

**การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**
**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**

พิททพนธ์ พิทักษ์¹, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์², ดวงเดือน พินสุวรรณ์³, มณัส บุญประกอบ⁴

Phitthaphon Phithak¹, Tweesak Chindanurak², Duongdeam Pinsuwan³, Manat Boonprakob⁴

(Received: January 15, 2018; Revised: February 22, 2018; Accepted: May 25, 2018)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 2) เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิจัยแบ่งได้ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการสอน โดยดำเนินการตามลำดับ ดังนี้ (1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดหลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ วิธีการวัดและประเมินผลของรูปแบบ การสอน (2) ประเมินรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน (3) ทดลองใช้รูปแบบการสอน โดยการศึกษาในห้อง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 31 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ผลจากการศึกษานำมาปรับปรุงรูปแบบการสอนเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ระยะที่ 2 การประเมินผลรูปแบบการสอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา จังหวัดระนอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 รวม 80 คน โดยใช้แบบแผนศึกษาทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการสุ่มและวัดก่อน-หลัง ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ (1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 (2) แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าความเชื่อมั่น 0.98 (3) แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของ กรรณิกา สุขสมัย (2549) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ ดังนี้ (1) หลักการของรูปแบบการสอน (2) วัตถุประสงค์

¹นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

¹Ph.D Candidate, School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University

²สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

²School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University

³ข้าราชการบำนาญ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³Retired Government Officials of Behavioral Science Research Institute, Srinakharinwirot University



ของรูปแบบการสอน (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ได้แก่ (3.1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E (Physics-Technology-Physics and Mathematics-Engineering) (3.2) ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน และ (4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน และ 2) ผลการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: รูปแบบการสอนฟิสิกส์, สะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์, ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ, ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

Abstract

This development research aimed (1) to develop 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 effectiveness of the developed instructional model. The research procedure was divided into two phases. The first phase was the development of the instructional model that proceeds as follows: (1) define the study of the concept and relevant literature to the rationale of the constructional model, the objectives of the instructional model, the learning process, and the evaluation, (2) examine the quality of the teaching model by expert evaluation, and (3) experiment with the instruction model by the pilot study. The samples of this phase consisted of 31 students in Mathayom Suksa 4/1 of Kraburi Wittaya School in the second semester of the academic year 2016. The lesson plans based on the developed instruction model were used in this study. The results of the pilot study were for improving the instruction model. The second phase was the evaluation of the developed instructional model by field try-out. The samples of this phase were 80 students in Mathayom Suksa IV of Kraburi Wittaya school in the first semester of the academic year 2017, who were chosen through cluster random sampling. The experimental design was the randomized pretest-posttest control group design. The instruments used in the study including (1) The Physics Achievement test with the reliability of 0.92. (2) The Critical Thinking test with the reliability of 0.98. and (3) The adversity Quotient Test by Kannika Suksamai (2006) with the reliability of 0.89. The data was analyzed by Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

The findings of this study were as follows: 1) Physics Instruction Model Based-on STEM Education Approach to Enhance Physics Learning Achievement, Critical Thinking, and Adversary Quotient of Upper Secondary Students consisted of four components; (1.1) rationale of the constructional model, (1.2) the objectives of the instructional model, (1.3) learning process which comprised two steps. They were (3.1) problematic situation design which was created a problem situation using the P-T-PM-E format and (3.2) the step of the learning process consisted of 6 steps: Step 1 Identifying the problem, Step 2 Investigation,

Step 3 Generating possible solutions, Step 4 Decision making, Step 5 Producing the product, Step 6 Performance assessment, and (1.4) evaluation 2) Physics learning achievement, critical thinking ability and adversary quotient of the students who were taught by the developed instructional model was significantly higher than of the students who were taught by the traditional teaching model.

