 1 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.4 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งเป็นแบบทดสอบเพื่อใช้ในการศึกษานำร่อง ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 35 คน โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งเป็นระดับชั้นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานำร่อง

จากนั้นนำแบบทดสอบมาหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไปซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ สามารถนำมาใช้ในการทดสอบนักเรียนได้

3.2.5 นำคะแนนของแบบทดสอบมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละฉบับ หาโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ลิวัน สายยศและอังคณา สายยศ 2536: 197 – 198) ผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งเป็นแบบทดสอบเพื่อใช้ในการศึกษานำร่องได้ค่าความเชื่อมั่น 0.87

3.3 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษานำร่องและใช้ในการทดลองจริง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดอย่างมี
วิจารณญาณ

3.3.2 กำหนดเนื้อหาความสามารถที่ต้องการวัด ลักษณะการวัด (ข้อคำถาม)และ
น้ำหนักของเนื้อหาแต่ละด้านของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งแสดงใน
ตารางที่ 3.1



ตารางที่ 3.1 เนื้อหาความสามารถที่ต้องการวัด ลักษณะการวัด (ข้อคำถาม)และน้ำหนักของเนื้อหา
แต่ละด้านของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความสามารถ ที่ต้องการวัด	ลักษณะการวัด (ข้อคำถาม)	น้ำหนักเนื้อหา (ร้อยละ)	จำนวน (ข้อ)
ด้านการระบุ ประเด็นปัญหา	เป็นการวัดความสามารถในการตั้ง คำถามหรือระบุประเด็นของปัญหาได้ ชัดเจน ความสามารถในการระบุ สาระสำคัญของข้อมูลได้ชัดเจน	20	10
ด้านการรวบรวมข้อมูล	เป็นการวัดความสามารถในการเก็บ ข้อมูลและพิจารณาข้อมูลที่เก็บรวบรวม มาได้ว่าเป็นข้อมูลจากแหล่งใด ข้อมูลใด เป็นจริง ข้อมูลใดเป็นความคิดเห็นมี ความเกี่ยวข้องหรือจำเป็นมากเพียงใด	20	10
ด้านการวิเคราะห์ และจัดข้อมูล	เป็นการวัดความสามารถในการจำแนก แยกแยะข้อมูลและสรุปข้อมูลโดยให้ เหตุผลแบบอุปนัยและการให้เหตุผล แบบนิรนัย	20	10
ด้านการตั้งสมมติฐาน	เป็นการวัดความสามารถในการเสนอ คำตอบหรือทางเลือกที่สมเหตุสมผล	20	10
ด้านการประเมินค่า	เป็นการวัดความสามารถในการ ตัดสินใจเลือกทางเลือกได้อย่าง สมเหตุสมผล	20	10
	รวม	100	50

3.3.3 นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน
ความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และภาษาที่ใช้ โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญหลักสูตรและการสอน
จำนวน 3 คน โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC)

ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.3.4 นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดสอบกับ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 35 คน โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559
 ซึ่งเป็นระดับชั้นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานำร่องและทดลองจริง

จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาหาค่า
 ความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่
 ระหว่าง 0.20 – 0.80 และข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ผลการ
 วิเคราะห์ พบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง
 0.38 – 0.75 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52 – 0.79 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น แบบ
 วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถนำมาใช้ในการทดสอบนักเรียนได้

3.3.5 นำคะแนนของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาหา
 ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเตอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ถ้วน สายยศและ
 อังคนา สายยศ 2536: 197 – 198) โดยได้ค่าความเชื่อมั่น 0.98

3.4 แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ในการศึกษานำร่องและ
 ทดลองจริง ผู้วิจัยใช้ของ กรรณิกา สุขสมัย(2549) ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27 – 0.53 จำแนก
 ตามองค์ประกอบ ได้ดังนี้ ด้านการควบคุมสถานการณ์ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 – 0.52
 ด้านการรับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 – 0.48 ด้านการเข้าถึง
 ปัญหา มีค่าอำนาจการจำแนกตั้งแต่ 0.27 – 0.53 ด้านการอดทนต่อปัญหา มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่
 0.28 – 0.52

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคมีค่าความเที่ยงแบบ
 สอดคล้องภายในตามวิธีของครอนบราคเท่ากับ 0.89 จำแนกตามองค์ประกอบ ได้ดังนี้
 ด้านการควบคุมสถานการณ์ มีค่าความเที่ยง 0.70 ด้านการรับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา
 มีค่าความเที่ยง 0.62 ด้านการเข้าถึงปัญหา มีค่าความเที่ยง 0.71 ด้านการอดทนต่อปัญหา
 มีค่าความเที่ยง 0.70

4 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษานำร่อง

4.1 ผู้วิจัยจัดกิจกรรมปฐมนิเทศนักเรียนเพื่อชี้แจงเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน
 โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
 ฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟัน
 อุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.2 ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

4.3 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งพัฒนาโดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ขณะที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนการสอน จำนวน 6 ขั้นตอนของรูปแบบการสอนข้างต้น จากนั้นจับบันทึกลงในแบบบันทึกพฤติกรรมของนักเรียน

4.4 ทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

4.5 วิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.5.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ค่าสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

4.5.2 การวิเคราะห์แบบบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

4.5.3 สรุปและประเมินผลการศึกษานำร่อง (Pilot Study)และนำผลการศึกษามาใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนก่อนการทดลองจริง

**ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด
อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริง**

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้จากการปรับปรุงจากการศึกษานำร่องไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 แบบแผนการทดลอง

แบบแผนการทดลองที่นำมาใช้เพื่อทดลองรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ การทดลองแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Pretest – Posttest Control Group Design) ดังภาพที่ 3.4

E	T1	X	T2
C	T3	Y	T4

E	คือ	กลุ่มทดลอง
C	คือ	กลุ่มควบคุม
T1 T3	คือ	ผลที่วัดได้จากระยะก่อนการทดลอง
T2 T4	คือ	ผลที่วัดได้จากระยะหลังการทดลอง
X	คือ	ตัวแปรจัดกระทำ(รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น)
Y	คือ	ตัวแปรจัดกระทำ (รูปแบบการสอนแบบ 5 Es)

ภาพที่ 3.4 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Pretest – Posttest Control Group Design)

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

4.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ มีเนื้อหาประกอบด้วย 1) สนามของแรง 2) การเคลื่อนที่ 3) คลื่นกลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ 4) กัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ซึ่งพัฒนาโดยใช้รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาซึ่งได้ปรับปรุงหลังจากการศึกษานำร่องแล้ว โดยใช้กระบวนการพัฒนาเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งใช้ในการศึกษานำร่อง ดังหัวข้อที่ 3.3.1

4.2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้รับการพัฒนาและหาประสิทธิภาพเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3.3.2 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.34 – 0.77 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.37 – 0.68 ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเตอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) โดยได้ค่าความเชื่อมั่น 0.92

4.2.3 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งได้รับการพัฒนาและหาประสิทธิภาพจากขั้นตอนที่ 3.3.3 ของการวิจัย และแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ตามขั้นตอนที่ 3.3.4

4.3 ขอบเขตของการทดลอง

4.3.1 ประชากร ที่ใช้ในการทดลอง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 200 คน

4.3.2 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คนและ 2) กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คน

4.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

4.4.1 ก่อนทำการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

4.4.2 ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สอนรายวิชา ว 31102 ฟิสิกส์พื้นฐาน 1 แก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะเวลา 15 สัปดาห์ โดยทำการปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเกี่ยวกับ วัตถุประสงค์ การจัดการเรียนรู้ วิธีการวัดและประเมินผล บทบาทของนักเรียน บทบาทของครู

การดำเนินการสอนในกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยมีกระบวนการจัดการเรียนการสอน ดังนี้ (ก).ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา โดยใช้รูปแบบ P – T – PM – E (ข).ขั้นตอนการสอน ขั้นที่ 1.การระบุประเด็นปัญหา ขั้นที่ 2. การสำรวจตรวจสอบ ขั้นที่ 3.การตั้งสมมติฐาน ขั้นที่ 4.การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ขั้นที่ 5.การผลิตผลงาน ขั้นที่ 6.การประเมินผลงาน

การดำเนินการสอนในกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครูของ สสวท. มีขั้นตอนการสอน ดังนี้ ขั้นที่ 1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement : E₁) ขั้นที่ 2.ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration : E₂) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation : E₃) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration : E₄) ขั้นที่ 5 (Evaluation : E₅)

4.4.3 หลังการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเช่นเดียวกับก่อนทดลอง จากนั้นนำคะแนนจากการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติ

4.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

4.5.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ มีดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.73)

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

เมื่อ	\bar{x}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น.79)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
	$(\sum x)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3) ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.208 - 209)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4) ค่าความยากง่าย ใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.209 - 211)

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่าย
	R	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

5) ค่าอำนาจจำแนกใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2538, น.209 - 211)

$$D = \frac{R_u - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_u	แทน	จำนวนคนกลุ่มเก่งที่ตอบข้อนั้นถูก
	R_L	แทน	จำนวนคนกลุ่มอ่อนที่ตอบข้อนั้นถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

6) ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเตอร์ ริชาร์ดสัน

(Kuder Richardson) (ลิวิน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น.197 - 198)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้นๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้นๆ
	s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

4.5.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีสมมติฐาน คือ รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคะแนนความสามารถในการฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมโดยสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) สถิติที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย

1) Pillai – Bartlett Trace (V) โดยใช้สูตร ดังนี้

$$V = \sum_{i=1}^s \frac{\lambda_i}{1+\lambda_i}$$

เมื่อ	V	แทน	ผลรวมของสัดส่วนของความแปรปรวนอธิบายบนฟังก์ชันการจำแนก
	λ_i	แทน	ค่าไอเกนสำหรับตัวแปรจำแนกประเภทแต่ละตัว
	S	แทน	จำนวนตัวแปร

2) Hotelling's T^2 เป็นสูตรของ Hotelling–Lawlet trace เป็นผลรวมของค่าไอเกนสำหรับแต่ละตัวแปร โดยใช้สูตร ดังนี้

$$T = \sum_{i=1}^s \lambda_i$$

เมื่อ

T แทน ผลรวมของค่าไอเกนสำหรับแต่ละตัวแปร
 λ_i แทน ค่าไอเกนสำหรับตัวแปรจำแนกประเภทแต่ละตัว

3) Wilks's Lambda (Λ) แลมด้าของ Wilks จะเป็นผลผลิตของความแปรปรวนที่ไม่สามารถอธิบายได้ ในแต่ละตัวแปร สัญลักษณ์ Π หมายถึงผลคูณแลมด้าของ wild's จะแสดงอัตราส่วนของความแปรปรวนคลาดเคลื่อนกับความแปรปรวนรวม (SS_e/SS_t) สำหรับแต่ละตัวแปร โดยมีสูตร ดังนี้

$$\Lambda = \prod_{i=1}^s \frac{1}{1+\lambda_i}$$

เมื่อ

Λ แทน Wilks's Lambda
 λ_i แทน ค่าไอเกนสำหรับตัวแปรจำแนกประเภทแต่ละตัว
 Π แทน ผลคูณ λ ของ wild's

(4) Roy's Largest Root

$$\text{Largest root} = \lambda_{\text{Largest}}$$

เมื่อ

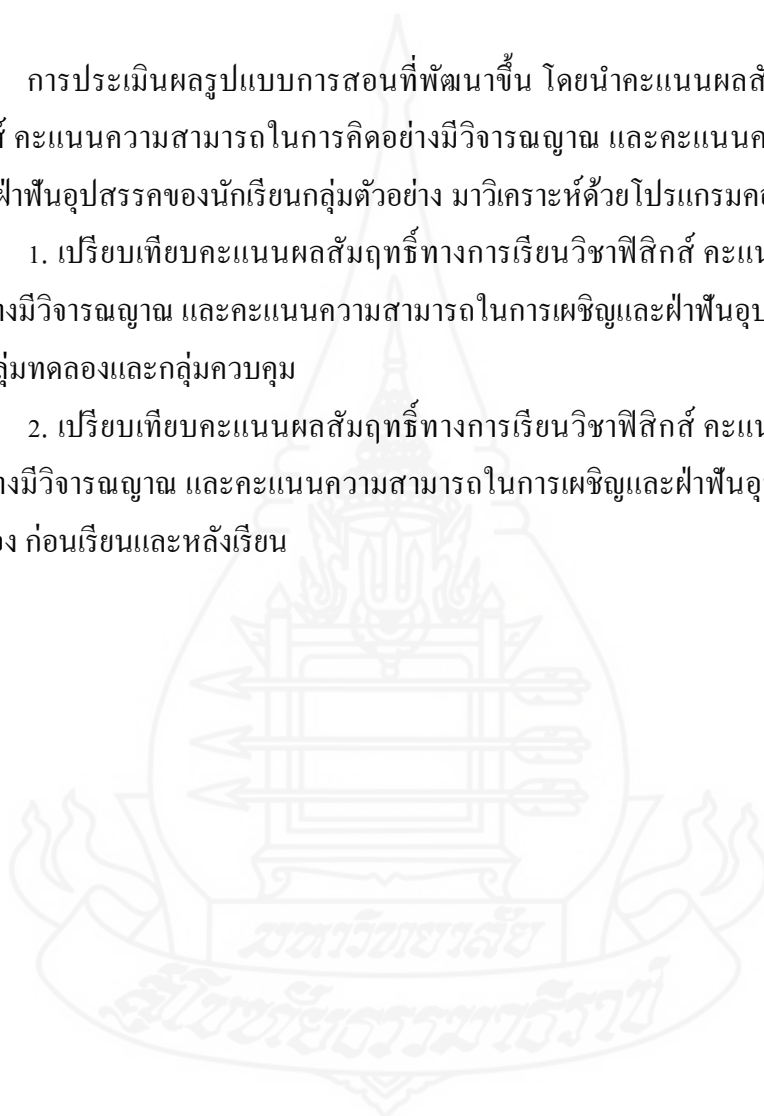
λ_{Largest} แทน ค่าไอเกนสำหรับตัวแปรแรกเป็นค่าที่มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การประเมินผลรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน

ตอนที่ 2 ผลการออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการศึกษาสำรอง

ตอนที่ 4 ผลการนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริง

ตอนที่ 5 ผลการประเมินรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน

การนำเสนอผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน แบ่งการนำเสนอ 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินนักเรียนโดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

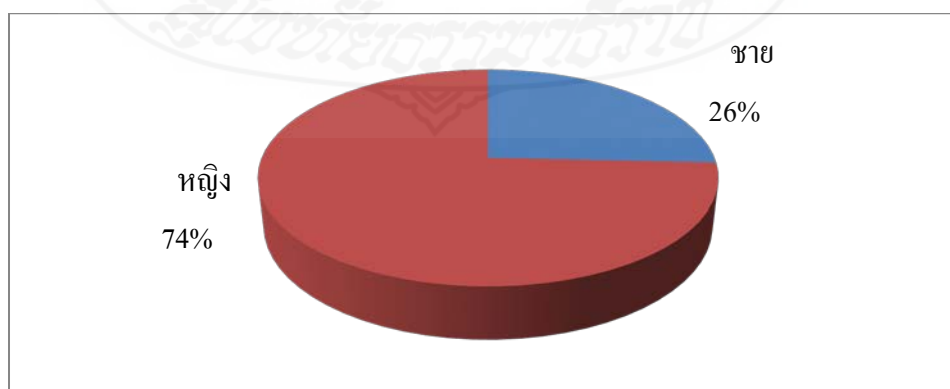
ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการศึกษาในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

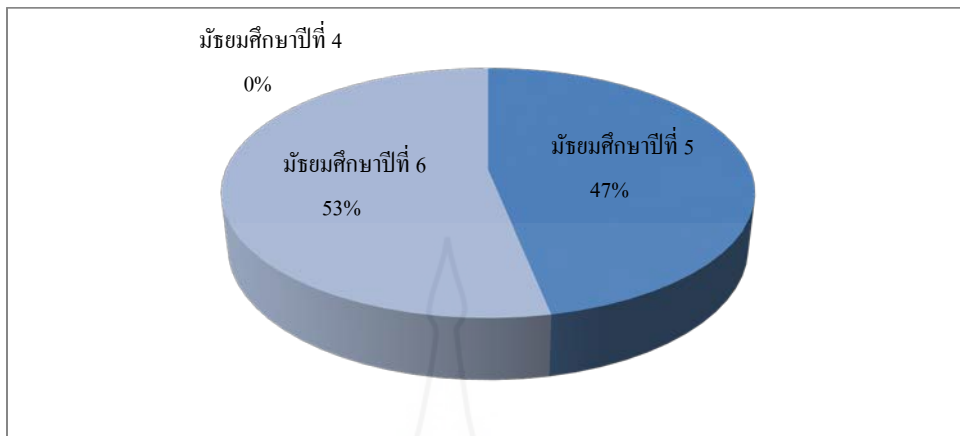
ส่วนที่ 1 ผลการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

หลังจากตรวจสอบแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมาทั้งหมด พบว่า มีแบบสอบถามที่จัดส่งไปยังกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 500 คน ได้รับกลับคืนมาเป็นแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์จำนวน 412 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 84.2 จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

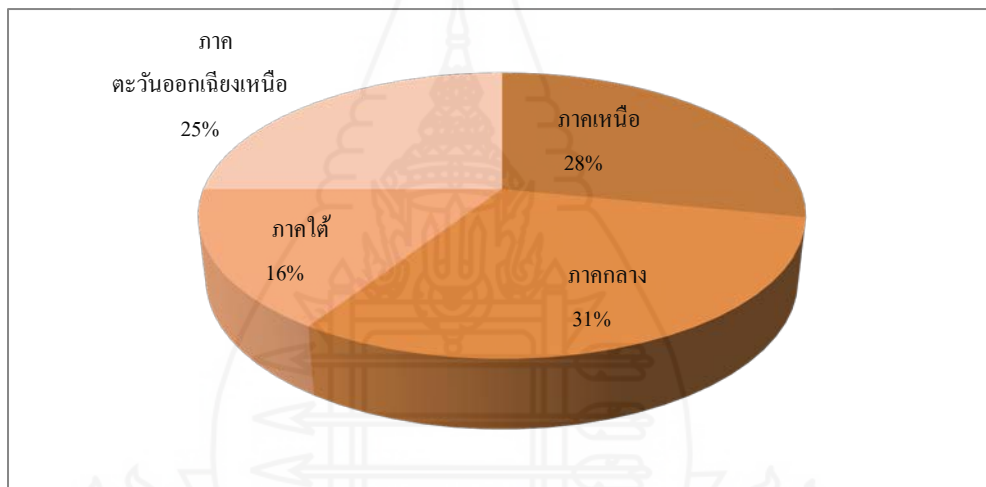
ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานปีการศึกษา 2559 พบว่า มีจำนวนทั้งหมด 412 คน อยู่ในช่วงอายุ 16 – 18 ปี เป็นเพศชาย จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 26 เพศหญิง จำนวน 306 คน คิดเป็นร้อยละ 74 เมื่อวิเคราะห์ระดับชั้นของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 0 คน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 193 คน คิดเป็นร้อยละ 47 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 219 คน คิดเป็นร้อยละ 53 โดยมาจากภาคเหนือ จำนวน 116 คน คิดเป็นร้อยละ 28 ภาคกลาง จำนวน 128 คน คิดเป็นร้อยละ 31 ภาคใต้ จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 16 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 25 แผนภูมิแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงในภาพที่ 4.1



ก.แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของเพศชายและเพศหญิงของกลุ่มตัวอย่าง



ข.แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างในระดับชั้นต่างๆ



ค.แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่มาจากภาคต่างๆ

ภาพที่ 4.1 แผนภูมิวงกลมแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานปีการศึกษา 2559

ผลการสำรวจ พบว่า นักเรียนประเมินตนเองด้านความสามารถทางฟิสิกส์ มีระดับความสามารถปานกลาง ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีระดับความสามารถ ดี ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค มีความสามารถระดับดี ดังตารางที่ 4.1(รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ข ที่ 1 – 3)

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ความสามารถ	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D)	ระดับ
ด้าน ความสามารถทางฟิสิกส์	3.26	0.10	ปานกลาง
ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	3.60	0.24	ดี
ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค	3.94	0.25	ดี

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินนักเรียนโดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

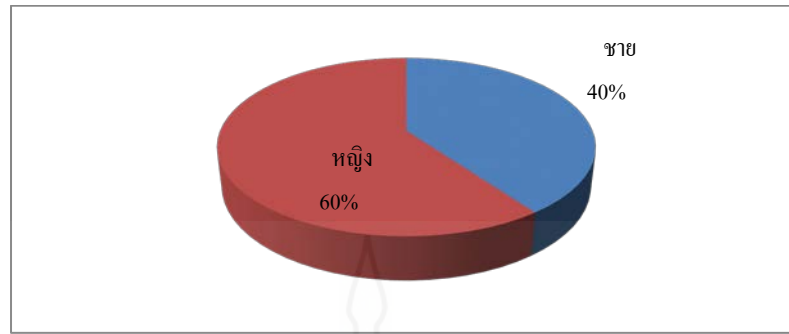
หลังจากตรวจสอบแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมาทั้งหมด พบว่า มีแบบสอบถามที่จัดส่งไปยังกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน ได้รับกลับคืนมาเป็นแบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์ จำนวน 330 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 82.5 จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 330 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 132 คน คิดเป็นร้อยละ 40 เพศหญิง จำนวน 198 คน คิดเป็นร้อยละ 60 อยู่ในช่วงอายุ 20 – 24 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 3 ช่วงอายุ 25 – 30 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ช่วงอายุ 31 – 35 ปี จำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 43 ช่วงอายุ 36 – 40 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ช่วงอายุ 41 - 45 ปี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7 ช่วงอายุ 46 – 50 ปี จำนวน 0 คน และช่วงอายุ 51 – 55 ปี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7

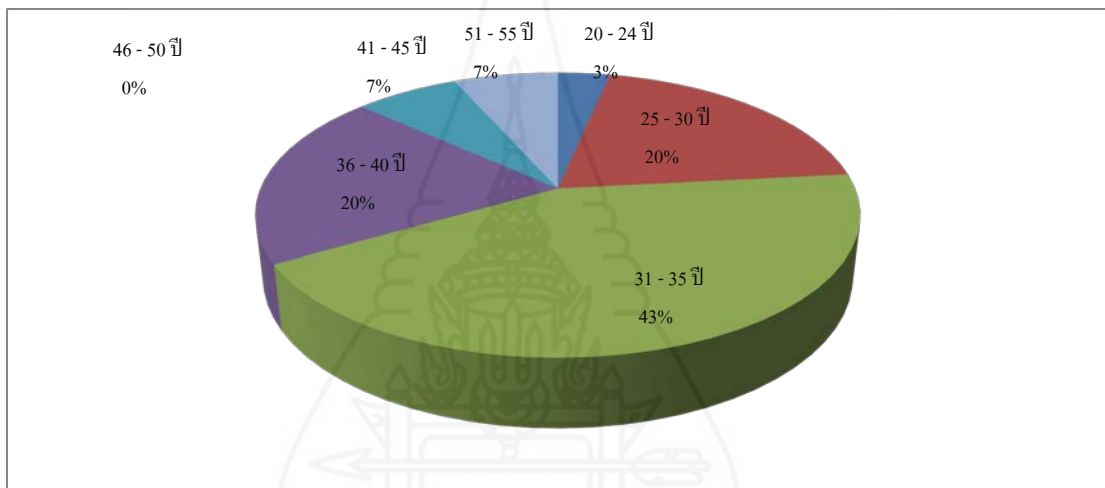
กลุ่มตัวอย่างสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 17 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 110 คน คิดเป็นร้อยละ 33 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 99 คน คิดเป็นร้อยละ 30 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7 สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7

กลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการทำงาน 0 – 5 ปี จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ประสบการณ์ในการทำงาน 6 – 10 ปี จำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 63 ประสบการณ์ในการทำงาน 11 – 15 ปี จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 13 ประสบการณ์ในการทำงาน 16 – 20 ปี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 7 ประสบการณ์ในการทำงาน 21 – 25 ปี จำนวน 0 คน ประสบการณ์ในการทำงาน 26 – 30 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 3 ประสบการณ์ในการทำงาน 31 – 35 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 3

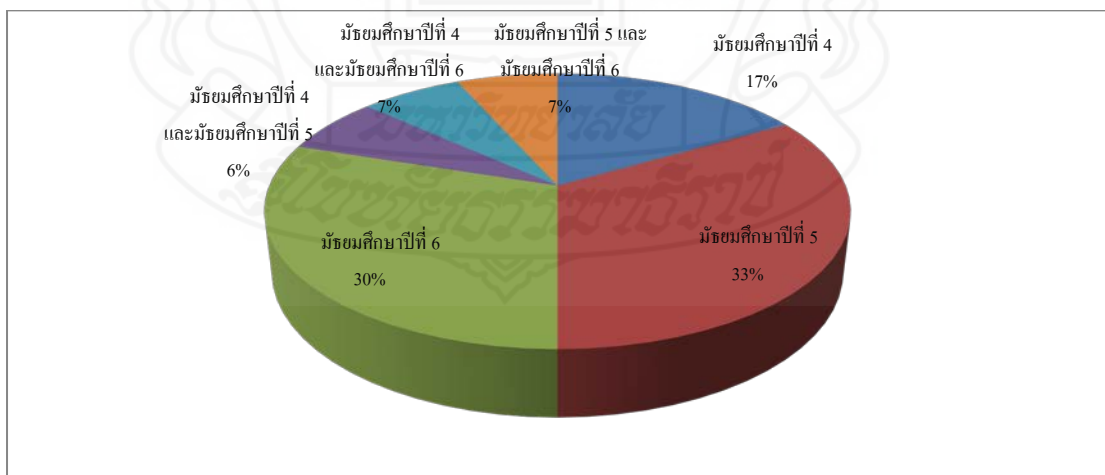
กลุ่มตัวอย่างมาจากภาคเหนือ จำนวน 88 คน คิดเป็นร้อยละ 27 ภาคกลาง จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 17 ภาคใต้ จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 17 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 132 คน คิดเป็นร้อยละ 40 แผนภูมิแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามแสดงในภาพที่ 4.2



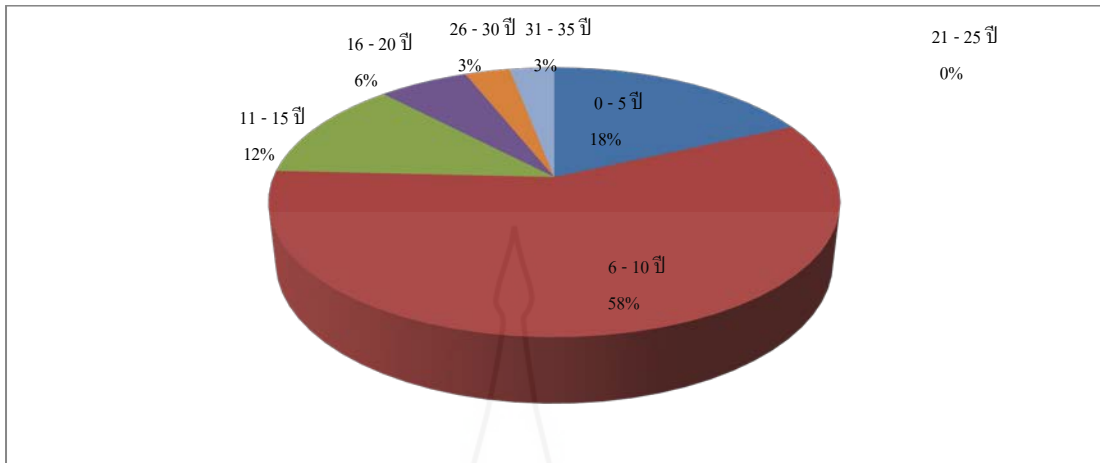
ก.แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของเพศชายและเพศหญิงของกลุ่มตัวอย่าง



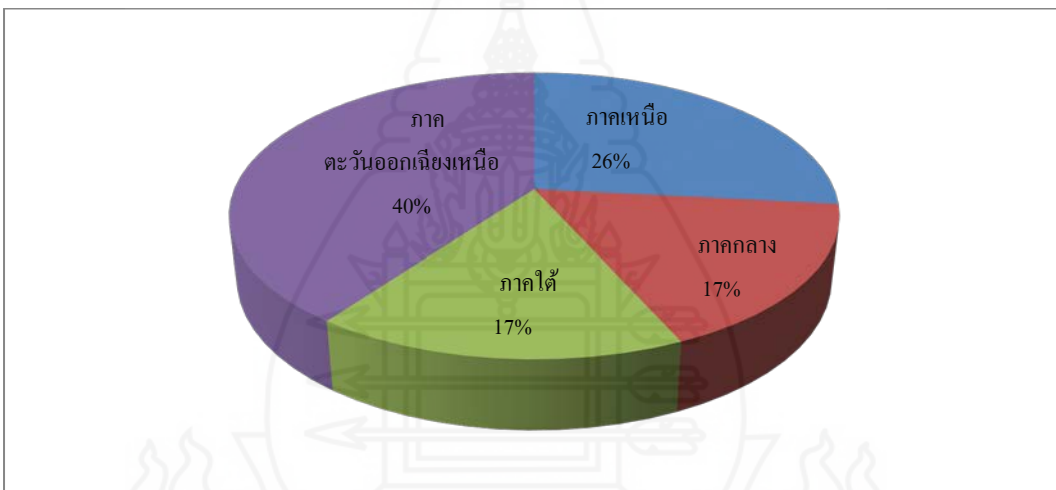
ข.แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุต่างๆ



ค.แผนภูมิวงกลมแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่สอนในระดับชั้นต่างๆ



ง.แผนภูมิมวงกลมแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างในช่วงประสบการณ์ในการทำงานต่างๆ



จ.แผนภูมิมวงกลมแสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่มาจากภาคต่างๆ

ภาพที่ 4.2 แผนภูมิมวงกลมแสดงข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559

ผลการสำรวจ พบว่า ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ประเมินนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ มีระดับความสามารถปานกลาง ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีระดับความสามารถปานกลาง ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค มีความสามารถระดับปานกลางดังตารางที่ 4.2 (รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ข ที่ 4 – 6)

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิด
 อย่างมีวิจารณญาณ ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
 โดยครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์

ความสามารถ	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D)	ระดับ
ด้านความสามารถทางฟิสิกส์	3.14	0.11	ปานกลาง
ด้านความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	3.29	0.21	ปานกลาง
ด้านความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรค	3.39	0.09	ปานกลาง

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการสอบถามครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 พบว่า สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีความเหมาะสม ร้อยละ 90.27 และมีปัญหาระดับปานกลาง
ร้อยละ 34.43 ดังตารางที่ 4.3 (รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวก ข ที่ 7 – 10)

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ			ปัญหา			
			มี/ เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
1	ด้านเนื้อหาและกิจกรรม การเรียนการสอนฟิสิกส์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	ความถี่	3,476	484	11	847	1,166	1,067	385
		ร้อยละ	87.78	12.22	0.29	22.61	31.13	28.48	10.28
2	ด้านครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์	ความถี่	2,948	352	231	517	1,067	847	286
		ร้อยละ	89.33	10.67	7.84	17.54	36.19	28.73	9.70

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี/ เหมาะสม	ไม่มี/ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
3	ด้านสถานที่ อุปกรณ์และ สิ่งอำนวยความสะดวกใน การจัดการเรียนการสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	ความถี่	2,178	132	198	462	924	473	121
		ร้อยละ	94.3	5.7	9.09	21.2	42.4	21.7	5.56
4	ด้านการวัดและ ประเมินผล	ความถี่	2,420	220	55	385	638	935	407
		ร้อยละ	91.67	8.33	2.27	15.91	26.36	38.64	16.82
	รวม	ความถี่	11,022	1,188	495	2,211	3,795	3,322	1,199
		ร้อยละ	90.27	9.73	4.49	20.26	34.43	30.14	10.88

**ตอนที่ 2 ผลการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด
อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

การออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแบ่งการนำเสนอ 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการพัฒนาหลักการของรูปแบบการสอน

หลักการของรูปแบบการสอนถูกพัฒนาโดยมีพื้นฐานจากทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังแสดงในภาพที่ 4.3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์มีเป้าหมายเพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีและกฏที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยมีแนวทางในการจัดการเรียนการสอน 3 แนวทาง คือ การใช้คำถาม

การทดลอง และการอภิปราย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, online) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีการสอดแทรกทั้ง 3 แนวทาง ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science :S) เทคโนโลยี (Technology :T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering :E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics :M) ซึ่งนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning) มาประยุกต์ใช้ โดยเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาหรือคำถามที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ นักเรียนเกิดความสงสัยและความอยากรู้แนวทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามนั้น จากนั้นนักเรียนจะใช้กระบวนการสืบเสาะ เช่น การทดลอง การค้นคว้าข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นต้น เพื่อสร้างองค์ความรู้และ นำความรู้ที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อกำหนดวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาและสรุปผลการดำเนินการ

แนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้สนับสนุน ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามลำดับขั้น คือ การจำ ความเข้าใจ การปรับใช้ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสร้างสรรค์ (พิศิษฐ ตัณฑวณิช, 2558, น. 13) พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และพยายามแก้ปัญหาให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ดังนั้น หลักการของรูปแบบการสอนจึงประกอบด้วย

1. เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมในรูปแบบ PTEM ซึ่งประกอบด้วย ฟิสิกส์ (Physics :P) เทคโนโลยี (Technology :T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering :E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics :M) โดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้
2. จัดการเรียนการสอน โดยนักเรียนลงมือกระทำ โดยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ โดยครูทำหน้าที่สนับสนุน อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน
4. นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะ เพื่อให้ นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ



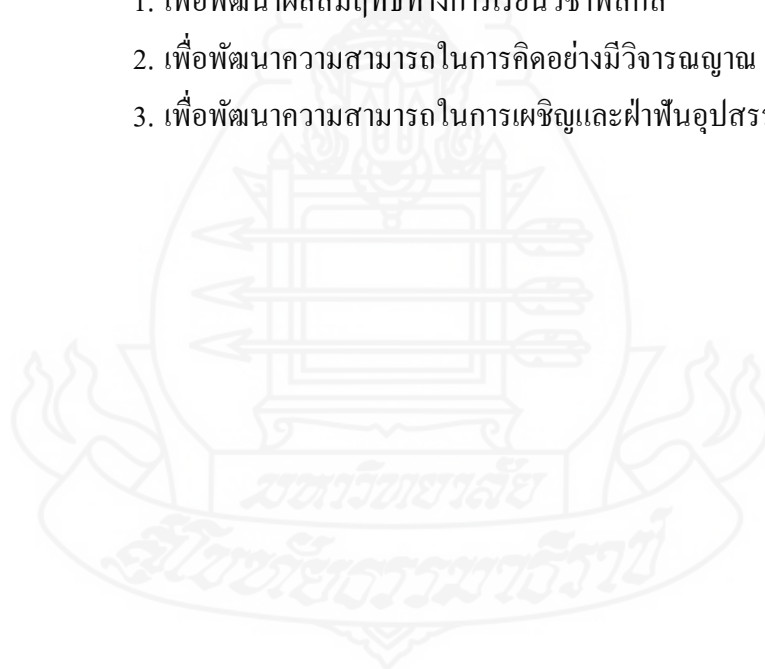
ภาพที่ 4.3 ผลการพัฒนาหลักการของรูปแบบการสอน

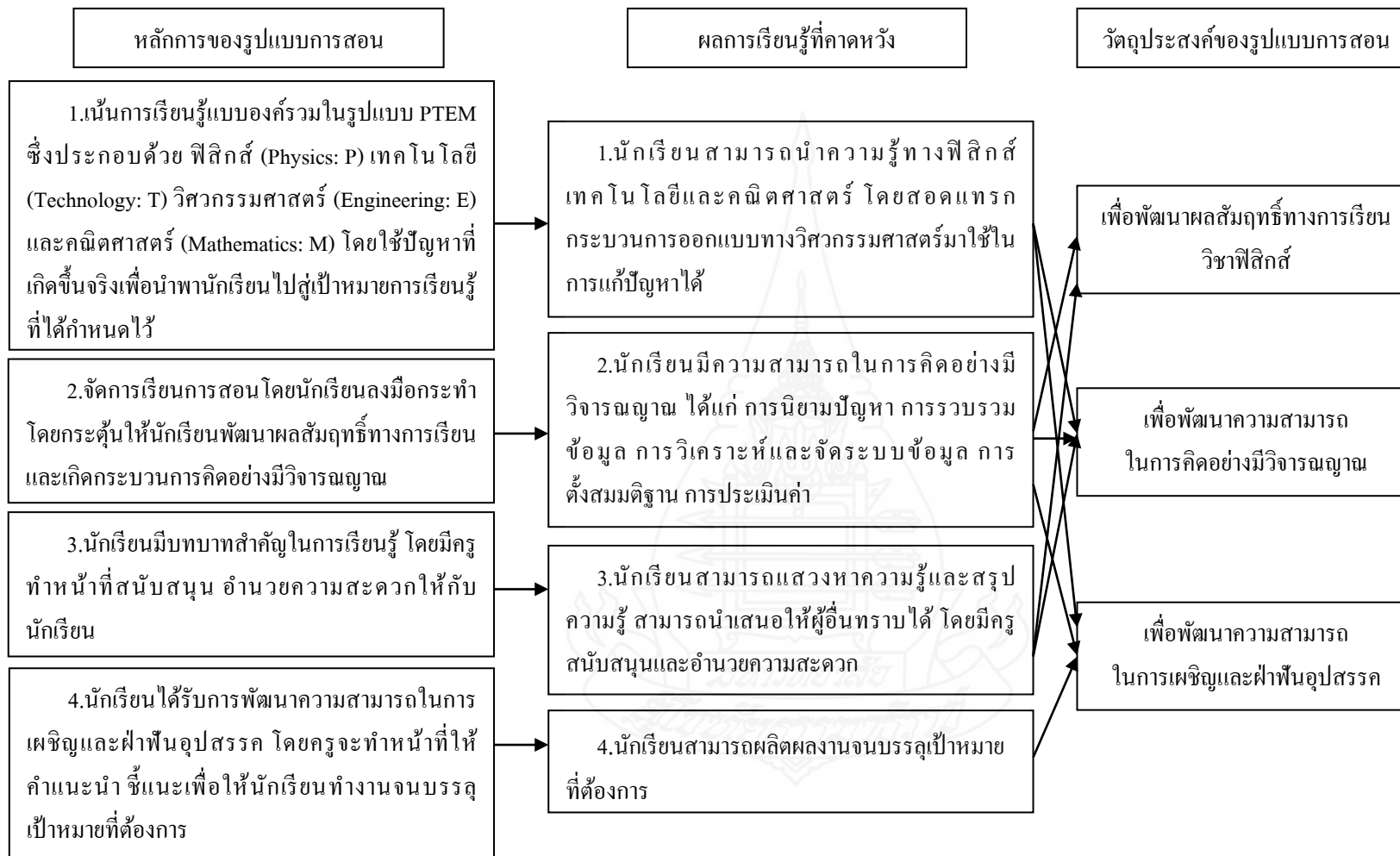
ส่วนที่ 2 ผลการพัฒนาวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน

การพัฒนาวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน โดยนำหลักการของรูปแบบการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงผลที่คาดว่าจะเกิดกับนักเรียนภายใต้หลักการแต่ละข้อแล้วนำมาพัฒนาเป็นวัตถุประสงค์ของรูปแบบการศึกษาดังภาพที่ 4.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นตามหลักการของรูปแบบการสอน คือ นักเรียนสามารถนำความรู้ PTEM ซึ่งประกอบด้วย ฟิสิกส์ (Physics :P) เทคโนโลยี (Technology :T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering :E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics :M) มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดและบรรลุเป้าหมายที่ต้องการได้ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอน นักเรียนสามารถนำกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้แก่ การนิยามปัญหา การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการประเมินค่ามาประยุกต์ใช้ และสามารถนำเสนอให้ผู้อื่นทราบได้ โดยมีครูเป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวก ดังนั้น วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนจึงประกอบด้วย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค





ภาพที่ 4.4 ผลการพัฒนาวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน

ส่วนที่ 3 ผลการพัฒนาระบบการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน

การพัฒนาระบบการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน ได้มาจากการสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ผลการสังเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.4 กระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนสามารถแบ่งได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา

การสร้างสถานการณ์ปัญหาโดยใช้รูปแบบ P – T – PM – E ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

Physics (P) ครูวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงานสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์จะได้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้

Technology (T) เลือกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาระ/ตัวชี้วัดที่ต้องการสอน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง วิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยคำนึงถึงบริบทของนักเรียนในแต่ละพื้นที่เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริง

Physics and Mathematics (PM) นำเทคโนโลยีที่ต้องการให้นักเรียนศึกษามาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (Physics : P) กับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) ผลการวิเคราะห์นำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

Engineering (E) เป็นขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์ปัญหาซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด โดยนักเรียนจะต้องบูรณาการความรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (P) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ (E)

2) ขั้นตอนการสอน

ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบไว้

ครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่จะเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนเตรียมพร้อมในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ครูสามารถประเมินความรู้เดิมของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ การตอบคำถามของนักเรียน เป็นต้น

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การระบุประเด็นปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ เป็นกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยแบ่งได้ 2 กิจกรรม ดังนี้

(1) กิจกรรมในห้องเรียน คือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลางซึ่งครูจัดขึ้น เช่น กิจกรรมการทดลอง กิจกรรมการสาธิต กิจกรรมการอภิปราย เป็นต้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้แกนกลางตามที่หลักสูตรกำหนด หลังจากเสร็จกิจกรรมครูจะให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเองและพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการส่งเสริมให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลด้วยวิธีการอุปนัยหรือนิรนัย

(2) กิจกรรมนอกห้องเรียน คือ กิจกรรมการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ครูอาจให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่างๆเพื่อให้นักเรียนไปศึกษา ครูจะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยฝึกให้นักเรียนตระหนักถึงข้อมูลที่ได้มามีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาและแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

องค์ความรู้และข้อมูลที่นักเรียนได้รับถูกจัดอย่างเป็นระบบข้อมูลด้วยวิธีการอุปนัยหรือวิธีการนิรนัย

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เก็บรวบรวมและจัดระบบเรียบร้อยแล้วมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานมากกว่า 1 สมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน เมื่อนักเรียนได้สมมติฐานจากขั้นตอนที่ 4 แล้ว นักเรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน โดยนักเรียนร่วมกันกำหนดข้อมูลและเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน นักเรียนนำสมมติฐานที่เลือกมาใช้ในการผลิตผลงาน ซึ่งผลงานของนักเรียนจะมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทของเนื้อหา เช่น ผลงานสิ่งประดิษฐ์ แนวทางการแก้ปัญหา แบบจำลอง เป็นต้น ถ้าผลงานของนักเรียนไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องแนะนำ ชี้นำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยใช้แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ตามขั้นตอน The LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล จี สคอลลท์ซ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใหม่ ดังนี้

L: Listen to your adversity response หมายถึง ครูจะต้องประเมินการตอบสนองต่ออุปสรรคของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนไม่มีการตอบสนองต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้น หรือนักเรียนไม่มีความพยายามในการผลิตผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

E: Explore all origins and your ownership of the result หมายถึง การสำรวจต้นเหตุและความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนค้นหาสาเหตุของอุปสรรค เช่น อะไรคือสาเหตุที่ทำให้ไม่บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ นักเรียนคิดว่ามีวิธีการใดบ้างที่จะทำให้อีกกว่านี้ เป็นต้น

A: Analyze the evidence หมายถึง การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุงผลงาน โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนหาแนวทางแก้ไข เช่น จะแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างไร เป็นต้น

D: Do something หมายถึง การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา เมื่อนักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคแล้ว ครูจะต้องสนับสนุนและเสริมแรงเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรค

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน นักเรียนจะนำเสนอผลงานให้กับเพื่อนในชั้นเรียนทราบ โดยผลงานของนักเรียนจะถูกประเมินโดยครู เพื่อนในห้องเรียนและกลุ่มนักเรียนเอง ข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลงานจะนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในครั้งต่อไป

ตารางที่ 4.4 การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน

กระบวนการ ออกแบบ ทาง วิศวกรรมศาสตร์	ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน	กระบวนการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	แนวทางการพัฒนา ความสามารถใน การเผชิญและฟันฝ่า อุปสรรค	ขั้นตอนการสอน ของ รูปแบบการสอน
	1. ทารสร้าง สถานการณ์			1. ทารสร้าง สถานการณ์
1. การระบุปัญหา	2. นำเสนอ สถานการณ์ปัญหา	1. นิยามปัญหา		2. การระบุประเด็น ปัญหา
2. การค้นหาแนวคิด ที่เกี่ยวข้อง	3. จัดโครงสร้าง ข้อมูล			

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กระบวนการ ออกแบบ ทาง วิศวกรรมศาสตร์	ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน	กระบวนการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	แนวทางการพัฒนา ความสามารถใน การเผชิญและฟันฝ่า อุปสรรค	ขั้นตอนการสอน ของ รูปแบบการสอน
3.วางแผนและ พัฒนา	4.ศึกษาค้นคว้า ข้อมูล	2.การรวบรวม ข้อมูล 3.วิเคราะห์และ จัดระบบข้อมูล		3.การสำรวจ ตรวจสอบ
	5.สร้างสมมติฐาน	4.การตั้งสมมติฐาน		4.การตั้งสมมติฐาน
4.ทดสอบและ ประเมินผล	6.ประเมินเพื่อ ตัดสินใจเลือก สมมติฐาน			5.การประเมินผล เพื่อตัดสินใจเลือก สมมติฐาน
	7.ผลิตผลงาน		Listen to your adversity respond. (L) Explore all origins and ownership of the result. (E) Analyze the Evidence. (A) Do Something (D)	6.การผลิตผลงาน
5.นำเสนอผลลัพธ์	8.ประเมินผลงาน	5.การประเมินค่า		7.การประเมินผล งาน

ส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์แนวทางในการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผล ดำเนินการ 2 ลักษณะ คือ

1) การวัดและประเมินผลระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนการสอน ใช้การสังเกต การตอบคำถาม การทำกิจกรรม การนำเสนอผลงาน ผลงานของนักเรียน เป็นต้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ที่กำหนดไว้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

2) การวัดและประเมินผลหลังการดำเนินการจัดการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ส่วนที่ 5 ผลการประเมินรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยนำรูปแบบการสอนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1.หลักการของรูปแบบการสอนมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
2.วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนมีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบการสอน	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
3.กระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
4.การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาสามารถทำให้ครูกำหนดแผนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาได้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับ ความคิดเห็น
6.ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาสามารถทำให้ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตรได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7.ขั้นตอนการนิยามปัญหาสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ได้	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
8.ขั้นตอนการนิยามปัญหาสามารถกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ได้	4.20	0.45	เหมาะสมมาก
9.ขั้นตอนการนิยามปัญหาสามารถพัฒนาความสามารถในการระบุปัญหาของนักเรียนได้	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
10.ขั้นตอนการนิยามปัญหาส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
11.ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบสามารถทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
12.ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบสามารถทำให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ได้	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
13.ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบสามารถทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามตัวชี้วัดของหลักสูตร	4.40	0.55	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับ ความคิดเห็น
14.ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบ สามารถทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการจัดระบบข้อมูลได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
15.ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบ สามารถพัฒนากระบวนการทางวิศวกรรม ได้แก่ การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องได้	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
16.ขั้นตอนการตั้งสมมติฐาน สามารถพัฒนากระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การวางแผนและพัฒนา โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ มาใช้ในการออกแบบได้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
17.ขั้นตอนการตั้งสมมติฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลได้	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
18.ขั้นตอนการประเมินตัดสินใจเลือกสมมติฐาน สามารถพัฒนากระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การทดสอบและประเมินผลได้	4.20	0.55	เหมาะสมมาก
19.ขั้นตอนการประเมินตัดสินใจเลือกสมมติฐาน สามารถพัฒนาความสามารถในการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจได้	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
20.ขั้นตอนการประเมินตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ช่วยฝึกให้นักเรียนมีความรอบคอบในการตัดสินใจได้	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
21.ขั้นตอนการผลิตผลงาน สามารถพัฒนาทักษะในการบูรณาการความรู้ได้	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับ ความคิดเห็น
22.ขั้นตอนการผลิตผลงาน สามารถพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์ได้	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
23.ขั้นตอนการผลิตผลงาน สามารถฝึกให้ นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตัวเองและ ยอมรับผลของการตัดสินใจได้	4.40	0.55	เหมาะสม มาก
24.ขั้นตอนการผลิตผลงาน สามารถพัฒนา ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟัน อุปสรรคของได้	4.80	0.45	เหมาะสม มากที่สุด
25.ขั้นตอนการประเมินผลงาน สามารถเป็น ข้อมูลเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุ วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนได้	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
26.การวัดและประเมินผลของรูปแบบการ สอนสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ การสอน	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
27.การวัดและประเมินผลของรูปแบบการ สอนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของ รูปแบบการสอน	5.00	0.00	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	4.73	0.27	เหมาะสม มากที่สุด

จากตารางที่ 4.5พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมากกว่า 3.5 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ผู้เชี่ยวชาญ ได้แสดงความคิดเห็นของรูปแบบการสอนและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

1) ควรนิยามความหมายของคำว่า วิทยาศาสตร์ (Science :S) เทคโนโลยี (Technology :T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering :E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics :M) ให้ชัดเจน และครอบคลุม

2) ขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบ ควรมีการจัดกิจกรรมสืบเสาะความรู้ (Inquiry) เพื่อให้ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถ ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการศึกษาנָרָอง

การศึกษานำร่อง ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ จำนวน 3 แผน โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งใช้ในการศึกษานำร่อง

แผนการจัดการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
การเคลื่อนที่แบบ โคนิ่ง	4.73	0.08	เหมาะสม มากที่สุด
การเคลื่อนที่แบบวงกลม	4.80	0.10	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	4.77	0.10	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	4.77	0.03	เหมาะสม มากที่สุด

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมมากกว่า 3.5 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน สามารถใช้ในการศึกษานำร่องได้ผลการศึกษานำร่องมีดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย(\bar{x}) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D)ของคะแนนผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (คะแนนเต็ม 50 คะแนน) และ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (คะแนนเต็ม 140 คะแนน) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ศึกษาในการศึกษานำร่อง

ตัวแปรตาม	กลุ่มทดลอง (N=40)			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์(Ach)	16.45	3.20	23.38	3.16
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ(Cri)	23.48	5.89	38.45	5.56
ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค(AQ)	114.42	9.81	119.64	8.25

หมายเหตุ

1. Box'M test = 2.652, df = .418, Sig = 0.868
2. Levene's Test : Ach : F = 0.275, Sig = 0.602, Cri : F = 1.812, Sig = 0.182,
AQ : F = .603, Sig = 0.440

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐาน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนก่อนเรียน กับหลังเรียนในกลุ่มทดลอง ดังนี้

สมมติฐาน นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

การทดสอบสมมติฐานนำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อวิเคราะห์จากค่าสถิติ Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace, Roy's Largest Root แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองในการศึกษานำร่อง

Multivariate Tests	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's Trace	.823	89.919	3.000	58.000	.000
Wilks' Lambda	.177	89.919	3.000	58.000	.000
Hotelling's Trace	4.651	89.919	3.000	58.000	.000
Roy's Largest Root	4.651	89.919	3.000	58.000	.000

3. ผลการบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่ทำการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนการสอนของรูปแบบการสอนผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมนักเรียน ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการสอนของการศึกษานำร่อง

ขั้นตอนการสอน	ผลการสังเกต
<p>ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา</p>	<p>นักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับ เกิดความสงสัยในวิธีการแก้ไขปัญหานักเรียนสามารถตอบคำถามที่ครูถามมาได้ มีนักเรียนบางส่วนที่คอยฟังคำตอบจากเพื่อนและเสริมเพื่อให้คำตอบมีความชัดเจนขึ้น</p>
<p>ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ</p>	<p>กิจกรรมในห้องเรียนเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ครูได้มอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองโดยใช้กระบวนกรสืบเสาะ พบว่านักเรียนยังไม่สามารถออกแบบการทดลองและกำหนดตัวแปรในการทดลองได้ ครูจะต้องช่วยเหลือ ชี้แนะ</p> <p>กิจกรรมนอกห้องเรียน นักเรียนสามารถใช้กระบวนกรสืบเสาะในการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ การหาข้อมูลประกอบเพื่อแก้ปัญหา เป็นต้น</p>
<p>ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน</p>	<p>นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะมีการอภิปรายความรู้ที่ได้รับทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน มีการสรุปความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมการทดลอง</p> <p>สถานการณ์ปัญหาในเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ที่ครูได้ออกแบบขึ้นต้องการให้นักเรียนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาดังนั้น นักเรียนจะต้องออกแบบชิ้นงานโดยอาศัยความรู้ที่นักเรียนสำรวจตรวจสอบมา พบว่า นักเรียนออกแบบชิ้นงานที่มีความหลากหลายแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม โดยอาศัยข้อมูลที่ได้สำรวจตรวจสอบมา</p>

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

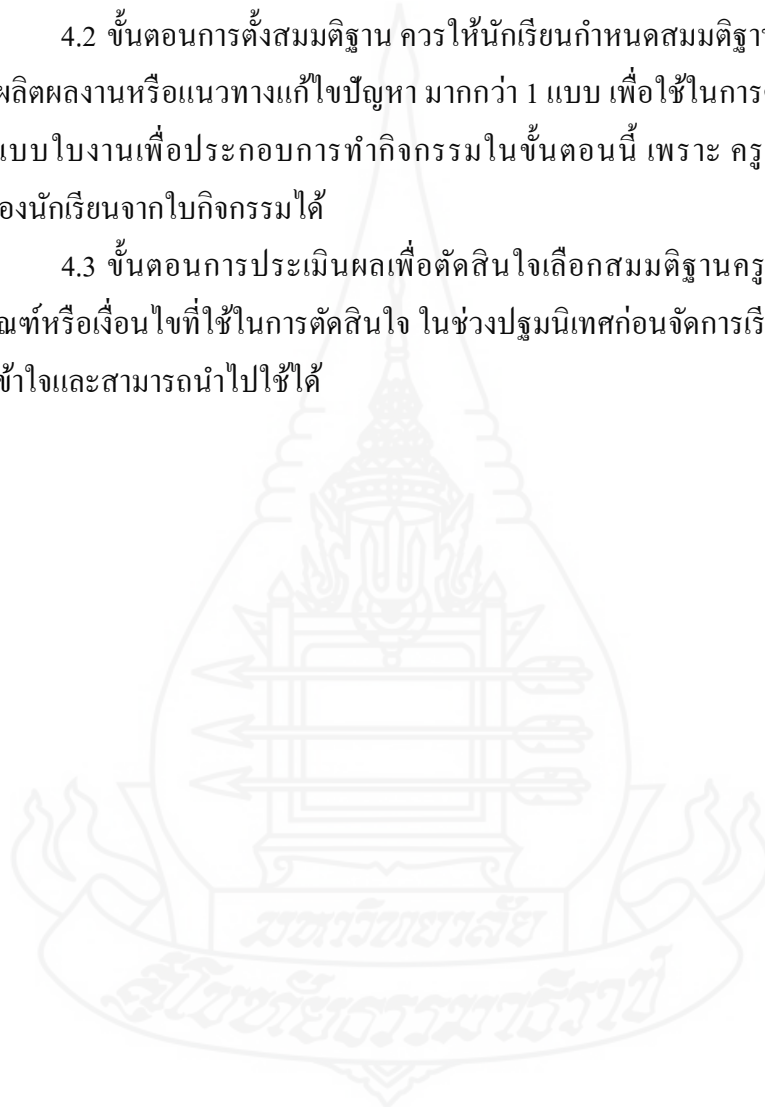
ขั้นตอนการสอน	ผลการสังเกต
	ข้อสังเกตที่พบ คือ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะ ออกแบบชิ้นงานเพียง 1 แบบ ครูจะต้องกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานหลายๆแบบที่มี ความแตกต่างกัน
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน	การตัดสินใจเลือกแบบที่จะนำมาผลิต ชิ้นงาน พบว่า นักเรียนจะเลือกจากมติของกลุ่ม เป็นหลัก ยังขาดหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือก ที่ชัดเจน ครูจะต้องมีการช่วยเหลือเพื่อให้ นักเรียนกำหนดหลักเกณฑ์หรือเงื่อนไขเพื่อ นำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกแบบที่จะนำมา ผลิตชิ้นงาน
ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน	นักเรียนผลิตผลงานด้วยตัวนักเรียนเอง นักเรียนในกลุ่มจะคอยช่วยเหลือกันเมื่อเกิด ปัญหาและมีความพยายามในการผลิตผลงานให้ สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ กรณีนักเรียนไม่สามารถผลิตผลงานตาม เป้าหมายที่กำหนดไว้ นักเรียนจะปรึกษากัน ภายในกลุ่มเพื่อหาแนวทางแก้ไขและผลิตผล งานใหม่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้
ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน	นักเรียนสามารถนำเสนอผลงานได้อย่าง คล่องแคล่ว สามารถตอบคำถามของครูและ เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ นักเรียนทุกกลุ่มยอมรับผลการประเมินของ ครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน

4. **ข้อปรับปรุงจากผลการศึกษานำร่อง** จากผลการศึกษานำร่อง ได้ข้อสังเกตเพื่อใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนี้

4.1 ครูควรตั้งคำถามเพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดขึ้น จะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาและกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาได้ชัดเจนขึ้น

4.2 ขั้นตอนการตั้งสมมติฐาน ควรให้นักเรียนกำหนดสมมติฐานหรือกำหนดแบบที่ใช้ในการผลิตผลงานหรือแนวทางแก้ไขปัญหา มากกว่า 1 แบบ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ นอกจากนี้ควรออกแบบใบงานเพื่อประกอบการทำกิจกรรมในขั้นตอนนี้ เพราะ ครูสามารถตรวจสอบความคิดของนักเรียนจากใบกิจกรรมได้

4.3 ขั้นตอนการประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐานครูควรยกตัวอย่างการกำหนดเกณฑ์หรือเงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจ ในช่วงปฐมนิเทศก่อนจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ได้



**ตอนที่ 4 ผลการนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลายไปทดลองใช้จริงเพื่อประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอน**

การทดลองใช้จริง ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน จำนวน 8 แผน โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งใช้ในการทดลองใช้จริง

แผนการจัดการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
1.รถประหยัดพลังงาน	4.95	0.05	เหมาะสมมากที่สุด
2.จักจั่นของเล่น	4.92	0.08	เหมาะสมมากที่สุด
3.เรือไวกิ้ง	4.93	0.06	เหมาะสมมากที่สุด
4.แยกขนาดเมล็ดกาแฟ ด้วยแรงโน้มถ่วง	4.68	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
5.อุปกรณ์เตือนไฟฟ้ารั่ว – ไฟฟ้าดูด ช่วงน้ำท่วม	4.88	0.32	เหมาะสมมากที่สุด
6.ทะเลเทียม	4.95	0.22	เหมาะสมมากที่สุด
7.ระดับความเข้มเสียงในโรงเรียน	4.30	0.53	เหมาะสมมาก
8.ศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	4.48	0.68	เหมาะสมมาก
รวม	4.76	0.46	เหมาะสมมากที่สุด

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสม

มากกว่า 3.5 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนั้น แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน สามารถใช้ในการทดลองจริงได้

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการสอนไปทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 200 คน เพื่อการประเมินคุณภาพของรูปแบบการสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คน ซึ่งจะได้รับการสอนตามรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น 2) กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คน ซึ่งจะได้รับการสอนตามรูปแบบการสอนแบบปกติ รูปแบบการสอนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงในตารางที่ 4.11 และเปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนทั้งสองแบบในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบรูปแบบการสอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง	ผลการเปรียบเทียบ
ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยนำเสนอสถานการณ์ แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา	ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยนำเสนอสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา	สถานการณ์ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น เป็นชนิดที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์ (ill – structured Problem) ขณะที่สถานการณ์ของรูปแบบการสอนแบบปกติเป็นชนิดที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ (Well – structured Problem)

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง	ผลการเปรียบเทียบ
<p>ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ครูออกแบบกิจกรรมที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เพื่อให้ให้นักเรียนปฏิบัติ (Hand – on) สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง</p>	<p>ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจ ตรวจสอบ แบ่งเป็น 2 กิจกรรม คือ (1).กิจกรรมในห้องเรียน ครูออกแบบกิจกรรมที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เพื่อให้ให้นักเรียนปฏิบัติ (Hand – on) สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล (2) กิจกรรมนอกห้องเรียน นักเรียนจะค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาในขั้นตอนที่ 1 เพิ่มเติม</p>	<p>กิจกรรมในห้องเรียนของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีลักษณะเดียวกับขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 ของรูปแบบการสอนแบบปกติ กล่าวคือ คำตอบที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะจะมีคำตอบเดียว ส่วนที่แตกต่างของรูปแบบการสอนทั้งสอง คือ กิจกรรมนอกห้องเรียนของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น นักเรียนจะใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา คำตอบที่ได้จะมีความหลากหลาย</p>
<p>ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาวิเคราะห์และสรุป</p>	<p>ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน นักเรียนจะนำความรู้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งนักเรียนจะกำหนดมากกว่า 1 แนวทางในการแก้ปัญหา</p> <p>ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล เพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน นักเรียนจะกำหนดเกณฑ์หรือเงื่อนไข เพื่อใช้เป็นในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ขณะที่รูปแบบ</p>	<p>รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น สนับสนุนให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากในห้องเรียนและนอกห้องเรียนมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและสนับสนุนให้นักเรียนฝึกการกำหนดเกณฑ์หรือเงื่อนไข เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ขณะที่รูปแบบ</p>
<p>ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 มาแสดงความคิดเห็น โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิม</p>	<p>ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน นักเรียนจะนำความรู้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งนักเรียนจะกำหนดมากกว่า 1 แนวทางในการแก้ปัญหา</p> <p>ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล เพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน นักเรียนจะกำหนดเกณฑ์หรือเงื่อนไข เพื่อใช้เป็นในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการ</p>	<p>รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น สนับสนุนให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากในห้องเรียนและนอกห้องเรียนมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและสนับสนุนให้นักเรียนฝึกการกำหนดเกณฑ์หรือเงื่อนไข เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ขณะที่รูปแบบ</p>

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง	ผลการเปรียบเทียบ
<p>ชั้นตอนที่ 5 ชั้นประเมิน ครู จะประเมินความรู้ของ นักเรียนโดยใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนแสดงความคิดเห็น หรืออธิบาย</p>	<p>แก้ปัญหาที่กำหนดไว้ใน ชั้นตอนที่ 3 ชั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน นักเรียนจะนำแนวทางในการ แก้ปัญหาที่เลือกในชั้นตอนที่ 4 มาผลิตผลงาน จนบรรลุ เป้าหมายที่กำหนดไว้</p>	<p>การสอนแบบปกตินักเรียนจะ ใช้ความรู้ในห้องเรียนเท่านั้น รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น สนับสนุนให้นักเรียนอดทนต่อ อุปสรรค มีความพยายามใน การแก้ปัญหาจนบรรลุ เป้าหมายที่กำหนดไว้</p>
	<p>ชั้นตอนที่ 6 การประเมินผล งานผลงานของนักเรียนจะถูก ประเมิน โดยครูและเพื่อนร่วม ชั้นเรียน</p>	<p>รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นจะ ประเมินผลงานโดยครูและ เพื่อนร่วมชั้นเรียน ขณะที่ รูปแบบการสอนแบบปกติจะ ประเมินนักเรียนโดยครูเท่านั้น</p>

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนของกลุ่มควบคุม
และรูปแบบการสอนของกลุ่มทดลองในแต่ละมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
มาตรฐาน ว 4.2	นักเรียน	นักเรียน
เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่ แบบต่างๆ ของวัตถุใน ธรรมชาติ มีกระบวนการ สืบ เสาะหาความรู้และจิตวิทยา ศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้	<p>1 วิเคราะห์ภาพเพื่อจำแนก สถานการณ์ที่วัตถุเคลื่อนที่ แนวตรง</p> <p>2 เปรียบระยะเวลาทาง เวลาและ อัตราเร็วของวัตถุ</p>	<p>1 วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อออกแบบและประดิษฐ์ รถประหยัดพลังงาน</p> <p>2 ศึกษาการหาปริมาณที่ เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่</p>

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์ ตัวชี้วัด	3 ศึกษาการหาปริมาณที่ เกี่ยวข้องกับกรเคลื่อนที่ของ วัตถุโดยใช้เครื่องเคาะ สัญญาณเวลา	ของวัตถุโดยใช้เครื่องเคาะ สัญญาณเวลา(กิจกรรมใน ห้องเรียน)
มฐ.ว 4.2/ม.4 – 6/1อธิบายและ ทดลองความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ใน แนวตรง	4 ทำการทดลองเพื่อความเร่ง ในการตกอย่างเสรีของถุง ทราย	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ใน การออกแบบรถประหยัด พลังงาน(กิจกรรมนอก ห้องเรียน)
	5 ประเมินผลการเรียนรู้โดย สังเกตจากการตอบคำถาม ของนักเรียน	4 ออกแบบรถประหยัด พลังงานโดยใช้ข้อมูลที่ นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบ จากในห้องเรียนและนอก ห้องเรียน
		5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แบบรถประหยัดพลังงาน เพื่อประดิษฐ์
		6 ประดิษฐ์รถประหยัดพลังงาน ตามแบบที่เลือกไว้
		7 ครูประเมินผลการเรียนรู้จาก การทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประเมินผลงานตนเองและ ของกลุ่มอื่น

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของ วัตถุในธรรมชาติ มี กระบวนการ สืบเสาะหา ความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์ มฐ.ว 4.2/ม.4 – 6/2 สังเกตและ อธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจก ไทล์ แบบวงกลม และแบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย	นักเรียน 1 สังเกตการเคลื่อนที่แนว วงกลมจากการสาธิตของครู 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การเคลื่อนที่เป็นวงกลมใน แนวระดับ 3 อธิบายและสรุปผลการ ทดลอง 4 อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่แนววงกลม	นักเรียน 1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ ออกแบบและประดิษฐ์ จักจั่นของเล่น 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การเคลื่อนที่แนววงกลม เกี่ยวข้องกับแรงอย่างไร และกิจกรรมการทดลอง ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบจักจั่นของเล่น (กิจกรรมในห้องเรียน)
มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับการดำรงชีวิต การเปลี่ยน รูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างสารและพลังงาน ผล ของการใช้พลังงานต่อชีวิตและ สิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่ เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ ประโยชน์ มฐ.ว 5.1/ม.4 – 6/2 อธิบายการ เกิดคลื่นเสียงบีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้ม	5 ประเมินการเรียนรู้โดย สังเกตจากการตอบคำถาม ของนักเรียน * จัดการเรียนรู้เฉพาะ มฐ.ว 4.2/ม.4 – 6/2	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ ในการออกแบบจักจั่นของ เล่น(กิจกรรมนอก ห้องเรียน) 4 ออกแบบจักจั่นของเล่น โดย ใช้ข้อมูลที่นักเรียนได้ สำรวจตรวจสอบจากใน ห้องเรียนและนอก ห้องเรียน 5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แบบจักจั่นของเล่นเพื่อ ประดิษฐ์ 6 ประดิษฐ์จักจั่นของเล่นตาม

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
เสียง การได้ยินเสียง คุณภาพ เสียง และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์		แบบที่เลือกไว้ 7 ครูประเมินผลการเรียนรู้จาก การทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประเมินผลงานตนเองและ ของกลุ่มอื่น
มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของ วัตถุในธรรมชาติ มี กระบวนการ สืบเสาะหา ความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์	นักเรียน 1 สังเกตการเคลื่อนที่แบบฮาร์ มอนิกอย่างง่ายจากการ สาธิตของครู 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การเคลื่อนที่แบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย	นักเรียน 1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ ออกแบบและประดิษฐ์เรือ ไวคิง 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การเคลื่อนที่แบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย (กิจกรรมในห้องเรียน)
มฐ.ว 4.2/ม.4 – 6/2 สังเกตและ อธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจก ไทล์ แบบวงกลม และแบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย	3 อธิบายและสรุปผลการ ทดลอง 4 อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่แบบ ฮาร์มอนิกอย่างง่าย 5 ประเมินการเรียนรู้โดย สังเกตจากการตอบคำถาม ของนักเรียน	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ ในการออกแบบเรือไวคิง และสืบค้นความรู้เกี่ยวกับ ดัลบลูกปืน(กิจกรรมนอก ห้องเรียน) 4 ออกแบบเรือไวคิงโดยใช้ ข้อมูลที่นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบจากในห้องเรียน และนอกห้องเรียน 5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แบบเรือไวคิงเพื่อประดิษฐ์

