การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ

สุนทร ภูรีปรีชาเลิศ* ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป

สาขาศึกษาศาสตร์ วิชาเอกหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120
*E-mail: soonthorn.poo9988@gmail.com

รับบทความ: 6 มีนาคม 2563 แก้ไขบทความ: 14 พฤษภาคม 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 18 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ และประเมินผลของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดโรงเรียนสาธิตของรัฐ ความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียน คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน สภาพการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา 2) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 3) การศึกษานำร่องสำหรับทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนที่นำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง 4) การนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมาทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน ประกอบด้วยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยเป็นนักเรียนของโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่มและสุ่มเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร และการ

ทดสอบค่าที และ 5) การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยมีดังนี้ รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนมี 5 ขั้นตอนหลัก คือ PCAE–RF model คือ ระบุประ-เด็นปัญหา (problem identification) สร้างสรรค์ผลงาน (creation) ประเมินผลผลิตภาพ (assessment) การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (explicit–reflective approach) และการติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุง (follow up) 4) การวัดและการประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอน ส่วนผลการประเมินรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถด้านผลิตภาพหลังทดลองสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนการสอน บูรณาการสะเต็มศึกษา ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านผลิตภาพ

Development of the Instructional Model–Based on the Integrated STEM Education Approach to Enhance Nature of Science Understanding, Creative Thinking in Science and Productive Ability for Lower Secondary Students in State University Demonstration Schools

Soonthorn Pooreeprechaleard*, Tweesak Chindanurak and Jurarat Thammaprateep

Program Study of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand
*E-mail: soonthorn.poo9988@gmail.com

Received: 6 March 2020 Revised: 14 May 2020 Accepted: 18 May 2020

Abstract

This study was a research and development study with the following objectives that were to develop an integrated STEM education approach in order to promote the nature of science understanding, creative thinking in science and productive ability for lower secondary education student in state university demonstration school; and to evaluate the integrated STEM education approach in order to promote nature of science understanding, creative thinking in science and productive ability for student for lower secondary education students in state university demonstration schools. The research processes were divided into five phases. The first phase was the study of the integrated STEM education approach for student of junior high school at demonstration school, the ability according to the standard of integrated STEM education approach of student, the quality of student at the end of secondary school, nature of science understanding, creative thinking in science and student productive ability. The second phase was the development of instruction model. The third phase was the pilot study try–out of the developed instructional model. The fourth phase was the experiment with the developed instructional model. The research participants for the experiment consisted of 60 grade 9 students in two groups for lower secondary students in state university demonstration school, obtained by cluster random sampling. A classroom was then randomly assigned as an experimental group; another classroom was as a control group. The employed research instruments were learning management plans, a nature of science understanding test, a creative

thinking in science test, and an assessment of students' productive ability. The data were analyzed by using the mean, standard deviation multivariate analysis of variance (MANOVA) and *t*–test. Finally, the fifth phase was the evaluation and improvement the developed instructional model. The findings were as follows: the developed instructional model comprised 4 components: 1) the rationale, 2) the objectives, 3) learning management process of instruction which consisted of 5 steps: problem identification, creation, assessment, explicit–reflective approach and follow up, and 4) the evaluation of the instructional model. Regarding evaluation results of the developed instructional model, it was found that students in the experimental group after experiment had higher understanding in nature of science and scientific creative thinking than those before experiment and the control group at the significance level of .05. Students in the experimental group had higher productive ability than 60 percent criterion at the significance level of .05.

Keywords: Instructional model, Integrated STEM education approach, Nature of science, Creative thinking in science, Productive ability

บทนำ

ปัจจุบันการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนในภาพรวมของประเทศไทยนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบระดับนานาชาติ อาทิ PISA และ TIMSS โดย PISA มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงโดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน โดยสมรรถนะที่เรียกว่า literacy ซึ่งหมายถึง "ความฉลาดรู้" ในการประเมินความฉลาดรู้ใน 3 ด้าน ประกอบด้วย ความรู้ด้านการอ่าน (reading literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (mathematical literacy) และความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) สำหรับกรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยาน ในด้านความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยการคิดสถานการณ์ของปัญหา การใช้หลักการและกระบวนการในการแก้ปัญหา และการตีความและประเมินผลลัพธ์ โดยการประเมิน PISA 2018 เน้นการประเมินความฉลาดรู้ด้านการอ่าน ประกอบด้วยการรู้ตำแหน่งข้อสนเทศในเนื้อเรื่อง การมีความเข้าใจในเนื้อเรื่อง การประเมินและสะท้อนความคิดเห็นต่อเนื้อเรื่อง รวมทั้งการประเมินสมรรถนะการอยู่ในสังคมโลก ประกอบด้วยการเข้าใจในมุมมองและทัศนะของผู้อื่น การพิจารณาประเด็นสำคัญระดับโลกและวัฒนธรรมที่หลากหลาย การเปิดรับและมีส่วนร่วมกับวัฒนธรรมที่แตกต่างได้อย่างเหมาะสมและ

การสร้างความผาสุกของส่วนรวมอย่างยั่งยืน สำหรับเป้าหมายการสอบ PISA 2021 กำหนดกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์เป็นหลักประกอบด้วยการคิดสถานการณ์ของปัญหา (formulate) ใช้หลักการและกระบวนการในการแก้ปัญหา (employ) การตีความและการประเมินผลลัพธ์ (interpret & evaluate) โดยทั้ง 3 กระบวนการจะใช้การใช้เหตุผล (reasoning) ร่วมด้วย ในเรื่องความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความฉลาดรู้ด้านการอ่านยังเป็นประเด็นเดียวกันกับการประเมิน PISA 2018 สำหรับการประเมิน PISA 2021 ประเมินความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดอย่างสร้างสรรค์ การปรับปรุงและการประเมินแนวคิด (IPST, 2018) สังเกตได้ว่าผลการประเมิน PISA 2018 สะท้อนถึงความฉลาดรู้ที่เน้นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเน้นกระบวนการแก้ปัญหาเป็นหลัก พบว่า ผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลง (ตั้งแต่ PISA 2003 ถึง PISA 2018) ผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ค่อนข้างคงที่ แต่ผลการประเมินใน PISA 2012 สูงกว่า PISA 2018 อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มตั้งแต่ PISA 2006 ถึง PISA 2018 ถือว่ายังไม่เปลี่ยนแปลง (IPST, 2015) โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานา ชาติ พ.ศ. 2558 (Trends in International Mathematics and Science Study 2015 [TIMSS], 2015) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วิชาวิทยาศาสตร์การประเมินผลด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยด้านความรู้ ซึ่งเป็นความรู้ความเข้าใจบนพื้นฐานข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูล แนวคิด เครื่องมือ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถเรียกคืนข้อมูลที่ถูกต้องหรือจดจำได้ และมีความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง ข้อมูล สัญลักษณ์ หน่วยและกระบวนการ และสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวัดได้อย่างเหมาะสม ในด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ เป็นความสามารถในการเปรียบเทียบ การเทียบเคียง และการจัดประเภทที่เกิดจากข้อมูล แนวคิด ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และใช้ความรู้ความเข้าใจแนวคิดและหลักการในการหาคำตอบของปัญหาหรือการสร้างคำอธิบาย ในการสร้างคำอธิบายนักเรียนควรใช้แผนผัง แผนภาพ หรือแบบจำลองเพื่อประกอบการอธิบายโครงสร้างหรือความสัมพันธ์และแสดงการรู้เรื่องในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และด้านการใช้เหตุผล เป็นการให้เหตุผลและการวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ ที่มากกว่าปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยชิน ในบริบทที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นและมีปัญหาที่มีขั้นตอนซับซ้อนกว่าที่เคยพบเป็นประจำ จุดประสงค์หนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์คือการเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา การสร้างคำอธิบาย และการขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ เป็นภารกิจเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนมากขึ้น ในสถานการณ์การแก้ปัญหาบางอย่างที่ไม่คุ้นเคยหรือที่มีบริบทซับซ้อน นักเรียนต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ นักเรียนอาจต้องแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ อาจต้องวิเคราะห์ว่ามีหลักการใดบ้างเข้ามาเกี่ยวข้อง ต้องใช้สมการ สูตร ความสัมพันธ์ที่เหมาะสม ต้องใช้เทคนิค การวิเคราะห์ การประเมินคำตอบ การได้คำตอบที่ถูกต้องอาจมาจากการใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างกันหลายแบบ ซึ่งการเลือกกลยุทธ์เหล่านี้เป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ผลการทดสอบ