Keywords: The Physics Instruction Model, STEM Education, Physics Learning Achievement, Critical Thinking Ability, Adversary Quotient

บทนำ

ประเทศไทย 4.0 เป็นรูปแบบในการพัฒนาเศรษฐกิจโดยการขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อให้ก้าวพ้นจากกับดักประเทศรายได้ปานกลาง มีการนำความรู้และเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับต่างๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับนานาชาติ แต่ในสภาพปัจจุบัน พบว่า ผลการประเมินคุณภาพภายนอก รอบสาม (พ.ศ.2554 -2558) ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปี พ.ศ.2554 ตัวบ่งชี้ที่ 4 นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น สถานศึกษาส่วนใหญ่มีผลการประเมิน ระดับ ดี คิดเป็นร้อยละ 71.49 และตัวบ่งชี้ที่ 5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน สถานศึกษาส่วนใหญ่มีผลการประเมินระดับ พอใช้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 53.14 (สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2556) ดังนั้น การจัดการศึกษาในประเทศไทยต้องได้รับการพัฒนาในด้านกระบวนการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับนานาชาติในอนาคต

การส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดมีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในทุกสายวิชา (ไพฑูริย์ สีนลรัตน์, นวลจิตต์ เขาวงกตพิงค์, ตรีศักดิ์ จินดาบุรุษ, และ ไสว พักขาว, 2557) กระบวนการคิดสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ กระบวนการคิดที่จำเป็น คือ กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ เช่น กระบวนการคิดแก้ปัญหา กระบวนการตัดสินใจ กระบวนการวิจัย เป็นต้น (ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ, 2543) แต่ในสภาพการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ฝ่ายวิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558 ก) พบว่า ครูมีจุดเน้นในเรื่องแนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะการสำรวจตรวจสอบและทักษะการทดลอง แต่ยังไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองและครูบางส่วนได้สอนโดยเน้นความจำมากกว่ากระบวนการคิดขั้นสูง ดังนั้น ควรปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นอกจากนี้ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค (Adversity Quotient : AQ) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถดำรงชีวิตในยุคประเทศไทย 4.0 ได้อย่างมีความสุข กล่าวคือ ผลจากการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี ส่งผลให้การดำรงชีวิตของเด็กที่เกิดตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2543 เปลี่ยนแปลงไป เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตสามารถอำนวยความสะดวกต่างๆ ได้เป็นอย่างดี (นิพนธ์ ชาญอัมพร, และ ธาตรี ไต้ฟ้ากุล, 2558) เป็นผลให้เด็กรุ่นใหม่ขาดความอดทนในการแก้ปัญหา ท้อแท้และสิ้นหวังไม่สามารถยืนหยัดต่อสู้อุปสรรคได้ ดังนั้น กระบวนการจัดการเรียนรู้ในยุคประเทศไทย 4.0 ควรมุ่งเน้นให้นักเรียน คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาได้ เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนดำรงชีวิตในสังคมประเทศไทย 4.0 ได้อย่างมีความสุข

ในปีการศึกษา 2559 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ได้มีนโยบายขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในโรงเรียนทั่วประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558 ข) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน จาก



ผลการศึกษาของ National Research Council of The National Academies (2011) พบว่า การจัดการเรียนรู้แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กล่าวคือ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะช่วยให้เข้าใจธรรมชาติและเป้าหมายของการเรียนรู้ เหตุผลของการค้นคว้าหาความรู้ ทำให้รู้ว่าจะค้นหาอะไร อย่างไร เมื่อใด (ชนาธิป พรกุล, 2554) นอกจากนี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นทีม ฝึกการแก้ปัญหาและการขึ้นนำตนเองเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ (Robert, Mary & James, 2013)

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลจากการวิจัยจะทำให้ครูมีรูปแบบการสอนเพื่อเตรียมนักเรียนเข้าสู่สังคมประเทศไทยยุค 4.0 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นจะมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการสอนแบบปกติ

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) กระบวนการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการสอน

1.การพัฒนารูปแบบการสอน ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนารูปแบบการสอน ดังนี้

- (1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสอนเพื่อหาองค์ประกอบของรูปแบบการสอน
- (2) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ การบูรณาการสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อกำหนดหลักการของรูปแบบการสอน
- (3) กำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนโดยใช้หลักการของรูปแบบการสอนเป็นฐาน
- (4) การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพื่อกำหนดกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ผลการสังเคราะห์ พบว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา 2) ขั้นตอนการสอน

(5) การกำหนดแนวทางการวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน

2. การประเมินรูปแบบการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมิน เครื่องมือที่ใช้การประเมิน คือ แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนในแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการประเมินพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการสอน โดยภาพรวมมีความเหมาะสมในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.72, S.D. = 0.72$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า หลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนและการวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน มีค่าสูงสุดเท่ากัน คือ ($\bar{X} = 5.00, S.D. = 0.00$) รองลงมา คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ($\bar{X} = 4.68, S.D. = 0.26$) มีความเหมาะสมในระดับ มากที่สุดเช่นกัน