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
		6 ประดิษฐ์เรือไวกิ้งตามแบบ ที่เลือกไว้
		7 ระบุประเมินผลการเรียนรู้จาก การทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประเมินผลงานตนเองและ ของกลุ่มอื่น
มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติ ของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรง โน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มี กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่าง ถูกต้องและมีคุณธรรม	นักเรียน 1 ตอบคำถามจากการสาธิตเมื่อ ปล่อยวัตถุตกลงสู่พื้น 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การตกของวัตถุในสนาม โน้มถ่วง 3 อธิบายและสรุปผลการ ทดลอง	นักเรียน 1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ ออกแบบและประดิษฐ์ อุปกรณ์แยกขนาดเมล็ด กาแฟด้วยแรงโน้มถ่วง 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อ เคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วง และศึกษาเนื้อหาวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง ตรีโกณมิติ(กิจกรรมใน ห้องเรียน)
มฐ.ว 4.1/ม.4 – 6/1 ทดลองและ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรง กับการเคลื่อนที่ของวัตถุใน สนามโน้มถ่วง และนำความรู้ไป ใช้ประโยชน์	4 อภิปรายเกี่ยวกับการใช้ ประโยชน์จากแรงโน้มถ่วง 5 ประเมินการเรียนรู้โดย สังเกตจากการตอบคำถาม ของนักเรียน	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ ในการออกแบบอุปกรณ์ แยกขนาดเมล็ดกาแฟด้วย แรงโน้มถ่วง(กิจกรรมนอก ห้องเรียน)

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
		4 ออกแบบอุปกรณ์แยกขนาด เมลต์คาแพด้วยแรงโน้มถ่วง โดยใช้ข้อมูลที่นักเรียนได้ สำรวจตรวจสอบจากใน ห้องเรียนและนอกห้องเรียน
		5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แบบอุปกรณ์แยกขนาดเมลต์ คาแพด้วยแรงโน้มถ่วงเพื่อ ประดิษฐ์
		6 ประดิษฐ์ตามแบบที่เลือกไว้
		7 ระบุประเมินผลการเรียนรู้ จากการทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประเมินผลงานตนเองและ ของกลุ่มอื่น
มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจ	นักเรียน	นักเรียน
ธรรมชาติของแรง	1 ตอบคำถามจากการ	1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ
แม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง	วิเคราะห์ภาพของ	ออกแบบและประดิษฐ์
และแรงนิวเคลียร์ มี	สนามไฟฟ้า	อุปกรณ์ตรวจไฟฟ้ารั่วในน้ำ
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้	2 ปฏิบัติกิจกรรมการสาธิต	2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ	เส้นสนามไฟฟ้า	เส้นสนามไฟฟ้าและศึกษา
ความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่าง	3 อธิบายและสรุปผลการ	การใช้มัลติมิเตอร์(กิจกรรม
ถูกต้องและมีคุณธรรม	ทดลอง	ในห้องเรียน)

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
มฐ.ว 4.2/ม.4-6/2ทดลองและ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาค ในสนามไฟฟ้าและนำความรู้ไป ใช้ประโยชน์	4 อภิปรายเกี่ยวกับการใช้ ประโยชน์จากสนามไฟฟ้า 5 ประเมินการเรียนรู้โดย สังเกตจากการตอบคำถาม ของนักเรียน	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ใน การออกแบบอุปกรณ์ตรวจ ไฟฟ้ารั่วในน้ำ(กิจกรรมนอก ห้องเรียน) 4 ออกแบบอุปกรณ์ตรวจไฟฟ้า รั่วในน้ำโดยใช้ข้อมูลที่ นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบ จากในห้องเรียนและนอก ห้องเรียน 5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แบบอุปกรณ์ตรวจไฟฟ้ารั่ว ในน้ำเพื่อประดิษฐ์ 6 ประดิษฐ์ตามแบบที่เลือกไว้ 7 ครูประเมินผลการเรียนรู้จาก การทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประเมินผลงานตนเองและ ของกลุ่มอื่น
มาตรฐาน ว 4.1เข้าใจ ธรรมชาติของแรง แม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มี กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ	นักเรียน 1 อภิปรายความรู้เดิม เกี่ยวกับแม่เหล็ก 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เส้นสนามแม่เหล็ก การทดลองผลของ	นักเรียน 1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ ออกแบบและประดิษฐ์ทะเล เทียม 2 ปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง เส้นสนามแม่เหล็ก

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
<p>ความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่าง ถูกต้องและมีคุณธรรม มฐ.ว 4.2/ม.4 – 6/3 ทดลองและ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาค ในสนามแม่เหล็ก และนำความรู้ ไปใช้ประโยชน์</p> <p>มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับการดำรงชีวิต การเปลี่ยน รูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างสารและพลังงาน ผล ของการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไป ใช้ประโยชน์</p> <p>มฐ.ว 5.1/ม.4 – 6/1 ทดลองและอธิบาย สมบัติของคลื่นกล และอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็ว ความถี่และความยาวคลื่น</p>	<p>สนามแม่เหล็กของการ เคลื่อนที่ของตัวนำที่มี กระแสไฟฟ้าผ่าน</p> <p>3 อธิบายและสรุปผลการ ทดลอง</p> <p>4 อภิปรายเกี่ยวกับการใช้ ประโยชน์จาก สนามแม่เหล็ก</p> <p>5 ประเมินการเรียนรู้โดย สังเกตจากการตอบคำถาม ของนักเรียน</p> <p>* จัดการเรียนรู้เฉพาะ มฐ.ว 4.2/ม.4 – 6/3</p>	<p>การผลของสนามแม่เหล็กของ การเคลื่อนที่ของตัวนำที่มี กระแสไฟฟ้าผ่าน การทดลอง ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการ หมุนของมอเตอร์ การสาธิต เกี่ยวกับคลื่นกล (กิจกรรมใน ห้องเรียน)</p> <p>3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ใน การออกแบบทะเลเทียม (กิจกรรมนอกห้องเรียน)</p> <p>4 ออกแบบทะเลเทียม โดยใช้ ข้อมูลที่นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบจากในห้องเรียน และนอกห้องเรียน</p> <p>5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แบบทะเลเทียมเพื่อประดิษฐ์</p> <p>6 ประดิษฐ์ตามแบบที่เลือกไว้</p> <p>7 ระบุประเมินผลการเรียนรู้จาก การทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละกลุ่ม ประเมินผลงานตนเองและ ของกลุ่มอื่น</p>

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานกับการดำรงชีวิต การ เปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและ พลังงาน ผลของการใช้ พลังงานต่อชีวิตและ สิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่ง ที่เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ ประโยชน์	นักเรียน 1 อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับเสียงและ จำแนกว่าสถานการณ์ใดที่ เกิดมลพิษทางเสียง 2 ปฏิบัติกิจกรรมการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับ ความเข้มเสียง ระดับความ เข้มเสียง	นักเรียน 1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ วางแผนสำรวจระดับความ เข้มเสียงในโรงเรียน 2 ปฏิบัติกิจกรรมการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับ ความเข้มเสียง ระดับความ เข้มเสียง การนำเสนอ ข้อมูลทางสถิติ (กิจกรรม ในห้องเรียน)
มฐ.ว 5.1/ม.4 – 6/3 อภิปรายผล การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ มลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพ ของมนุษย์ และการเสนอวิธี ป้องกัน	3 อธิบายและสรุปผลการศึกษา ค้นคว้า 4 อภิปรายเกี่ยวกับมลพิษทาง เสียงในบริเวณ โรงเรียนและ ชุมชน 5 ประเมินการเรียนรู้โดยสังเกต จากการตอบคำถามของ นักเรียน	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ ในการสำรวจระดับความ เข้มเสียงในโรงเรียน (กิจกรรมนอกห้องเรียน) 4 วางแผนเพื่อสำรวจระดับ ความเข้มเสียงในโรงเรียน โดยใช้ข้อมูลที่นักเรียนได้ สำรวจตรวจสอบจากใน ห้องเรียนและนอก ห้องเรียน 5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แผนการสำรวจระดับความ เข้มเสียงในโรงเรียนเพื่อ ดำเนินการ

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
		6 ดำเนินการตามแผนที่ เลือกไว้
		7 ครูประเมินผลการเรียนรู้ จากการทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ละ กลุ่มประเมินผลงานตนเอง และของกลุ่มอื่น
มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจ	นักเรียน	นักเรียน
ความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานกับการดำรงชีวิต	1 ชมวิดีโอทัศน์เกี่ยวกับ กัมมันตภาพรังสีและ พลังงานนิวเคลียร์	1 ระบุประเด็นปัญหาเพื่อ วางแผนการศึกษาความ เป็นไปได้ (Feasibility Study)
การเปลี่ยนรูปพลังงาน	2 สืบค้นความรู้และจัดทำ รายงานเกี่ยวกับ	ในการสร้างโรงไฟฟ้า นิวเคลียร์
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและ พลังงาน ผลของการใช้ พลังงานต่อชีวิตและ สิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่ เรียนรู้และนำความรู้ ไปใช้ ประโยชน์	2 สืบค้นความรู้และจัดทำ รายงานเกี่ยวกับ กัมมันตภาพรังสีและ พลังงานนิวเคลียร์	2 ปฏิบัติกิจกรรมสืบค้น ความรู้และจัดทำรายงาน เกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์
มฐ.ว 5.1/ม.4-6/5อธิบาย ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน ฟิว ชัน และความสัมพันธ์ ระหว่างมวลกับพลังงาน	3 อธิบายและสรุปผลการศึกษา ค้นคว้า	กรอบแนวคิดในการศึกษา ความเป็นไปได้(กิจกรรม ในห้องเรียน)
มฐ.ว 5.1/ม.4-6/6สืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับพลังงานที่ได้จาก	4 อภิปรายเกี่ยวกับการเกิดและ การสลายตัวของสาร กัมมันตภาพรังสี	3 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ ในการศึกษาความเป็นไป ได้ (Feasibility Study) ใน การสร้างโรงไฟฟ้า
	5 ประเมินการเรียนรู้โดยสังเกต จากการตอบคำถามของ นักเรียน	

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	กิจกรรมการเรียนการสอน	
	รูปแบบการสอน ของกลุ่มควบคุม	รูปแบบการสอน ของกลุ่มทดลอง
<p>ปฏิบัติการนิวนิวเคลียร์และผลต่อ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม มฐ.ว 5.1/ม.4 – 6/7อภิปรายผล การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และ นำไปใช้ประโยชน์</p>		<p>นิวนิวเคลียร์ (กิจกรรมนอก ห้องเรียน) 4 วางแผนการศึกษาความ เป็นไปได้ (Feasibility Study) ในการสร้าง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยใช้ ข้อมูลที่นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบจากในห้องเรียน และนอกห้องเรียน 5 กำหนดเงื่อนไขในการเลือก แผนการศึกษาความ เป็นไปได้ (Feasibility Study) ในการสร้าง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพื่อ ดำเนินการ 6 ดำเนินการตามแผน ที่เลือกไว้ 7 ครูประเมินผลการเรียนรู้ จากการทำกิจกรรมในแต่ละ ขั้นตอน นักเรียนแต่ กลุ่มประเมินผลงานตนเอง และของกลุ่มอื่น</p>

จากตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นกับรูปแบบการสอนแบบปกติ มีความแตกต่างกัน ผลการทดลองมีดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของคะแนนผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (คะแนนเต็ม 50 คะแนน) และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (คะแนนเต็ม 140 คะแนน) ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นและกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนแสดงดังตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐาน 2 ข้อ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนที่ได้รับการสอนแตกต่างกัน และของนักเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนในกลุ่มทดลอง ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ

ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมตริกซ์ความแปรปรวน – แปรปรวนร่วม (Homogeneity of variance – covariance matrices) ของตัวแปรโดยใช้ Box's M test พบว่า เมตริกซ์ความแปรปรวน – แปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวกับกลุ่มด้วยวิธี Levene's Test พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการทดสอบ Bartlett's Test of Sphericity พบว่า ตัวแปรทั้งสามมีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ศึกษาในการทดลองจริง

ตัวแปรตาม	กลุ่มทดลอง (N=40)				กลุ่มควบคุม (N=40)			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D	\bar{x}	S.D
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์(Ach)	13.03	3.32	24.70	3.13	12.63	3.77	19.75	3.22
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Cri)	27.60	5.35	42.95	3.81	27.02	4.80	39.25	3.91
ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (AQ)	120.85	4.69	132.18	3.64	116.73	4.45	124.83	4.26

หมายเหตุ

1. Box'M test = 3.083, df = 44080.302, Sig = 0.815
2. Levene's Test : Ach : F = 0.172, Sig = 0.680, Cri : F = 0.001, Sig = 0.976,
AQ : F = 2.500, Sig = 0.118
3. Bartlett's Likelihood = 0.000, Approx Chi-square = 17.276, df = 5, Sig = 0.004

จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) พบว่า เป็นไปตามข้อตกลงที่กำหนดไว้ ดังนั้น จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน แสดงผลดังตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อวิเคราะห์จากค่าสถิติ Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace, Roy's Largest Root แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ 1

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค จำแนกตามกลุ่มรูปแบบการสอนในการทดลองจริง

Multivariate Tests	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's Trace	.647	46.500	3.000	76.000	.000
Wilks' Lambda	.353	46.500	3.000	76.000	.000
Hotelling's Trace	1.836	46.500	3.000	76.000	.000
Roy's Largest Root	1.836	46.500	3.000	76.000	.000

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
รูปแบบ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (Ach)	490.050	1	490.050	48.514	0.000
การสอน	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Cri)	273.800	1	273.800	18.357	0.000
	ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (AQ)	1080.450	1	1080.450	68.765	0.000
Error	Ach	787.900	78	10.101		
	Cri	1163	78	14.915		
	AQ	1225	78	15.712		
Total	Ach	40794.000	80			
	Cri	136574.000	80			
	AQ	1323286.000	80			

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการสอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรอย่างไร ซึ่งทำการทดสอบด้วย Univariate Test ผลการทดสอบ พบว่า นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานที่ 2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

การทดสอบสมมติฐานที่ 2 นำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) มาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ผลการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ พบว่า เมื่อวิเคราะห์จากค่าสถิติ Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace, Roy's Largest Root แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ 2

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค จำแนกตามการวัด (ก่อนเรียน – หลังเรียน) ของนักเรียนกลุ่มทดลองในการทดลองจริง

Multivariate Tests	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Pillai's Trace	.899	226.717	3.000	76.000	.000
Wilks' Lambda	.101	226.717	3.000	76.000	.000
Hotelling's Trace	8.949	226.717	3.000	76.000	.000
Roy's Largest Root	8.949	226.717	3.000	76.000	.000

Tests of Between-Subjects Effects							
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
ก่อนเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (Ach)	2726.113	1	2726.113	261.425	0.000	
หลังเรียน	ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ (Cri)	4712.450	1	4712.450	218.597	0.000	
	ความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรค (AQ)	2565.113	1	2565.113	145.314	0.000	
Error	Ach	813.375	78	10.428			
	Cri	1681.500	78	21.558			
	AQ	1376.875	78	17.652			
Total	Ach	32003.000	80				
	Cri	105940.000	80				
	AQ	1284375.000	80				

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การวัด (ก่อนเรียน – หลังเรียน) ของกลุ่มทดลอง ส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคอย่างไร ซึ่งทำการทดสอบด้วย Univariate Test ผลการวิเคราะห์ พบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 5 ผลการประเมินรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

**เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด
อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

ผลการประเมินรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการประเมินในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบมีรายละเอียด ดังนี้

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หลังเรียนของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 24.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.13 ขณะที่ของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 19.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.22 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 42.95 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.81 ขณะที่ของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 39.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.91 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังเรียนของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 132.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.64 ขณะที่ของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 124.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.26 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า คะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการเปรียบเทียบมีรายละเอียด ดังนี้

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนเท่ากับ 13.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.32 ขณะที่หลังเรียนเท่ากับ 24.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.13 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนเท่ากับ 27.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.35 ขณะที่หลังเรียน เท่ากับ 42.95 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.81 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

คะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนเท่ากับ 120.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.69 ขณะที่หลังเรียน เท่ากับ 132.18 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.64 ผลการเปรียบเทียบ พบว่า คะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องนี้ สรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1.2 เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน(O – NET) ปีการศึกษา 2554 – 2559 ผลการทดสอบในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment :PISA) ในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ในช่วงปี 2543 – 2558 และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นจำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบประเมินตนเองของนักเรียน ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ฉบับที่ 2 แบบประเมินนักเรียน โดยครู ด้านความสามารถทางฟิสิกส์
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ฉบับที่ 3 แบบสอบถามครู เรื่อง สภาพและปัญหาการจัดการเรียน
การสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

**ขั้นตอนที่ 2 พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการ
เผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ
วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล

หลักการของรูปแบบการสอนพัฒนาโดยอาศัยพื้นฐานจากทฤษฎีที่
เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิด
อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเอง จากนั้นนำหลักการของรูปแบบการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงผลที่คาดว่าจะ
เกิดขึ้นกับนักเรียนภายใต้หลักการแต่ละข้อเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน

การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน
ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญ
และฝ่าฟันอุปสรรค เพื่อกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน และ
วิเคราะห์แนวทางการวัดและประเมินผลของการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ถูกประเมินความเหมาะสม
โดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงรูปแบบการสอนตามข้อเสนอแนะ

**ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมี
วิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน
ปลายโดยศึกษานำร่อง**

รูปแบบการสอนถูกปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้น
ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการสอนในสภาพการสอนจริง เครื่องมือ
สำหรับการศึกษานำร่อง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ และ
เครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่

แบบต่างๆ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษานำร่อง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 200 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 31 คน ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest – Posttest Design) โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการสอนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 3 สัปดาห์ รวม 9 ชั่วโมง

สรุปและประเมินผลการศึกษานำร่อง (Pilot Study) และนำผลการศึกษามาใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนก่อนการทดลองจริง

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริง

รูปแบบการสอนถูกปรับปรุงโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษานำร่องจากนั้นนำมาทดลองจริง เครื่องมือสำหรับการทดลองจริง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ มีเนื้อหาประกอบด้วย 1) สนามของแรง 2) การเคลื่อนที่ 3) คลื่นกลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ 4) กัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ และเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ประชากรที่ใช้ในการทดลอง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 200 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คนและ 2) กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การประเมินผลรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1) เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาศภาพปัจจุบัน

ผลการศึกษาศภาพปัจจุบัน แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคพบว่า นักเรียนประเมินตนเองด้านความสามารถทางฟิสิกส์ มีความสามารถระดับปานกลาง ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถระดับ ดี ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค มีความสามารถระดับ ดี

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินนักเรียน โดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค พบว่า ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ประเมินนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ มีความสามารถระดับปานกลาง ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถระดับ ปานกลาง ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค มีความสามารถระดับ ปานกลาง

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชา ฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากการสอบถามครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 พบว่า สภาพและปัญหาการจัดการเรียน การสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีความเหมาะสม ร้อยละ 90.27 และมีปัญหาระดับปานกลาง ร้อยละ 34.14

ตอนที่ 2 ผลการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยหลักการของรูปแบบการสอนประกอบด้วย หลักการสำคัญ 4 ประการ คือ 1) เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมในรูปแบบ PTEM ซึ่งประกอบด้วย ฟิสิกส์ (Physics:P) เทคโนโลยี (Technology:T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering:E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) โดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ได้กำหนด ไว้ 2) จัดการเรียนรู้โดยนักเรียนลงมือกระทำ โดยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ โดยมีครูทำ หน้าที่สนับสนุน อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน 4) นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถใน การเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจน บรรลุเป้าหมายที่ต้องการและมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) เพื่อ พัฒนาศักยภาพในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่า ฟันอุปสรรค

กระบวนการจัดการเรียนการสอนมี 2 ขั้นตอน คือ 1).**ขั้นตอนการสร้าง สถานการณ์ปัญหา** โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E ได้แก่ **Physics (P)** หมายถึง ครูผู้สอนวิเคราะห์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สาระ ที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์จะได้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่จะนำมาใช้ในการจัดการ เรียนรู้ลำดับต่อมา คือ **Technology (T)** หมายถึง ครูผู้สอนเลือกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาระ/ ตัวชี้วัดที่ต้องการสอน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง วิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยคำนึงถึงบริบทของนักเรียน ในแต่ละพื้นที่เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริงลำดับต่อมาครูผู้สอนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง **Physics and Mathematics (PM)** โดยนำเทคโนโลยีที่ต้องการให้นักเรียนศึกษามาวิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (Physics:P) กับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) ผลการวิเคราะห์นำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และ **Engineering (E)** หมายถึง ขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์ปัญหาซึ่งจะนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด โดยผู้เรียนจะต้องบูรณาการความรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (P) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์(E)2 **ขั้นตอนการสอน** ประกอบด้วย **ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา** เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบไว้ ครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่จะเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนเตรียมพร้อมในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ครูสามารถประเมินความรู้เดิมของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ การตอบคำถามของนักเรียน เป็นต้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การระบุประเด็นปัญหา**ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ** เป็นกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยแบ่งได้ 2 กิจกรรม ได้แก่ (1) กิจกรรมในห้องเรียน คือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลางซึ่งครูจัดขึ้น เช่น กิจกรรมการทดลอง กิจกรรมการสาธิต กิจกรรมการอภิปราย เป็นต้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้แกนกลางตามที่หลักสูตรกำหนด หลังจากเสร็จกิจกรรมครูจะให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเองและพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการส่งเสริมให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลด้วยวิธีการอุปนัยหรือนิรนัย (2) กิจกรรมนอกห้องเรียน คือ กิจกรรมการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ครูอาจให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่างๆเพื่อให้นักเรียนไปศึกษา ครูจะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยฝึกให้นักเรียนตระหนักถึงข้อมูลที่ได้มามีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาและแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ **ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน**เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เก็บรวบรวมและจัดระบบเรียบร้อยแล้วมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานมากกว่า 1 สมมติฐาน **ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน** เมื่อนักเรียนได้สมมติฐานจากขั้นตอนที่ 4 แล้ว นักเรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน โดยนักเรียนร่วมกันกำหนดข้อมูลและเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกสมมติฐาน **ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน** นักเรียนนำสมมติฐานที่เลือกมาใช้ในการผลิตผลงาน ซึ่งผลงานของนักเรียนจะมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทของเนื้อหา เช่น ผลงานสิ่งประดิษฐ์ แนวทางการแก้ปัญหาแบบจำลอง เป็นต้นถ้าผลงานของนักเรียนไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องแนะนำชี้แนะเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยใช้แนวทางการพัฒนา

ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ตามขั้นตอน The LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล จี สคอลลท์ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใหม่ ได้แก่ L: Listen to your adversity response หมายถึง ครูจะต้องประเมินการตอบสนองต่ออุปสรรคของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนไม่มีการตอบสนอง ต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้นหรือนักเรียนไม่มีความพยายามในการผลิตผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องดำเนินการในขั้นตอนถัดไปคือ E: Explore all origins and your ownership of the result. หมายถึง การสำรวจต้นเหตุและความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ นักเรียนค้นหาสาเหตุของอุปสรรค เช่น อะไรคือสาเหตุที่ทำให้ไม่บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ นักเรียน คิดว่ามีวิธีการใดบ้างที่จะทำให้ดีกว่านี้ เป็นต้น ลำดับต่อมา A: Analyze the evidence. หมายถึง การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุงผลงาน โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหา แนวทางแก้ไข เช่น จะแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างไร เป็นต้น และ D: Do something หมายถึง การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา เมื่อนักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคแล้ว ครูจะต้องสนับสนุนและเสริมแรงเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาหรือ อุปสรรค และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน นักเรียนจะนำเสนอผลงานให้กับเพื่อนในชั้นเรียน ทราบ โดยผลงานของนักเรียนจะถูกประเมินโดยครู เพื่อนในห้องเรียนและกลุ่มนักเรียนเอง ข้อมูลที่ ได้จากการประเมินผลงานจะนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในครั้งต่อไป

การวัดประเมินผลของรูปแบบการสอนดำเนินการ 2 ลักษณะ คือ

1) การวัดและประเมินผลระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ที่กำหนดไว้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนในแต่ละด้าน 2) การวัดและประเมินผลหลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัด ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ตอนที่ 3 ผลการนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริงและผลการ ประเมินรูปแบบการสอน

ผลการทดสอบสมมติฐานมีดังนี้

สมมติฐานที่ 1 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการสอนแบบปกติพบว่า เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 เมื่อวิเคราะห์ในแต่ละตัวแปร พบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานที่ 2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 เมื่อวิเคราะห์ในแต่ละตัวแปร พบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการพัฒนา รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีประเด็นการอภิปราย 2 ประเด็น คือ การพัฒนารูปแบบการสอนและการประเมินผลรูปแบบการสอน

1.1 การพัฒนารูปแบบการสอน

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการศึกษา ค้นคว้า ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลของการศึกษาช่วยให้ผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบของ รูปแบบการสอนและเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆให้มีความสัมพันธ์กัน โดยอาศัยหลักการจาก ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Joyce and Weil (1996) ที่กล่าวว่ารูปแบบการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ และเมื่อพัฒนารูปแบบการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลายจะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎี และตรวจสอบคุณภาพในเชิงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงและนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบที่พัฒนาขึ้นผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมระดับ มากที่สุด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงก่อนที่จะมีการศึกษานำร่อง ผลการศึกษานำร่องช่วยให้ผู้วิจัยพบจุดอ่อนของรูปแบบการสอนขณะใช้ในสภาพจริง เช่น ขั้นตอนการสอนขาดความต่อเนื่อง นักเรียนไม่สามารถกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจได้ นักเรียนกำหนดสมมติฐานหรือแนวทางการแก้ปัญหาวิธีการเดียว เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ผู้วิจัยนำมาใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ผลการสังเคราะห์ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E เป็นแนวทางให้ครูออกแบบหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้นจึงเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาของ Pual Eggen and Don Kauchak (2012) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดหัวข้อการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 3 กำหนดหัวข้อปัญหา และขั้นตอนที่ 4 จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จุติพร อัสวโศวรรณ, วัฒนา มัคคสมัน, ปรีชา เนาว์เย็นผล, และสุมาลี กาญจนชาติ. (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยกระบวนการของรูปแบบการสอนมีขั้นตอนการพัฒนาขอบเขตเนื้อหาและสร้างหน่วยบูรณาการก่อนที่จะปฏิบัติการสอน ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาส่งผลให้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นอิงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่ต้องการสะท้อนคุณภาพผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

2. ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย การระบุประเด็นปัญหา การสำรวจตรวจสอบ การตั้งสมมติฐาน การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน การผลิตผลงาน การประเมินผลงาน ขั้นตอนการสอนดังกล่าวสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ฉบับแก้ไขปรับปรุง (ครั้งที่ 2) พุทธศักราช 2545 หมวดที่ 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 24 มีสาระสำคัญ คือ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น บูรณาการสาระความรู้ด้านต่างๆอย่างสมดุลและเกิดการใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นเน้นให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาโดยบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีการสอดแทรกกระบวนการสืบเสาะในขั้นตอนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ Hiong and Osman (2015) ได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา BTEM Module (Biology, Technology, Engineering and Mathematics Module) โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry - Based Learning) เป็นพื้นฐานเพื่อให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนได้

1.2 การประเมินผลรูปแบบการสอน

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีผลต่อตัวแปรทั้งสามดังนี้

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยึดหลักการเรียนรู้แบบองค์รวม นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ลงมือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยสนับสนุน ขั้นตอนการสอนขั้นตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา จะกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากร่วมแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 2 สำรวจ

ตรวจสอบ นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามที่ครูได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพฤติกรรม การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analyzing) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ตามแนวคิดของบลูม และปรับปรุงโดยแอนเดอร์สัน ในปี 2001 (พิศิษฐ ตันทวนิช, 2558) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหา มีความตั้งใจในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาดีละห์ เจ๊ะแม, ณัฐณี โมพันธ์, และมัสดี แวดราแม (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการวางแผน กำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบและเปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจโดยใช้การตั้งคำถาม จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และสอดคล้องกับ กฤษณา นันขันธ์, นงนิตย์ มรกต, และชาติไทย แก้วทอง (2555) พบว่าการกระตุ้นด้วยคำถามเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน มีการพัฒนาความคิดส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยึดหลักการให้นักเรียนลงมือกระทำและมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ด้วยตนเอง กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น สืบเคราะห์มาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ส่งผลให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทุกด้าน ประกอบด้วย ด้านการระบุประเด็นปัญหา ถูกพัฒนาในขั้นตอนที่ 1 ครูจะให้สถานการณ์ปัญหาแก่นักเรียน นักเรียนจะได้ฝึกการตั้งคำถามและระบุสาระสำคัญของสถานการณ์ดังกล่าวเพื่อกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนที่ 2 นักเรียนจะได้รับการพัฒนาความสามารถในการรวบรวมข้อมูล สามารถแยกแยะข้อมูลจริง ข้อมูลที่เป็นความคิดเห็น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ข้อมูลทั้งหมดที่นักเรียนรวบรวมได้ทั้งจากในห้องเรียนและนอกห้องเรียนจะถูกจัดระบบและสรุปข้อมูลแบบอุปนัยและแบบนิรนัย ขั้นตอนที่ 3 นักเรียนได้รับการพัฒนาการตั้งสมมติฐาน โดยใช้ความรู้จากขั้นตอนที่ 2 เป็นพื้นฐาน และขั้นตอนที่ 4 นักเรียนจะฝึกการกำหนดเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือก

สมมติฐาน ซึ่งเป็นความสามารถในด้านการประเมินค่าสภาพการสอนในแต่ละขั้นตอนส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนากระบวนการคิดและกระบวนการตั้งเป้าหมายอย่างมีระบบ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yee , Tan and Lee (2015) พบว่า องค์ประกอบดังกล่าวมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ได้และสอดคล้องกับกลยุทธ์เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Strategies) ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การกำกับและประเมิน เป็นการพัฒนานักเรียน เรียนรู้วิธีการเรียน (Learn how to learn) และเรียนรู้วิธีการคิด (Learn how to think) ซึ่งช่วยให้การเรียนรู้และงานที่ทำประสบความสำเร็จ (พาสนา จุลรัตน์, 2556)

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีหลักการให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ โดยใช้ขั้นตอน The LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล จี สดอลท์ซ ซึ่งมีความเชื่อว่าบุคคลสามารถประสบความสำเร็จได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงนิสัยของการคิด (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ถูกสอดแทรกอยู่ในขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน ครูจะคอยสังเกตการทำงาน of นักเรียน ผลการสังเกต พบว่า ผลการตอบสนองของนักเรียนในการผลิตผลงานจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) นักเรียนที่ไม่พยายามจะทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (2) นักเรียนที่ผลิตผลงานได้สำเร็จแต่ไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ (3) นักเรียนที่ผลิตผลงานได้สำเร็จและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2552) ได้กล่าวว่า พอล จี สดอลท์ซ แบ่งบุคคล 3 ประเภท ซึ่งเปรียบเทียบกับนักไต่เขา ประกอบด้วย (1) คนไม่สู้ (Quiter) หมายถึง คนที่ไม่ทำอะไรพร้อมที่จะถอยหนีและถอนตัวสามารถเทียบได้กับนักเรียนกลุ่มที่ 1 ของการวิจัยครั้งนี้ (2) นักตั้งแคมป์ หมายถึง นักไต่เขาที่มีความพยายามไปถึงจุดที่ตั้งแคมป์ได้ แต่ไม่ประสบผลสำเร็จหากไม่ป็นต่อไป สามารถเทียบได้กับนักเรียนกลุ่มที่ 2 ของการวิจัยครั้งนี้ (3) นักต่อสู้ (Climber) หมายถึง กลุ่มคนที่มีความคิดเห็นว่าทุกสิ่งทุกอย่างสามารถเป็นไปได้ ไม่ยอมให้ปัจจัยใดๆมาเป็นอุปสรรคขวางความสำเร็จ สามารถเทียบได้กับนักเรียนกลุ่มที่ 3 ของการวิจัยครั้งนี้ โดยนักเรียน 2 กลุ่มแรก จะพบในช่วงแรกของการทดลอง ครูจะต้องใช้ The LEAD Sequence เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียน ในระยะต่อมา พบว่า นักเรียน 2 กลุ่มนี้ สามารถผลิตผลงานได้สำเร็จและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับการศึกษาของ สิริวรรณ วงศ์พงศ์เกษม (2554) ซึ่งได้ศึกษาผลของโปรแกรมพัฒนานักเรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยนำแนวทาง The LEAD Sequence มาใช้ในการออกแบบ โปรแกรมพัฒนานักเรียน พบว่า นักเรียนที่เข้าร่วมโปรแกรมฯ มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่าก่อนเข้าร่วม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับการศึกษาของ วันดี จันทร์ลอย (2549) พบว่า เมื่อนักเรียนถูกรับการฝึกให้แก้ปัญหา วางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ นักเรียนจะเกิดทักษะการทำงาน กระบวนการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาด้วยการพิจารณาไตร่ตรองจากเหตุผลเพื่อให้งานสำเร็จไปด้วยดี ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ คิดอย่างมีเหตุผล โดยมีสถานการณ์ปัญหาเป็นเครื่องมือสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ สอดคล้องกับการศึกษาของ จินดา น้ำเจริญ และสุจินดา ขจรรุ่งศิลป์ (2556) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ผ่านการลงมือปฏิบัติ ผ่านการคิดและนำความรู้สึกลงสู่ใจ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค นอกจากนี้ จินดาพร ไชยคำ, นุชวณา เหลืองอังกูร, และบังอร กุมพล (2560) กล่าวว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพราะ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นความต้องการของบุคคลที่จะทำสิ่งต่างๆให้สำเร็จลุล่วงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ดังนั้น นักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทำให้นักเรียนมีความเอาใจใส่ มุ่งมั่นและตั้งใจจนทำให้มีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงด้วย