PISA และ TIMSS สะท้อนถึงผลของการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในภาพรวมของทั้งประเทศไทยโดยมีข้อสังเกตว่ากลุ่มนักเรียนของโรงเรียนกลุ่มสาธิตและโรงเรียนสังกัดอื่น ๆ ควรส่งเสริมและพัฒนานักเรียนให้มีขีดความสามารถในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้มากขึ้นเนื่องจากทั้ง 2 วิชามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตส่งผลต่อทักษะการคิดการสร้างสรรค์ รวมถึงการคิดผลิตภาพเพื่อเพิ่มการสร้างผลผลิต (productivity) ของประเทศ (Office of the Education Council, 2016)

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิดและองค์ความรู้โดยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายที่สำคัญคือเพื่อให้เข้าใจหลักการทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (IPST, 2018; Jitwanna, 2009) เอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานระบุความสำคัญว่าคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ มีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข และสาระสำคัญของการออกแบบและเทคโนโลยีที่ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นสาระเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถของมนุษย์อย่างสร้างสรรค์ โดยนำความรู้มาใช้กับกระบวนการเทคโนโลยี สร้างสิ่งของเครื่องใช้ วิธีการหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการดำรงชีวิต เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมีความสำคัญเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้ในชีวิตและการทำงาน ผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นตลอดจนการนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ บนพื้นฐานของการมีคุณธรรมจริยธรรม มุ่งเน้นให้นักเรียนทุกคนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เป็นการที่บุคคลเข้าใจในแง่มุมต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์เป็นการเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร ทำงานอย่างไร และส่งผลกระทบและมีผลอย่างไรกับโลก ผู้ที่ศึกษาวิทยาศาสตร์สามารถเข้าใจในแง่มุมต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจในความรู้ วิทยาศาสตร์ได้คือการเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (AAAS, 1990; McComas, 1998; Lonsbury and Ellis, 2002) ผลการวิจัยของนักการศึกษาที่ผ่านมาพบว่านัก-

เรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและไม่เพียงพอหลายประเด็น เนื่องจากขาดการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ครูยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และขาดการหยิบยกประเด็นหรือหลักการของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ขึ้นมาอธิบายในห้องเรียนอย่างเป็นรูปธรรมไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดและอภิปรายลักษณะต่าง ๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในระหว่างการทำกิจกรรมทำให้นักการศึกษา มีความกังวลต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มากยิ่งขึ้น (AAAS, 1990; Abd–El–Khalick and Lederman, 2000; David *et al*., 2013; Eleni and Dimitris, 2011; Faikamta, 2013; Khi-shfe and Abd–El–Khalick, 2002; Lonsbury and Ellis, 2002; McComas, 1998; Schwartz *et al*., 2004; Suksawad, 2016)

สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นกรอบแนวคิดการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการศาสตร์หรือสาขาวิชาทั้ง 4 คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยปัจจุบันนโยบายเพื่อขับเคลื่อนประเทศไทยโดยเฉพาะด้านการศึกษา และสะเต็มถูกผลักดันให้เป็นแผนปฏิบัติการในระดับชาติดังการนำเสนอรายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษานโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ของคณะกรรมาธิการสื่อสารมวลชนต่อประธานสภานิติบัญญัติแห่งชาติ (Chamrat, 2017) และการประกาศนโยบายโดยรัฐบาลโดยมีความคาดหวัง คือ การมุ่งสร้างกำลังคน (ด้านสะเต็ม) เพื่อผลักดันประเทศออกจากกับดักรายได้ปานกลาง) (Chamrat,2017; Jitsuchon, 2012; Pasuk and Pornthep, 2012) เพื่อยกระดับประเทศไทยเข้าสู่ประเทศไทย 4.0 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาประเทศด้วยนวัตกรรม เช่น ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 การเตรียมพร้อมสมรรถนะสำคัญเพื่อตัดสินใจและแก้ปัญหาที่ซับซ้อนทั้งในปัจจุบันและอนาคต (IPST, 2013; Office of the Education Council, 2016; Partnership for 21st Century Learning, 2013) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีลักษณะสำคัญที่จำเป็น (key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 ด้าน คือ มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของผู้เรียนโดยมุ่งเน้นการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM literacy) เป็นเป้าหมายหลักการออกแบบกิจกรรมอ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” (learning progression) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการรวมทั้งการใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยผู้เรียนเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัยหรือระดับการรู้คิด (cognitive demand) การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับผู้เรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายโดยอาจยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้นอาจเป็นนโยบายของสถานศึกษาหรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงาน ในภาพรวม ผู้เรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้

แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2013) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การรังสรรค์ชิ้นงาน โครงการตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานที่เน้นกระบวนการออกแบบหรือแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นกระบวนการแก้ ปัญหา เน้นการวัดผลตามสภาพจริง (authentic assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (formative assessment) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็ม คือ โครงงานหรือชิ้นงาน (project/artifact) หรือการแก้ปัญหา (Chamrat, 2017; Ladachart, 2012) สะเต็มศึกษาจึงเป็นคำตอบที่สามารถพัฒนากำลังคนที่มีทักษะและช่วยเพิ่มการสร้างผลผลิตเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดรูปแบบหนึ่ง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งสนใจเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ส่งผลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพซึ่งเป็นผลจากการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ เนื่องจากผู้วิจัยศึกษาจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งคือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพเพื่อนำมาผู้เรียนก้าวไปสู่การศึกษา 4.0 โดยการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน คือ PCAE–RF

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการศึกษา

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบันเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

*ประชากร*ที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 9,795 คน ปีการศึกษา 2562 โดยเลือก*กลุ่มตัวอย่าง*จำนวน 400 คน ซึ่งได้มาจากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของ Taro–Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) จากโรงเรียนสาธิตของรัฐที่มีการจัดการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทั่วประเทศ ได้กลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้

*ประชากร*ที่ใช้เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสภาพและปัญหาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาและประเมินความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียน ได้แก่ ครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ ปีการศึกษา 2562 โดยเลือก*กลุ่มตัวอย่าง*จำนวน 90 คน จากครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยา-

ศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ทั่วประเทศ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นครูผู้สอนในโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐที่นักเรียนของโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐนั้นได้ผ่านการสุ่มอย่างกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi–stage sampling) จากโรงเรียนสาธิตของรัฐที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทั่วประเทศ ได้กลุ่มตัวอย่างจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ที่ส่งแบบสอบถามฉบับที่ 1 ไปให้นักเรียนประเมินตนเอง โดยมีเกณฑ์คือเป็นครูผู้สอนในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ โรงเรียนละ 6 ท่าน จำนวน 15 โรงเรียน รวม 90 คน

เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย

1) แบบประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน ตอนที่ 1 ของแบบสอบถามเป็นการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับเพศ ผลการเรียนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ผลการเรียนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ผลการเรียนเฉลี่ยวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี และผลการเรียนเฉลี่ยสะสมของนักเรียน (ตลอด 5 ภาคเรียน) ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามเป็นการประเมินความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนโดยนักเรียนประเมินตนเอง จำแนกระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ ลักษณะของข้อคำถามเป็นการสอบถามถึงความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนตามตัวชี้วัดตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยตัวชี้วัดที่ 1 การระบุปัญหาที่พบ ตัวชี้วัดที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ตัวชี้วัดที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตัวชี้วัดที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ตัวชี้วัดที่ 5 การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และตัวชี้วัดที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา ตอนที่ 3 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการประเมินตนเอง จำแนกระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ ลักษณะของข้อคำถามเป็นการสอบถามถึงความสามารถของผู้เรียนตามมาตรฐานของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในวิชาวิทยาศาสตร์ จำแนกเป็น 4 ตัวชี้วัด ตอนที่ 4 เป็นการสอบถามโดยการประเมินตนเองของนักเรียน จำแนกระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ เกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน จำนวน 5 ข้อ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.290–0.810 และมีค่าความเชื่อมั่น (α) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.866 ซึ่งถือว่าแบบสอบถามฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่น (α) อยู่ในระดับสูงมาก โดยเกณฑ์การแปลผลค่าอำนาจจำแนก (r) และการประเมินความเชื่อมั่นอ้างอิงจาก Suwathanpornkul (2018)

2) แบบประเมินความสามารถของนักเรียนด้านความสามารถตามมาตรฐานสะเต็ม

ศึกษา คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนโดยครู โดยตอนที่ 1 ของแบบสอบถามเป็นการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับเพศ ช่วงอายุ วุฒิการศึกษาสูงสุด ประสบการณ์สอน และกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่สังกัด ตอนที่ 2 ของแบบสอบถามเป็นการประเมินความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนโดยครูประเมินนักเรียนในภาพรวม จำแนกระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ คือ ลักษณะของข้อคำถามเป็นการสอบถามถึงความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนตามตัวชี้วัดตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยตัวชี้วัดเช่นเดียวกับแบบประเมินแรก ตอนที่ 3 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยครูประเมินนักเรียนในภาพรวม จำแนกระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ ลักษณะของข้อคำถามเป็นการสอบถามถึงความสามารถของผู้เรียนตามมาตรฐานของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในวิชาวิทยาศาสตร์จำแนกเป็น 4 ตัวชี้วัด ตอนที่ 4 เป็นการสอบถามโดยครูประเมินนักเรียน จำแนกระดับการประเมินเป็น 5 ระดับ เกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน จำนวน 5 ข้อ ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.431–0.899 และมีค่าความเชื่อมั่น (α) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.979 ซึ่งแบบสอบถามฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่น (α) อยู่ในระดับสูงมาก ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.20–1.00 ความหมายคือจำแนกได้ (Suwathanpornkul, 2018)

3) แบบสอบถามสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยครูเป็นผู้ตอบ ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วย เพศ อายุ วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการสอน ตอนที่ 2 สภาพการจัดการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยคำถาม 20 ข้อ และให้ผู้ตอบประเมินระดับการปฏิบัติ แบ่งเป็น 5 ระดับ ตอนที่ 3 การบรรลุเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ และให้ผู้ตอบประเมินระดับการบรรลุ แบ่งเป็น 5 ระดับ ตอนที่ 4 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับปัญหาและข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา จำนวน 3 ข้อ คือปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา สิ่งที่ควรเพิ่มเติมให้แก่นักเรียนในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา และข้อเสนอแนะ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.330–0.890 และมีค่าความเชื่อมั่น (α) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ .961 ซึ่งถือว่าแบบสอบถามฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่น (α) อยู่ในระดับสูงมาก ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.20–1.00 ความหมายคือจำแนกได้ (Suwathanpornkul, 2018)

ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน พบว่า

1) ผลการวิเคราะห์แบบประเมินตนเองของนักเรียนโดยภาพรวม มีดังนี้

1.1) ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษาฯ ปีการศึกษา 2562 พบว่า มีจำนวนทั้งหมด 400 คน เป็นเพศหญิง

จำนวน 215 คน (ร้อยละ 53.80) และเพศชาย จำนวน 175 คน (ร้อยละ 43.80) เมื่อวิเคราะห์จำแนกผู้ตอบแบบสอบถามตามภูมิภาค พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจากภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ภูมิภาคละ 80 คน คิดเป็นร้อยละ 20 เท่ากันทุกภูมิภาค

1.2) การประเมินความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนโดยนักเรียนประเมินตนเอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.87, SD = 0.45)

1.3) การประเมินด้านคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยนักเรียนประเมินตนเอง อยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.98, SD = 0.48)

1.4) การประเมินระดับความสามารถด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนโดยนักเรียนประเมินตนเอง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.85, SD = 0.59)

2) ผลการวิเคราะห์แบบประเมินนักเรียนโดยครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (สะเต็มศึกษา) ด้านความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา ด้านคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน ปีการศึกษา 2562 พบว่า

2.1) ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นกลุ่มตัวอย่างของครูผู้สอนฯ ปีการศึกษา 2562 มีจำนวน 90 คน เป็นเพศหญิง 52 คน (ร้อยละ 57.80) และเป็นเพศชาย 38 คน (ร้อยละ 42.20) โดยมีช่วงอายุ 31–35 ปี และช่วงอายุ 41– 45ปี จำนวน 22 คน (ร้อยละ 24.40) รองลงมาคือช่วงอายุ 26–30 ปี จำนวน 18 คน (ร้อยละ 20.00) ช่วงอายุ 46–50 ปี จำนวน 13 คน (ร้อยละ 14.40) และช่วงอายุที่มีการตอบแบบสอบถามน้อยที่สุดคือช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไป จำนวน 2 คน (ร้อยละ 2.20) ข้อมูลการศึกษาในภาพรวมพบว่าส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท จำนวน 79 คน (ร้อยละ 87.80) และระดับปริญญาเอกจำนวน 11 คน (ร้อยละ 12.20) โดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ทำงานอยู่ระหว่าง 6–10 ปี จำนวน 25 คน (ร้อยละ 27.80) รองลงมาคือ 11–15 ปี และ 21–25 ปี จำนวน 15 คน (ร้อยละ 16.70) ลำดับที่สามคือ 16–20 ปีจำนวน 13 คน (ร้อยละ 14.40) และมีจำนวนที่มีประสบการณ์ในการตอบแบบสอบถามโดยมีประสบการณ์น้อยที่สุดในช่วง 25 ปีขึ้นไป จำนวน 10 คน (ร้อยละ 11.10) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในโรงเรียนนั้นผู้ตอบแบบสอบถามตอบได้หลายคำตอบ ส่วนใหญ่ใช้การสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในแต่ละวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน และรูปแบบจัดกิจกรรมลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ มีจำนวนที่เท่ากันคือ 64 คน (ร้อยละ 71.10) รองลงมาคือการจัดกิจกรรมไว้ในกิจกรรมนอกเวลาเรียน เช่น ชุมนุม จำนวน 50 คน (ร้อยละ 55.60) และจำนวนน้อยที่สุด คือ จัดในรูปแบบอื่น ๆ จำนวน 7 คน (ร้อยละ 7.80) ในปีการศึกษา 2561–2562 ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

บูรณาการสะเต็มศึกษาในฐานะของการเป็นอาจารย์ที่จัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมากที่สุด จำนวน 72 คน (ร้อยละ 80.00) รองลงมาคือเป็นอาจารย์ที่มีส่วนในการดำเนินงานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจำนวน 50 คน (ร้อยละ 55.60) และจำนวนน้อยที่สุดคือเป็นอาจารย์ที่รับผิดชอบในการจัดชมรมที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา จำนวน 33 คน (ร้อยละ 36.70)

2.2) ครูผู้สอนประเมินนักเรียนในด้านความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนมีระดับความสามารถปานกลาง (M = 2.58, SD = 0.43)