3. การทดลองใช้รูปแบบการสอน โดยการศึกษาในห้อง รูปแบบการสอนได้ถูกปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการศึกษาในห้องเพื่อตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษานำร่อง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 200 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 31 คน แบบแผนในการทดลอง ได้แก่ การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้เวลาในการสอนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 3 สัปดาห์ รวม 9 ชั่วโมง ผลจากการศึกษานำร่องผู้วิจัยนำมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงรูปแบบการสอนให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปใช้ทดลองจริง

ระยะที่ 2 การประเมินผลของรูปแบบการสอน

การประเมินผลของรูปแบบการสอนโดยการทดลองจริง ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลอง ได้แก่ แบบแผนศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยการสุ่มและวัดก่อน-หลังทดลอง (The Randomized Pretest-Posttest Control Group Design)

ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย ตัวแปรต้น คือ รูปแบบที่ 1 รูปแบบการสอนฟิลิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับรูปแบบที่ 2 รูปแบบการสอนแบบปกติ ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคโดยกลุ่มทดลองเรียนกับรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น กลุ่มควบคุมเรียนกับรูปแบบการสอนปกติ

เครื่องมือประกอบการใช้รูปแบบการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ในรายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จำนวน 8 แผน มีเนื้อหาประกอบด้วย 1) สนามของแรง 2) การเคลื่อนที่ 3) คลื่นกลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ 4) กัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ สร้างจากสาระการเรียนรู้แกนกลาง มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 35 คน โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ได้ค่าความยากง่าย (Difficulty) ระหว่าง 0.34-0.77 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ระหว่าง 0.37-0.68 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) 0.92 (2) แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย ด้านการระบุประเด็นปัญหา ด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล ด้านการวิเคราะห์และจัดระบบข้อมูล ด้านการตั้งสมมติฐาน และด้านการประเมินค่า ประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นนำไปทดลองใช้กลุ่มตัวอย่าง ค่าความเชื่อมั่น 0.98 และ (3) แบบวัดความสามารถในการ



เผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของ กรรณิกา สุขสมัย (2549) จำแนกระหว่าง 0.27-0.53 ค่าความเชื่อมั่น 0.89 ข้อมูลที่รวบรวมได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ประชากรที่ใช้ในการทดลอง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 200 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (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

ผลการวิจัย

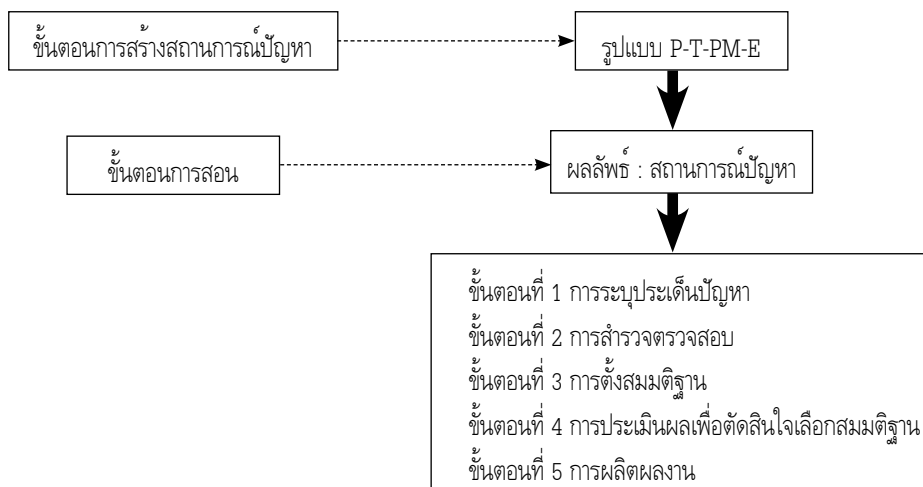
ผลการวิจัยสรุปตามขั้นตอนการวิจัย ได้ดังนี้

1.ผลการพัฒนารูปแบบการสอน รูปแบบการสอนฟิลิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิลิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีองค์ประกอบ 4 ประการ ดังนี้