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

3.1.1 ด้านการกำหนดนโยบาย

สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2556) จากผลการประเมินคุณภาพภายนอก รอบสาม (พ.ศ.2554 -2558) ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีข้อเสนอแนะ คือ ควรส่งเสริมและมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพนักเรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตร โดยเฉพาะให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง มีวิสัยทัศน์ มีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รักการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ควรนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ไปใช้ในสถานศึกษาเนื่องจากมีลักษณะที่สอดคล้องกับข้อเสนอแนะดังกล่าว โดยผู้บริหารจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เพื่อจะได้ส่งเสริม สนับสนุนและกำหนดทิศทางการดำเนินงานตามบริบทของโรงเรียนและศักยภาพของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.2 ด้านการพัฒนาการเรียนการสอน

1) รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ดังนั้น ครูต้องมีความรอบรู้ในด้านเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วิทยาศาสตร์(ฟิสิกส์) เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เป็นอย่างดี เพื่อให้การออกแบบหน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลกับนักเรียน

2) ครูควรเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้อำนวยความสะดวกและส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาและสามารถนำความรู้ในเนื้อหาไปใช้ในการผลิตผลงานได้อย่างสร้างสรรค์

3) ครูควรศึกษาคู่มือการใช้รูปแบบการสอนอย่างละเอียด ก่อนการนำรูปแบบการสอนไปใช้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีความเชื่อมโยงกัน และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอน

3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับชั้นอื่นๆด้วยเพื่อให้ครอบคลุมนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2) ควรศึกษาผลการเรียนรู้จากรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในด้านอื่นๆ ได้แก่ (1) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551และ(2) ทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

3) การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ การทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทดสอบความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคไม่ควรดำเนินการในคราวเดียวกัน เพราะจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความล้า เบื่อ ไม่อยากทำ อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรรณิกา สุขสมัย. (2549). การพัฒนามาตรวัดความสามารถในการฝ่าฟันอุปสรรคตามทฤษฎีของ สดออลท์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กรรณิการ์ ภิมรัตน์. (2554). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สถาบันวิจัยและพัฒนา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไข เพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- _____. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 . กรุงเทพฯ: ชุมชน สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษณา นันขันธ์, นงนิตย์ มรกต, และชาติไทย แก้วทอง. (2555). การเปรียบเทียบผลการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบ 4 MAT กับที่ได้รับการสอนแบบปกติ. *วารสารมหาวิทยาลัย นครพนม*, 2(1), 85 – 92.
- กัญญาภัทร เข็มขุนทด, บุญชม ศรีสะอาด, และกนกพร ทองสอดแสง (2558). การเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนต์มัมและการชน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคอนสตรัคติวิซซิมกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(2), 20 - 31.
- กาญจนา จันทร์ประเสริฐ, มานิต บุญประเสริฐ, และพรรณราย ทรัพย์ประภา. (2555). การพัฒนา รูปแบบการเรียนรู้แบบนำตนเองโดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการสอนวิชาฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ. *Journal of Education*, 23(3), 162 - 173.
- เกียรติกำจร กุศล และฐิติพร ปานมา. (2554). บทบาทผู้ประสานงานรายวิชา อาจารย์ประจำกลุ่ม และผู้เรียน การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครศรีธรรมราช: ดิษฐ์. แขนงวิชาวัดและประเมินผลการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2544). ชุดวิชา 24703 การพัฒนาเครื่องมือสำหรับประเมินการศึกษา. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

- เลย์, เค. (2554). *ทักษะแห่งอนาคตใหม่: การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21* [21 st Century Skills : Rethinking how students learn] (พิมพ์ครั้งที่ 2). (วราพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และ อธิป จิตตฤกษ์, ผู้แปล). กรุงเทพฯ : โอเพ่นเวิลด์ส์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *ปัจจัยที่ทำให้ระบบโรงเรียนประสบความสำเร็จ ข้อมูลพื้นฐานจากโครงการ PISA 2012*. กรุงเทพฯ : เปเปอร์ พรีนธ์.
- จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนา, วิชัย วงษ์ใหญ่, และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษา. *Viridian E-journal*, 8(1), 62 - 74.
- จินดา น้ำเจริญ และ สุจินดา ขจรรุ่งศิลป์. (2556). รูปแบบการฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมสร้างความสามารถในการเผชิญอุปสรรคในการปฏิบัติการสอน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 13(1), 112 – 126.
- จินดาพร ไชยคำ, นุชานา เหลืองอังกูร, และ บังอร กุมพล. (2560). ปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดนครพนม. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 23 (ฉบับพิเศษ), 16 – 27.
- จตุพร อัสวโสรธรรม, วัฒนา มัคคสมัน, ปรีชา เนาว์เย็นผล, และสุมาลี กาญจนชาติรี. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยการจัดการประสบการณ์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์* 5 (3) , 81 - 95.
- จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี และ วัชรภรณ์ แก้วดี. (2557). ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ชั้นการเรียนรู้แบบอนุमानเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 9(4), 328 - 342.
- เจริญขวัญ รัตนวงษา. (2554). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดที่มีต่อระดับความเครียด ความจำขณะทำงาน การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *เทคนิคการใช้คำถาม พัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- _____. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง* (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ไชยรัตน์ สุริยคุปต์, ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, และอิสรา ก้านจักร. (2555). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ 2 ว30202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดการเรียนรู้แบบแผนผังมโนมิตร่วมกับกระบวนการสอนสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 35(1), 31 - 37.
- ทวีพงศ์ ศรีสุวรรณ. (2553). *การจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ วิชา ฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ทิพย์วัลย์ สุทิน และปิยพงศ์ โชติพันธุ์. (2554). *การสร้างและพัฒนาโจทย์ปัญหา การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครศรีธรรมราช: ดิซัย.
- ทิสนา แจมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 14). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2556). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ระดับอุดมศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปริญญาตรี ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ [WU1][WU2], กรุงเทพฯ
- ธีราพร นามวงศ์. (2555). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ของไหล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- นวลจันทร์ จุฑาภักดีกุล. (2558). เด็กยุคดิจิทัล. ใน *สารานุกรมศึกษาศาสตร์ (Encyclopedia of Education)* (น.79 – 83). สืบค้นจาก <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/ENEDU/article/view/6704/6315>.

- นิพนธ์ ชาญอัมพร, และชาติรี ใต้ฟ้ากุล. (2558). รูปแบบการดำเนินชีวิตและความคิดเห็นต่อรายการโทรทัศน์ของเด็กเจนเนอเรชั่นแซด. *วารสารการประชาสัมพันธ์และการโฆษณา*, 8(2), 73-92.
- บรรจง อมรชีวิน. (2554). *Thinking School สอนให้คิด*. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ประทักษ์ ลิขิตเลอสรวง. (2543). *ระบุ AQ ตัวชีวิตใหม่ ไอคิว-อีคิวสูง ไม่พอดำรงชีพกับการต่อสู้ความลำบาก*. สืบค้นจาก <http://krissy461.tripod.com/parents2.htm>
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาความคิด*. กรุงเทพฯ : เทคนิคพรินติ้ง.
- ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี, ประสาธน์ เนื่องเฉลิม , และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(ฉบับพิเศษ), 401 - 418.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พาสนา จุฬรัตน์. (2556). เมตาคอกนิชันกับการเรียนรู้. *วารสารวิชาศึกษาศาสตร์*, 14(1), 1-17.
- พิศิษฐ วัฒนาวณิช. (2558). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง*, 3(2), 13-25.
- ไพฑูริย์ สีนลาร์ตัน, นวลจิตต์ ชาวศิริพิงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, และไสว พิภขาว. (2557). *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์.
- ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2559) *TEPE – 55206 การพัฒนาการคิดขั้นสูง*. สืบค้นจาก http://www.krukird.com/TEPE_55206.pdf
- ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (2551). *พื้นฐานการวิจัยการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กอพลินธุ์: ประสานการพิมพ์.

- มนตรี มณีวงษ์. (2558). ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, (ฉบับพิเศษ), 527 - 541.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วัลย์ลักษณ์ คตะวงศ์. (2555). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (ปริญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- วัฒนา ปัดถาโร. (2552). *กระบวนการกลุ่มเพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (AQ) ของเยาวชนในศูนย์ฝึกและอบรมเด็กและเยาวชน เขต 4 จังหวัดขอนแก่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- วันดี จันทร์ลอย. (2549). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการเผชิญปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- วัลดี ตัทยาชัย. (2547). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก: รูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: บั๊คเน็ต.
- คันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ. (2544). *ฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- ศิริรัตน์ จำปีเรือง และอมรรัตน์ วัฒนาธร. (2553). ความรู้ที่จำเป็นของคนยุคเศรษฐกิจฐานความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 12(1), 165 - 171.
- ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ. (2543). *การเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สตอลท์ซ, พี จี. (2548). *AQ อัดเกินพิกัด [Adversity Quotient: Turning Obstacles into Opportunities]* (พิมพ์ครั้งที่ 1) (ธีรศักดิ์ กำบรรณารักษ์, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: บิสิต (ในเครือเอ็กซ์เปอร์เน็ทบุ๊กส์).

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- _____. (2557). *ความรู้เบื้องต้น สะเต็ม*. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- _____. (2558). *การติดตามผลการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของครู ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ออนไลน์)*. สืบค้นเมื่อ 19 กรกฎาคม 2558. สืบค้นจาก www.research.ipst.ac.th
- สมนึก กัทฑิษฐิณี, จุฑาทิพย์ชาติสุวรรณ, และวิภาวดี คำดี. (2548). การสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking Test). *วารสารวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 11 , 1 - 15.
- สมนึก กัทฑิษฐิณี. (2551). *เทคนิคการสอนและรูปแบบการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กทม: ประสานการพิมพ์.
- _____. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กทม: ประสานการพิมพ์.
- สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2552). *ความคิดวิจารณ์ นวัตกรรมและกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อการพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ : สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย.
- สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). *การจัดการเรียนการสอน*. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2559. สืบค้นจาก www.physics.ipst.ac.th
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2558). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). *การศึกษายอดความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของคนไทยที่พึงประสงค์: ความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรค (Adversity Quotient: AQ)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *สรุปผลการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสาม (พ.ศ.2554 - 2558) ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปี พ.ศ.2554*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201 - 207.

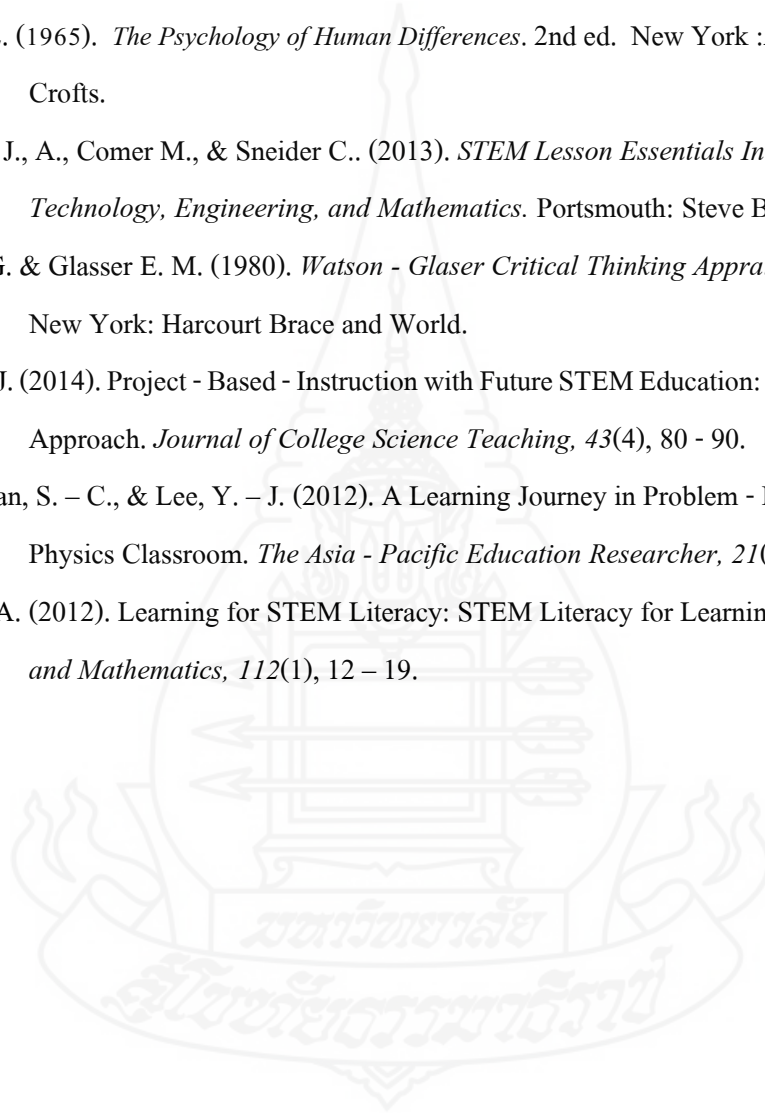
- ศิริวรรณ วงศ์พงศ์เกษม. (2554). ผลของโปรแกรมพัฒนาผู้เรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซนต์คอมมิค. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.
- ไสว วีระพันธ์. (2554). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ (ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- อติชัย ชูตระกูลวงศ์ และอลิสรา ชูชาติ. (2557). ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 9(1), 383 - 397.
- อลิสรา ชูชาติ, โกเมศ นาแจ้ง, และวรรณานาคศรีอาภรณ์. (2558). TEPE - 55112 วิทยาศาสตร์ : ฟิสิกส์. สืบค้นจาก <http://www.krukird.com/55112.pdf>.
- อสมมา มาตยานุญ. (2550). การใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเรยีนาเชลีวิทยาลัย. (ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อัญชลี ชยานุวัชร. (2554). แนวคิดและกระบวนการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. (พิมพ์ครั้งที่ 1). นครศรีธรรมราช: ดีชัย.
- อาดิละห์ เจ๊ะแม, ณัฐนิ โมพันธ์, และ ม้อดี แวดราแม. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 5 (1), 11 - 23.
- Afolabi, Akinbobola, A. O., & Folashade (2009). Constructivist Practices Through Guided Discovery Approach: The Effect on Student's Cognitive Achievement in Nigerian Senior Secondary School Physics. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 3(2), 233 - 252.
- Anastasi, A (1961). *Psychological Testing*. 2nd ed. New York: Macmillan.

- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I. R., Mutakinati, L., & Kumano Y. (2015).
 Implementtation of Authentic Learning and Assessment through STEM Education
 Approach to Improve Student's Metacognition Skills. *k - 12 STEM Education*, 1(3),
 123 - 136.
- Beyer, B.K. (1987). *Practical Strategies for the Teaching of Thinking*. Boston: Allyn and Bacon.
- Bloom, Benjamin S. (1982). *Human Characteristics and School Learning*. New York:
 McGraw-Hill.
- Brody, E.B. & Brody, N. (1976). *Intelligence*, New York : Academic Press.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning.
 An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* .
 Rotterdam: Sense Publishers.
- Cattel, R.B. (1965). *The Scientific Analysis of Personality*. Harmondsworth : Penguin.
- Cottrell, S. (2002). *Critical Thinking Skills*. New York: Palgrave Macmillan.
- Delislse, R. (1997). *How to Use Problem - Based Learning in The Classroom*. Alexandria: ASCD.
- Doymus, Akcay N. O., & Kemal (2014). The Effect of Different Method of Cooperetive Learning
 Model on Academic Achievement in Physics. *Journal of TURKISH SCIENCE
 EDUCATION*, 11(4) , 17 - 30.
- Eggen, P., & Kauchak, D. (2012). *Strategies and Models for Teachers: Teaching Content and
 Thinking Skills*. Boston: Pearson Education,Inc.
- Ennis, R.H., Millman, J. & Tomko, T.N. (1985). *Cornell Critical Thinking Tests*. Pacific Grove,
 California: Midwest Publications.
- Eryilmaz, Ates O., & Ali. (2011). Effectiveness of Hands - On and Minds - On Activities on
 Student's Achievement and Attitudes Toward Physics . *Asia - Pacific Forum on
 Science Learning and Teaching*, 12(1), 1 - 22 .
- Fogarty, R. (1997). *Problem - Based Learning and Other Curriculum Models for The Multiple
 Intelligences Classroom*. Glenview: Pearson Education, Inc.
- Good, C. V. (1979). *Dictionary of Education. (3rd ed)*. Newyork: McGraw - Hill Book Company.
- Grant, G. E. (1988). *Teaching Critical Thinking*. New York: Praeger Publishers.

- Gulbahar, Kalelioglu, F., & Yasemin. (2014). The Effect of Instructional Techniques on Critical Thinking and Critical Thinking Disposition in Online Discussion. *Journal of Educational Technology & Society*, 17 (1), 248 - 258.
- Halpern, D. F. (1999). Teaching for Critical Thinking: Helping College Students Develop the Skills and Dispositions of a Critical Thinker. *New Directions for Teaching and Learning*, 80 (Winter), 69 - 74.
- Hansen, M., & Gonzalez, T. (2014). Investigating the Relationship Between STEM Learning Principles and Student Achievement in Math and Science. *American Journal of Education*, 120(2), 139 - 171.
- Harvighurst, R.J. & Neugarten, B.L. (1969). *Society and Education*. Boston: Allyn and Bacon.
- Hiong, L. C., & Osman, K. (2015). An Interdisciplinary Approach for Biology, Technology, Engineering, Mathematics (BTEM) to Enhance 21st Century Skill in Malaysia. *K - 12 STEM Education*, 1(3), 137 - 147.
- Hirca, N. (2011). Impact of Problem - Based Learning to Students and Teachers. *Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(1), 1 - 19.
- Joyce, B., & Weil, M. (1996). *Models of Teaching*. 5th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Kim K., Sharma P., Land S. M., & Furlong K. P. (2013). Effects of Active Learning on Enhancing Student Critical Thinking in an Undergraduate General Science Course. *Innovative Higher Education*, 38(3), 223 - 235.
- Koehler, C., Binns, I. C., & Bloom, M. A. (2016). The Emergence of STEM. In Carla C. Johnson, Erin E. Peters - Burton, & Tamara J. Moore (Eds), *STEM Road Map. A Framework for Integrated STEM Education* (p. 17). New York: Apex CoVantage, LLC.
- Krauss, J., & Boss, S. (2013). *Thinking Through Project – Based Learning : Guiding Deeper Inquiry*. . California: A Sage Company.
- Kwan, Y. W., & Wong, A. F. (2015). Effect of the constructivist learning environment on student's critical thinking ability: Cognitive and motivational variables as mediators. *International Journal of Educational Research* 70, 68-79.
- Lambros, A (2002). *Problem - Based Learning in K - 8 Classroom: A Teacher's Guide to Implementation*. California: Corwin Press, Inc.

- Nam, L. A & Osman, K. (2017). Developing 21st Century Skills through a Constructivist–Constructionist Learning Environment. *K–12 STEM Education*, 2(3), 205–216.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters - Burton, E. E., & Guzey S. S. (2016). The Need for A STEM Road Map. In Carla C. Johnson, Erin E. Peters - Burton, & Tamara J. Moore (Eds), *STEM Road Map. A Framework for Integrated STEM Education* (p. 5). New York: Apex CoVantage,LLC.
- National Research Council of The National Academies. (2011). *SUCCESSFUL K - 12 STEM EDUCATION : Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Norris, S.P. (1985). Synthesis of Research on Critical Thinking. *Educational Leadership*, 42(8) 40 - 45.
- Paul, R. W. (1990). *Critical Thinking: What Every Person Needs to Survive in a Rapidly Changing World*. Center for Critical Thinking and Moral Critique: Sonoma State University
- Raksapol Thananuwong (2015). Learning Science from Toys: A Pathway to Successful Integrated STEM Teaching and Learning in Thai Middle School. *K - 12 STEM Education*, 1(2), 75 - 84.
- Sahin, M. (2010). Effects of Problem - Based Learning on University Student's Epistemological Beliefs About Physics and Physics Learning and Conceptual Understanding of Newtonian Mechanics. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 266 - 275.
- Saiz, C., Rivas S. F., & Olivares S. (2015). Collaborative Learning Supported by Rubrics Improves Critical Thinking. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, Vol. 15, No.1, February 2015 , 10 - 19.
- Selcuk, G. S. (2010). Correlation Study of Physics Achievement, Learning Strategy, Attitude and Gender in An introductory Physics Course. *Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2) , 1 - 16.
- Selcuk, G.S., Sezgin G., Sahin, M., Acikgoz, & Un K. (2011). The Effects of Learning Strategy Instruction on Achievement, Attitude, and Motivation in a Physics Course. *Research in Science Education*, 41(1) , 39 - 62.

- Stoltz, P. G. (1997). *Adversity Quotient Turning Abstacles into Opportunities*. New York: John Wiley & Son.
- Torp, L., & Sage S. (2002). *Problema as Possibilities: Problem - Based Leaning for K - 16 Education*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
- Tyler, L.E. (1965). *The Psychology of Human Differences*. 2nd ed. New York :Appleton-Century-Crofts.
- Vasquez , J., A., Comer M., & Sneider C.. (2013). *STEM Lesson Essentials Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth: Steve Bernier.
- Watson, G. & Glasser E. M. (1980). *Watson - Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. New York: Harcourt Brace and World.
- Wilhelm, J. (2014). Project - Based - Instruction with Future STEM Education: An Interdisciplinary Approach. *Journal of College Science Teaching*, 43(4), 80 - 90.
- Yeo, J., Tan, S. – C., & Lee, Y. – J. (2012). A Learning Journey in Problem - Based Learning in Physics Classroom. *The Asia - Pacific Education Researcher*, 21(1), 39 - 50.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12 – 19.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สภามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

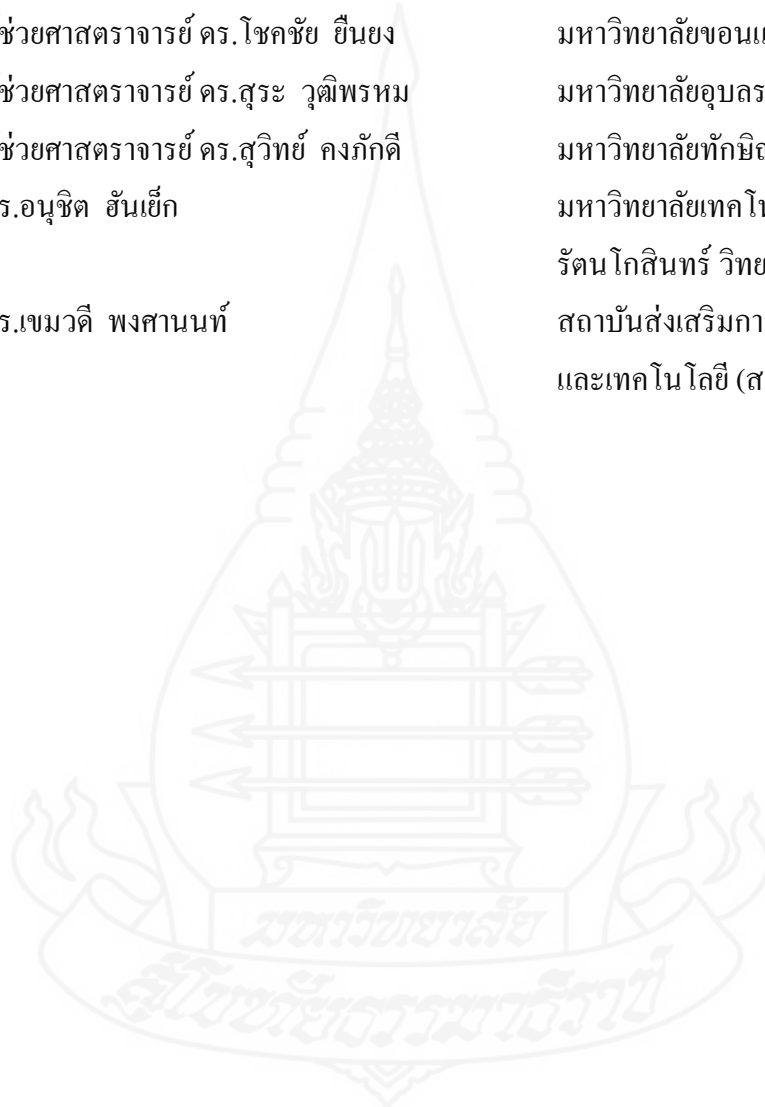


ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
 ตรวจสอบประเมินรูปแบบการสอนและเครื่องมือวิจัย

- | | |
|--|---|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เคะชะคุปต์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติรี ฝ้ายคำดา | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โชคชัย ยืนยง | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุระ วุฒิพรหม | มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ คงภักดี | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 6. ดร.อนุชิต ฮันเย็ก | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
รัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล |
| 7. ดร.เขมวดี พงสานนท์ | สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี (สสวท.) |



ภาคผนวก ข

ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษารายภาพปัจจุบัน



ตารางภาคผนวก ข ที่ 1 ค่าความถี่และร้อยละการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์(N = 412)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน	ระดับความสามารถ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			5	4	3	2	1		
1	ฉันสามารถเลือกใช้สูตร กฎ ได้เหมาะสมกับปัญหาทางฟิสิกส์	คน	37	133	183	37	22	3.30	0.95
		ร้อยละ	8.89	32.22	44.44	8.89	5.56		
2	ฉันสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้	คน	27	124	179	55	27	3.17	0.97
		ร้อยละ	6.67	30.0	43.33	13.33	6.67		
3	ฉันสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้	คน	60	137	142	60	13	3.41	1.02
		ร้อยละ	14.44	33.33	34.44	14.44	3.33		
4	ฉันสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาวิเคราะห์หาความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาได้	คน	41	137	165	55	14	3.33	0.95
		ร้อยละ	10.00	33.33	40.00	13.33	3.33		
5	ฉันสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ในการกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการตัดสินใจได้	คน	37	110	165	82	18	3.16	0.99
		ร้อยละ	8.89	26.67	40.00	20.00	4.44		
6	ฉันสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ได้	คน	50	128	114	92	28	3.20	1.12
		ร้อยละ	12.22	31.11	27.78	22.22	6.67		
รวม		คน	252	767	948	381	124	-	-
		ร้อยละ	10.19	31.03	38.35	15.41	5.02		
รวม							3.26	0.10	

ตารางภาคผนวก ข ที่ 2 ค่าความถี่และร้อยละการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (N = 412)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน	ระดับความสามารถ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			5	4	3	2	1		
1	ฉันสามารถตั้งคำถามหรือระบุประเด็นของปัญหาได้ชัดเจน	คน	64	137	133	78	0	3.46	0.97
		ร้อยละ	15.56	33.33	32.22	18.89	0		
2	นักเรียนสามารถแสวงหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย	คน	128	183	78	23	0	4.01	0.85
		ร้อยละ	31.11	44.44	18.89	5.56	0		
3	ฉันสามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลได้	คน	95	179	92	41	5	3.78	0.96
		ร้อยละ	23.06	43.33	22.22	10	1.11		
4	ฉันสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิเคราะห์ได้	คน	55	133	160	64	0	3.43	0.91
		ร้อยละ	13.33	32.22	38.89	15.56	0		
5	ฉันสามารถนำเสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยอาศัยพื้นฐานของ ความรู้ได้	คน	41	142	174	55	0	3.41	0.85
		ร้อยละ	10.00	34.44	42.22	13.33	0		
6	ฉันสามารถตัดสินใจโดยใช้เหตุผลได้	คน	50	165	151	46	0	3.53	0.85
		ร้อยละ	12.22	40.00	36.67	11.11	0		
รวม		คน	433	939	788	307	5	-	-
		ร้อยละ	17.52	37.99	31.88	12.42	0.20		
รวม							3.60	0.24	

ตารางภาคผนวก ข ที่ 3 ค่าความถี่และร้อยละการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (N = 412)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน	ระดับความสามารถ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			5	4	3	2	1		
1	ฉันสามารถจัดการกับปัญหาต่างๆได้	คน	188	146	73	5	0	4.26	0.79
		ร้อยละ	45.56	35.56	17.78	1.11	0		
2	ฉันสามารถรับรู้ต้นเหตุของปัญหาและรับผิดชอบ โดยไม่ผลักภาระให้กับผู้อื่น	คน	124	174	96	14	5	3.97	0.88
		ร้อยละ	30.00	42.22	23.33	3.33	1.11		
3	ฉันสามารถที่จะเผชิญกับปัญหาที่เข้ามา โดยพยายามหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้น	คน	87	188	133	5	0	3.87	0.75
		ร้อยละ	21.11	45.56	32.22	1.11	0		
4	ฉันสามารถอดทนต่อปัญหาที่ยืดเยื้อได้	คน	87	142	151	18	14	3.66	0.97
		ร้อยละ	21.11	34.44	36.67	4.44	3.33		
รวม		คน	486	650	453	41	18	-	-
		ร้อยละ	29.49	39.44	27.49	2.49	1.09		
รวม							3.94	0.25	

ตารางภาคผนวก ข ที่ 4 ค่าความถี่และร้อยละการประเมินนักเรียน โดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถทางฟิสิกส์(N = 330)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน	ระดับความสามารถ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			5	4	3	2	1		
1	นักเรียนสามารถเลือกใช้สูตร กฎ ได้เหมาะสมกับ ปัญหาทางฟิสิกส์	คน	22	77	187	44	0	3.23	0.77
		ร้อยละ	6.67	23.33	56.67	13.33	0		
2	นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาอธิบาย ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้	คน	11	66	176	77	0	3.03	0.79
		ร้อยละ	3.33	20.00	53.33	23.33	0		
4	นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้ใน การแก้ปัญหาได้	คน	11	55	187	77	0	3.06	0.73
		ร้อยละ	3.33	16.67	56.67	23.33	0		
5	นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาวิเคราะห์หา ความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาได้	คน	22	110	110	88	0	3.23	0.88
		ร้อยละ	6.67	33.33	33.33	26.67	0		
6	นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ในการ กำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการตัดสินใจได้	คน	22	66	154	88	0	3.11	0.83
		ร้อยละ	6.67	20.00	46.67	26.67	0		
7	นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ในการ ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ได้	คน	44	77	143	66	0	3.29	0.89
		ร้อยละ	13.33	23.33	43.33	20.00	0		
รวม		คน	132	451	957	440	0	-	-
		ร้อยละ	6.67	22.78	48.33	22.22	0		
รวม							3.14	0.11	

ตารางภาคผนวก ข ที่ 5 ค่าความถี่และร้อยละการประเมินนักเรียนโดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (N = 330)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน	ระดับความสามารถ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			5	4	3	2	1		
1	นักเรียนสามารถตั้งคำถามหรือระบุประเด็นของปัญหา ได้ชัดเจน	คน	11	66	187	66	0	3.11	0.72
		ร้อยละ	3.33	20.00	56.67	20.00	0		
2	นักเรียนสามารถแสวงหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ หลากหลาย	คน	33	165	132	0	0	3.66	0.64
		ร้อยละ	10.00	50.00	40.00	0	0		
3	นักเรียนสามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของ แหล่งข้อมูลได้	คน	22	143	143	22	0	3.46	0.70
		ร้อยละ	6.67	43.33	43.33	6.67	0		
4	นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการ วิเคราะห์ได้	คน	33	55	187	55	0	3.26	0.82
		ร้อยละ	10.00	16.67	56.67	16.67	0		
5	นักเรียนสามารถนำเสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยอาศัย พื้นฐานของความรู้ได้	คน	11	55	231	33	0	3.17	0.62
		ร้อยละ	3.33	16.67	70.00	10.00	0		
6	นักเรียนสามารถตัดสินใจโดยใช้เหตุผลได้	คน	22	55	209	44	0	3.20	0.72
		ร้อยละ	6.67	16.67	63.33	13.33	0		
รวม		คน	132	539	1089	220	0	-	-
		ร้อยละ	6.67	27.22	55.00	11.11	0		
รวม							3.29	0.21	

ตารางภาคผนวก ข ที่ 6 ค่าความถี่และร้อยละการประเมินนักเรียน โดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (N = 330)

ข้อ	ข้อความ	จำนวน	ระดับความสามารถ					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
			5	4	3	2	1		
1	นักเรียนสามารถจัดการกับปัญหาต่างๆได้	คน	33	132	132	33	0	3.51	0.78
		ร้อยละ	6.67	10.00	10.00	10.00	0		
2	นักเรียนสามารถรับรู้ต้นเหตุของปัญหาและรับผิดชอบโดยไม่ผลักภาระให้กับผู้อื่น	คน	22	55	231	22	0	3.29	0.67
		ร้อยละ	6.67	16.67	70.00	6.67	0		
3	นักเรียนสามารถที่จะเผชิญกับปัญหาที่เข้ามา โดยพยายามหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้น	คน	22	88	187	33	0	3.37	0.73
		ร้อยละ	6.67	26.67	56.67	10.00	0		
4	นักเรียนสามารถอดทนต่อปัญหาที่ยืดเยื้อได้	คน	33	99	143	55	0	3.37	0.84
		ร้อยละ	10.00	30.00	43.33	16.67	0		
	รวม	คน	110	374	693	143	0	-	-
		ร้อยละ	8.33	28.33	52.50	10.83	0		
		รวม						3.39	0.09

ตารางภาคผนวก ข ที่ 7 ค่าความถี่และร้อยละของผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ด้านเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (N = 330)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
1.	มีการสอดแทรกกิจกรรมสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน	คน	264	66	0	44	121	55	44
		ร้อยละ	80.00	20.00	0.00	16.67	45.83	20.83	16.67
2.	มีการสอดแทรกกิจกรรมสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม	คน	308	22	0	55	132	88	33
		ร้อยละ	93.33	6.67	0.00	17.86	42.86	28.57	10.71
3	มีการสอดแทรกกิจกรรมสะเต็มศึกษาในกิจกรรมเสริมหลักสูตร	คน	308	22	0	55	165	44	44
		ร้อยละ	93.33	6.67	0.00	17.86	53.57	14.29	14.29
4	มีการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับเนื้อหาฟิสิกส์และความต้องการของนักเรียน	คน	308	22	0	88	88	99	33
		ร้อยละ	93.33	6.67	0.00	28.57	28.57	32.14	10.71
5	มีการชี้แจงเนื้อหา วัตถุประสงค์ของกิจกรรมสะเต็มศึกษา	คน	275	55	0	66	88	99	22
		ร้อยละ	83.33	16.67	0.00	24.00	32.00	36.00	8.00
6	มีการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	คน	275	55	0	44	88	121	22
		ร้อยละ	83.33	16.67	0.00	16.00	32.00	44.00	8.00