2.3) ครูผู้สอนประเมินความสามารถด้านคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.77, SD = 0.47)

2.4) ครูผู้สอนประเมินด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับน้อย (M = 2.47, SD = 0.53)

3) ผลการประเมินสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากการสอบถามครูผู้สอนฯ ในปีการศึกษา 2562 พบว่า

3.1) สภาพการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีระดับการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.97, SD = 0.47) ครูผู้สอนบรรลุในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในภาพรวมโดยมีระดับการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.64, SD = 0.54)

3.2) ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ 1) การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ (ร้อยละ 68.90) 2) รูปแบบการสอน/วิธีสอน (ร้อยละ 66.70) 3) หลักสูตร (ร้อยละ 63.30) 4) การจัดการเรียนรู้ (ร้อยละ 62.20) 5) การวัดและการประเมินผล (ร้อยละ 48.90) 6) สื่อการเรียนการสอน/เทคโนโลยี/นวัตกรรม (ร้อยละ 38.90) และ 7) การบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ร้อยละ 7.80)

3.3) ครูมีข้อเสนอแนะและสิ่งที่ควรเพิ่มเติมให้แก่นักเรียนในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาปัจจุบันโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ 1) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 80) 2) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 74.40) 3) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (ร้อยละ 73.30) 4) กิจการทางวิทยาศาสตร์และการคิดผลิตภาพ (ร้อยละ 67.80) 5) ความสามารถในการสร้างชิ้นงาน (ร้อยละ 61.10) 6) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 36.70) 7) ทักษะชีวิตและอาชีพ (ร้อยละ 24.40) และ 8) ทักษะสารสนเทศ สื่อ เทคโนโลยี (ร้อยละ 24.40)

เกณฑ์ในการแปลผลในตอนที่ 2 ของแบบสอบถามทั้ง 3 ฉบับ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง ระดับมากที่สุด 4 หมายถึง ระดับมาก 3 หมายถึง ระดับปานกลาง 2 หมายถึงระดับน้อย 1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง ระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง ระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาคุณภาพผู้เรียน เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพโดยการตอบแบบสอบถามในภาพรวมนั้น นักเรียนและครูมีความคิดเห็นว่าปัจจุบันนักเรียนมีความสามารถด้านสะเต็มศึกษาในระดับปานกลาง ระดับความสามารถด้านคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอยู่ในระดับปานกลาง นักเรียนมีความคิดเห็นว่าความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ครูประเมินว่าความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาความคิดเห็นของครูเกี่ยวกับสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีระดับการปฏิบัติในระดับปานกลาง การบรรลุในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีระดับการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้ได้นำเสนอปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา ได้แก่ การออกแบบหน่วยการเรียนรู้รูปแบบการสอนและวิธีสอน หลักสูตร เป็นคำตอบ 3 อันดับแรก และมีข้อเสนอแนะสิ่งที่ควรเพิ่มเติมให้แก่นักเรียนในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม กิจการทางวิทยาศาสตร์และการคิดผลิตภาพ จากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความ สามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ

หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนได้รับการพัฒนาจากพื้นฐานทฤษฎี constructionism แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ ดังในภาพที่ 1

การพัฒนาวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำหลักการของรูปแบบการเรียนการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงผลที่คาดว่าจะเกิดกับนักเรียนภายใต้หลักการแต่ละข้อแล้วนำมาพัฒนาเป็นวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนดังในภาพที่ 2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนจึงประกอบด้วย 1) เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน

การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนได้มาจากการสังเคราะห์กระบวนการออกแบบ แนวคิดพื้นฐานในการนำรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของ

ภาพที่ 1 ผลการพัฒนาหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ โดยมีแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คือ constructionism theory ปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ (CCPR model) Project–based learning ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ William การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (explicit–reflective approach) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (collaborative learning) การเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (self–directed learning) ได้ร่างรูปแบบการเรียนการสอนก่อนให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา คือ “IERCFA model” ผลการศึกษา พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ (IERCFA model) (ภาพที่ 3) การวัดและประเมินผล ดำเนินการ 2 ลักษณะ คือ 1) การวัดและประเมินผลระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนการสอน ใช้การสังเกต การตอบคำถาม การปฏิบัติกิจกรรม การนำเสนอผลิตภาพของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (scoring rubrics) ที่กำหนด และ 2) การวัดและประเมินผลหลังการดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของ

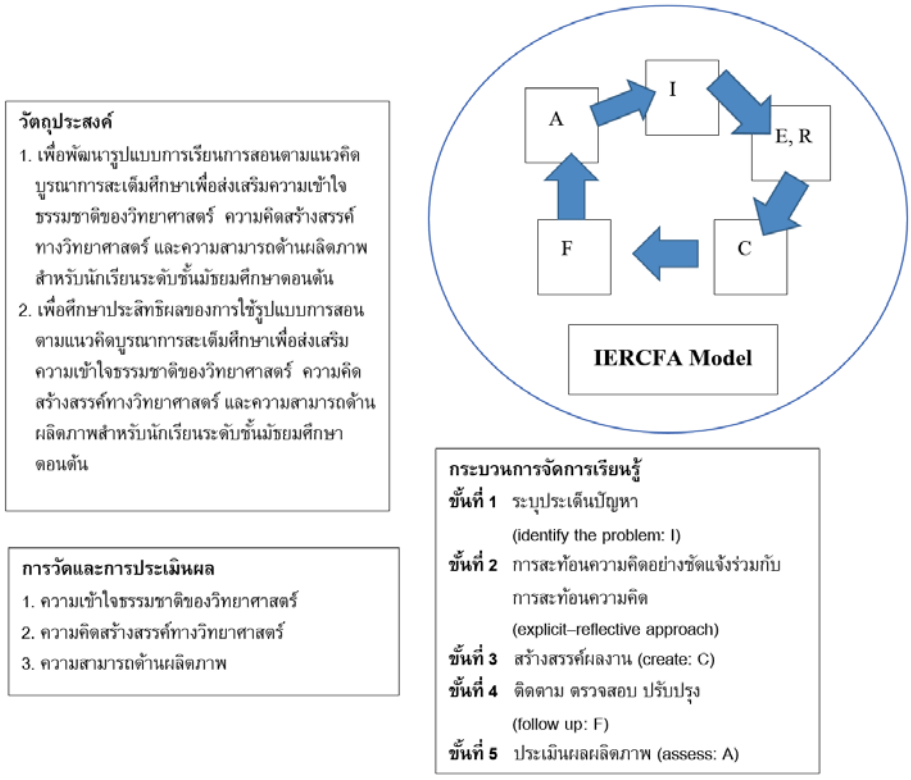
ภาพที่ 2 ผลการพัฒนาวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน

ผู้วิจัยนำรูปแบบการเรียนการสอนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่านมีความเชี่ยวชาญในด้านหลักสูตรและการสอน รวมถึงด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอนและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนดังนี้

1) ผู้วิจัยควรเพิ่มหลักการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในส่วนของหลักการของรูปแบบการเรียนการสอนให้ชัดเจนขึ้น