1.1 หลักการของรูปแบบการสอน ประกอบด้วย 1) เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมในรูปแบบ PTEM ซึ่งประกอบด้วย ฟิลิกส์ (Physics:P) เทคโนโลยี (Technology:T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering:E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) โดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ 2) จัดการเรียนรู้โดยนักเรียนลงมือกระทำโดยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ โดยมีครูทำหน้าที่สนับสนุน อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน 4) นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน มี 3 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

1.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย การดำเนินงาน 2 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา และ (2) ขั้นตอนการสอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน

1) **ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา** โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E ได้แก่ **Physics (P)** หมายถึง ครูผู้สอนวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สารที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สารที่ 5 พลังงาน ผลการวิเคราะห์จะได้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ลำดับต่อมาคือ **Technology (T)** หมายถึง ครูผู้สอนเลือกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาระ/ตัวชี้วัดที่ต้องการสอน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากการบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง วิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยคำนึงถึงบริบทของนักเรียนในแต่ละพื้นที่เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริง ลำดับต่อมาครูผู้สอนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง **Physics and Mathematics (PM)** โดยนำเทคโนโลยีที่ต้องการให้นักเรียนศึกษามาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (Physics:P) กับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) ผลการวิเคราะห์นำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และ **Engineering (E)** หมายถึง ขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์ปัญหาซึ่งจะนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด โดยนักเรียนจะต้องบูรณาการความรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (P) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (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** เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เก็บรวบรวมและจัดระบบเรียบร้อยแล้วใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานมากกว่า 1 สมมติฐาน **ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน** เมื่อนักเรียนได้สมมติฐานจากขั้นตอนที่ 4 แล้ว นักเรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน โดยนักเรียนร่วมกันกำหนดข้อมูลและเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกสมมติฐาน **ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน** นักเรียนนำสมมติฐานที่เลือกมาใช้ในการผลิตผลงาน ซึ่งผลงานของนักเรียนจะมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทของเนื้อหา เช่น ผลงานสิ่งประดิษฐ์ แนวทางการแก้ปัญหา แบบจำลอง เป็นต้น ถ้าผลงานของนักเรียนไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องแนะนำ ชี้แนะเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยใช้แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ตามขั้นตอน LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล (Paul) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ได้แก่ **L:Listen to your adversity response** หมายถึง ครูจะต้องประเมินการตอบสนองต่ออุปสรรคของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนไม่มีการตอบสนองต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้นหรือนักเรียนไม่มีความพยายามในการผลิตผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องดำเนินการในขั้นตอนถัดไป คือ **E:Explore all origins and your ownership of the result.** หมายถึง การสำรวจต้นเหตุและความรับผิดชอบ



ต่อผลลัพธ์ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนค้นหาสาเหตุของอุปสรรค เช่น อะไรคือสาเหตุที่ทำให้ไม่บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ นักเรียนคิดว่ามีวิธีการใดบ้างที่จะทำให้ดีกว่านี้ เป็นต้น ลำดับต่อมา **A: Analyze the evidence** หมายถึง การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุงผลงาน โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนหาแนวทางแก้ไข เช่น จะแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างไร เป็นต้น และ **D: Do something** หมายถึง การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา เมื่อนักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคแล้ว ครูจะต้องสนับสนุนและเสริมแรงเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรค และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน นักเรียนจะนำเสนอผลงานให้กับเพื่อนในชั้นเรียนทราบ โดยผลงานของนักเรียนจะถูกประเมินโดยครูเพื่อนในห้องเรียนและกลุ่มนักเรียนเอง ข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลงานจะนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในครั้งต่อไป

1.4 การวัดประเมินผลของรูปแบบการสอน การวัดและประเมินผล ดำเนินการ 2 ลักษณะ คือ 1) การวัดและประเมินผลระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ที่กำหนดไว้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนในแต่ละด้าน 2) การวัดและประเมินผลหลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

2. ผลการประเมินการใช้รูปแบบการสอน

1) ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของตัวแปรตามที่ได้ศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตามที่ได้ศึกษาของนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นและกลุ่มควบคุมเรียนโดยรูปแบบการสอนปกติ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 1

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
ความสามารถในการเผชิญ และฝ่าฟันอุปสรรค (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

2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Homogeneity of variance covariance matrices) ของตัวแปรโดยใช้ Box's M test พบว่า เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวกับกลุ่มด้วยวิธี Levene's Test พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้งสามแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการทดสอบ Bartlett's Likelihood พบว่า ตัวแปรทั้งสามมีความสัมพันธ์กัน จาก

การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) พบว่า เป็นไปตามข้อตกลงที่กำหนดไว้ ดังนั้น สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ได้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปรของตัวแปรตามที่ทำการศึกษา

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 of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
รูปแบบการสอน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (Ach)	490.050	1	490.050	48.514	0.000
	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			

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) พบว่า เมื่อวิเคราะห์จากค่าสถิติ Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace, Roy's Largest Root แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์รูปแบบการสอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่งผลต่อคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรอย่างไร ซึ่งทำการทดสอบด้วย Univariate Test ผลการทดสอบ พบว่า นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

- 1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม
- 2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม
- 3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม



อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีข้อค้นพบและประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. การพัฒนารูปแบบการสอน

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการศึกษา ค้นคว้า ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลของการศึกษาช่วยให้ผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการสอนและเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ให้มีความสัมพันธ์กัน โดยอาศัยหลักการจากทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของจอยส์ และวีล (Joyce & Weil, 1996) ที่กล่าวว่ารูปแบบการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ และเมื่อพัฒนารูปแบบการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลายจะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎี และตรวจสอบคุณภาพในเชิงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงและนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมระดับ มากที่สุด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงก่อนที่จะมีการศึกษานำร่อง ผลการศึกษานำร่องช่วยให้ผู้วิจัยพบจุดอ่อนของรูปแบบการสอนขณะใช้ในสภาพจริง เช่น ขั้นตอนการสอนขาดความต่อเนื่อง นักเรียนไม่สามารถกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจได้ นักเรียนกำหนดสมมติฐานหรือแนวทางการแก้ปัญหาวิธีการเดียว เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ผู้วิจัยนำมาใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม กระบวนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ผลการสังเคราะห์ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

(1). ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E เป็นแนวทางให้ครูออกแบบหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สารที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สารที่ 5 พลังงาน จากนั้นจึงเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาของ Eggen & Kauchak (2012) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดหัวข้อการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 3 กำหนดหัวข้อปัญหา และขั้นตอนที่ 4 จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จุติพร อัครโสวรรณ, วัฒนา มัคคสมัน, ปรีชา เนาว์เย็นผล, และสุมาลี กาญจนชาติ. (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยการจัดการประสบการณ์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยกระบวนการของรูปแบบการสอนมีขั้นตอนการพัฒนาขอบเขตเนื้อหา และสร้างหน่วยบูรณาการก่อนที่จะปฏิบัติการสอน ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาส่งผลให้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นอิงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่ต้องการสะท้อนคุณภาพนักเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

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

อย่างต่อเนื่อง

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นเน้นให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาโดยบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีการสอดแทรกกระบวนการสืบเสาะในขั้นตอนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ Lee & Kamisah (2015) ได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา BTEM Module (Biology, Technology, Engineering and Mathematics Module) โดยให้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry - Based Learning) เป็นพื้นฐานเพื่อให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนได้

2.การประเมินผลรูปแบบการสอน

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีผลต่อตัวแปรทั้งสามดังนี้

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยึดหลักการเรียนรู้แบบองค์รวม นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ลงมือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยสนับสนุน ขั้นตอนการสอนขั้นตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา จะกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 2 สืบรวจตรวจสอบ นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามที่ครูได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพฤติกรรม การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analyzing) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ตามแนวคิดของบลูม และปรับปรุงโดยแอนเดอร์สัน ในปี 2001 (พิศิษฐ ดันทวนิช, 2558) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้น ให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหา มีความตั้งใจในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาดิละห์ เจ๊ะแม, ณัฐนิ โมพันธ์, และมอดี เดวราแม (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการวางแผน กำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบและเปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจโดยใช้การตั้งคำถาม จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และสอดคล้องกับ กฤษณา นันชนดี, นงนิตย์ มรกต, และ ชาตีไทย แก้วทอง (2555) พบว่า การกระตุ้นด้วยคำถามเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน มีการพัฒนาความคิดส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยึดหลักการให้นักเรียนลงมือกระทำและมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ด้วยตนเอง กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นสังเคราะห์มาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ส่งผลให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทุกด้าน ประกอบด้วย ด้านการระบุประเด็นปัญหา ถูกพัฒนาในขั้นตอนที่ 1 ครูจะให้สถานการณ์ปัญหาแก่นักเรียน นักเรียนจะได้ฝึกการตั้งคำถามและระบุสาระสำคัญของสถานการณ์ดังกล่าวเพื่อกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนที่ 2 นักเรียนจะได้รับการพัฒนาความสามารถในการรวบรวมข้อมูล สามารถแยกแยะข้อมูลจริง ข้อมูลที่เป็นความคิดเห็น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและ



ไม่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ข้อมูลทั้งหมดที่นักเรียนรวบรวมได้ทั้งจากในห้องเรียนและนอกห้องเรียนจะถูกจัดระบบและสรุปข้อมูลแบบอุปนัยและแบบนิรนัย ขั้นตอนที่ 3 นักเรียนได้รับการพัฒนาการตั้งสมมติฐานโดยใช้ความรู้จากขั้นตอนที่ 2 เป็นพื้นฐานและขั้นตอนที่ 4 นักเรียนจะฝึกการกำหนดเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกสมมติฐานซึ่งเป็นความสามารถในด้านการประเมินค่าสภาพการสอนในแต่ละขั้นตอนส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองพัฒนากระบวนการคิดและกระบวนการตั้งเป้าหมายอย่างมีระบบ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kwan & Wong (2015) พบว่า องค์ประกอบดังกล่าวมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้และสอดคล้องกับกลวิธีเมตาคอกนิชัน (Metacognitive Strategies) ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การกำกับและประเมิน เป็นการพัฒนาให้นักเรียน เรียนรู้วิธีการเรียน (Learn how to learn) และเรียนรู้วิธีการคิด (Learn how to think) ซึ่งช่วยให้การเรียนรู้และงานที่ทำประสบความสำเร็จ (พาสนา จุลรัตน์, 2556)

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีหลักการให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ โดยใช้ขั้นตอน LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล ซึ่งมีความเชื่อว่าบุคคลสามารถประสบความสำเร็จได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงนิสัยของการคิด (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) โดยสอดแทรกอยู่ในขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน ครูจะคอยสังเกตการทำงานของนักเรียน ผลการสังเกต พบว่า ผลการตอบสนองของนักเรียนในการผลิตผลงานจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) นักเรียนที่ไม่พยายามจะทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (2) นักเรียนที่ผลิตผลงานได้สำเร็จแต่ไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ (3) นักเรียนที่ผลิตผลงานได้สำเร็จและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยนักเรียน 2 กลุ่มแรก จะพบในช่วงแรกของการทดลอง ครูจะต้องใช้ LEAD Sequence เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียน ในระยะต่อมา พบว่า นักเรียน 2 กลุ่มนี้สามารถผลิตผลงานได้สำเร็จและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ สอดคล้องการกับศึกษาของ สิริวรรณ วงศ์พงศ์เกษม (2554) ซึ่งได้ศึกษาผลของโปรแกรมพัฒนานักเรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยนำแนวทาง LEAD Sequence มาใช้ในการออกแบบโปรแกรมพัฒนานักเรียน พบว่า นักเรียนที่เข้าร่วมโปรแกรมฯ มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่าก่อนเข้าร่วม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ คิดอย่างมีเหตุผล โดยมีสถานการณ์ปัญหาเป็นเครื่องมือสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ สอดคล้องกับการศึกษาของ จินดา น้าเจริญ และ สุจินดา ขจรรุ่งศิลป์ (2556) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ผ่านการลงมือปฏิบัติ ผ่านการคิดและนำความรู้ที่รู้สึกได้ ช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค นอกจากนี้ จินดาพร ไชยคำ, นุชวัน เหลืองอังกูร, และ บัรง กุมพล (2560) กล่าวว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพราะ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นความต้องการของบุคคลที่จะทำสิ่งต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ดังนั้น นักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทำให้นักเรียนมีความเอาใจใส่ มุ่งมั่น และตั้งใจจนทำให้มีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงด้วย

สรุป

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ ได้แก่ (1) หลักการของรูปแบบการสอน (2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน (4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน เมื่อเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นกับรูปแบบการสอนแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