ตารางภาคผนวก ข ที่ 7 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
7	มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โครงงานเป็นฐาน	คน ร้อยละ	275 83.33	55 16.67	0 0.00	66 24.00	99 36.00	66 24.00	44 16.00
8	มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะ	คน ร้อยละ	297 90.00	33 10.00	0 0.00	77 25.93	99 33.33	99 33.33	22 7.41
9	มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาที่หลากหลายสามารถนำไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตรประจำวันได้	คน ร้อยละ	297 90.00	33 10.00	11 3.70	121 40.74	88 29.63	55 18.52	22 7.41
10	มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัด	คน ร้อยละ	286 86.67	44 13.33	0 0.00	66 23.08	88 30.77	99 34.62	33 11.54
11	มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนา ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คน ร้อยละ	286 86.67	44 13.33	0 0.00	77 26.92	66 23.08	110 38.46	33 11.54
12	มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนา ความสามารถในเผชิญปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค	คน ร้อยละ	297 90.00	33 10.00	0 0.00	88 26.93	44 14.81	132 44.44	33 11.11
	รวม	คน ร้อยละ	3476 87.78	484 12.22	11 0.29	847 22.61	1166 31.13	1067 28.48	385 10.28

ตารางภาคผนวก ข ที่ 8 ค่าความถี่และร้อยละของผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ด้านครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์(N = 330)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
1	ครูมีความรู้เกี่ยวกับการสอนวิชาฟิสิกส์ตามแนวทางสะ เต็มศึกษา	คน	330	0	11	44	154	99	22
		ร้อยละ	100	0.00	3.33	13.33	46.67	30.00	6.67
2	ครูมีการหาความรู้เกี่ยวกับการสอนวิชาฟิสิกส์ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ	คน	330	0	11	33	143	110	33
		ร้อยละ	100	0.00	3.33	10.00	43.33	33.33	10.00
3	ครูมีการสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนในการเรียนรู้ฟิสิกส์ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	คน	286	44	11	55	77	99	44
		ร้อยละ	86.67	13.33	3.85	19.23	26.92	34.62	15.38
4	ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตัวเอง	คน	286	44	11	44	99	77	55
		ร้อยละ	86.67	13.33	3.85	15.38	34.62	26.92	19.23
5	ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยตัดแปลงจากแหล่งการ เรียนรู้	คน	275	55	11	77	66	88	33
		ร้อยละ	83.33	16.67	4.00	28.00	24.00	32.00	12.00
6	ครูสามารถจัดหาสื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน ฟิสิกส์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้เพียงพอกับจำนวน นักเรียน	คน	297	33	44	66	110	66	11
		ร้อยละ	90.00	10.00	14.81	22.22	37.04	22.22	3.70

ตารางภาคผนวก ข ที่ 8 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
7	ครูนำความคิดเห็นและความต้องการของผู้เรียนมาใช้เป็น แนวคิดในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา	คน	286	44	33	55	121	55	22
		ร้อยละ	86.67	13.33	11.54	19.23	42.31	19.23	7.69
8	ครูจัดกิจกรรมการสอนวิชาฟิสิกส์ตามแนวสะเต็มศึกษาได้ สอดคล้องกับเวลาเรียนตามที่หลักสูตรกำหนด	คน	286	44	33	44	99	99	11
		ร้อยละ	86.67	13.33	11.54	15.38	34.62	34.62	3.85
9	ครูสามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาซึ่งออกแบบโดย สสวท มาประยุกต์ใช้ในห้องเรียน	คน	286	44	33	44	110	77	22
		ร้อยละ	86.67	13.33	11.54	15.38	38.46	26.92	7.69
10	ครูมีรูปแบบการสอนที่ชัดเจนสำหรับการจัดการเรียนการ สอนวิชาฟิสิกส์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	คน	286	44	33	55	88	77	33
		ร้อยละ	86.67	13.33	11.54	19.23	30.77	26.92	11.54
รวม		คน	2,948	352	231	517	1,067	847	286
		ร้อยละ	89.33	10.67	7.84	17.54	36.19	28.73	9.70

ตารางภาคผนวก ข ที่ 9 ค่าความถี่และร้อยละของผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ด้านสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (N = 330)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
1	สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่ในโรงเรียนมีความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	คน	330	0	22	77	143	77	11
		ร้อยละ	100.00	0.00	6.67	23.33	43.33	23.33	3.33
2	สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่ในโรงเรียนมีเพียงพอกับจำนวนนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	คน	319	11	22	77	154	55	11
		ร้อยละ	96.67	3.33	6.90	24.14	48.28	17.24	3.45
3	สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่ในโรงเรียนมีสภาพพร้อมใช้งานสำหรับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	คน	319	11	33	77	132	66	11
		ร้อยละ	96.67	3.33	10.34	24.14	41.38	20.69	3.45
4	มีการตรวจสอบ ปรับปรุง ดูแลรักษาสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ที่เพื่อจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	คน	308	22	55	66	110	66	11
		ร้อยละ	93.33	6.67	17.86	21.43	35.71	21.43	3.57
5	มีการใช้สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์อย่างถูกต้อง เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด	คน	297	33	33	55	132	55	22
		ร้อยละ	90.00	10.00	11.11	18.52	44.44	18.52	7.41

ตารางภาคผนวก ข ที่ 9 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
6	มีการจัดหาอุปกรณ์เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรม สะเต็มศึกษาจากหน่วยงานภายนอก	คน	308	22	11	44	154	66	33
		ร้อยละ	93.33	6.67	3.57	14.29	50.00	21.43	7.41
7	มีการจัดสร้างหรือประดิษฐ์ อุปกรณ์เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมสะ เต็มศึกษา	คน	297	33	22	66	99	88	22
		ร้อยละ	90.00	10.00	7.41	22.22	33.33	29.63	7.41
รวม		คน	2,178	132	198	462	924	473	121
		ร้อยละ	94.3	5.7	9.09	21.2	42.4	21.7	5.56

ตารางภาคผนวก ข ที่ 10 ค่าความถี่และร้อยละของผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ด้านการวัดและประเมินผล(N = 330)

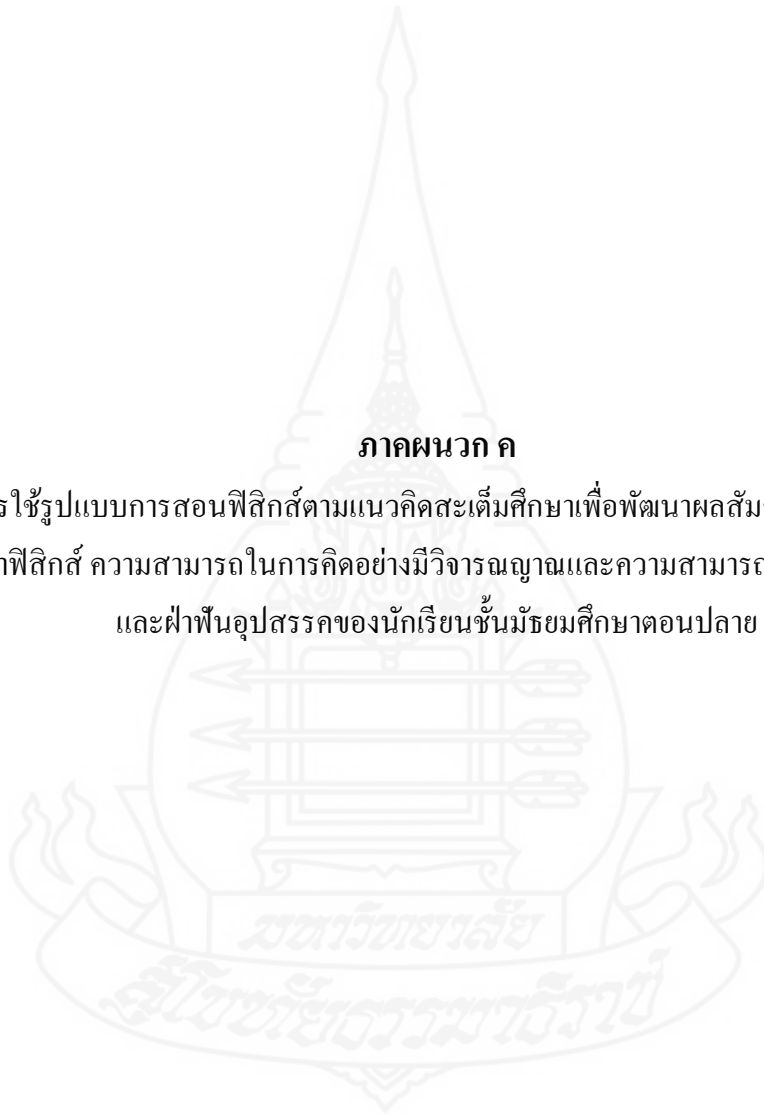
ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ		ปัญหา				
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
1	มีการชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงเกณฑ์การวัดและประเมินผล	คน	297	33	0	55	77	132	33
		ร้อยละ	90.00	10.00	0.00	18.52	25.93	44.44	11.11
2	มีการชี้แจงล่วงหน้าให้นักเรียนทราบก่อนการวัดและประเมินผลทุกครั้ง	คน	286	44	0	33	66	132	55
		ร้อยละ	86.67	13.33	0.00	11.54	23.08	46.15	19.23
3	มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนผลงานนักเรียนที่เกิดจากการสอนฟิสิกส์ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ชัดเจน	คน	297	33	11	44	44	165	33
		ร้อยละ	90.00	10.00	3.70	14.81	14.81	55.56	11.11
4	มีวิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	คน	308	22	0	44	110	110	44
		ร้อยละ	93.33	6.67	0.00	14.29	35.71	35.71	14.29
5	มีการวัดผลและประเมินผลทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ	คน	308	22	11	44	110	88	55
		ร้อยละ	93.33	6.67	3.57	14.29	35.71	28.57	17.86
6	มีการวัดและประเมินผลทั้งก่อนและหลังเรียน	คน	308	22	11	55	77	99	66
		ร้อยละ	93.33	6.67	3.57	17.86	25.00	32.14	21.43

ตารางภาคผนวก ข ที่ 10 (ต่อ)

ข้อ	รายการ	จำนวน	สภาพ			ปัญหา			
			มี / เหมาะสม	ไม่มี / ไม่ เหมาะสม	มาก ที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อย ที่สุด
7	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด	คน	308	22	11	55	55	121	66
		ร้อยละ	93.33	6.67	3.57	17.86	17.86	39.29	21.43
8	มีการวัดและประเมินผลที่คำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียน	คน	308	22	11	55	99	88	55
		ร้อยละ	93.33	6.67	3.57	17.86	32.14	28.57	17.86
	รวม	คน	2,420	220	55	385	638	935	407
		ร้อยละ	91.67	8.33	2.27	15.91	26.36	38.64	16.82

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญ
และฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



คู่มือการใช้

รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นเอกสารอธิบายรายละเอียดของรูปแบบการสอนเพื่อให้ครูหรือผู้นำไปใช้มีความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการสอนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนฉบับนี้ ประกอบด้วย

1. แนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการสอน
2. หลักการของรูปแบบการสอน
3. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน
4. กระบวนการจัดการเรียนการสอน
5. การวัดและประเมินผล

แนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการสอน

รูปแบบการสอนถูกพัฒนาโดยมีพื้นฐานจากทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสามารถสรุปได้ ดังนี้

การจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์มีเป้าหมาย คือ นักเรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ นักเรียนสามารถใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ปัญหา นักเรียนสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้

นักเรียนสามารถสื่อสารข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีจิตวิทยาศาสตร์เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)(Online)ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ได้แก่ (1) การใช้คำถามเพื่อให้นักเรียน ได้ฝึกการคิด (2) การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต เพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน (3) การอภิปราย เพื่อฝึกให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นและปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555) ได้นำเสนอการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 3 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การประเมิน โดยครู หมายถึง การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูเป็นผู้ดำเนินการตั้งแต่กำหนดวัตถุประสงค์ สร้างเครื่องมือวัด กำหนดเกณฑ์การประเมิน การให้คะแนนและตัดสินผลการเรียนรู้

แนวทางที่ 2 ประเมิน โดยครูและนักเรียน หมายถึง การประเมินการเรียนรู้ที่ครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดวัตถุประสงค์ วิธีการประเมิน เกณฑ์การประเมิน โดยนักเรียนจะได้ร่วมประเมินตนเองด้วย โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

แนวทางที่ 3 การประเมินผลโดยนักเรียน หมายถึง การประเมินผลการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการด้วยตนเอง นักเรียนมีโอกาสทำกิจกรรมที่หลากหลายตามความถนัด จัดเก็บผลงานอย่างเป็นระบบและประเมินผลงานด้วยตนเอง

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 3 แนวทางดังกล่าว สามารถดำเนินการโดยใช้กิจกรรมการทดสอบด้วยข้อสอบและการประเมินจากการปฏิบัติงานและผลงานของนักเรียน

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science :S) เทคโนโลยี (Technology :T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering :E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics :M) ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project – Based Learning) เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริง โดยใช้ความรู้ใน 4 สาขาวิชาดังกล่าว โดยในรูปแบบการสอนนี้ได้กำหนดนิยามของ 4 สาขาวิชา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science :S) หมายถึง ความรู้และทักษะต่างๆในวิชาฟิสิกส์ (Physics :P) ตามตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551

เทคโนโลยี (Technology :T) หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก เช่น ดินสอ เครื่องชั่งสปริง เครื่องเคาะสัญญาณเวลา โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงสิ่งประดิษฐ์หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้สร้างขึ้นผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering :E) หมายถึง กระบวนการออกแบบตามลำดับขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย การระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนา การทดสอบ และประเมินผล การนำเสนอผลลัพธ์

คณิตศาสตร์ (Mathematics :M) หมายถึง การคำนวณ การสร้างกราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ (Physics:P) หรือการคำนวณเพื่อใช้ในการตัดสินใจ

การวัดและประเมินผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เน้นการวัดและประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic Assessment) และขณะที่นักเรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเป็นเครื่องมือในการนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด โดยนักเรียนเป็นผู้ศึกษาหาความรู้และแก้ปัญหาที่ครูกำหนดด้วยตัวนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยด้านตัวนักเรียนเอง ปัจจัยด้านครอบครัว ปัจจัยด้านสังคม ปัจจัยด้านคุณภาพการเรียนการสอน เป็นต้น ซึ่งแนวทางการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ จะต้องยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลางโดยจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละวัย

การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดขั้นสูงซึ่งดำเนินการเป็นกระบวนการอย่างเป็นระบบ ซึ่งแนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านสามารถดำเนินการได้ ดังนี้

ด้านที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา สามารถพัฒนาโดยการฝึกให้นักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาจากประสบการณ์เดิม โดยมุ่งผลลัพธ์ คือ การระบุประเด็นปัญหา

ด้านที่ 2 การรวบรวมข้อมูล สามารถพัฒนาโดยการฝึกให้นักเรียนตระหนักถึงข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาและแหล่งข้อมูลที่สืบค้นมานั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

ด้านที่ 3 การวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล สามารถพัฒนาโดยการให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นด้วยการนิรนัยหรืออุปนัย

ด้านที่ 4 การตั้งสมมติฐานสามารถพัฒนาโดยการให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดสมมติฐานโดยอาศัยพื้นฐานของข้อมูลและแสดงเหตุผลในการกำหนดสมมติฐาน

ด้านที่ 5 การประเมินค่า สามารถพัฒนาโดยการให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาและระบุเหตุผลในการกำหนดเกณฑ์ดังกล่าว

การพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หมายถึง การที่บุคคลเผชิญปัญหาต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาในชีวิต โดยเชื่อว่าตนเองสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ รับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา เข้าถึงปัญหาและอดทนต่อปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่นำไปสู่ความสำเร็จในชีวิต ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสามารถพัฒนาได้ซึ่งStoltz (1997) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เรียกว่า The LEAD Sequence (Stolz, 1997 อ้างถึงในสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

L = Listen to your adversity respond หมายถึง การฟังและรับรู้ถึงวิธีการตอบโต้ปัญหาอุปสรรคของตนเองว่าเป็นอย่างไร มีมิติ (CO2RE) ใดต่ำหรือสูง

E = Explore all origins and your ownership of the result หมายถึง การสำรวจว่าสิ่งใดคือสาเหตุดั้งเดิมของอุปสรรคที่เกิดขึ้น ระบุให้ชัดเจนอย่างเฉพาะเจาะจงว่า ตนเองต้องทำอะไร เพื่อให้สถานการณ์ดีขึ้น และสาเหตุดังกล่าวมีส่วนใดที่อยู่ในความรับผิดชอบของเรา และสิ่งใดอยู่นอกเหนือความรับผิดชอบหรือการตัดสินใจของเรา

A = Analyze the evidence หมายถึง การวิเคราะห์ให้เกิดความชัดเจน โดยการค้นหาหลักฐานหรือภาวะแวดล้อมมาสนับสนุนว่าสิ่งที่ยอยู่นอกเหนือการควบคุมจริง ๆ แล้วมีอะไรบ้าง อุปสรรคจะเชื่อมโยงมาสู่ส่วนอื่นของชีวิตอีกหรือไม่ ทำอย่างไรจึงจะไม่ทำให้ปัญหาอยู่ในชีวิตนานจนเกินควรพร้อมทั้งวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการแก้ไขและเพิ่มศักยภาพของตนเอง

D = Do something หมายถึง เป็นการเลือกวิธีการและลงมือดำเนินการเพื่อให้อุปสรรคอยู่กับเราในระยะเวลาที่น้อยที่สุด ด้วยการหาข้อมูลที่เป็นเพิ่มเติม และวิธีที่จะสามารถควบคุมไม่ให้อุปสรรคเข้ามาบีบคั้นต่อชีวิต

จากเทคนิคดังกล่าว พบว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค จะต้องฝึกให้นักเรียนวางแผนแก้ไขปัญหาค้นหากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและดำเนินการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้มีความอดทนต่อปัญหาที่เกิดขึ้น

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความเชื่อว่านักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จากความรู้ ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ โดยอาศัยกระบวนการทางปัญญาและกระบวนการสังคม ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

(1) โครงสร้างทางปัญญา (Schema) หรือความรู้เดิม เมื่อนักเรียนได้รับความรู้ใหม่จะนำความรู้ที่เข้าไปอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่ก่อน

(2) กระบวนการทางปัญญา (Cognitive Process) หมายถึง กระบวนการทางสมองที่ใช้ในการทำความเข้าใจในความรู้ที่ได้รับมา สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ (1) กระบวนการดูดซึม (Assimilation) จะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ใหม่สามารถเข้ากับความรู้เดิมได้ (2) กระบวนการปรับสภาวะ (Accommodation) จะเกิดขึ้นเมื่อความรู้เดิมไม่สามารถเข้ากับความรู้ใหม่ได้ นักเรียนจะเกิดสภาวะที่เรียกว่า สภาวะไม่สมดุล ผู้เรียนจะปรับโครงสร้างทางปัญญาใหม่เพื่อให้อยู่ในสภาวะสมดุลหรือเข้าใจในความรู้ที่รับมาใหม่นั้นเอง

(3) ความรู้ใหม่จะเกิดขึ้นกับนักเรียนหลังจากผ่านกระบวนการทางปัญญา

หลักการของรูปแบบการสอน

1. เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมในรูปแบบ PTEM ซึ่งประกอบด้วย ฟิสิกส์ (Physics: P) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้

2. จัดการเรียนการสอนโดยนักเรียนลงมือกระทำ โดยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ โดยมีครูทำหน้าที่สนับสนุน อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน

4. นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

กระบวนการจัดการเรียนการสอน

กระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนสามารถแบ่งได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1). ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา

การสร้างสถานการณ์ปัญหาโดยใช้รูปแบบ P – T – PM – E ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

Physics (P) ครูวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์จะได้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้

Technology (T) เลือกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาระ/ตัวชี้วัดที่ต้องการสอน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง วิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยคำนึงถึงบริบทของนักเรียนในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริง

Physics and Mathematics (PM) นำเทคโนโลยีที่ต้องการให้นักเรียนศึกษามาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (Physics : P) กับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) ผลการวิเคราะห์นำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

Engineering (E) เป็นขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์ปัญหาซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด โดยนักเรียนจะต้องบูรณาการความรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (P) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ (E)

2) ขั้นตอนการสอน

ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบไว้

ครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่จะเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนเตรียมพร้อมในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ครูสามารถประเมินความรู้เดิมของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ การตอบคำถามของนักเรียน เป็นต้น

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การระบุประเด็นปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ เป็นกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างความรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยแบ่งได้ 2 กิจกรรม ดังนี้

(1) กิจกรรมในห้องเรียน คือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลางซึ่งครูจัดขึ้น เช่น กิจกรรมการทดลอง กิจกรรมการสาธิต กิจกรรมการอภิปราย เป็นต้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้แกนกลางตามที่หลักสูตรกำหนด หลังจากเสร็จกิจกรรมครูจะให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเองและพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการส่งเสริมให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลด้วยวิธีการอุปนัยหรือนิรนัย

(2) กิจกรรมนอกห้องเรียน คือ กิจกรรมการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ครูอาจให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้นักเรียนไปศึกษา ครูจะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยฝึกให้นักเรียนตระหนักถึงข้อมูลที่ได้มาว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาและแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

องค์ความรู้และข้อมูลที่นักเรียนได้รับถูกจัดอย่างเป็นระบบข้อมูลด้วยวิธีการอุปนัยหรือวิธีการนิรนัย

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เก็บรวบรวมและจัดระบบเรียบร้อยแล้วมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานมากกว่า 1 สมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน เมื่อนักเรียนได้สมมติฐานจากขั้นตอนที่ 4 แล้ว นักเรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน โดยนักเรียนร่วมกันกำหนดข้อมูลและเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน นักเรียนนำสมมติฐานที่เลือกมาใช้ในการผลิตผลงาน ซึ่งผลงานของนักเรียนจะมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทของเนื้อหา เช่น ผลงานสิ่งประดิษฐ์ แนวทางการแก้ปัญหา แบบจำลอง เป็นต้นถ้าผลงานของนักเรียนไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องแนะนำ ชี้แนะเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยใช้แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ตามขั้นตอน The LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล จี สดอลท์ซซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใหม่ ดังนี้

L: Listen to your adversity response หมายถึง ครูจะต้องประเมินการตอบสนองต่ออุปสรรคของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนไม่มีการตอบสนองต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้นหรือนักเรียนไม่มีความพยายามในการผลิตผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องดำเนินการในขั้นตอนถัดไป

E: Explore all origins and your ownership of the result. หมายถึง การสำรวจต้นเหตุและความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนค้นหาสาเหตุของอุปสรรค เช่น อะไรคือสาเหตุที่ทำให้ไม่บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ นักเรียนคิดว่ามีวิธีการใดบ้างที่จะทำให้ดีกว่านี้ เป็นต้น

A: Analyze the evidence. หมายถึง การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุงผลงาน โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนหาแนวทางแก้ไข เช่น จะแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างไร เป็นต้น

D: Do something หมายถึง การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา เมื่อนักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคแล้ว ครูจะต้องสนับสนุนและเสริมแรงเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรค

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน นักเรียนจะนำเสนอผลงานให้กับเพื่อนในชั้นเรียนทราบ โดยผลงานของนักเรียนจะถูกประเมินโดยครู เพื่อนในห้องเรียนและกลุ่มนักเรียนเอง ข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลงานจะนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในครั้งต่อไป

การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน ดำเนินการ 2 ลักษณะ คือ

1) การวัดและประเมินผลระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนการสอน ใช้การสังเกต การตอบคำถาม การทำกิจกรรม การนำเสนอผลงาน ผลงานของนักเรียน เป็นต้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ที่กำหนดไว้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

2) การวัดและประเมินผลหลังการดำเนินการจัดการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 จักจั่นของเล่น

รายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

เวลา 4 ชั่วโมง

ผู้สอน ครูพิททพนธ์ พิทักษ์

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

มฐ.ว4.2/ม.4 – 6/2 สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลมและแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

มฐ.ว5.1/ม.4 – 6/2 อธิบายการเกิดคลื่นเสียงบีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/3 คั่นคว่ำรวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/8 พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/10 ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือคั่นคว่ำเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่
- มาตรฐาน ว 8.1/ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสวงกลมและมีแรงในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง

คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง

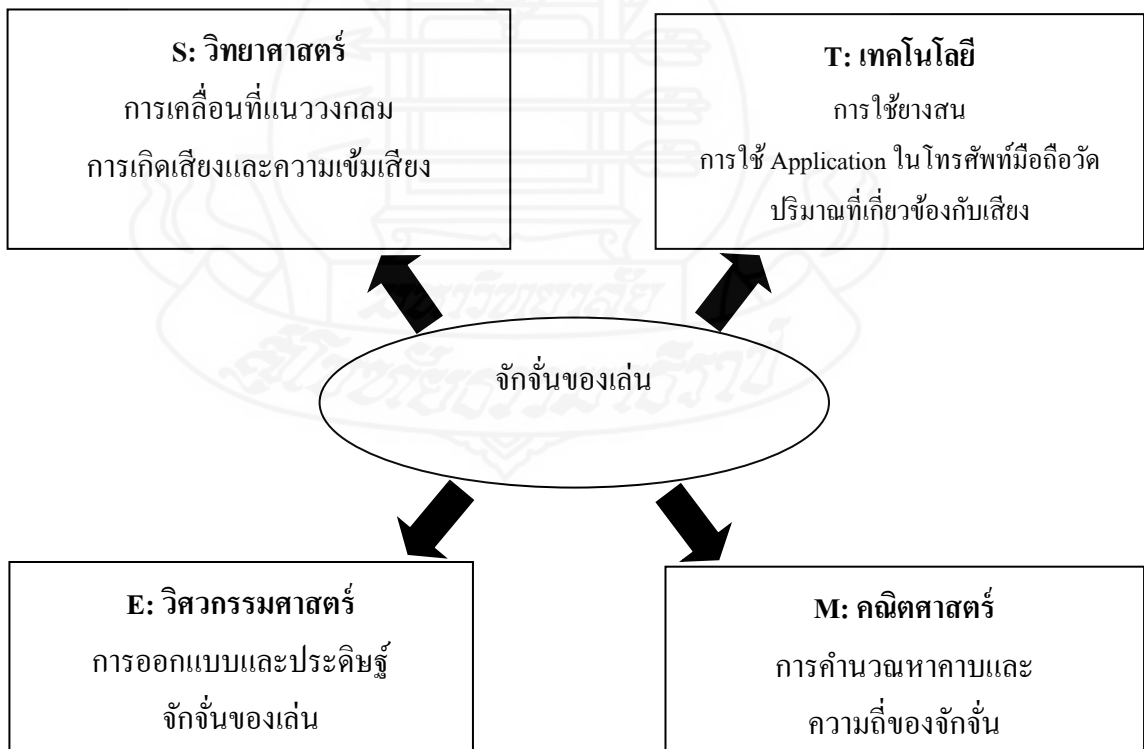
ความเข้มเสียง คือ พลังงานเสียงที่ตกตั่งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา

ระดับเสียงจะบอกความดังค่อยของเสียงที่ได้ยิน

สาระสำคัญ

จกัณฑ์ของเล่นเป็นของเล่นพื้นบ้าน ประกอบด้วย วัสดุทรงกระบอก กระจาย เส้นเอ็น ขางสน เมื่อแกว่งตัวจกัณฑ์ (วัสดุทรงกระบอก) จะเคลื่อนที่เป็นแนววงกลมพร้อมกับเกิดเสียงดังขึ้น นักเรียนจะใช้กระบวนการสืบเสาะในการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเสียงของจกัณฑ์ของเล่น และนำผลการสืบเสาะมาใช้ในการออกแบบและประดิษฐ์จกัณฑ์ของเล่น โดยใช้ Application ในโทรศัพท์มือถือวัดปริมาณที่เกี่ยวข้องกับเสียงที่เกิดจากจกัณฑ์ของเล่นที่นักเรียนได้ประดิษฐ์ขึ้น

การบูรณาการสะเต็มศึกษา



จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้
2. อธิบายการเกิดเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียงได้
3. ออกแบบและประดิษฐ์จักจั่นของเล่นโดยวัสดุในท้องถิ่น/วัสดุเหลือใช้ได้

วัสดุอุปกรณ์

แสดงในใบกิจกรรมแต่ละกิจกรรม

กระบวนการเรียนการสอน

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูจะให้นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อยๆ 4 – 5 คน โดยดูความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน

ขั้นที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา

1.1 ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาจากใบกิจกรรมและระบุประเด็นปัญหาในใบกิจกรรมที่ 1

1.2 ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า “จักจั่นของเล่นที่นักเรียนเคยเล่นมีลักษณะอย่างไร”

1.3 นักเรียนแสดงความคิดเห็น พร้อมทั้งครูอภิปรายร่วมกับนักเรียน

1.4 นักเรียนระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

1.5 ครูพิจารณาการระบุประเด็นปัญหาของนักเรียน พร้อมทั้งปรับให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดขึ้น

ขั้นที่ 2 ดำรวจตรวจสอบ

2.1 ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า “ปัจจัยที่ทำให้จักจั่นของเล่นมีเสียงดังต่างกัน มีอะไรบ้าง”

2.2 นักเรียนแสดงความคิดเห็น พร้อมทั้งครูอภิปรายร่วมกับนักเรียน

2.3 นักเรียนทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 2 การเคลื่อนที่แนววงกลมเกี่ยวข้องกับแรงอย่างไร (เป็นกิจกรรมในห้องเรียน)

2.4 นักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามท้ายการทดลองในใบกิจกรรมที่ 2

2.5 ครูร่วมกับนักเรียนในการอภิปรายสรุปใบกิจกรรมที่ 2

2.6 นักเรียนทำกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจักจั่นของเล่น (เป็นกิจกรรมในห้องเรียน)

2.6 ครูอภิปรายร่วมกับนักเรียนในการสรุปและคำถามหลังการทดลองในใบกิจกรรมที่ 3

2.7 ครูมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและประดิษฐ์จักจั่นของเล่นจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ผลการศึกษาบันทึกผลในใบกิจกรรมที่ 4 (เป็นกิจกรรมนอกห้องเรียน)

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน/ออกแบบ

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและประดิษฐ์จักจั่นของเล่น โดยเขียนในรูปของผังมโนทัศน์ ในใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 1

3.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่างแบบจักจั่นของเล่นในใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 2 โดยครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่างแบบจักจั่นของเล่นมากกว่า 1 แบบ

3.3 ครูพิจารณาการออกแบบของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งปรับให้มีความเป็นไปได้และสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน

4.1 ครูกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันเพื่อตัดสินใจเลือกแบบที่จะนำมาใช้ในการประดิษฐ์แบบจักจั่นของเล่น โดยกระตุ้นด้วยคำถามว่า “นักเรียนจะนำเงื่อนไขอะไรมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อเลือกแบบที่จะนำมาใช้ในการประดิษฐ์จักจั่นของเล่น” จากนั้นให้นักเรียนบันทึกข้อมูลในใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 3

4.2 ครูพิจารณาคำตอบในใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 3 พร้อมทั้งปรับให้มีความเป็นไปได้และสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 5 ผลิตผลงาน

5.1 นักเรียนประดิษฐ์จักจั่นของเล่นตามแบบที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เลือก

5.2 ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ถ้ามีนักเรียนกลุ่มใดทำงานไม่สำเร็จให้ครูดำเนินการตามขั้นตอน LEAD Sequence ดังนี้

5.2.1 พิจารณาว่านักเรียนกลุ่มนั้นมีความพยายามทำให้สำเร็จหรือไม่ ถ้าไม่ให้ครูดำเนินการดังข้อ 5.2.2

5.2.2 ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาสาเหตุของปัญหา เช่น ยางสนมากพอหรือไม่ จักจั่นของเล่นไม่เกิดเสียงเพราะอะไร บังจยใดที่ทำให้เกิดเสียง เป็นต้น

5.2.3 เมื่อนักเรียนทราบสาเหตุของปัญหาแล้ว ครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหาแนวทางแก้ไข “จะแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างไร”

5.2.4 เมื่อนักเรียนทราบแนวทางในการแก้ปัญหา ครูจะต้องเสริมแรงนักเรียนด้วยวิธีการต่างๆ ให้นักเรียนทำงานบรรลุเป้าหมาย เช่น กล่าวชื่นชม สนับสนุนอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวให้กำลังใจ เป็นต้น

5.3 ครูสำรวจการทำงานของนักเรียน โดยกระตุ้นให้นักเรียนมีการปรับปรุงผลงานเพื่อให้ผลงานมีความสมบูรณ์ที่สุด โดยใช้แนวทางการกระตุ้นตามขั้นตอน LEAD Sequence ในข้อ 5.2

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบจกจั่นของเล่น โดยแกว่งจกจั่นของเล่นแล้ววัดระดับเสียงจาก Application ของโทรศัพท์มือถือ เพื่อแข่งขันกัน โดยกลุ่มที่จกจั่นของเล่นมีระดับเสียงสูงที่สุดจะเป็นผู้ชนะ โดยวิธีการทดสอบแสดงในใบกิจกรรมที่ 6

6.2 หลังจากทดสอบแล้ว นำผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบเพื่อจัดลำดับระดับเสียงที่ดังที่สุดขณะทำการทดสอบจกจั่นของเล่น กลุ่มใดมีระดับเสียงสูงที่สุดจะเป็นผู้ชนะ

6.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและประเมินผลงานนักเรียน โดยครู เพื่อนในห้องเรียนและกลุ่มของนักเรียนเอง

6.4 ครูสรุปผลการทำกิจกรรม

การประเมินผลการเรียนรู้

รายการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน
1.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตัวชี้วัด	ใบกิจกรรมที่ 2 ใบกิจกรรมที่ 3
2.ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
2.1 การระบุประเด็นปัญหา	ใบกิจกรรมที่ 1
2.2 การรวบรวมข้อมูล	ใบกิจกรรมที่ 4
2.3 การวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล	ใบกิจกรรมที่ 3
2.4 การตั้งสมมติฐาน	ใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 2
2.5 การประเมินค่า	ใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 3
3.ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค	ใบกิจกรรมที่ 6 ผลการทดสอบผลงาน

เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)

รายการประเมิน	ระดับ		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตัวชี้วัด (ใบกิจกรรมที่ 2) (คำถามท้ายการทดลอง ในใบกิจกรรมที่ 3)	(1) สามารถคำนวณหาอัตราเร็วในการหมุนและแรงตึงเชือกได้ (2) สามารถตอบคำถามท้ายการทดลองในใบกิจกรรมที่ 2 ถูกต้องทุกข้อ (3) สามารถตอบคำถามท้ายการทดลองในใบกิจกรรมที่ 3 ถูกต้องทุกข้อ	สามารถทำได้ 2 ข้อ	สามารถทำได้น้อยกว่า 2 ข้อ
2.ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ			
2.1 การระบุประเด็นปัญหา (ใบกิจกรรมที่ 1)	ระบุประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดด้วยตัวนักเรียนเอง	ระบุประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดโดยมีครูคอยชี้แนะ	ระบุปัญหาผิดหรือไม่ระบุปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)

รายการประเมิน	ระดับ		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
2.2 การรวบรวม ข้อมูล (ใบกิจกรรมที่ 4)	(1) ประเด็นที่ศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (2) สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ ของการศึกษาสอดคล้องกับ ประเด็นปัญหา (3) สามารถสืบค้นจาก แหล่งข้อมูลแหล่งข้อมูลที่มีความ น่าเชื่อถือ (4) สามารถสรุปผลการศึกษด้วย ภาษาของตนเอง	สามารถทำได้ 3 ข้อ	สามารถทำได้ น้อยกว่า 3 ข้อ
2.3 การวิเคราะห์ และจัดระบบข้อมูล (ใบกิจกรรมที่ 3)	(1) สามารถกำหนดตัวแปร สอดคล้องกับคำถามที่กำหนด (2) สามารถออกแบบการทดลอง ได้สอดคล้องกับตัวแปรที่กำหนด ขึ้น (3) สามารถบันทึกผลได้ถูกต้อง มีการระบุหน่วย มีการอธิบาย ข้อมูลให้เห็นความเชื่อมโยง มี ความเป็นเหตุเป็นผลสอดคล้อง กับการทดลอง (4) สามารถสรุปผลการทดลอง ได้อย่างถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุมข้อมูลจากการ วิเคราะห์ทั้งหมด	สามารถทำได้ 3 ข้อ	สามารถทำได้ น้อยกว่า 3 ข้อ

เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)

รายการประเมิน	ระดับ		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
2.4 การตั้งสมมติฐาน/ ออกแบบ (ใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 2)	(1) สามารถร่างแบบได้มากกว่า 1 แบบ (2) สามารถร่างแบบได้ชัดเจนสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ (3) สามารถใช้อัตราส่วนในการระบุขนาดของแบบได้ (4) ระบุวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชัดเจน (5) สามารถออกแบบโดยใช้พื้นฐานของความรู้ตามผังมโนทัศน์ตอนที่ 1	สามารถทำได้ 3 ข้อ	สามารถทำได้ น้อยกว่า 3 ข้อ
2.5 การประเมินค่า (ใบกิจกรรมที่ 5 ตอนที่ 3)	(1) สามารถกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจได้ (2) สามารถนำผลการทดสอบ/ผลการพิจารณาเงื่อนไขมาใช้ในการตัดสินใจได้	สามารถทำได้ 1 ข้อ	ไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจได้
3.ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค	(1) สามารถประดิษฐ์จิ๊กซอว์ของเล่นตามที่ออกแบบไว้ได้สำเร็จ (2) ผลการทดสอบผลงานอยู่ในระดับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ขึ้นไป ของห้องเรียน (3) สามารถบันทึกข้อมูลโดยการ Capture หน้าจอโทรศัพท์และวิเคราะห์หาระดับความดังของเสียงที่ดังที่สุดขณะทดสอบได้	สามารถทำได้ 2 ข้อ	ไม่สามารถประดิษฐ์ได้สำเร็จ

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน
2. ใบกิจกรรมที่ 1 สถานการณ์ จักจั่นของเล่น
3. ใบกิจกรรมที่ 2 การเคลื่อนที่แนววงกลมเกี่ยวข้องกับแรงอย่างไร
4. ใบกิจกรรมที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจักจั่นของเล่น
5. ใบกิจกรรมที่ 4 ผลการศึกษาเพิ่มเติม
6. ใบกิจกรรมที่ 5 ออกแบบจักจั่นของเล่น
7. ใบกิจกรรมที่ 6 การทดสอบจักจั่นของเล่น
8. แหล่งเรียนรู้ออนไลน์เช่น วิดิทัศน์ เรื่อง ฟิสิกส์กับของเล่นไทย วิทยาศาสตร์ ม.4-6 (ฟิสิกส์) จาก <https://www.youtube.com/watch?v=R47xj95uhjI>. เป็นต้น
9. ห้องสมุดของโรงเรียน



ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ จักจั่นของเล่น

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ จักจั่นของเล่น เพื่อระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

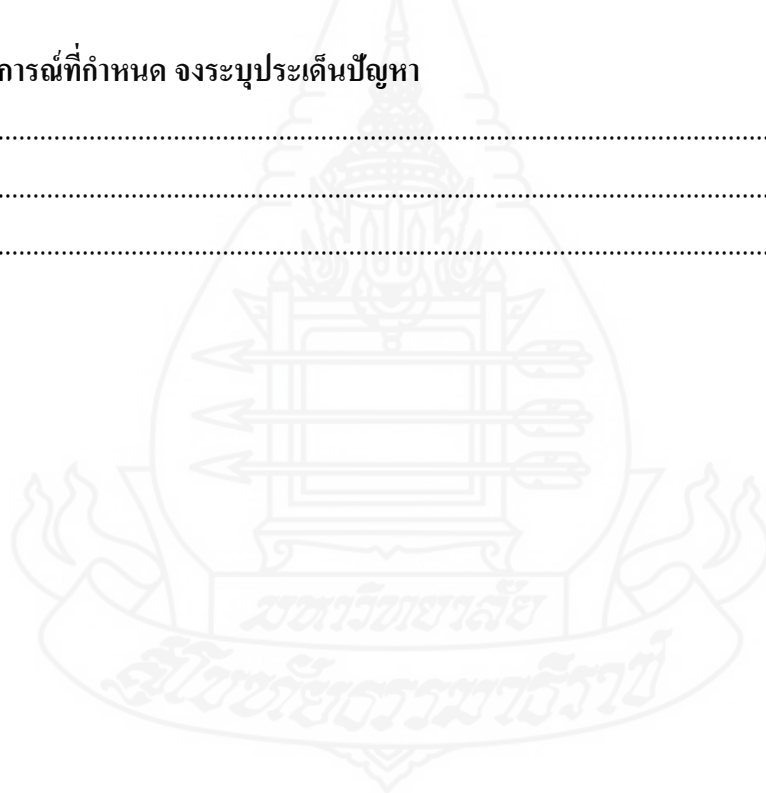
จักจั่นของเล่นเป็นของเล่นพื้นบ้าน เวลาแกว่งไม้จะเกิดเสียง คล้ายแมลงชนิดหนึ่ง คือ จักจั่น วัสดุที่นำมาใช้ในการประดิษฐ์จักจั่นของเล่น ประกอบด้วย ท่อ PVC หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก กระจาย เส้นเอ็น ยางสน กาว กรรไกร การเล่นจักจั่นของเล่นทำโดย แกว่งไม้เพื่อให้จักจั่นของเล่นเคลื่อนที่เป็นแนววงกลม ขณะเดียวกันจะเกิดเสียงดังขึ้นคล้ายเสียงร้อง จักจั่น ถ้าต้องการให้จักจั่นของเล่นมีเสียงดังที่สุดจะต้องทำอย่างไร

จากสถานการณ์ที่กำหนด จงระบุประเด็นปัญหา

.....

.....

.....



ใบกิจกรรมที่ 2

การเคลื่อนที่แนววงกลมเกี่ยวข้องกับแรงอย่างไร

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร็วและรัศมี เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แนววงกลม

วัสดุอุปกรณ์

1. ดินน้ำมัน
2. เชือกไนลอนยาวประมาณ 1 เมตร
3. ลวดตะขอ 1 อัน
4. นอตตัวใหญ่ 3 อัน
5. ท่อพลาสติก
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก
7. นาฬิกาจับเวลา

วิธีทำ

1. นำปลายเชือกไนลอนข้างหนึ่งผูกกับดินน้ำมัน แล้วนำปลายเชือกไนลอนอีกด้านหนึ่งร้อยผ่านท่อพลาสติก แล้วนำไปผูกกับตะขอลวด
2. ใช้มือจับที่ท่อพลาสติก คล้องนอต 1 ตัว ที่ตะขอ แล้วค่อยๆหมุนจนกระทั่งดินน้ำมันเคลื่อนที่เป็นวงกลม สังเกตความยาวของเชือกไนลอน อัตราเร็วในการหมุนของดินน้ำมัน และแรงดึงเชือกบันทึกผล
3. ทำเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 โดยคล้องนอตเพิ่มครั้งละ 1 ตัว สังเกตและบันทึกผล

บันทึกผลการทดลอง

ดินน้ำมัน หนัก.....

นอต 1 ตัว หนัก.....

แสดงตัวอย่างการคำนวณหาอัตราเร็วในการหมุนและแรงตึงเชือก

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1 ถ้าหมุนด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น โดยควบคุมให้จำนวนนอตเท่าเดิม ดินน้ำมันจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร

ตอบ.....

2 ถ้าเพิ่มจำนวนนอตให้เพิ่มขึ้น โดยควบคุมให้รัศมีของการเคลื่อนที่เท่าเดิม ดินน้ำมันจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร

ตอบ.....

3 ถ้าต้องการให้รัศมีการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น โดยควบคุมให้จำนวนนอตเท่าเดิม ดินน้ำมันจะเคลื่อนที่อย่างไร

ตอบ.....

4 แรงตึงเชือกมีความสัมพันธ์กับจำนวนนอตอย่างไร

ตอบ.....

5 แรงตึงเชือกมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดินน้ำมันอย่างไร

ตอบ.....

ใบกิจกรรมที่ 3

ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจักจั่นของเล่น

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้เสียบลูกชิ้น
2. ยางสน
3. ท่อ PVC ขนาดหลากหลาย
4. เส้นเอ็นขนาดหลากหลาย
5. เชือกวาวขนาดหลากหลาย
6. กระดาษ
7. กาว
8. ไม้จีดและเทียนไข
9. Application สำหรับวัดปริมาณที่เกี่ยวข้องกับเสียง

1. ขนาดของท่อ PVC มีผลต่อระดับเสียงของจักจั่นของเล่นหรือไม่

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วัสดุอุปกรณ์เพิ่มเติมจากที่จัดเตรียมให้

.....

.....

.....

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



3. ในการประดิษฐ์จักจั่นของเล่นสามารถนำวัสดุชนิดอื่นมาทดแทนท่อ PVC ได้หรือไม่

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วัสดุอุปกรณ์เพิ่มเติมจากที่จัดเตรียมให้

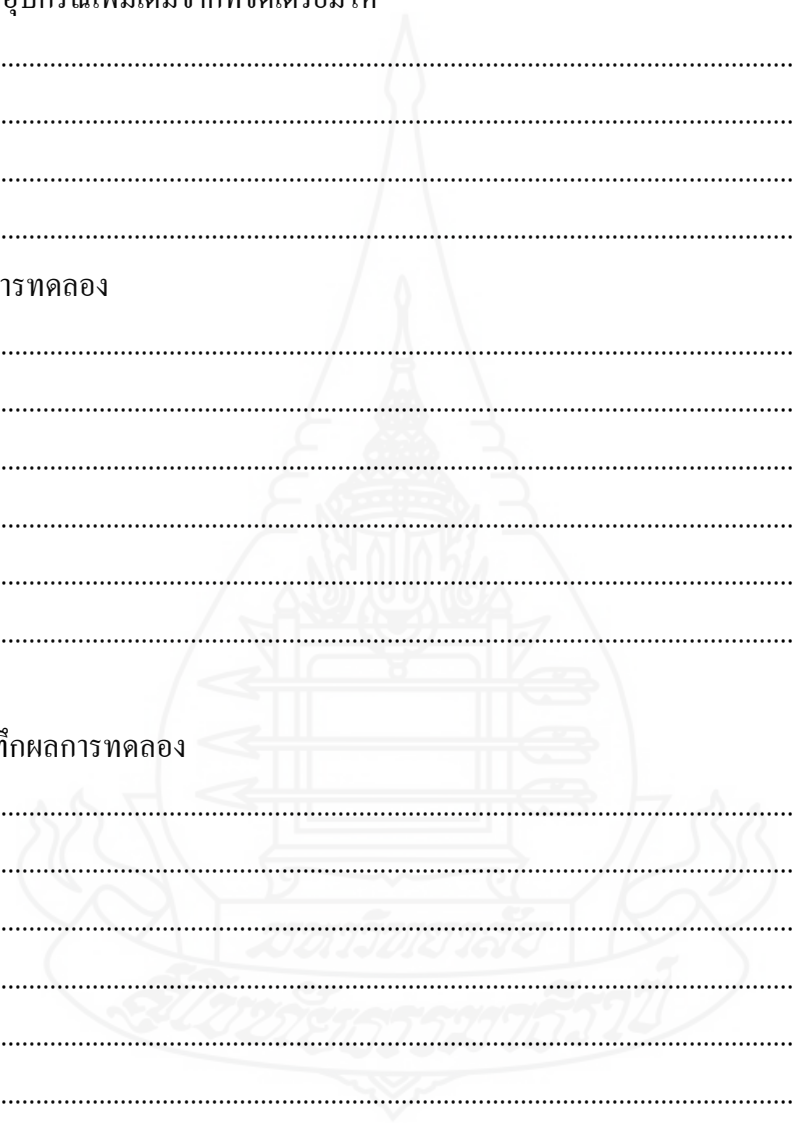
.....
.....
.....
.....

วิธีการทดลอง

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

บันทึกผลการทดลอง

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



สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1 เสียงเกิดได้อย่างไร

ตอบ.....

2 ความเข้มเสียง คือ อะไร

ตอบ.....

3 ระดับเสียง คือ อะไร

ตอบ.....

4 แหล่งกำเนิดมีผลต่อระดับเสียงหรือไม่

ตอบ.....



ใบกิจกรรมที่ 4
ผลการศึกษาเพิ่มเติม

ประเด็นที่ศึกษา

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

จุดประสงค์ของการศึกษา

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

แหล่งข้อมูล/ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล

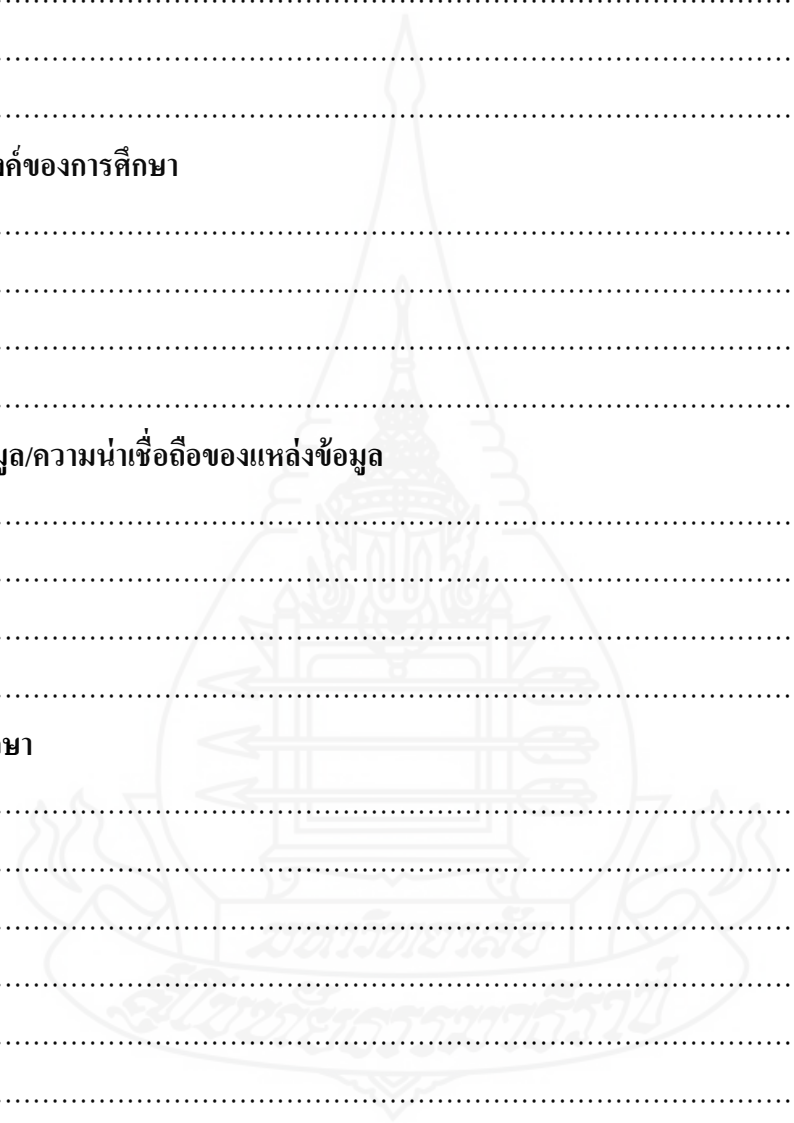
.....
.....
.....
.....

ผลการศึกษา

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

ผู้ศึกษาข้อมูล

.....
.....



ใบกิจกรรมที่ 5

ออกแบบจักจั่นของเล่น

คำชี้แจง กิจกรรมการออกแบบจักจั่นของเล่นมี 3 ตอน ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามคำชี้แจงของแต่ละตอนตามลำดับ

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้เสียบลูกชิ้น
2. ยางสน
3. ท่อ PVC ขนาดหลากหลาย
4. เส้นเอ็นขนาดหลากหลาย
5. เชือกกว่าวขนาดหลากหลาย
6. กระดาษ
7. กาว
8. ไม้ขีดและเทียนไข
9. Application สำหรับวัดปริมาณที่เกี่ยวข้องกับเสียง

ตอนที่ 1 ผังมโนทัศน์แสดงความรู้และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจักจั่นของเล่น

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจักจั่นของเล่น โดยอาศัยจากใบกิจกรรมต่อไปนี้

- (1) ใบกิจกรรมที่ 2 การเคลื่อนที่แนววงกลมเกี่ยวข้องกับแรงอย่างไร
- (2) ใบกิจกรรมที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบจักจั่นของเล่น
- (3) ใบกิจกรรมที่ 4 ผลการศึกษาเพิ่มเติม

ตอนที่ 2 แบบร่างจักจั่นของเล่น

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่างแบบจักจั่นของเล่นพร้อมระบุขนาดและวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์



ตอนที่ 3 การตัดสินใจเลือกแบบที่จะนำมาประดิษฐ์จักจั่นของเล่น

คำชี้แจง ให้นักเรียนนำแบบร่างจักจั่นของเล่นทั้งหมดที่นักเรียนได้ออกแบบในตอนที่ 2 มา

วิเคราะห์เพื่อกำหนดเงื่อนไขและตัดสินใจเลือกแบบที่จะนำมาประดิษฐ์

เงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจ ได้แก่

.....

.....

.....

.....

.....

การตัดสินใจจากเงื่อนไข

แบบร่างที่	เงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจ	ผลการทดสอบ/ ผลการพิจารณาเงื่อนไข	ผลการตัดสินใจ (เลือก/ไม่เลือก)



ใบกิจกรรมที่ 6

การทดสอบจักษั่นของเล่น

คำชี้แจง ให้นักเรียนประดิษฐ์จักษั่นของเล่นจากแบบร่างที่นักเรียนได้ตัดลีนใจเลือกในใบกิจกรรมที่ 5 ออกแบบจักษั่นของเล่น จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพตามวิธีการที่กำหนดและบันทึกผลการทดสอบ

วัสดุอุปกรณ์

1. Application สำหรับวัดปริมาณที่เกี่ยวข้องกับเสียง

วิธีการทดสอบ

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มประดิษฐ์จักษั่นของเล่นตามที่ได้ออกแบบไว้
2. ก่อนการทดสอบให้นักเรียน 2 คน อยู่ห่างกัน 1 เมตร ซึ่งคนที่ 1 จะเป็นผู้แกว่งจักษั่นของเล่น คนที่ 2 จะเป็นผู้วัดระดับความดังของเสียง
3. ทำการแกว่งจักษั่นของเล่นเป็นเวลา 1 นาที ขณะเดียวกันวัดระดับความดังของเสียงโดยใช้ Application ในโทรศัพท์มือถือ
4. บันทึกข้อมูล โดยการ Capture หน้าจอโทรศัพท์
5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาระดับความดังของเสียงที่ดังที่สุดขณะทำการทดสอบจักษั่นของเล่น

ผลการทดสอบ

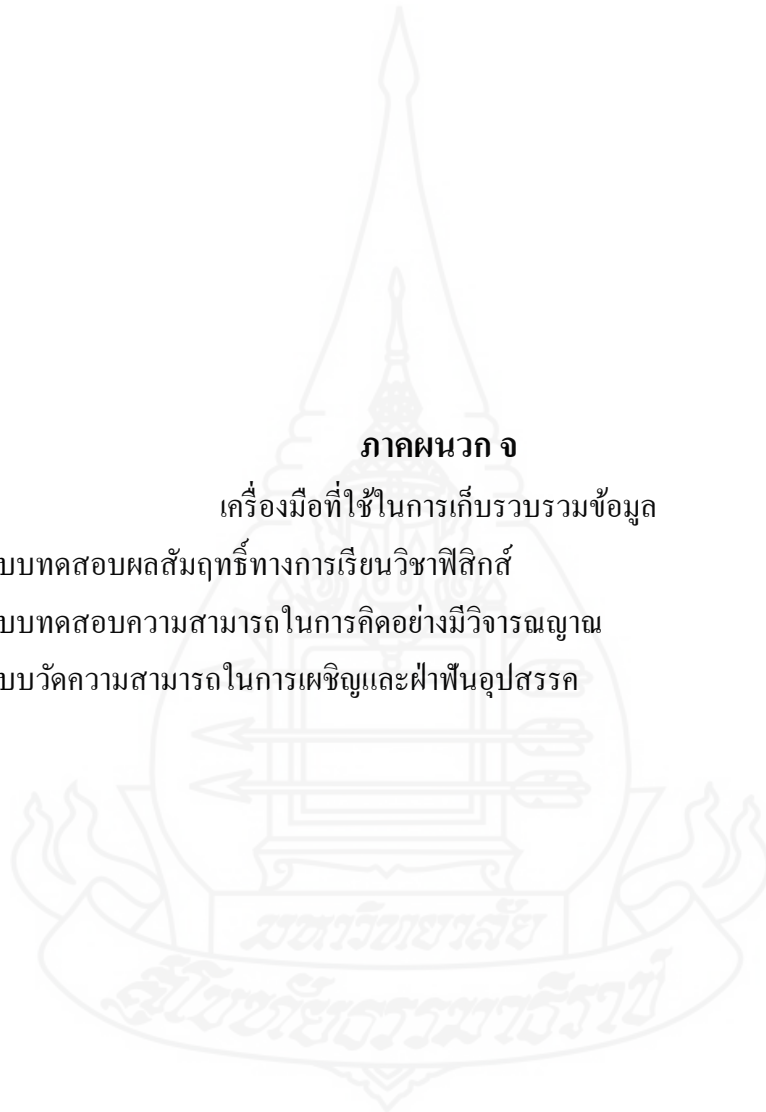
1. ผลการบันทึกข้อมูล

2. ระดับความดังของเสียงที่ดังที่สุดขณะทำการทดสอบจักษั่นของเล่น.....

ภาคผนวก จ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
2. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค



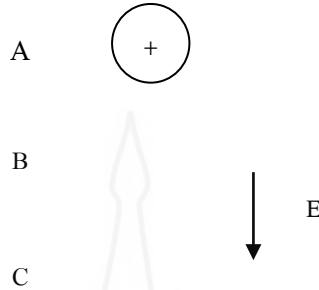
แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์

คำชี้แจง

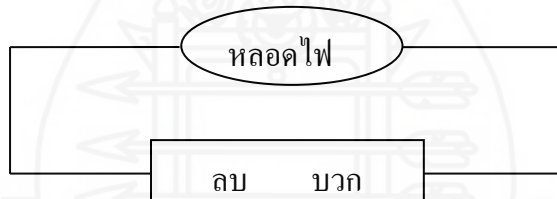
1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ ชนิดเลือกตอบ จำนวน 32 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 60 นาที
 2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้
 3. ไม่ทำเครื่องหมายหรือขีดสิ่งใดๆลงในแบบทดสอบ
-

1. นายมานพ ปล่อยวัตถุลงจากตึกสูง 25 เมตร ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูก
 - ก. ทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุทำมุม 0 องศา กับ ทิศทางของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 - ข. ทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุทำมุม 30 องศา กับ ทิศทางของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 - ค. ทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุทำมุม 90 องศา กับ ทิศทางของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 - ง. ทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุทำมุม 180 องศา กับ ทิศทางของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
2. นายดำ สังเกตเครื่องตอดเสาเข็ม พบว่า เมื่อแท่นกระแทกถูกยกขึ้นสูงในระดับหนึ่งด้วยแรงจากมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกปล่อยทันที ทำให้แท่นกระแทกตกลงสู่เบื้องล่างและกระแทกกับเสาเข็ม นายดำ ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว **ข้อใดผิด**
 - ก. แท่นกระแทกตกลงด้วยความเร่ง 9.8 m/s^2
 - ข. วิศวกรผู้ออกแบบเครื่องตอดเสาเข็ม โดยใช้ประโยชน์จากแรงโน้มถ่วงของโลก
 - ค. ความเร็วขณะที่แท่นกระแทกกระทบกับเสาเข็มมีค่าเท่ากับ 0 m/s
 - ง. ขณะที่แท่นกระแทกตกลงสู่พื้นล่าง ความเร็วจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

3. ปล่อยอนุภาคชนิดหนึ่ง ซึ่งมีประจุบวกให้เคลื่อนที่จากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง C โดยบริเวณจากตำแหน่ง B ไปยังจุด C มีสนามไฟฟ้า ในทิศบนลงล่าง ดังภาพ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง



- ก. บริเวณจากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง B อนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความหน่วง
 ข. บริเวณจากตำแหน่ง B ไปยังตำแหน่ง C อนุภาคเคลื่อนที่ด้วยความหน่วง
 ค. ความเร่งของอนุภาคจากตำแหน่ง B ไปยังตำแหน่ง C มีค่ามากกว่า 9.8 m/s^2
 ง. วัตถุเคลื่อนที่จากตำแหน่ง A ไปยังตำแหน่ง C ด้วยความเร็วคงที่
4. จากภาพ ถ่านไฟฉายประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ ดังภาพ เมื่อใช้ไปในระยะเวลาหนึ่งพบว่า แสงไฟจะหรี่ลง จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้



- A. ในถ่านไฟฉายจะมีสนามไฟฟ้า
 B. แสงไฟจะหรี่ลง เพราะ สนามไฟฟ้าในถ่านไฟฉายมีขนาดลดลง
 C. ประจุไฟฟ้าบวกจะเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกาในวงจรไฟฟ้า

ข้อความใดถูกต้อง

- ก. มีข้อความถูก 1 ข้อความ
 ข. มีข้อความถูก 2 ข้อความ
 ค. มีข้อความถูก 3 ข้อความ
 ง. ข้อความทุกข้อความผิด

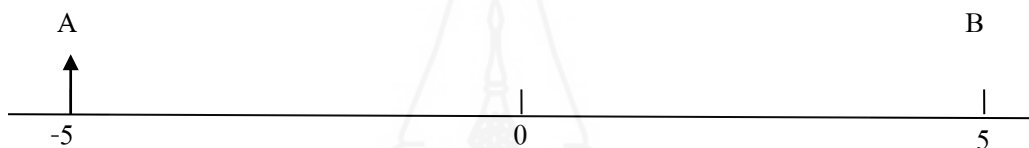
5. อนุภาคโปรตอนเคลื่อนที่เข้าไปในทิศขนานกับสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีทิศพุ่งเข้าหากระดาด
แนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคโปรตอนเป็นอย่างไร
- วิ่งต่อไปเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว
 - เบนไปทางขวา
 - เบนไปทางซ้าย
 - วิ่งต่อไปเป็นเส้นตรงและถอยหลังกลับในที่สุด
6. ในหลอดรังสีแคโทด อิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ เคลื่อนที่จากขั้วไฟฟ้าลบไปยังขั้วไฟฟ้าบวก
หากนำแท่งแม่เหล็กมาวางใกล้ๆกับหลอดนี้ แนวการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะเป็น
อย่างไร
- วิ่งเป็นเส้นตรง
 - เคลื่อนที่กลับไปกลับมา
 - อิเล็กตรอนจะหยุดการเคลื่อนที่
 - เป็นแนวโค้งเบนไปจากเดิม
7. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
- นิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาค 2 ชนิด คือ โปรตอนและนิวตรอน
 - ภายในนิวเคลียสมีแรงไฟฟ้าและแรงนิวเคลียร์
 - อนุภาคภายในนิวเคลียสสามารถอยู่รวมกันได้ เพราะ แรงไฟฟ้ามากกว่าแรงนิวเคลียร์
- ข้อใดถูกต้อง
- ข้อ A เท่านั้น
 - ข้อ B เท่านั้น
 - ข้อ C เท่านั้น
 - มีข้อความที่ถูกต้องมากกว่า 1 ข้อความ

8. เมื่อยิงนิวตรอนเข้าไปยังนิวเคลียสของยูเรเนียม พบว่าเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



ข้อใดคือธาตุ X

- ก. ${}_{36}^{92}\text{X}$
 ข. ${}_{33}^{94}\text{X}$
 ค. ${}_{33}^{96}\text{X}$
 ง. ${}_{36}^{95}\text{X}$
9. จากภาพ นาย ก เริ่มเคลื่อนที่จากจุด A ไปยัง จุด B พบว่าใช้เวลา 2 วินาที ซึ่ง ณ จุด B พบว่า นาย ก มีความเร็ว 10 m/s ข้อความใดผิด



- ก. นาย ก มีความเร่ง 5 m/s^2
 ข. นาย ก เคลื่อนที่ด้วยการกระจัด 5 เมตร
 ค. การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง มีทิศทางเดียวกัน
 ง. เมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที นาย ก มีความเร็ว 5 m/s
10. นายดำ นายเขียว นายแดง นายเงิน ขับรถเป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ ใครขับรถด้วยอัตราเร็วสูงสุด
- ก. นายดำ ขับรถได้ระยะทาง 500 เมตร ใช้เวลา 5 วินาที
 ข. นายเขียว ขับรถได้ระยะทาง 1,000 เมตร ใช้เวลา 25 วินาที
 ค. นายแดง ขับรถได้ระยะทาง 1,500 เมตร ใช้เวลา 30 วินาที
 ง. นายเงิน ขับรถได้ระยะทาง 2,000 เมตร ใช้เวลา 40 วินาที
11. ลูกตุ้มผูกด้วยเชือกยาว 50 เซนติเมตร หลังจากแกว่ง 20 รอบ จับเวลาได้ 10 วินาที ข้อความใดถูกต้อง
- ก. ลูกตุ้มมีความถี่ 50 Hz
 ข. ในแต่ละรอบลูกตุ้มเคลื่อนที่โดยใช้เวลา 0.2 วินาที
 ค. ถ้าเพิ่มความยาวเชือก คาบการเคลื่อนที่จะไม่เปลี่ยนแปลง
 ง. ลูกตุ้มมีคาบการเคลื่อนที่ 0.5 วินาที

12. ขว้างลูกบอลตามแนวระดับด้วยความเร็ว 20 m/s ถ้าไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลก ลูกบอลจะมีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร
- ก. เป็นวงกลม
 - ข. ซิกแซก
 - ค. เป็นเส้นตรง
 - ง. เป็นเส้นโค้ง
13. ข้อใดใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์มากที่สุด
- ก. เครื่องบินขณะบินขึ้นจากสนามบิน
 - ข. เด็กเล่นชิงช้า
 - ค. ลูกเทนนิสที่ถูกตีออกไปข้างหน้า
 - ง. เครื่องบินขณะร่อนลง
14. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ไม่ได้ทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
- ก. แขนลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้ง ผลักลูกตุ้มให้แกว่งเป็นวงกลม โดยเส้นเชือกทำมุมคงตัวกับแนวตั้ง
 - ข. แขนลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้ง ดึงลูกตุ้มออกมาจนเชือกทำมุมกับแนวตั้งเล็กน้อยแล้วปล่อยมือ
 - ค. ผูกวัตถุกับปลายสปริงในแนวระดับ ดึงอีกด้านของปลายสปริงไว้ ดึงวัตถุให้สปริงยืดออกเล็กน้อยแล้วปล่อยมือ
 - ง. ผูกวัตถุกับปลายสปริงในแนวตั้ง ดึงอีกด้านของปลายสปริงไว้ ดึงวัตถุให้สปริงยืดออกเล็กน้อยแล้วปล่อยมือ
15. ลูกบอลลูกหนึ่งตกลงน้ำและสั่นขึ้นลงหลายรอบ ทำให้เกิดคลื่นผิวน้ำแผ่ออกไปเป็นรูปวงกลม เมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที คลื่นน้ำแผ่ออกไปได้รัศมีสูงสุดประมาณ 20 เมตร โดยมีระยะทางระหว่างสันคลื่นเท่ากับ 2 เมตร จากข้อมูลดังกล่าว ลูกบอลสั่นขึ้นลงด้วยความถี่ประมาณเท่าใด
- ก. 0.5 Hz
 - ข. 1.0 Hz
 - ค. 2.0 Hz
 - ง. 4.0 Hz

16. ข้อความใดผิด

- ก. คลื่นกลมีทั้งคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง
- ข. สมบัติการสะท้อนเป็นสมบัติที่ทำให้คลื่นแตกต่างจากอนุภาค
- ค. คลื่นแสงและคลื่นน้ำเป็นคลื่นตามขวาง
- ง. ความยาวคลื่นในน้ำลึกมากกว่าความยาวคลื่นในน้ำตื้น

17. ข้อความใด ผิด

- ก. ที่อุณหภูมิ 0 องศา เสียงมีความเร็ว 331 m/s
- ข. การหักเหของคลื่นเสียงทำให้เกิดบีตส์
- ค. คุณภาพเสียงขึ้นอยู่กับรูปร่างของคลื่น
- ง. เสียงเป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาว

18. ข้อใดต่อไปนี้เป็นวัตถุประสงค์ของการบุผนังของโรงภาพยนตร์ด้วยวัสดุคลื่นเสียง

- ก. ลดความถี่ของเสียง
- ข. ลดความดังของเสียง
- ค. ลดการสะท้อนของเสียง
- ง. ลดการหักเหของเสียง

19. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- A. ก่อให้เกิดความรำคาญ
- B. ทำให้การสื่อสารคลาดเคลื่อน
- C. ทำให้ความสามารถในการได้ยินลดลง

ข้อความใดคือผลกระทบจากมลพิษทางเสียง

- ก. ข้อความ A
- ข. ข้อความ B
- ค. ข้อความ C
- ง. ข้อความ A B C

20. ข้อใดไม่ใช่การป้องกันมลพิษทางเสียง

- ก. ติดตั้งเครื่องจักรบนพื้นที่สามารถเคลื่อนย้ายได้
- ข. เพิ่มระยะห่างระหว่างเครื่องจักรกับผู้รับเสียง
- ค. ลดระยะเวลาในการรับเสียง เมื่ออยู่ในบริเวณที่มีเสียงดังเกินมาตรฐาน
- ง. ปลุกต้นไม้ขึ้นต้นไม้ใบดก

21. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- A. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามยาว
- B. คลื่นวิทยุมีความถี่น้อยกว่าคลื่นแสง
- C. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า
- D. คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ ริงส์แกมมา มีความเร็วคลื่นแตกต่างกัน

ข้อใดถูกต้อง

- ก. มีข้อความถูก 1 ข้อ
 - ข. มีข้อความถูก 3 ข้อ
 - ค. มีข้อความผิด 1 ข้อ
 - ง. มีข้อความผิด 2 ข้อ
22. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ในรีโมทควบคุมการทำงานของเครื่องโทรทัศน์ คือข้อใด
- ก. อินฟราเรด
 - ข. ไมโครเวฟ
 - ค. คลื่นวิทยุ
 - ง. อัลตราไวโอเลต
23. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (Fusion)
- ก. เกิดที่อุณหภูมิต่ำ
 - ข. ไม่สามารถทำให้เกิดบนโลกได้
 - ค. เกิดจากนิวเคลียสของธาตุเบาหลอมรวมกันเป็นธาตุหนัก
 - ง. เกิดจากการที่นิวเคลียสของธาตุหนักแตกตัวเป็นธาตุเบา
24. ข้อใดกล่าว ผิด เกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน
- ก. มีการแผ่พลังงานนิวเคลียร์ออกมา
 - ข. เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่
 - ค. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นให้โปรตอนออกมาไม่เกิน 5 อนุภาค
 - ง. เกิดจากการสลายตัวของธาตุหนัก

25. พลังงานนิวเคลียร์เกิดขึ้นได้อย่างไร
- ก. ในปฏิกิริยาฟิวชันจะเกิดปฏิกิริยาหลุมโซ่ ในการเกิดปฏิกิริยาแต่ละครั้งจะเกิดพลังงานนิวเคลียร์
 - ข. ในปฏิกิริยาฟิวชันออกซิเจนจะแตกตัวเป็น โปรตอนและอิเล็กตรอน จากนั้น โปรตอนจะรวมตัวกันและปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ออกมา
 - ค. ในปฏิกิริยาฟิวชันจะเกิดการหลอมรวมกันและปล่อยพลังงานนิวเคลียร์ออกมา
 - ง. ในปฏิกิริยาฟิวชันจะเกิดการแตกตัวอย่างต่อเนื่องของนิวเคลียสในการแตกตัวแต่ละครั้งจะเกิดพลังงานนิวเคลียร์
26. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ซึ่งใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร
- ก. เกิดคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป
 - ข. เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากเกินไป
 - ค. เกิดไนโตรเจนออกไซด์มากเกินไป
 - ง. อุณหภูมิของน้ำสูงมากซึ่งอาจถ่ายโอนไปยังสิ่งแวดล้อม
27. แผนภูมิต่อไปนี้แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงานในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จงระบุชนิดของพลังงานในแต่ละขั้นตอน

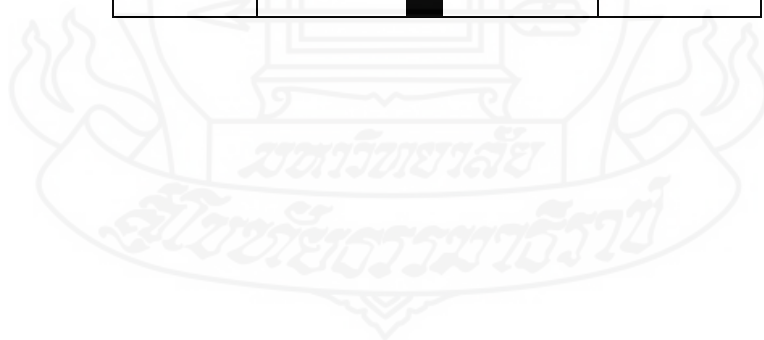
เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ → เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ → กังหัน → เครื่องกำเนิดไฟฟ้า → สายส่ง

- ก. พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานไฟฟ้า
 - ข. พลังงานกล พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า
 - ค. พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า
 - ง. พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า
28. เหตุใดโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันจึงต้องสร้างใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ
- ก. เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการดับไฟ กรณีเกิดไฟไหม้เตาปฏิกรณ์ปรมาณู
 - ข. ใช้น้ำปริมาณมากในการถ่ายเทความร้อนจากเตาปฏิกรณ์ไปยังกังหันไอน้ำ
 - ค. ใช้น้ำปริมาณมากในการทำให้เกิดปฏิกิริยาหลุมโซ่ของปฏิกิริยานิวเคลียร์
 - ง. ต้องใช้นิวตรอนจำนวนมากจากน้ำในการเริ่มปฏิกิริยานิวเคลียร์

29. จงเปรียบเทียบความสามารถของรังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา ในการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนในสารที่รังสีผ่านเข้าไป เรียงลำดับจากมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด
- รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา
 - รังสีบีตา รังสีแอลฟา รังสีแกมมา
 - รังสีแกมมา รังสีแอลฟา รังสีบีตา
 - รังสีแอลฟา รังสีแกมมา รังสีบีตา
30. จงพิจารณาสมบัติของรังสีต่อไปนี้
- มีประจุไฟฟ้าบวก
 - เป็นอิเล็กตรอนความเร็วสูงมาก
 - มีอำนาจทะลุผ่านสูงสุด
- สมบัติดังกล่าวเป็นของรังสีชนิดใดตามลำดับ
- รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา
 - รังสีบีตา รังสีแอลฟา รังสีแกมมา
 - รังสีแกมมา รังสีแอลฟา รังสีบีตา
 - รังสีแอลฟา รังสีแกมมา รังสีบีตา
31. ในทางการแพทย์ ไอโอดีน – 131 นำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ตามข้อใด
- ตรวจการไหลเวียนของโลหิตในร่างกาย
 - ตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์
 - รักษาโรคมะเร็ง
 - รักษาเนื้องอกในสมอง
32. ธาตุกัมมันตรังสีใดที่ใช้ในการฉายรังสีอาหารและผลผลิตทางการเกษตร
- I – 131
 - Co – 60
 - C – 14
 - P – 32
-

เฉลยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	17	ข
2	ค	18	ค
3	ค	19	ง
4	ข	20	ก
5	ก	21	ง
6	ง	22	ก
7	ง	23	ค
8	ก	24	ค
9	ข	25	ง
10	ก	26	ง
11	ง	27	ค
12	ค	28	ข
13	ค	29	ก
14	ก	30	ก
15	ข	31	ข
16	ข	32	ข



ค่าระดับความยากและค่าอำนาจจำแนกรายข้อแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ค่าความเที่ยง (Reliability) KR – 20 = 0.92

ข้อที่	ค่าอำนาจ จำแนก	ค่าระดับ ความยาก	ข้อที่	ค่าอำนาจ จำแนก	ค่าระดับ ความยาก
1	0.64	0.46	17	0.63	0.34
2	0.45	0.57	18	0.48	0.71
3	0.43	0.43	19	0.43	0.77
4	0.48	0.49	20	0.57	0.51
5	0.50	0.60	21	0.59	0.54
6	0.59	0.66	22	0.39	0.66
7	0.37	0.49	23	0.68	0.66
8	0.44	0.77	24	0.63	0.43
9	0.59	0.54	25	0.49	0.66
10	0.63	0.71	26	0.58	0.49
11	0.43	0.46	27	0.46	0.69
12	0.49	0.66	28	0.55	0.74
13	0.37	0.66	29	0.49	0.54
14	0.51	0.60	30	0.40	0.63
15	0.47	0.49	31	0.39	0.63
16	0.52	0.43	32	0.60	0.51

แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบบวัดฉบับนี้เป็นข้อความที่มีลักษณะเป็นปัญหาข้อโต้แย้ง ข้อมูล บทความหรือสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน
2. นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจสถานการณ์หรือข้อความ จากนั้นจึงอ่านคำถามในแต่ละข้อแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยทำเครื่องหมาย x ให้ตรงกับตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
3. การตอบแบบทดสอบฉบับนี้จะประโยชน์ต่อการพัฒนาการศึกษาด้านกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ให้นักเรียนตั้งใจทำทุกข้อ เพื่อจะทำให้แบบวัดฉบับนี้มีคุณภาพในการนำไปใช้ต่อไป

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1 – 4

ลูกดิ่ง คือ เครื่องมือสำหรับงานช่างชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นค้อนน้ำหนักรวมประมาณหนึ่งแกลม และปลายอีกด้านยึดไว้ด้วยเชือก ใช้สำหรับการหาแนวตั้งที่ตั้งฉากกับพื้น โลก เพื่อใช้เป็นแนว หรือเส้นอ้างอิงสำหรับงานก่อสร้างและงานช่างอื่นๆ

การใช้ลูกดิ่งหาแนวตั้ง มีมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ทั้งช่างก่ออิฐ, ช่างแกะสลักหิน หรือช่างไม้ ต่างก็ใช้ลูกดิ่งในการตรวจสอบชิ้นงานต่างๆ ว่าได้แนวตั้งหรือไม่

ในปัจจุบัน ลูกดิ่งสำหรับงานช่างได้รับการปรับปรุงให้สะดวกต่อการใช้งานยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการรวมกับปากเต้า และยังถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องมืออื่น เช่น กล้องวัดระดับ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับการวัดระดับและแนวสำหรับงานสำรวจ

ค้อนน้ำหนักรวมที่ใช้ทำเป็นลูกดิ่ง เดิมทีนิยมใช้ดีบุกเป็นวัสดุหลัก แต่ในปัจจุบันลูกดิ่งมีรูปแบบที่หลากหลาย แต่วัสดุที่ใช้ทำค้อนน้ำหนักรวมยังนิยมใช้โลหะเป็นวัสดุหลัก

(<https://th.wikipedia.org/wiki/ลูกดิ่ง>)

1. ข้อใดเป็นประเด็นสำคัญเกี่ยวกับลูกดิ่ง

- ก. ลูกดิ่งเป็นเครื่องมือช่างที่ใช้สำหรับหาแนวตั้งที่ตั้งฉากกับพื้นโลก
- ข. ลูกดิ่งเป็นเครื่องมือช่างที่มีมาตั้งแต่โบราณ
- ค. ลูกดิ่งเป็นเครื่องมือช่างที่นำไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องมืออื่น
- ง. ลูกดิ่งเป็นเครื่องมือช่างที่มีรูปแบบหลากหลาย

2. ข้อใดเป็นข้อคิดเห็น

- ก. ช่างก่ออิฐใช้ลูกคั้งในการตรวจสอบชิ้นงานต่างๆ
 ข. การใช้ลูกคั้งหาแนวคั้งมีมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ
 ค. ตุ่มน้ำหนักที่ใช้ทำลูกคั้งนิยมใช้โลหะเป็นวัสดุหลัก เพราะหาง่ายและราคาถูก
 ง. ลูกคั้งเป็นเครื่องมือช่างที่นำหลักการของสนามโน้มถ่วงมาใช้ประโยชน์

3. จากสถานการณ์ ข้อความใด ผิด

- ก. ช่างก่ออิฐนำลูกคั้งมาใช้ เพื่อให้อิฐแต่ละก้อนอยู่ในระดับเดียวกัน
 ข. ช่างปูนนำลูกคั้งมาใช้ เพื่อให้พื้นอยู่ในระดับเดียวกัน
 ค. ลูกคั้งไม่สามารถนำมาใช้หาจุดศูนย์กลางมวลได้
 ง. การใช้งานลูกคั้งจะต้องตั้งฉากกับพื้นโลก

4. นายกัน นำโลหะที่มีน้ำหนักต่างกันมาใช้ในการทำตุ้มน้ำหนัก ดังตาราง

โลหะ	น้ำหนัก(กรัม)
ชั้นที่ 1	100
ชั้นที่ 2	200
ชั้นที่ 3	300
ชั้นที่ 4	400

โลหะชั้นใดที่นำมาทำตุ้มน้ำหนักจะมีความแม่นยำมากที่สุด

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

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 5 – 7

นักวิทยาศาสตร์ไทยวิจัยเรื่องมังคุดมาตลอด 40 ปี เตือนการกินมังคุดหนึ่งมากเกินไปเสี่ยงดับฟังไตวาย จึงควรหลีกเลี่ยงการรับประทานอย่างต่อเนื่อง จากที่มีกระแสข่าวการรับประทานมังคุดที่นำไปซึ่งจะสามารถรักษา HIV และมะเร็งได้นั้น ในความเป็นจริงแล้ว การรับประทานมังคุดหนึ่งให้โทษ ทำให้ได้รับสารแทนนินสูง สามารถทำให้เกิดมะเร็งได้หากทานในปริมาณและต่อเนื่อง ข้อมูลอ้างอิงการกินมังคุดหนึ่ง <http://health.kapook.com/view122327.html> ศ.ดร.พิเชษฐ วิริยะจิตรา หัวหน้าคณะนักวิจัย Operation BIM หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนามังคุดไทย ได้วิจัยเรื่องมังคุดมาตลอด 40 ปี พบว่าสารที่มีประโยชน์ในมังคุดคือสารกลุ่ม Xanthones และสารที่มีฤทธิ์มากที่สุดคือ GM-1 สารกลุ่ม Xanthones นี้ ไม่ละลายน้ำ จึงเป็นไปไม่ได้ว่า จะซึมออกมาจากเปลือกแล้วเข้าไปในเนื้อมังคุดหนึ่ง สีแดงม่วงที่เราเห็นในเนื้อมังคุดหลังจากหนึ่งแล้ว คือ สารกลุ่ม Tannins ที่ละลายน้ำ สาร

กลุ่มนี้มีรสฝาดและทำให้เนื้อเยื่อหดตัว เมื่อรับประทานมากเข้า จะทำให้เกิดอาการท้องผูกและไปสะสมจนเป็นอันตรายต่อดับและไตได้ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการรับประทานอย่างต่อเนื่อง (http://siweb.dss.go.th/news/show_abstract.asp?article_ID=6564)

5. จากสถานการณ์ปัญหาคืออะไร

- ก. การรับประทานมังคุดหนึ่งให้โทษ
- ข. การรับประทานมังคุดหนึ่งไม่สามารถรักษาโรคมะเร็งได้
- ค. มังคุดหลังจากหนึ่งแล้วจะมีรสฝาด
- ง. มังคุดหลังจากหนึ่งแล้วจะมีสารกลุ่ม Tannins ออกมา

6. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่าข้อมูลจากแหล่งใดน่าเชื่อถือที่สุด

- ก. <http://health.kapook.com>
- ข. ศ.ดร. พิเชษฐ วิริยะจิตรา
- ค. เจ้าของสวนมังคุด
- ง. ผู้ที่เคยรับประทานมังคุดหนึ่ง

7. จากสถานการณ์ ข้อความใดผิด

- ก. สารกลุ่ม Tannins สามารถละลายน้ำได้
- ข. สารกลุ่ม Tannins มีรสฝาดและทำให้เนื้อเยื่อหดตัว
- ค. สารกลุ่ม Tannins ทำให้เกิดอาการท้องผูก
- ง. สารกลุ่ม Tannins พบได้ในมังคุดเท่านั้น

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 8 – 11

สมชายมีอาชีพเกษตรกรอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย เขาปลูกยางพาราชนิด A เพื่อขายน้ำยางพาราสดให้กับพ่อค้าคนกลาง โดยราคาน้ำยางพาราสดขึ้นกับปริมาณเนื้อยางที่เรียกว่า “เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง” หรือ%DRC จากการสังเกตในเบื้องต้นของสมชาย พบว่า ในช่วงหน้าหนาวซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 11 – 30 องศาเซลเซียส รายได้จากการขายน้ำยางพาราสดในแต่ละวันไม่คงที่ ทั้งที่ขายน้ำยางพาราในปริมาณที่เท่ากันทุกวัน สมชายจึงทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ยางแห้ง สามารถสรุปผลการเก็บข้อมูลได้ ดังตาราง

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง
11 - 15	30.25
16 - 20	30.55
21 - 25	34.42
26 - 30	36.5

8. จากสถานการณ์ที่กำหนด นายสมชายมีข้อสงสัยในประเด็นใดเป็นสำคัญ
- ทำไมรายได้จากการขายน้ำยางพาราสดในแต่ละวันไม่คงที่
 - ช่วงหน้าหนาวมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 11 – 30 องศาเซลเซียส จริงหรือไม่
 - เปอร์เซ็นต์ยางแห้งในช่วงหน้าหนาวแตกต่างจากช่วงหน้าร้อน หรือไม่
 - อุณหภูมิมี่ความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ยางแห้งหรือไม่
9. บุคคลใดสามารถนำผลการเก็บข้อมูลของนายสมชายไปประยุกต์ใช้ได้
- นายดี เป็นเกษตรกรปลูกยางพาราชนิด A อยู่ที่จังหวัดสงขลา
 - นายมา เป็นเกษตรกรปลูกยางพาราชนิด A อยู่ที่จังหวัดเชียงราย
 - นายศักดิ์ เป็นเกษตรกรปลูกยางพาราชนิด B อยู่ที่จังหวัดระยอง
 - นายวัฒน์ เป็นเกษตรกรปลูกยางพาราชนิด B อยู่จังหวัดอุบลราชธานี
10. วันใดต่อไปนี่ที่นายสมชายจะมีรายได้จากการขายน้ำยางพาราสดมากที่สุด
- วันจันทร์มีอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส
 - วันอังคารมีอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส
 - วันพุธมีอุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส
 - วันพฤหัสบดีมีอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส
11. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
- ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และ 17 องศาเซลเซียส น้ำยางพาราชนิด A ให้เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ
 - ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส และ 27 องศาเซลเซียส น้ำยางพาราชนิด A ให้เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ
 - ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และ 28 องศาเซลเซียส น้ำยางพาราชนิด A ให้เปอร์เซ็นต์ยางแห้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
- ถ้านายสมชายจะทำการเก็บข้อมูลอีกครั้ง โดยมีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติข้อความใดถูกต้อง

- ก. ข้อความ A
- ข. ข้อความ B
- ค. ข้อความ C
- ง. ข้อความ A, B, C

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 12 – 16

ในที่สุดซัมซุงก็ประกาศให้ลูกค้าทั่วโลกหยุดใช้งาน “กาแล็กซี่ โน้ต 7” สมาร์ทโฟนเรือธงอีกรุ่นที่เพิ่งเปิดตัวได้ไม่นาน และยังไม่วางจำหน่ายในเมืองไทยอย่างเป็นทางการ เหตุจากปัญหาแบตเตอรี่ระเบิดที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง กรณีแบตเตอรี่สมาร์ทโฟนกาแล็กซี่ โน้ต 7 (Galaxy Note 7) ของซัมซุงระเบิด รายงานจากเอฟพีระบุว่า เป็นตัวอย่างการระเบิดล่าสุดของแบตเตอรี่ลิเทียม ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ตั้งแต่แล็ปท็อป โสเวอร์บอร์ด ไปจนแบตเตอรี่เครื่องบิน และเป็นการย้ำเตือนว่าการเร่งรัดรวมเทคโนโลยีนั้นนำไปสู่ปัญหาใหญ่ได้ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นแบบชาร์จไฟได้ และบรรจุพลังงานได้มากเมื่อเทียบกับน้ำหนัก ทำให้เหมาะสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา แบตเตอรี่อาจใช้วัสดุต่างกัน แต่หลักการก็คล้ายกัน มีส่วนแคโทด (cathode) ที่มีไอออนบวก และส่วนแอโนด (anode) ที่มีไอออนลบ โดยไอออนเหล่านี้จะเคลื่อนที่เป็นทางเดียวเมื่อถูกชาร์จ และจะเคลื่อนที่กลับเมื่อถูกคายประจุหรือแบตเตอรี่ถูกใช้งาน ทั้งสองส่วนจะต้องไม่สัมผัสกัน ดังนั้น โรงงานจะใส่แผ่นกั้นเพื่อแยกสองส่วนนี้ออกจากกัน ทว่าว่าปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้แบตเตอรี่ทำงานนั้นก็ทำให้เกิดความร้อนด้วย ไม่เพียงเท่านั้นแบตเตอรี่เองยังมีสารประกอบที่ติดไฟง่าย และเซลล์ของแบตเตอรี่ก็ถูกปรับความดันด้วย ซึ่งรอยร้าวในแผ่นกั้นที่เกิดจากการผลิตเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการระเบิด อีกสาเหตุคือการประจุไฟมากเกินไปหรือเร็วเกินไปก็ทำให้เกิดความร้อนส่วนเกิน และเกิดการลัดวงจรที่ทำให้เกิดการระเบิดได้ ในกรณีของซัมซุงนั้นทางบริษัทระบุว่า กระบวนการผลิตพลาสติกที่ไม่เกิดขึ้นบ่อยนั้นส่งผลต่อแผ่นกั้น ทำให้ส่วนของแบตเตอรี่ที่ไม่ควรสัมผัสกันเกิดแตะกันขึ้น ทั้งนี้ โรงงานผลิตมีความพยายามอย่างหนักที่จะเพิ่มความจุของแบตเตอรี่ เพื่อรองรับความกระหายพลังงานของอุปกรณ์พกพา ผู้ผลิตสมาร์ทโฟนต่างพยายามที่จะลดขนาดแบตเตอรี่เหล่านี้ให้เล็กและบางลง แต่เพราะแบตเตอรี่นั้นสร้างพลังงานจากปฏิกิริยาเคมี มันจึงยากมากที่จะลดความเสี่ยงที่จะระเบิดไม่ให้เกิดขึ้นเลย” ฮิเดกิ ยาซูดะ (Hideki Yasuda) นักวิเคราะห์จากสถาบันวิจัยเอซ (Ace Research Institute) ในโตเกียวให้ความเห็น การระเบิดของแบตเตอรี่ลิเทียมเคยเกิดขึ้นมาก่อนหน้านี้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เช่น แบตเตอรี่ในแล็ปท็อป แบตเตอรี่ของเครื่องบินโบอิง แบตเตอรี่ของจักรยานไฟฟ้า ส่วนกรณีระเบิดของ

แบตเตอรี่ซัมซุงนั้นเกิดขึ้นระหว่างชาร์จไฟ อย่างไรก็ตาม ปริมาณแบตเตอรี่ที่เชื่อมที่ถูกผลิตขึ้นปีละหลายล้านก้อนนั้น มีเพียงส่วนน้อยที่ติดไฟหรือระเบิด (ผู้จัดการออนไลน์ 12 ต.ค.59)

12. สถานการณ์ปัญหา คืออะไร

- ก. การระเบิดของแบตเตอรี่
- ข. อันตรายที่เกิดจากการระเบิดของแบตเตอรี่
- ค. การป้องกันอันตรายที่เกิดจากการระเบิดของแบตเตอรี่
- ง. หลักการทำงานของแบตเตอรี่

13. “นายวันชัยใช้โทรศัพท์มือถือ เพราะฉะนั้นเขาจะได้รับอันตรายจากแบตเตอรี่ระเบิด” จากข้อความดังกล่าว นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร

- ก. ข้อเท็จจริงนี้ไม่เพียงพอต่อการลงสรุป
- ข. ข้อเท็จจริงนี้สอดคล้องกับสาเหตุการระเบิดของแบตเตอรี่
- ค. ข้อเท็จจริงนี้คัดค้านกับสาเหตุการระเบิดของแบตเตอรี่
- ง. ข้อเท็จจริงนี้ไม่เกี่ยวข้องกับสาเหตุการระเบิดของแบตเตอรี่

14. จากสถานการณ์ ข้อสรุปที่เป็นไปได้เหมาะสมที่สุดคือข้อใด

- ก. แบตเตอรี่ระเบิดไม่มีโอกาสเกิดขึ้นได้
- ข. แบตเตอรี่ระเบิดสามารถป้องกันได้
- ค. การใช้โทรศัพท์มือถือทำให้แบตเตอรี่ระเบิดได้
- ง. แบตเตอรี่ระเบิดสามารถซ่อมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้

15. จากข้อความ “ส่วนกรณีระเบิดของแบตเตอรี่ซัมซุงนั้นเกิดขึ้นระหว่างชาร์จไฟ” นักเรียนคิดว่า การระเบิดเกิดจากสาเหตุใด

- ก. ไฟฟ้าภายในบ้านลัดวงจรทำให้เกิดระเบิดระหว่างชาร์จไฟ
- ข. แบตเตอรี่ที่ใช้หมดอายุการใช้งานทำให้เกิดระเบิดระหว่างชาร์จไฟ
- ค. แบตเตอรี่ที่ใช้ไม่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากโรงงานผลิต
- ง. ระหว่างชาร์จไฟมีประจุไฟฟ้ามากเกินไปทำให้เกิดความร้อนสะสมจนกระทั่งระเบิด

16. แหล่งข้อมูลใดที่ให้ข้อมูลสาเหตุที่แบตเตอรี่มือถือซัมซุงรุ่น Galaxy Note 7 ของซัมซุงระเบิด ได้น่าเชื่อถือที่สุด

- ก. สำนักข่าว เอเอฟพี
- ข. นักวิเคราะห์จากสถาบันวิจัยเอช
- ค. วิศวกรของบริษัทซัมซุง

ง.เจ้าของสมาร์ทโฟนกาแล็กซี่ โน้ต 7 ี่ระเบิด

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 17 – 19

ตำรวจ สภ.อ เมืองยะลา ได้รับแจ้งมีคนพบวัตถุต้องสงสัยอาจเป็นระเบิด จึงรีบเดินทางไปตรวจสอบกระเป่าเดินทาง นำสุนัขไปดมกลิ่นระเบิด แต่ตรวจสอบไม่ได้ เลยต้องใช้เครื่องเอ็กซเรย์ตรวจสอบปรากฏว่าภายในไม่มีระเบิด

17. ข้อความใดไม่เกี่ยวข้องกับบทความ

- ก. นำสุนัขไปดมกลิ่น
- ข. ตรวจสอบปรากฏว่าภายในไม่มีระเบิด
- ค. ใช้เครื่องเอ็กซเรย์ตรวจสอบวัตถุต้องสงสัย
- ง. ตำรวจสถานีตำรวจภูธรเมืองยะลาพบวัตถุต้องสงสัย

18. เมื่อนักเรียนพบวัตถุต้องสงสัย ควรปฏิบัติอย่างไร

- ก. ไปบอกคุณครู
- ข. ชักชวนเพื่อนๆ เปิดดู
- ค. นำกลับไปบ้านให้พ่อแม่
- ง. ไม่เข้าไปใกล้บริเวณนั้นแล้วรีบแจ้งตำรวจ

19. นำสุนัขไปดมกลิ่นระเบิด แต่ตรวจสอบไม่ได้ นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร

- ก. ในกระเป่าไม่มีระเบิด
- ข. สุนัขไม่พร้อมที่จะทำงาน
- ค. สุนัขที่นำมาไม่มีความสามารถพอ
- ง. การใช้ประสาทสัมผัสอาจมีการผิดพลาด

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 20 – 24

ในปี พ.ศ. 2543 เกิดวิกฤตการณ์น้ำเสียในแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากมีฝนตกหนักต่อเนื่องจนเกิดน้ำท่วมขัง ในช่วงเวลาเดียวกับข่าวนาปรังรอการเก็บเกี่ยว เมื่อมีลมพัดแรง ต้นข้าวซึ่งกำลังออกรวงเต็มที่จะถูกลมพัดจนน้ำและเกิดการเน่าเสียรวมถึงการชะล้างของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ ที่ใช้ในการเพาะปลูกเมื่อระบายลงสู่แม่น้ำท่าจีน ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลง

ต่ำกว่ามาตรฐานที่ปลาจะอาศัยอยู่ได้ คือ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อน้ำเสียจากนาข้าวเหล่านั้นไหลมารวมกับน้ำในแม่น้ำช่วงล่างจนถึงปากแม่น้ำ ซึ่งมีการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมอื่นๆ เช่น ชุมชน อุตสาหกรรม และปศุสัตว์ ประกอบกับลักษณะทางกายภาพของกลุ่มแม่น้ำท่าจีนซึ่งเป็นพื้นที่มีความลาดชันน้อย จึงระบายน้ำออกทะเลได้ค่อนข้างช้า และเมื่ออยู่ในช่วงที่น้ำทะเลหนุนสูง ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำลงสู่ทะเลได้ ทำความเน่าเสียเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเข้าไปใกล้ศูนย์

20. จากบทความ ปัญหาคืออะไร

- ก. นาข้าวพังเสียหาย
- ข. การระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
- ค. การระบายน้ำของแม่น้ำท่าจีน
- ง. การเกิดน้ำเสียในแม่น้ำท่าจีน

21. ข้อใด ไม่ใช่ สาเหตุของปัญหาในบทความ

- ก. ต้นข้าวจมน้ำและเกิดการเน่าเสีย
- ข. ปลาตาย
- ค. การระบายน้ำทิ้งจากชุมชน
- ง. น้ำทะเลหนุนทำให้ไม่สามารถระบายน้ำสู่ทะเลได้

22. ข้อใดคือแนวทางในการแก้ปัญหาในบทความที่มีความเหมาะสมที่สุด

- ก. ออกกฎหมายควบคุมการปลูกข้าวบริเวณแม่น้ำ
- ข. ห้ามประชาชนปล่อยปลาลงในแม่น้ำ
- ค. ห้ามประชาชนสร้างบ้านเรือนริมแม่น้ำ
- ง. ขุดลอก คู คลอง

23. ถ้านักเรียนมีบ้านพักอยู่บริเวณริมน้ำ พบว่า มีปลาอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ข้อใดถูกต้อง

- ก. น้ำบริเวณดังกล่าวมีออกซิเจนละลายในน้ำประมาณ ๓ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ข. น้ำบริเวณดังกล่าวมีออกซิเจนละลายในน้ำประมาณ ๒ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ค. น้ำบริเวณดังกล่าวมีออกซิเจนละลายในน้ำประมาณ ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร
- ง. น้ำบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มที่ออกซิเจนละลายในน้ำจะมีค่าลดลง

24. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

A. เปิดประตูระบายน้ำ เมื่อระดับน้ำทะเลต่ำ

B. โรงงานอุตสาหกรรมบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่น้ำทำน

C. ระบายน้ำเสียจากพื้นที่นาข้าวที่มีน้ำท่วมต้นข้าว ลงในพื้นที่นาข้าวที่เก็บเกี่ยวแล้ว

ข้อใดคือวิธีการที่จะสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแม่น้ำทำนได้

ก. ข้อความ A เท่านั้น

ข. ข้อความ A และ B เท่านั้น

ค. ข้อความ B และ C เท่านั้น

ง. ข้อความ A B และ C

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 25 – 28

ปัญหาขยะพลาสติกทั่วโลก ลูกกลมทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่เพียงส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ ผู้ร่วม โลกก็ได้รับผลกระทบไปมากมายเช่นกัน นักวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ หลาย ๆ ท่านได้ตระหนักถึงปัญหา และร่วมมือกันเพื่อหาทางออกให้กับปัญหาเหล่านี้ ดังเช่น เมื่อปีที่แล้ว (ค.ศ. 2015) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน Craig Criddle จาก Stanford Woods Institute for the Environment ได้ร่วมมือกับนักวิทยาศาสตร์ชาวจีน Jun Yang จาก Beihang University ทำการวิจัย และค้นพบว่า มีหนอนชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในวงการเลี้ยงสัตว์ ชื่อว่า Mealworm หรือหนอนนก สามารถกินและย่อยสลายพลาสติกที่ปกติย่อยสลายได้ยากมาก (หรือนับได้ว่าย่อยสลายไม่ได้) ในธรรมชาติ เช่น ก่อ่งโฟม (styrofoam) ที่ทำจากพอลิเมอร์ชื่อ พอลิสไตรีน (polystyrene) โดยการย่อยสลายเกิดขึ้นผ่านจุลินทรีย์ในลำไส้ของหนอนนกนั่นเอง

ก่อนหน้านี้ คณะวิจัยของ Wei-Min Wu จาก Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University ได้พบว่า wax worms ตัวอ่อนของ meal moths อินเดีย (ผีเสื้อกลางคืนชนิดหนึ่ง) มีจุลินทรีย์ในลำไส้ของพวกมันที่สามารถย่อยสลายพอลิเอธิลีน (polyethylene) ซึ่งใช้เป็นพลาสติกที่ใช้ในการผลิตถุงพลาสติก หรือที่เราเรียกกันติดปากว่าถุงก๊อบแก๊บ มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ แต่อย่างไรก็ดี การที่สิ่งมีชีวิตย่อยสลายพอลิเอธิลีนได้นี้ไม่ใช่สิ่งใหม่เท่าไรนัก เนื่องจากในปี 2008 Daniel Burd นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากประเทศแคนาดา ได้รับรางวัลระดับโลกหลายรางวัลจากการค้นพบแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายพอลิเอธิลีนได้ โดยเขาสามารถแยกเชื้อจุลินทรีย์ คือแบคทีเรียที่สามารถย่อยพอลิเอธิลีนได้ 2 สกุลคือ *Pseudomonas* และ *Sphingomonas* จากแหล่งที่มีการทิ้งขยะประเภทพลาสติก