- 1.1 ก่อนนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ครูควรศึกษาหลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลของรูปแบบการสอนให้เข้าใจ เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล
- 1.2 ครูควรศึกษาความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่หลากหลายและทันสมัย เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เหมาะสมกับยุคปัจจุบัน
- 1.3 ครูควรเน้นให้นักเรียนถึงความอดทนและความรับผิดชอบในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1 การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีการศึกษาวิจัยในระดับชั้นอื่นๆ ด้วยเพื่อให้ครอบคลุมนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน
- 2.2 ควรศึกษาผลการเรียนรู้จากรูปแบบการสอนในด้านอื่นๆ ได้แก่ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะของนักเรียน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

รายการอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรรณิกา สุขสมัย. (2549). การพัฒนามาตรวัดความสามารถในการผ่านอุปสรรคตามทฤษฎีของสตอลทซ์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดทางการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กฤษณา นันชนันตี, นนิตย์ มรกต, และ ชชาติไทย แก้วทอง. (2555). การเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบ 4 MAT กับที่ได้รับการสอนแบบปกติ. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม, 2(1), 85 - 92
- จตุพร อัครโสรวรรณ, วัฒนา มัคคสมัน, ปรีชา เนาว์เย็นผล, และ สุมาลิ กาญจนชาติรี. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์, 5(3), 81 - 95.
- จินดา น้าเจริญ และ สุจินดา ขจรรุ่งศิลป์. (2556). รูปแบบการฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมสร้างความสามารถในการเผชิญอุปสรรคในการปฏิบัติการสอน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 13(1), 112 - 126
- จินดาพร ไชยคำ, นุชานา เหลืองอังกูร, และ บังอร กุมพล. (2560). ปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการเผชิญและผ่านอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดนครพนม. วารสารการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 23(ฉบับพิเศษ), 16 - 27
- ชนาธิป พรกุล. (2554). การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิพนธ์ ชาญอัมพร, และ ธาตรี ไต้ฟ้ากุล. (2558). รูปแบบการดำเนินชีวิตและความคิดเห็นต่อรายการโทรทัศน์ของเด็กเจนเนอเรชันแซต. วารสารการประชาสัมพันธ์และการโฆษณา, 8(2), 73-92.



- พาสนา จุรัตน์. (2556). เมตาคอนิชั่นกับการเรียนรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 14(1), 1-17.
- พิศิษฐ ตัณฑวนิช. (2558). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 3(2), 13-25.
- ไพฑูรย์ สีนลารัตน์, นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, และ ไสว พักขาว. (2557). *คิดวิเคราะห์:สอนและสร้างได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ. (2543). *การเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558ก). *การติดตามผลการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของครู ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ออนไลน์)*. ค้นเมื่อ 19 กรกฎาคม 2558 จาก ฝ่ายวิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: www.research.ipst.ac.th
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558ข). *ความรู้เบื้องต้น สะเต็ม*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สิริวรรณ วงศ์พงศ์เกษม. (2554). *ผลของโปรแกรมพัฒนาผู้เรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซนต์ดอมินิก กรุงเทพฯ*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนว บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). *การศึกษาของคํารู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของคนไทยที่พึงประสงค์: ความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรค (Adversity Quotient: AQ)*. กรุงเทพฯ: บริษัท พรักหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *สรุปผลการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสาม (พ.ศ.2554 - 2558) ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปี พ.ศ.2554*. กรุงเทพฯ: บริษัท พรักหวานกราฟฟิค จำกัด.
- อาดีละห์ เจ๊ะแม, ณัฐนี โมพันธ์, และ มัยดี แวดราแม. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 5(1), 11 - 23.
- Eggen, P.D. & Kauchak, D.P. (2012). *Strategies and Models for Teachers: Teaching Content and Thinking Skills*. QUOTE ed. Boston: Pearson Education, Inc.
- Joyce, B. & Weil, M. (1996). *Models of teaching*. QUOTE ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Kwan, Y. W., & Wong, A. F. (2015). Effect of the constructivist learning environment on student's critical thinking ability: Cognitive and motivational variables as meditors. *International Journal of Educational Research* 70, 68-79.
- Lee, & Kamisah, (2015). An Interdisciplinary Approach for Biology, Technology, Engineering, Mathematics (BTEM) to Enhance 21 st Century Skill in Malaysia. *K - 12 STEM Education*, 1(3), 137 - 147.
- 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.
- Robert, M. M & James, R. (2013). *STEM Project-Based Learning. An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Rotterdam: Sense Publishers.