ล่าสุด Shosuke Yoshida และทีมงานนักวิจัย สาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สิ่งทอ (Textile Science) สถาบัน Kyoto Institute of Technology เมือง Kyoto ได้ค้นพบแบคทีเรียที่มีชื่อว่า *Ideonellasakaiensis* 201-F6 สามารถย่อยสลายพลาสติก โพลีเอทิลีนเทอเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate) หรือเพท (PET) ซึ่งเป็นพลาสติกที่ใช้ทำขวดน้ำดื่ม และเป็นอีกหนึ่งขยะพลาสติกที่มีมากที่สุด โดยใช้เอนไซม์ที่มีเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์เพทสายยาวให้กลายเป็นมอนอเมอร์หรือหน่วยซ้ำซึ่งเป็นเสมือนสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิตพอลิเมอร์ชนิดดังกล่าว

นับได้ว่าเป็นก้าวที่สำคัญอีกก้าวหนึ่งของมวลมนุษยชาติที่จะสามารถแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกอันโลกจนก่อเกิดมลพิษและความเปลี่ยนแปลงในเชิงลบได้

25. ข้อใดเป็นประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการย่อยสลายพลาสติก

- ก. การย่อยสลายพลาสติกสามารถใช้กระบวนการการรีไซเคิลได้
- ข. การย่อยสลายพลาสติกสามารถใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กย่อยได้
- ค. การย่อยสลายพลาสติกมีกระบวนการหลายขั้นตอนต้องทำอย่างเป็นระบบ
- ง. การย่อยสลายพลาสติกเป็นการเปลี่ยน โครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ให้กลายเป็นมอนอเมอร์

26. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่าข้อมูลจากแหล่งใดน่าเชื่อถือที่สุด

- ก. นักวิจัยด้านแมลง
- ข. นักวิชาการด้านสาธารณสุข
- ค. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- ง. ทีมงานนักวิจัย สาขาชีววิทยาประยุกต์ สถาบัน Kyoto Institute of Technology

27. จากสถานการณ์ ข้อความใดผิด

- ก. ถุงพลาสติกหรือถุงก๊อบแก๊บทำมาจากพอลิเอทิลีน (polyethylene)
- ข. จุลินทรีย์ในลำไส้ของหนอนนกสามารถกินและย่อยสลายกล่องโฟมได้
- ค. wax worms สามารถย่อยสลายพอลิเมอร์ชื่อ พอลิสไตรีน (polystyrene) ได้
- ง. แบคทีเรียบางชนิดเท่านั้นที่สามารถย่อยสลายพลาสติกที่ปกติย่อยสลายได้ยาก

28. บุคคลใดสามารถนำผลการศึกษารื่องจุลินทรีย์ย่อยสลายพลาสติกไปประยุกต์ใช้ได้
- ก. นายเอ เพาะเลี้ยงหมอนอกเพื่อส่งขายกับโรงงานกำจัดขยะจากจุลินทรีย์ได้
 - ข. นายบี เปลี่ยนวัสดุในการผลิตขวดจากพลาสติกเป็นผลิตจากเยื่อไม้
 - ค. นายซี ขยายโรงงานจากเคมีรีไซเคิลขยะพลาสติกให้มีโรงงานเพิ่มขึ้น
 - ง. นักวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพใช้พอลิเอธิลีนทดแทนพอลิสไตรีนได้

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 29 – 30

ในการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีนักเรียนเข้าค่ายจำนวน 20 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ครูให้นักเรียนออกแบบและสร้างภาชนะบรรจุน้ำแข็ง โดยแข่งกันว่าภาชนะของกลุ่มไหนน้ำแข็งจะละลายช้าที่สุด

29. ข้อใดคือสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบข้างต้นมากที่สุด
- ก. ปริมาณน้ำแข็งที่มากละลายช้ากว่าปริมาณน้ำแข็งที่น้อย
 - ข. ชนิดของน้ำที่บรรจุในภาชนะมีผลต่อการละลายของน้ำแข็ง
 - ค. รูปทรงของภาชนะมีผลต่อการละลายของน้ำแข็ง
 - ง. วัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างภาชนะมีผลต่อการละลายของน้ำแข็ง
30. หลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์มากที่สุด ถ้านักเรียนจะเลือกซื้อหลังคาควรเลือกซื้อหลังคาที่มีคุณสมบัติอย่างไร
- ก. หลังคาที่มีลักษณะสวยงาม
 - ข. หลังคาที่ทำจากโลหะ เพราะ แข็งแรง
 - ค. หลังคาที่สะท้อนรังสีความร้อน
 - ง. หลังคาที่อมความร้อน

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 31 – 33

อุบัติเหตุทางถนนเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของคนไทย โดยในปี 2559 มีผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนนประมาณ 50,000 คน ส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจอันเนื่อง กล่าวคือ ผู้บาดเจ็บจะต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการรักษาสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิตครอบครัวและชีวิตความเป็นอยู่ของผู้บาดเจ็บอย่างมาก

31. ปัญหาสำคัญของสถานการณ์ดังกล่าว คือข้อใด
- อุบัติเหตุทางถนน
 - ชีวิตของผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนน
 - ปัญหาทางเศรษฐกิจ
 - สาเหตุการเสียชีวิตของคนไทย
32. ข้อมูลดังกล่าวน่าจะมาจากแหล่งใดมากที่สุด
- สภาการวิจัย
 - กระทรวงสาธารณสุข
 - กองควบคุมโรคติดต่อ
 - ศูนย์วิจัยทางเศรษฐกิจ
33. สมมติฐานที่เป็นไปได้มากที่สุดของสถานการณ์ คือข้อใด
- ผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น
 - ถ้ามีผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นจะทำให้เศรษฐกิจตกต่ำ
 - ถ้ามีผู้บาดเจ็บจากอุบัติเหตุคงที่การเสียชีวิตของคนไทยจะคงที่
 - ถ้าค่าใช้จ่ายในการรักษาลดลงจะทำให้เศรษฐกิจดีขึ้น

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 34 – 36

หลังจากนายหม่าได้รับโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารโดยใช้ระบบอินเทอร์เน็ตได้ พฤติกรรมของนายหม่าเริ่มเปลี่ยนไป เขาเริ่มเก็บตัวอยู่ในห้องและก้มหน้าเล่นโทรศัพท์มือถือโดยไม่สนใจคนรอบข้าง ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมเลย

34. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้มากที่สุด คือข้อใด
- ความก้าวหน้าทางการสื่อสาร
 - โทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ของนายหม่า
 - ปัญหาในการใช้โทรศัพท์มือถือของนายหม่า
 - พฤติกรรมของนายหม่า

35. จากสถานการณ์ข้อใดคือข้อคิดเห็นของผู้เขียน

- ก. นายหม่าได้รับโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่
- ข. นายหม่าเก็บตัวอยู่ในห้อง
- ค. นายหม่าก้มหน้าเล่นโทรศัพท์มือถือ
- ง. นายหม่ามีพฤติกรรมไม่เหมาะสมเลย

36. ข้อใดเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

- ก. ห้ามนายหม่าใช้โทรศัพท์มือถือ
- ข. จำกัดเวลาในการใช้โทรศัพท์มือถือของนายหม่า
- ค. ไปพบจิตแพทย์เพื่อรักษาอาการติดโทรศัพท์มือถือ
- ง. ตัดสัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่อไม่ให้เชื่อมต่อสัญญาณได้

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 37 – 39

ในปี พ.ศ.2558 องค์การอนามัยโรคพบว่า มีผู้ป่วยโรคชิคาในประเทสบราซิลและโคลัมเบีย ซึ่งโรคไข้ชิคา เกิดจากเชื้อไวรัสชิคา อยู่ในตระกูลเฟลวิไวรัส(Flavivirus) มีลักษณะคล้ายคลึงกับไวรัสไข้เหลือง ไวรัสเตงกีไวรัสเวสต์ไนล์ และไวรัสไข้สมองอักเสบเจอี มีุงกลายเป็นพาหะนำโรค โรคนี้ส่วนใหญ่ผู้ป่วยแล้วหายเองได้ อาการโรคไม่รุนแรง มีปัญหาเฉพาะกับหญิงตั้งครรภ์ ผู้ป่วยจะมีอาการ มีไข้ ตาแดง มีผื่นแดง อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ ปวดข้อและปวดกล้ามเนื้อ

สำหรับในประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคไข้ชิคาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 โดยเฉลี่ยปีละ 2 – 5 ราย ซึ่งผู้ป่วยทุกรายหายได้เอง และยังไม่เคยมีรายงานการติดเชื้อไวรัสชิคาในหญิงตั้งครรภ์จนทำให้เด็กเกิดความพิการ

37. ข้อมูลดังกล่าวน่าจะมาจากหน่วยงานใดของกระทรวงสาธารณสุขมากที่สุด

- ก. กรมสุขภาพจิต
- ข. กรมอนามัย
- ค. กรมควบคุมโรค
- ง. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

38. การตรวจอาการผู้ป่วยที่คาดว่าจะเป็โรคไข้ช้กกา ต้องสังเกตอย่างไรร้าง

- ก. ช้่งน้ำหนัก วดควมค้ดของผู้ป่วย วดอุณหภูมිර้างกาย
- ข. วดอุณหภูมිර้างกาย สังเกตตาและผิวหน้งของผู้ป่วย สัมภษณ้อการปวดเมือยกล้ามเนื้อ
- ค. ช้่งน้ำหนัก วดควมค้ดของผู้ป่วยสัมภษณ้อการปวดเมือยกล้ามเนื้อ
- ง. วดควมค้ดของผู้ป่วย วดอุณหภูมिर้างกาย สังเกตตาและผิวหน้งของผู้ป่วย

39. บุคคลใดต่อไปนี้มีควมเสี่ยงที่จะเป็โรคไข้ช้กกามากที่สุด

- ก. บริเวณบ้านของนายดำมีน้ำข้ง
- ข. นางเขียวตั้งครรรภได้ 3 เดือน
- ค. นายน้อยเพิ่งเดินทางกลับมาจากประเทศบราซิล
- ง. นายบุญผ่องออกกำล้งกายอย่างหักโหมทำให้อุณหภูมิร่างกายอ่อนเพลียและมีอาการปวดกล้ามเนื้อ

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนีแล้วตอบคำถามข้อ 40 – 41

น้ำแข็งที่เราบริประทานจะสะอาดหมดจดเพราะแคว่มันทำมาจากน้ำและมีรูปร่างหน้าตาที่ใส เอน้ำแข็งไปใส่ขนมหวาน หรือเครื่องค้ดก็ย้งทำให้อาหารอร่อยและคลายร้อนได้ด้อยยั้ง แต่่นันอาจเป็ตัวการที่ทำให้เราท้องเสียก็เป็ได้

ตัวการที่ทำให้ท้องเสียนั้นก็ค้อการปนเปื้อนเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่มาจากกระบวนการผลิตและขนส่ง ช้่งจุลินทรีย์ก่อโรคท้องเสียก็ได้แก่ เชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (*E. coli*) และเชื้อซัลโมเนลล่า (*Salmonella*)

โดยปกติเชื้อ *E. coli* จะเป็เชื้อประจำถิ่นที่อาศัยอยู่ตามร่างกายของเราอยู่แล้ว โดยเชื้อประจำถิ่นดังกล่าวนั้นจะเป็สายพันธุ์ที่ไม่ก่อโรค แต่อาจฉวยโอกาสก่อโรคได้ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง ส่วนสายพันธุ์ที่ก่อโรคได้นั้นจะเข้าสู่ร่างกายโดยการบริประทานอาหารหรือน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* เข้าไป ส่วนเชื้อ *Salmonella* นั้น เป็เชื้อก่อโรคที่ไ้รับเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดอาการอาหารเป็พิษและโรคท้องร่วงได้

ดังนั้น เราควรป้องกันตัวเองจากการบริประทานอาหารซึ่งวิธีง่าย ๆ ก็ ค้อ สังเกตน้ันเอง โดยให้สังเกตอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำแข็งในตอนที่กำลังละลาย ตรวจสอบคว่า เมือละลายแล้วพบตะกอนอยู่ที่ก้นภาชนะใส่ของหวาน (น้ำแข็งใส) หรือเครื่องค้ดหรือไม่ หากพบเราก้ควรหลีกเลี่ยงที่จะบริประทาน

40.ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้มากที่สุด คือข้อใด

ก.เชื้อ *E. coli*อาศัยอยู่ในร่างกายอยู่แล้ว

ข.น้ำแข็งอาจเป็นตัวการที่ทำให้เกิดท้องเสียได้

ค.ควรสังเกตน้ำแข็งก่อนกินทุกครั้งเพื่อป้องกันท้องเสีย

ง.เชื้อ *E. coli* และเชื้อซัลโมเนลล่า (*Salmonella*) ทำให้เกิดท้องเสีย

41.แนวทางการแก้ปัญหาอาการท้องเสียโดยมีสาเหตุมาจากการบริโภคน้ำแข็ง ควรดำเนินการ

อย่างไรเพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน

ก.ผู้บริโภคนำเครื่องต่อคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภคเมื่อเกิดอาการท้องเสีย

ข.ผู้ผลิตต้องชดเชยค่าเสียหายแก่ผู้เกิดอาการท้องเสียจากการบริโภคน้ำแข็ง

ค.ผู้ผลิตดำเนินการตรวจสอบคุณภาพทุกขั้นตอนการผลิตจนกระทั่งส่งถึงมือลูกค้า

ง.ผู้ผลิตน้ำแข็งติดฉลากข้างบรรจุภัณฑ์แนะนำผู้บริโภคเกี่ยวกับการตรวจสอบความสะอาดของน้ำแข็ง

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 42 – 45

กิ้ง กับ แก้ว ต้องการออกแบบ สร้างและทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทดสอบวัสดุที่จะนำมาใช้ทำแผงเก็บความร้อน โดยใช้เป็นตัวควบคุม ได้ผลดังนี้

ลำดับที่	วัสดุ	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	
		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1	น้ำ	25	29
2	A	25	32
3	B	25	31
4	C	25	32.1
5	D	25	30
6	E	25	29

42. ปัญหาในข้อใดเกี่ยวข้องกับ การทดสอบของ กิ่ง กับ แก้ว
- วัสดุชนิดใดที่จะนำมาทำแผงเก็บความร้อนได้ดีที่สุด
 - ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีแผงเก็บความร้อนหรือไม่
 - ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีกลไกการทำงานอย่างไร
 - วัสดุชนิดใดทนต่อความร้อนมากที่สุด
43. ข้อใดเรียงลำดับการเก็บความร้อนของวัสดุที่ได้ทำการทดสอบจากน้อยไปมากได้ถูกต้อง
- A C D E B
 - B A C E D
 - D E C A B
 - E D B C A
44. จากผลการทดสอบ กิ่ง กับ แก้ว ควรเลือกวัสดุชนิดใดมาใช้ทำแผงเก็บความร้อน
- วัสดุ E เพราะ หลังทดลองมีอุณหภูมิเท่ากับน้ำ
 - วัสดุ D เพราะ หลังทดลองมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำเล็กน้อย
 - วัสดุ A หรือ วัสดุ C เพราะ หลังทดลองมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน
 - วัสดุ B เพราะ หลังทดลองมีอุณหภูมิสูงขึ้นอยู่กับระดับที่เหมาะสม เมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆ
45. นายอีด ต้องการนำวัสดุมาทำกล่องใส่ผลไม้ โดยกล่องใบดังกล่าวจะต้องระบายความร้อนได้ดี เพื่อไม่ให้ผลไม้สุกเร็วเกินไป นายอีดควรเลือกใช้วัสดุชนิดใด
- | | |
|----------------|----------------|
| ก. วัสดุชนิด A | ค. วัสดุชนิด C |
| ข. วัสดุชนิด B | ง. วัสดุชนิด D |
46. “อาการปวดส้นเท้าเกิดในผู้สูงอายุมีหลายสาเหตุ เช่น น้ำหนักมาก เดินมากหรือยืนมากเป็นประจำ” จากข้อความดังกล่าว ข้อใดนำเสนอแนวทางแก้ปัญหาได้สมเหตุสมผลที่สุด
- นายเก่ง นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการให้รัฐบาลแจกรถเข็นให้กับผู้สูงอายุ เพื่อลดกิจกรรมการเดินหรือยืนเป็นเวลานาน
 - นายมัน นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยการออกแบบแผ่นยางรองส้นเท้าสำหรับน้ำหนักได้ดีขึ้น
 - นายนิค นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยการรณรงค์ให้ผู้สูงอายุควบคุมน้ำหนัก
 - แนวทางแก้ปัญหาของทั้ง 3 คน สมเหตุสมผล

47. จงเลือกข้อสรุปที่ถูกต้อง

- เหตุ
1. ถ้าคนขับรถดื่มสุราจะขับรถด้วยความประมาท
 2. ถ้าขับรถด้วยความประมาทจะเกิดอุบัติเหตุ
 3. ถ้าเกิดอุบัติเหตุจะทำให้คนขับรถพิการ
 4. ถ้าคนขับรถพิการจะทำให้คนในครอบครัวลำบาก
 5. คนขับรถดื่มสุรา

ข้อใดสรุปผลถูกต้อง

- ก. คนขับรถ ขับรถไม่ประมาท
- ข. ขับรถไม่เกิดอุบัติเหตุ
- ค. คนขับรถจะพิการ
- ง. คนในครอบครัวไม่ต้องลำบาก

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 48

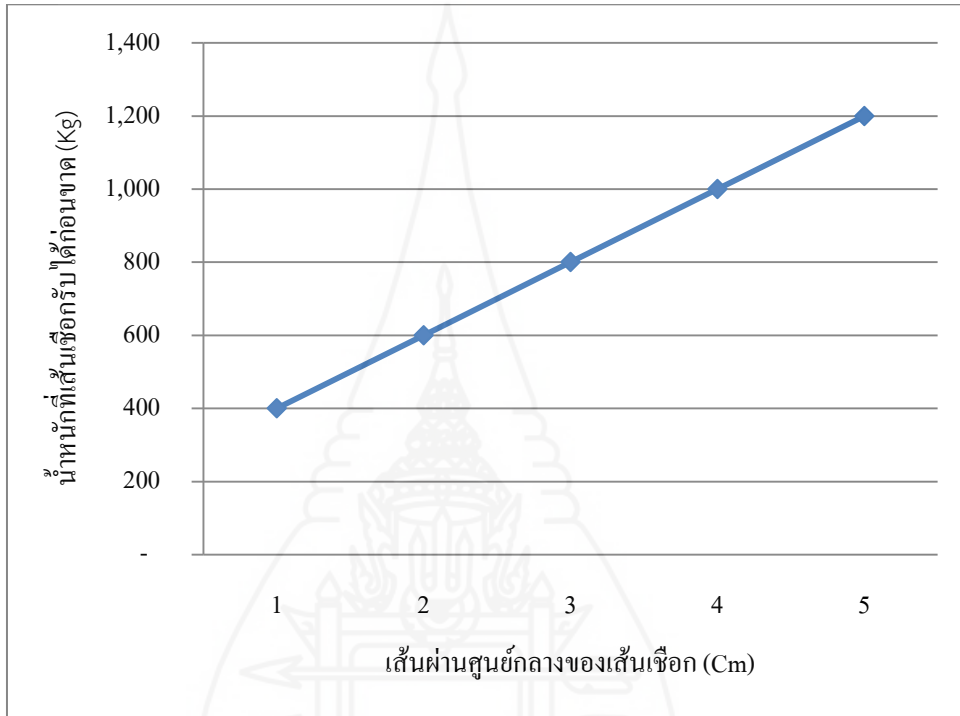
ปิติเลี้ยงผึ้งไว้หลายรัง เขาสังเกตเห็นว่าจำนวนของผึ้งที่ฟักออกจากไข่ มีปริมาณต่างกันในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เขาสงสัยว่าปัจจัยต่อไปนี้อาจมีผลต่ออัตราที่ตัวผึ้งฟักออกจากไข่ ได้แก่ อุณหภูมิของรังผึ้ง ความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในรังผึ้ง ปริมาณอาหารที่หาได้ จำนวนผึ้งที่มีชีวิตภายในรัง

48. ปิตีควรตั้งสมมติฐานที่สอดคล้องกับปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว(ด้าน 4)

- ก. อุณหภูมิของรังผึ้งที่เหมาะสมจะทำให้จำนวนผึ้งที่มีชีวิตภายในรังมีจำนวนมาก
- ข. ปริมาณอาหารที่เหมาะสมจะมีผลต่ออัตราที่ตัวผึ้งฟักออกจากไข่
- ค. ปริมาณอาหารที่หาได้ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ผึ้งจากรังอื่นๆ เข้ามาเพิ่มขึ้น
- ง. อุณหภูมิของรังผึ้งที่เหมาะสมจะส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในรังผึ้งทำให้จำนวนผึ้งที่มีชีวิตภายในรังมีจำนวนเพิ่มขึ้น

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 49 – 50

นายแดงเป็นวิศวกรของบริษัทขนส่งแห่งหนึ่ง ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงของเส้นเชือกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ กัน โดยแขวนตุ้มน้ำหนักไว้ที่ปลายเส้นเชือกก่อนที่เส้นเชือกจะขาด ผลที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นดังกราฟข้างล่าง



เมื่อนายแดงไปขอข้อมูลของฝ่ายจัดซื้อ พบว่า เชือกแต่ละขนาดมีต้นทุน ดังตาราง

เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นเชือก (cm)	ต้นทุนต่อเมตร (บาท)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500

49. ถ้านายแดงต้องการใช้เชือกยกของหนัก 610 kg ควรเลือกใช้เชือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อยที่สุดเท่าใด

ก. 1 cm

ค. 3 cm

ข. 2 cm

ง. 4 cm

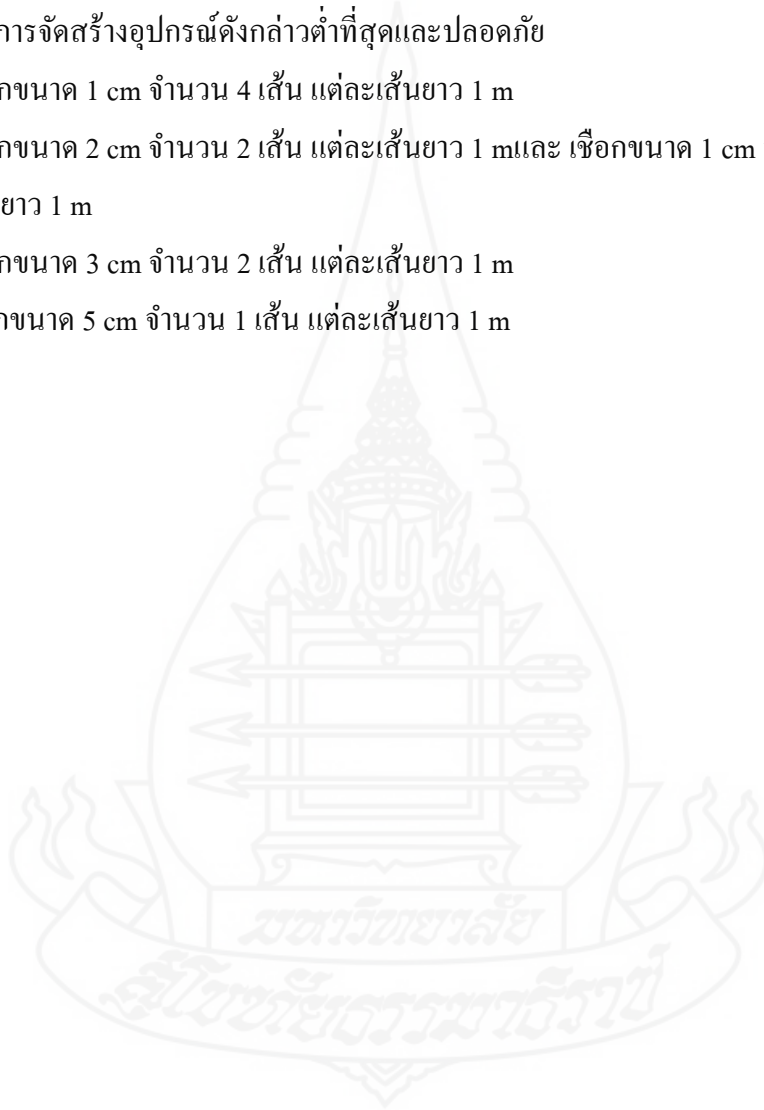
50. ถ้านายแดงต้องการออกแบบอุปกรณ์ยกของหนัก 1,600 kg ควรเลือกใช้เชือกตามข้อใด เพื่อให้ต้นทุนการจัดสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวต่ำที่สุดและปลอดภัย

ก. เชือกขนาด 1 cm จำนวน 4 เส้น แต่ละเส้นยาว 1 m

ข. เชือกขนาด 2 cm จำนวน 2 เส้น แต่ละเส้นยาว 1 m และ เชือกขนาด 1 cm จำนวน 4 เส้น แต่ละเส้นยาว 1 m

ค. เชือกขนาด 3 cm จำนวน 2 เส้น แต่ละเส้นยาว 1 m

ง. เชือกขนาด 5 cm จำนวน 1 เส้น แต่ละเส้นยาว 1 m



เฉลยแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	26	ง
2	ค	27	ค
3	ค	28	ก
4	ง	29	ง
5	ก	30	ค
6	ข	31	ค
7	ง	32	ข
8	ง	33	ข
9	ข	34	ง
10	ง	35	ง
11	ง	36	ค
12	ก	37	ค
13	ก	38	ข
14	ข	39	ค
15	ง	40	ข
16	ค	41	ค
17	ง	42	ก
18	ง	43	ง
19	ก	44	ค
20	ง	45	ง
21	ข	46	ข
22	ง	47	ค
23	ก	48	ข
24	ง	49	ค
25	ข	50	ก

ค่าระดับความยากและค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ค่าความเที่ยง (Reliability) $KR - 20 = 0.98$

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าระดับความยาก	ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าระดับความยาก
1	0.84	0.56	26	0.66	0.75
2	0.87	0.44	27	0.98	0.50
3	0.55	0.50	28	0.67	0.63
4	0.55	0.69	29	0.70	0.69
5	0.61	0.44	30	0.66	0.75
6	0.55	0.75	31	0.72	0.50
7	0.61	0.75	32	0.66	0.69
8	0.89	0.56	33	0.66	0.69
9	0.78	0.38	34	0.72	0.69
10	0.87	0.44	35	0.66	0.75
11	0.84	0.56	36	0.76	0.63
12	0.52	0.63	37	0.80	0.50
13	0.82	0.63	38	0.78	0.63
14	0.54	0.63	39	0.58	0.56
15	0.72	0.69	40	0.49	0.63
16	0.57	0.56	41	0.61	0.56
17	0.87	0.44	42	0.54	0.63
18	0.59	0.63	43	0.89	0.56
19	0.78	0.63	44	0.73	0.63
20	0.72	0.69	45	0.89	0.56
21	0.55	0.50	46	0.71	0.63
22	0.57	0.63	47	0.59	0.44
23	0.57	0.63	48	0.52	0.63
24	0.72	0.50	49	0.66	0.56
25	0.78	0.63	50	0.60	0.44

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฟื้นฝ่าอุปสรรค

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาแต่ละข้อคำถามว่านักเรียนมีความคิด ความรู้สึกหรือพฤติกรรมอยู่ในระดับใด แล้วให้นักเรียนทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง มากที่สุด มาก น้อย น้อยที่สุด โดย

มากที่สุด หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น 76% ขึ้นไป
 มาก หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น 51% - 75%
 น้อย หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น 26% - 50%
 น้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนมีความคิด ความรู้สึก หรือพฤติกรรมนั้น ต่ำกว่า 25%

ข้อ	ข้อคำถาม	มากที่สุด	มาก	น้อย	น้อยที่สุด
1.	เมื่อฉันต้องทำกิจกรรมกับเพื่อนต่างห้องเรียนที่ไม่มีใครสนใจฉันนัก ทำให้ฉันไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมอีก				
2.	การที่เพื่อนสอบไม่ผ่าน เพราะฉันไม่ได้เองที่ชวนเพื่อนไปเที่ยวก่อนสอบ				
3	การที่ฉันถูกปฏิเสธการเข้าร่วมการแสดงของโรงเรียน เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นเสมอ				
4	การที่เพื่อนไม่มาตามนัด เพราะฉันไม่มีความสำคัญสำหรับเขา				
5	การผิดหวังกับเพื่อนสนิทเป็นเรื่องชั่วคราว ฉันสามารถกลับมาคิดได้ในไม่ช้า				
6	หากฉันไม่ได้รับคัดเลือกเป็นหัวหน้าห้องในเทอมนี้ฉันคงไม่ได้รับเลือกให้เป็นผู้นำด้านอื่นๆของโรงเรียนด้วย				

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	น้อย	น้อยที่สุด
7	ฉันพบเหตุการณ์ที่ต้องทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนที่ไม่ชอบหน้าเป็นประจำ				
8	เมื่อรายงานบางส่วนที่ต้องส่งวันพรุ่งนี้สูญหาย ฉันจะยอมเสียคะแนนส่วนนั้นไป				
9	เมื่อฉันลบข้อมูลสำคัญออกจากคอมพิวเตอร์โดยไม่ตั้งใจ ฉันไม่สามารถหาข้อมูลนั้นได้อีก				
10	การที่เพื่อนไม่ยอมรับเหตุผลของฉัน เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นประจำ				
11	เมื่อฉันมาไม่ทันรถที่จะไปทัศนศึกษา ฉันจะปล่อยให้เลยตามเลย				
12	เมื่อฉันต้องย้ายไปนั่งใกล้เพื่อนที่ไม่ค่อยถูกกัน ทำให้ฉันไม่มีความสุขในการเรียนไปตลอด				
13	แม้ฉันทราบว่ามีคะแนนต่ำ แต่ฉันคงแก้ไขอะไรไม่ได้				
14	การที่ฉันเรียนไม่รู้เรื่องต่างๆที่ตั้งใจฟัง เพราะฉันมีสติปัญญาต่ำ				
15	การที่ฉันไม่ได้รับคัดเลือกให้ร่วมการแสดงของโรงเรียน ทำให้ฉันไม่มีโอกาสแสดงความสามารถอีกต่อไป				
16	เหตุการณ์ที่ทำให้ฉันรู้สึกกดดัน จะเกิดขึ้นกับฉันเสมอ				
17	การที่ฉันไม่ได้รับคัดเลือกให้เป็นประธานนักเรียน เพราะฉันไม่สามารถทำให้เพื่อนไว้วางใจได้				

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	น้อย	น้อยที่สุด
18	การที่ฉันไม่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นนักกีฬาตามที่ตั้งใจ เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นกับฉันเสมอ				
19	เมื่อคอมพิวเตอร์มีปัญหาทำให้ส่งงานล่าช้า ฉันจะปล่อยเลยตามเลย				
20	การที่พ่อแม่ตั้งความหวังด้านการเรียนของฉันไว้สูง ทำให้กระทบต่อการดำเนินชีวิตในด้านอื่นๆของฉัน				
21	ฉันประสบกับเรื่องไม่สบายใจตลอดเวลา				
22	หากฉันสอบเอนทรานซ์ไม่ได้ตรงตามที่ตั้งใจ ฉันจะไม่สามารถประกอบอาชีพได้ดังที่หวัง				
23	เมื่อเพื่อนในกลุ่มให้ฉันเป็นผู้รายงานหน้าห้องทั้งที่ฉันไม่ถนัด ทำให้ได้คะแนนต่ำ เพื่อนต้องเป็นฝ่ายหาทางแก้ไข				
24	การที่ฉันตอบคำถามอาจารย์ไม่ได้ ทำให้ฉันไม่อยากเข้าเรียนวิชานั้นอีก				
25	การส่งงานไม่ทันตามกำหนดเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับฉันเป็นประจำ				
26	เมื่อพ่อแม่ตั้งความหวังด้านการเรียนไว้สูง ฉันไม่สามารถจัดการกับเรื่องนี้ได้ ต้องปล่อยให้พ่อแม่คาดหวังต่อไป				
27	เมื่อเพื่อนให้ฉันทำรายงานให้ แล้วเกิดข้อผิดพลาด ฉันจะปล่อยให้เป็นที่ของเพื่อนแก้ไขเอง				

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	น้อย	น้อยที่สุด
28	เมื่อสมาชิกในชมรมที่ฉันเข้าร่วมไม่ค่อยมีใครสนใจฉัน ฉันจะทำกิจกรรมต่างๆเพียงลำพัง				
29	เมื่อโครงการในส่วนที่ฉันรับผิดชอบเกิดความผิดพลาด ฉันจะแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น				
30	หากฉันเรียนไม่ทันเพื่อนในบางวิชา ฉันจะให้เพื่อนที่เข้าใจวิชานั้นช่วยอธิบายให้				
31	หากฉันประสบอุบัติเหตุจนไม่สามารถเดินได้ปกติ ฉันคงไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมอื่นๆได้อีก				
32	การสอบได้คะแนนต่ำ เป็นเรื่องที่เกิดขึ้นกับฉันเป็นประจำ				
33	หากฉันประสบอุบัติเหตุทำให้ต้องพักการเรียนไปหนึ่งเทอม ทำให้การวางแผนการเรียนของฉันล้มเหลว				
34	หากฉันเข้าใจผิดกับเพื่อน ฉันไม่สามารถกลับไปคุยกับเพื่อนคนนั้นได้ดังเดิม				
35	หากระหว่างการสอบเกิดปวดท้องกะทันหัน ฉันจะส่งข้อสอบไปแม้ว่าจะยังทำไม่เสร็จ				

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ผู้วิจัยใช้ของ วรรณิกา สุขสมัย (2549) ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27 – 0.53 จำแนกตามองค์ประกอบ ได้ดังนี้ ด้านการควบคุมสถานการณ์ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 – 0.52 ด้านการรับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 – 0.48 ด้านการเข้าถึงปัญหา มีค่าอำนาจการจำแนกตั้งแต่ 0.27 – 0.53 ด้านการอดทนต่อปัญหา มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 – 0.52

แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคมีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในตามวิธีของครอนบรากเท่ากับ 0.89 จำแนกตามองค์ประกอบ ได้ดังนี้ ด้านการควบคุมสถานการณ์ มีค่าความเที่ยง 0.70 ด้านการรับรู้ต้นเหตุและรับผิดชอบต่อปัญหา มีค่าความเที่ยง 0.62 ด้านการเข้าถึงปัญหา มีค่าความเที่ยง 0.71 ด้านการอดทนต่อปัญหา มีค่าความเที่ยง 0.70



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายพิทพนธ์ พิทักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	27 มีนาคม 2526
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ.2544 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ.2552 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช พ.ศ.2560
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนกระบุรีวิทยา อำเภอกระบุรี จังหวัดระนอง
ตำแหน่ง	ครูชำนาญการ