2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน

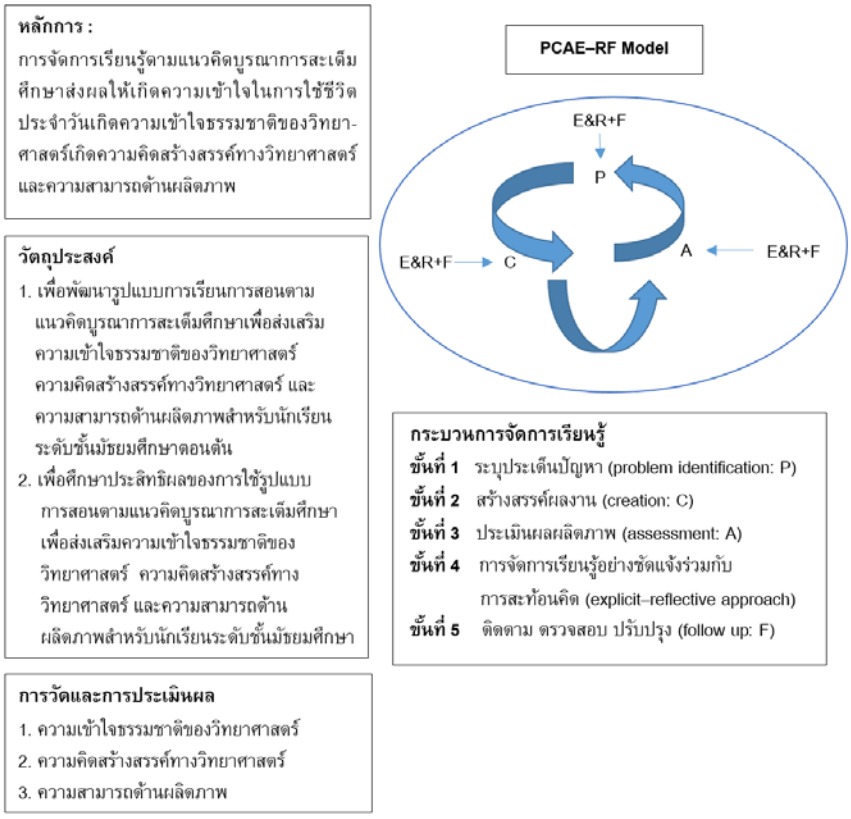


ภาพที่ 3 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ (IERCFA model)

3) ผู้วิจัยปรับกระบวนการจัดการเรียนรู้ IERCFA model ขั้นที่1 ระบุประเด็นปัญหา (identify the problem: I) ขั้นที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (explicit–reflective approach: ER) ขั้นที่ 3 สร้างสรรค์ผลงาน (creation: C) ขั้นที่ 4 ติดตาม ตรวจสอบ ปรับปรุง (follow up: F) ขั้นที่ 5 ประเมินผลผลิตภาพ (assessment: A) ปรับแก้ไขเป็น “PCAE–RF model” ขั้นที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา (I) ขั้นที่ 2 สร้างสรรค์ผลงาน (C) ขั้นที่ 3 ประเมินผลผลิตภาพ (A) ขั้นที่ 4 การสะท้อนความคิดอย่างชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (ER) ขั้นที่ 5 ติดตาม ตรวจสอบ ปรับปรุง (F) โดยขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 ทั้งสองกระบวนการช่วยสนับสนุนขั้นตอนที่ 1 2 และ 3 ซึ่งเป็นขั้นตอนหลัก เนื่องจากการสะท้อนความคิดอย่างชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนมีส่วนช่วยในการส่งเสริมให้นักเรียนได้สะท้อนถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการติดตาม ตรวจสอบ ปรับปรุง เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนากระบวนการ ชิ้นงาน สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนางานของนักเรียน

4. การวัดและประเมินผลของรูปแบบมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์

ผู้วิจัยปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ (PCAE–RF model) จนได้รูปแบบลักษณะดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว (PCAE–RF Model)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้การจัดการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ โดยการศึกษานำร่อง

การศึกษานำร่อง ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความ

สามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้เครื่องมือในการประเมินแบ่ง เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ และส่วนที่ 2 เป็นแบบปลายเปิดเพื่อให้ผู้ประเมินให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นำเครื่องมือในการประเมินที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์โดยส่วนที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า นำมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่เกิน 1.00 ส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา การให้คะแนนความหมายกำหนดเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	**ความหมาย** (ระดับความสอดคล้อง/เหมาะสม)
4.50–5.00	มากที่สุด
3.50–4.49	มาก
2.50–3.49	ปานกลาง
1.50–2.49	น้อย
1.00–1.49	น้อยที่สุด

นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนไปใช้ในการศึกษานำร่องกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนักเรียนที่นำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างจริง (tryout group) พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถด้านผลิตภาพ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 60 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ ไปทดลองใช้จริง

*ประชากร*ที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน ปีการศึกษา 2562 จำนวน 346 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มที่ 1 จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มที่ 2 จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มควบคุม

ตัวแปรในการวิจัย 1) ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียน และรูปแบบการเรียนการสอนปกติในกิจกรรมลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ที่มีการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน 2) ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน มี 3 ตัวแปร ได้แก่ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน

สมมติฐานงานวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดสมมติฐาน 3 ข้อ ดังนี้ นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความ

เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน 1) มีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเกณฑ์ร้อยละ 60 เป็นเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบทางสถิติทดสอบโดยกำหนดเกณฑ์มาจากการได้รับรางวัลในการแข่งขันงานศิลปหัตถกรรมนักเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายการแข่งขันอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์ การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์ การประกวดผลงานสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์โดยเกณฑ์การได้รับรางวัลการแข่งขันอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนทุกระดับชั้นในระดับภูมิภาคและระดับชาติ กำหนดเกณฑ์การได้รางวัล คือ ต่ำกว่าร้อยละ 60 ได้รับเกียรติบัตร ร้อยละ 60–69 ได้รับรางวัลเหรียญทองแดง ร้อยละ 70–79 ได้รับรางวัลเหรียญเงิน และร้อยละ 80–100 ได้รับรางวัลเหรียญทอง (The competition of the 69th Students' Arts a Crafts Fair Academic Year 2019, 2019) ซึ่งเกณฑ์ร้อยละ 60 ถือเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ในการแข่งขันที่เกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์ประเภทสิ่งประดิษฐ์การสร้างผลิตภาพชิ้นงานทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

การประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยนำคะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนความสามารถด้านผลิตภาพ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เครื่องมือในการวิจัย 1) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการตรวจและแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีรายละเอียดดังนี้

1) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสาระที่ 8: ธรรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 และศึกษาเอกสารของ American Association for the Advancement of Science [AAAS] (1990) และ Lederman *et al*. (2002) โดยแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดให้แสดงความคิดเห็นและยกตัวอย่างประกอบจำนวน 13 ข้อ โดยครอบคลุมประเด็นทั้ง 3 ด้านหลักคือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (the scientific world view) การสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (the scien-

tific enterprise) นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านด้านการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษา โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (index of item objective congruence: IOC) เท่ากับ .67–1.00 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .226 –.706 และมีค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ .805

2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ เป็นลักษณะเขียนตอบจำนวน 4 ข้อ คือ นักคิด นักประดิษฐ์ นักพิชิตปัญหา และนักพยากรณ์ ในแต่ละข้อพิจารณาคำตอบโดยคำนึงถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์แบบกิลฟอร์ด โดยวัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน คือ ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยตรวจให้คะแนนในแต่ละด้านความคิดสร้างสรรค์ นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่า IOC เท่ากับ 0.67–1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อจากการทดสอบ *t*–test ซึ่งข้อคำถามทุกข้อมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าความเชื่อมั่นรายฉบับเท่ากับ .980 โดยค่าอำนาจจำแนก (r) ของแต่ละข้อคำถามและทั้งฉบับค่อนข้างสูงและสามารถจำแนกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) แบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพและงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ (CCPR) การจัดการเรียนรู้แบบ productivity–based และการคิดผลิตภาพเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนโดยประเมินความสามารถของนักเรียนในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นผลจากการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ โดยชิ้นงานที่เกิดขึ้นมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงงาน มีความคิดสร้างสรรค์และสำเร็จตามกำหนดเวลา นำแบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ .67–1.00 จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน และแบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนมีความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ .813 พบความสัมพันธ์โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation) ระหว่างผู้วิจัยกับผู้ร่วมประเมินให้คะแนนความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ของแบบประเมินความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนรายฉบับเท่ากับ 0.912 ซึ่งผู้ประเมินทั้งสองคนประเมินให้คะแนนความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูง

ในการวิจัยครั้งนี้มีสมมติฐานคือรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน ส่งผลให้คะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม (MANOVA) ในการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย การทดสอบคะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังเรียนโดยใช้ MANOVA และ independent samples *t*–test ส่วนการทดสอบความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังเรียน รวมถึงการทดสอบความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้ one sample *t*–test

ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยมีดังนี้

1) ผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้แบ่งการทดสอบสมมติฐานการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน เนื่องจากข้อจำกัดของตัวแปรตามที่ผู้วิจัยศึกษาดังนี้ 1) ใช้การทดสอบ MANOVA ในการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเนื่องจากลักษณะของตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในทางทฤษฎี กล่าวคือ นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Faikamta, 2013) จากการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น พบว่าการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนร่วมด้วย Box's test of equality of covariance matrices พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) จำนวนตามกลุ่มที่ต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ .05 (Box's M = .701, F = 1.188, df_1 = 3, df_2 = 605520.000, p–value = .313) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นและการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือ ความเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ด้วย Bartlett's test of sphericity พบว่าตัวแปรความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) มีความสัมพันธ์กันแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 273.024, df = 2, p–value = .000) แสดงว่าความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) มีความสัมพันธ์กันซึ่งเหมาะสมต่อการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์ MANOVA ได้และในการทดสอบความเท่าเทียมกันของความ แปรปรวนของตัวแปรความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) จำแนกตามวิธีการสอนที่ต่างกันด้วย Levene's test พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) มีความแปรปรวนไม่แตกต่างกันในแต่ละวิธีการสอนทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 1.198, df_1 = 1, df_2 = 58, p–value = .278) แต่ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) ความแปรปรวนแตกต่างกันในแต่ละวิธีการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 7.598, df_1 = 1, df_2 = 58, p–value = .008)

ผลการวิเคราะห์ MANOVA พบว่า เวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรความเข้าใจธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการสอนแต่ละวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Will's Lambda = .419, F = 39.554, df = 2, 57, p–value = .000) จึงสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามรายตัวได้ดังในตาราง 1

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรตามทีละตัวด้วยการวิเคราะห์ ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวิธีการสอนต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 71.414, 13.844, df = 1, 1, p–value = .000, .000) โดยที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ PCAE–RF model ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติดังในตาราง 2

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามของนักเรียนในกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง

แหล่งความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	Value	F	Hypothesis df	Error df	p–value
รูปแบบการสอน	Pillai's Trace	0.581	39.554*	2.000	57.000	.000
	Wilks' Lambda	0.419	39.554*	2.000	57.000	.000
	Hotelling's Trace	1.388	39.554*	2.000	57.000	.000
	Roy's Largest Root	1.388	39.554*	2.000	57.000	.000

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรตามทีละตัวด้วยการวิเคราะห์ ANOVA พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวิธีการสอนต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F = 71.414, 13.844, df = 1, 1, p–value = .000, .000) โดยที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ PCAE–RF Model ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การทดสอบ independent samples t–test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านผลิตภาพของผู้เรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งได้ผลการวิจัย (ตาราง 3) แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านผลิตภาพของผู้เรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจากการทดสอบสมมติฐานทั้ง 2 ส่วนจึงสอดคล้องและเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนามของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nos) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Cre) ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง

Source	Dependent Variable	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*–value
รูปแบบการสอน	Nos	6.926	1	6.926	71.414*	.000
	Cre	638.634	1	638.634	13.844*	.000
Error	Nos	5.625	58	.097		
	Cre	2675.527	58	46.130		
Total	Nos	138.254	60			
	Cre	23070.428	60			

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 3 เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนของความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ประเด็นผลิตภาพของนักเรียน	กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	SD	*t*
1. ความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์	ทดลอง	30	10.83	0.91	6.332*
	ควบคุม	30	8.00	2.27	
2. ความเหมาะสมของสิ่งประดิษฐ์	ทดลอง	30	10.50	1.13	6.337*
	ควบคุม	30	7.50	2.33	
3. ความคิดสร้างสรรค์	ทดลอง	30	3.33	0.47	8.078*
	ควบคุม	30	2.33	0.47	
4. การสร้างผลงานเสร็จ	ทดลอง	30	3.83	0.37	7.968*
	ควบคุม	30	2.33	0.95	
รวม	ทดลอง	30	7.12	0.63	7.405*
	ควบคุม	30	5.04	1.40	

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 ผู้วิจัยได้ทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยใช้การทดสอบ dependent samples *t*–test) ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ผลการวิจัย (ตาราง 4) แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากตาราง 5 แสดงว่า แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนมี

ตาราง 4 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ประเด็นความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน		หลังเรียน		*t*
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ	1.30	0.46	1.73	0.44	– 4.709*
2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีข้อมูลหรือพยานหลักฐานใหม่มาสนับสนุนอย่างสมเหตุสมผลและเพียงพอ	0.90	0.71	1.90	0.30	– 7.374*
3. กฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กันแต่มีความแตกต่างกัน คือ กฎจะบ่งบอกหรืออธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีความสัมพันธ์กัน ณ สภาวะใดสภาวะหนึ่ง แต่ทฤษฎีจะอธิบายถึงเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์นั้น ๆ	0.50	0.62	1.63	0.49	– 9.109*
4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถามเนื่องจากการที่จะอธิบายปรากฏการณ์ใดได้นั้นต้องสามารถพิสูจน์ได้ด้วยพยานหลักฐานข้อมูลที่เพียงพอ	0.96	0.31	1.86	0.34	– 10.256*
5. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันแต่ไม่ใช่สิ่งเดียว กันโดยเทคโนโลยีเป็นผลมาจากการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	0.46	0.50	1.76	0.43	– 13.310*
6. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การสังเกต ความบังเอิญ ซึ่งการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ต้องการหลักฐานและประจักษ์พยานเพื่อยืนยันความถูกต้องสามารถพิสูจน์ได้ด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (logic) ที่เชื่อมโยงหลักฐานเข้ากับข้อสรุป และได้รับการยอมรับจากองค์กรวิทยาศาสตร์	0.93	0.52	1.70	0.46	– 6.707*
7. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนา-การควบคู่กันไปกับการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล	0.90	0.54	1.76	0.43	– 7.549*
8. วิทยาศาสตร์สามารถที่จะอธิบายและทำนายได้ (science explains and predicts) โดยอาศัยวิธีการ หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลและเป็นที่ยอมรับ	0.80	0.55	1.83	0.37	– 9.204*
9. วิทยาศาสตร์พยายามจะระบุและหลีกเลี่ยงอคติในการทำงานโดยมีการทำงานเป็นกลุ่มเป็นทีม เพื่อหาคำตอบในเรื่องเดียวกันหลาย ๆ องค์กรเพื่อยืนยันคำตอบ	0.73	0.52	1.93	0.25	– 13.573*
10. ความเชื่อ สังคม วัฒนธรรมมีผลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการทำ-งานทางวิทยาศาสตร์ต้องมีกระบวนการตรวจสอบและประเมินความถูก-ต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	0.46	0.57	1.73	0.44	– 11.894*
11. วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนในสังคมและทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในด้านต่าง ๆ	0.86	0.43	2.00	0.00	– 14.297*
12. นักวิทยาศาสตร์มีหลายบทบาทในสังคมไม่ว่าเป็นบทบาทของผู้เชี่ยวชาญและเป็นพลเมืองในสังคม เช่น หน้าที่ของผู้เชี่ยวชาญในการใช้ความรู้มาช่วยวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเพื่อช่วยเหลือสังคมในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือหน้าที่ของความเป็นพลเมืองที่อาจใช้ความรู้สึกหรืออคติส่วนตัวในการตัดสินใจเรื่องใดเรื่องหนึ่ง	0.63	0.55	1.63	0.49	– 9.327*
13. วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสาขาวิชาต่างๆ และสถาบันอื่น ๆ เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถแตกแขนงไปยังสาขาอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง	0.60	0.49	1.73	0.44	– 9.872*
รวม	0.77	0.29	1.78	0.28	– 17.987*

คะแนนเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจากการทดสอบสมมติฐานทั้ง 2 ส่วนจึงสอดคล้องและเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

ตาราง 5 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ประเด็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน		หลังเรียน		*t*
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
1. การคิดคล่อง	15.40	4.27	21.00	8.11	−7.349*
2. การคิดยืดหยุ่น	14.86	3.55	21.00	6.73	−9.595*
3. การคิดริเริ่ม	15.33	4.45	21.10	8.05	−7.464*
4. การคิดละเอียดลออ	16.16	6.55	22.53	8.66	−10.684*
รวม	15.44	4.63	21.40	7.76	−9.750*

N = 30, *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ผลการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ผู้วิจัยได้ทดสอบสมมติฐานการวิจัยโดยใช้การทดสอบ one sample *t*–test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ผลการวิจัย (ตาราง 6) แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านผลิตภาพหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจากการทดสอบสมมติฐานจึงสอดคล้องและเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

อภิปรายผล

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะที่เกิดจากการศึกษา ค้นคว้า ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิ Joyce and

ตาราง 6 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเกี่ยวกับความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนโดยเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60

ประเด็นความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน	*k*	หลังเรียน		*t*
		$\bar{X}$	SD	
1. ความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์	12	10.83	0.91	−50.200*
2. ความเหมาะสมของสิ่งประดิษฐ์	12	10.50	1.13	−41.905*
3. ความคิดสร้างสรรค์ที่มีในผลงาน	4	3.33	0.47	−181.255*
4. การสร้างผลงานเสร็จเรียบร้อยเป็นไปตามกำหนดเวลา	4	3.83	0.37	−222.047*
รวม	8	7.12	0.63	−104.041*

N = 30, *นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Weil (1996) ที่กล่าวถึงว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นต้องมีทฤษฎีรองรับ ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ ทฤษฎี constructionism ปรัชญาการศึกษาเชิงสร้างสรรค์และผลิตภาพ ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาสภาพปัจจุบันเกี่ยวกับความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพสำหรับนักเรียนโดยการประเมินตนเองของนักเรียนและการประเมินนักเรียนโดยครู อีกทั้งการสอบถามสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากครูผู้สอนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี (สะเต็มศึกษา) เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนและการบรรลุในการจัดการเรียนการสอน สอบถามถึงปัญหาในการจัดการเรียนการสอนและข้อเสนอแนะรวมถึงสิ่งที่ควรเพิ่มเติมให้แก่นักเรียนในการจัดการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษา ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงสภาพและปัญหาที่มีอยู่ และนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน จากนั้นให้ศึกษาทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน โดยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาทำการ focus group ให้คำแนะนำและปรับแก้ไข จากนั้นทดลองใช้และพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจนมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีผลต่อตัวแปรตามทั้ง 3 ตัวแปร ดังนี้

1) ผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีการระบุประเด็นปัญหา (P) ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจเนื่องจากเป็นสถานการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความต้องการที่จะศึกษาและเรียนรู้ของนักเรียนเองเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับการสร้างความสนใจ รวมถึงการสอนแบบโครงงานสะเต็มที่ให้นักเรียนเริ่มต้นจากการระบุปัญหา ในขั้นตอนย่อยของรูปแบบการเรียนการสอนมีขั้นตอน ขั้นที่ 4 (ER) และขั้นที่ 5 (F) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suksawad (2016) ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และข้อค้นพบของ Lagnado (2004) ว่านักเรียนที่เรียนหลักสูตรโครงงานวิทยาศาสตร์จะให้เหตุผลเชิงประจักษ์เพื่อสนับสนุนข้อมูลที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การคิดในระดับสูงในการให้เหตุผลเชิงประจักษ์มากกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ

2) ผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 การสร้างสรรค์ผลงาน เป็นขั้นตอนหลักที่สำคัญที่ผู้เรียนจะเกิดการค้นพบแนว-

คิดตามกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของ Torrance เกิดการค้นพบด้วยการเรียนรู้ของตนเองตามหลักของบรุนเนอร์ อีกทั้งการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการสอนแบบโครงงานสะเต็มศึกษานั้นส่งผลให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการฝึกฝนความคิดสร้างสรรค์นอกจากนี้ในขั้นตอนย่อยขั้นที่ 4 (ER) และขั้นที่ 5 (F) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับการฝึกอย่างอิสระ โดยการสนทนาโต้ตอบ การอภิปรายเป็นกลุ่ม การเรียนรู้แบบร่วมมือ การระดมความคิดและการทำงานเป็นกลุ่ม การสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้นักเรียนได้ดำเนินการสร้างผลิตภาพที่สำคัญในแต่ละขั้นตอน กล่าวคือ ชื่อโครงงานที่กลุ่มนักเรียนสนใจ เอกสารบทที่ 1 ที่มาและความสำคัญ เอกสารบทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เอกสารบทที่ 3 วิธีดำเนินการ แบบจำลองเชิงรูปภาพ (visual or diagrammatic model) แบบบันทึกการปฏิบัติโครงงาน ชิ้นงานของกลุ่มนักเรียน นำเสนอรายงานโครงงานฉบับสมบูรณ์ แผงไม้โครงงาน และแผ่นพับของโครงงาน โดยในขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนนั้นนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งได้รับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongmak (1994) ที่พบว่านักเรียนที่เคยเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่เคยเรียน Chaladyam (2004) พบว่า กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมถึงงานวิจัย Hajeekhadae (2019) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และงานวิจัยของ Pongsupan (2018) พัฒนาหลักสูตรเสริมสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความคิดผลิตภาพสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าผลการประเมินคุณภาพของหลักสูตรและแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยระดับคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดและมากตามลำดับ ในการศึกษาของนักการศึกษาต่างประเทศมีข้อค้นพบที่เกี่ยวกับการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้สตรีมศึกษา (STEAM education) ของ Tsurusaki *et al*. (2017) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ STEAM education ช่วยส่งเสริมมุมมองด้านความคิดสร้างสรรค์ทั้งด้านศิลปะและวิทยาศาสตร์ซึ่งสร้างความน่าสนใจและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ทั้ง 2 สาขา Ugras (2018) พบว่า หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ Hanif (2019) ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มซึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 76 อยู่ในเกณฑ์ดี

3) ผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่

มีต่อความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนขั้นตอนที่ 2 สร้างสรรค์ผลงานนั้นเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีความสอดคล้องกับการสอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดเชิงผลิตภาพขึ้น กล่าวคือเป็นขั้นตอนในการตั้งเป้าหมาย การเรียนรู้แบบนำตนเองและการเรียนรู้แบบร่วมมือ อีกทั้งมีความสอดคล้องกับ Suthiruth (2016) ในขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 5 ขั้น คือ 1) กระตุ้นคิดผ่านสถานการณ์ปัญหา 2) สรรหาแรงบันดาลใจจากงานสร้างสรรค์ 3) สานฝันตนเองร่วมกันเป็นกลุ่ม 4) พัฒนาโครงงาน และ 5) ผ่านบริษัทจำลอง Patton and Robin (2012) อ้างถึงใน Fakkao (2017) การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นกระบวนการที่สามารถนำมาใช้ส่งเสริมการคิดผลิตภาพได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการเรียนรู้แบบโครงงานผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบ วางแผน ดำเนินงานตามแผนจนกระทั่งได้ผลงานและนำเสนอรวมทั้งเผยแพร่ผลงาน ซึ่งจะทำให้ได้ฝึกทักษะการคิด การลงมือทำ และนำเสนอผลงานของตนให้ผู้อื่นได้ทราบว่าผลงานที่นำเสนอนั้นมีพื้นฐานความคิดจากอะไร มีกระบวนการผลิตอย่างไร และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไร โดยรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานโดยทั่วไปมีอย่างน้อย 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) รูปแบบทางวิชาการ 2) รูปแบบผสมผสาน และ 3) รูปแบบการเป็นผู้ประกอบการ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเน้นรูปแบบผสมผสาน (mixed model) มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างผลิตผลงานที่ช่วยอธิบายความรู้ทางวิชาการในการผลิตผลงานโดยผลงานต้องมีคุณภาพสูงพอที่จะเผยแพร่ต่อสาธารณชนได้และรูปแบบการดำเนินการในลักษณะสหวิทยาการและงานวิจัยของ Santipaiboon (2018) การจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการและความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ มีเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.59 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44) และความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ต่อกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ นักเรียนมีความชื่นชอบในการเรียนและมีความต้องการที่จะเรียนในโอกาสต่อไปเป็นส่วนมาก

ข้อเสนอแนะ

1) สถานศึกษาที่มีนโยบายในการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะตามความมุ่งหมายของรูปแบบ

2) รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านผลิตภาพของนักเรียน เป็นการจัดการเรียนรู้บูรณาการเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ประสบความสำเร็จ ครูต้องมีความรู้ในเนื้อหาและทักษะกระบวนการที่เกี่ยวข้อง รวมถึงความสามารถตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาเพื่อให้หน่วยการเรียนรู้ที่สร้างและพัฒนาขึ้น

มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลกับนักเรียนอย่างสูงสุด

3) ครูผู้สอนควรศึกษาคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนอย่างละเอียด ก่อนการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีความเชื่อมโยงกันและบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอน

4) ครูผู้สอนควรมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์หรือผ่านการจัดการเรียนรู้โครงงาน

5) การนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้อาจเพิ่มเวลาในแต่ละขั้นตอนให้มากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาในการฝึกฝนมุมมองเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีขั้นตอนในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภาพของตนเอง

6) การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อให้ครอบคลุมและบรรลุเป้าหมายในการจัดการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

7) ศึกษาและวิจัยผลที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการเรียนการสอนบูรณาการสะเต็มศึกษาในด้านอื่น ๆ เช่น สมรรถนะและทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

เอกสารอ้างอิง

Abd–El–Khalich, F., and Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 37(10): 1057–1095.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1990). **Benchmark for Science Literacy Project 2061.** Retrieved from http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap1.htm#Nature, December 6, 2018.

Chaladyam, N. (2004). **The Development of Science Project Activities to Enrich Creativity for Students in the Third Level of Schools in Sribunruang District in Education NongBua Lam Phu Area 1.** Master of Education Thesis (Curriculum and Instruction). Khon Kaen: Khon Kaen University. (in Thai).

Chamrat, S. (2017). The definition of STEM and key features of STEM education learning activity. **STOU Education Journal** 10(2): 13–34. (in Thai).

Chulawattanatorn, M. (2012). **Science Technology Engineering and Mathematics Education Teacher: STEM Education.** Concept Paper for IPST Steering Committee Meeting. (in Thai)

David, R. W., Cassidy, D. P., Fulford, J. M., and Howe, E. M. (2013). Changes observed in view of nature of science during a historically based Unit. **Science & Education** 23(9): 1–31.

Faikamta, C. (2013). A critical difference between the promotion of "nature of science"

instruction outside and inside Thailand. **Kasetsart Journal Social Science** 34(2): 269–282. (in Thai)

Fakkao, S. (2017). Promoting productive thinking in school. In Sinlarath, P. (Ed.). **Productive Thinking: How to Teach and Create** (pp. 50–60). Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Hajeekhadae, A. (2019). Effect of STEM education approach on biology achievement, scientific creativity and instructional satisfaction of grade 11 students. **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus** 30(1): 170–180. (in Thai).

Hanif, S., Wijaya, A. F. C., and Winarno, N. (2019). Enhancing students' creativity through STEM project–based learning. **Journal of Science Learning** 2(2): 50–57.

Jitsuchon, S. (2012). Thailand in a middle–income trap. **TDRI Quarterly Review** 27(2): 13–21. (in Thai).

Jitwanna, B. (2009). **Development of Creative Scientific Thinking for Science Gifted Grade Level 4 Students Using Creative Science Activities.** Master of Education Thesis (Science Education). Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)

Joyce, B., and Weil, M. (1996). **Models of Teaching**. 5th ed. London: Allyn and Bacon.

Khishfe, R., and Abd–El–Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry oriented instruction on sixth grades' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching** 39(7): 551–578.

Ladachart, L. (2012). Learning progressions in science. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 7(1): 1–22. (in Thai)

Lagnado, J. M. (2004). **Students' Perceptions of Nature of Science and the Process of Science through a Project–Based Science Program.** Doctoral Degree of Education. USA: Columbia University.

Lonsbury, J. G.; and Ellis, J. D. (2002). Science history as a means to teach nature of science concepts: Using the development of understanding related to mechanisms of inheritance. **Electronic Journal of Science Education** 7(2): 1–42.

McComas, W. F. (1998). **The Role and Character of the Nature of Science in Science Education**. London: Kluwer Academic.

Office of the Education Council. (2016). **Research Report for Presenting promoted STEM Educational Policy of Thailand.** Bangkok: Pickwarn Graphic. (in Thai)

Partnership for 21st Century Skills. (2013). **Framework for 21st century learning.** Retrieved from http://www.p21.org/overview, May 3, 2020.

Pasuk, P., and Pornthep, B. (2012). **Locked in the Middle–Income Trap: Thailand's Economy between Resilience and Future Challenges**. Friedrich Ebert Stifung. Retrieved from http:/ / library.fes.de/ pdf-files/ bueros/ thailand/ 09208.pdf, May 3, 2020.

Pongsupan, P. (2018). **The Development of STEM Extra–Curriculum to Enhance Creative Thinking and Productive Thinking of Prathom Suksa IV Students**. Doctor of Education (Curriculum and Instruction Collage of Education Sciences). Bangkok: Dhurakij Pundit University. (in Thai)

Santipaiboon, J. (2018). Learner's development activities by STEAM and productivity based learning to enhance the process skills and creative ability in third grade students. **Journal of Education Studies** 46(3): 69–85. (in Thai)

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., and Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. **Science Education** 88(4): 610–645.

Suksawad, N. (2016). **A Study of Tenth Grade Students' Nature of Science Understanding and Learning Achievement through Explicit Reflective Approach.** Master of Education Thesis (Educational Science and Learning Management). Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

Suthiruth, C. (2016). **Productive Thinking: How to teach and create**. Bangkok: Institute of Public Policy Studies. (in Thai).

Suwathanpornkul, I. (2018). **Educational Research: Concepts and Applications**. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai).

The Competition of the 69th Students' Arts a crafts Fair Academic Year 2019. (2019). **Competition criteria for students of arts and crafts in science subject.** Retrieved from https://sillapa.net/home, May 5, 2020.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2013). **STEM Education**. Bangkok: Author. (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2015). **TIMSS 2015**. Bangkok: Author. (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2018). **Science Curriculum Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (2560).** Bangkok: Author. (in Thai).

Thongmak, P. (1994). **Comparison of Science Process Skills, Scientific Attitude and Scientific Creativity of Mathayom Suksa 3 Students Who Had and Had Not Taken Science Free Elective Course**

Concerning to Science Projects. Master of Education Thesis (Science Education). Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)

Tsurusaki, B. K., Tzou, C., Conner; L. D. C., and Guthrie, M. (2017). 5th – 7th grade girls' conceptions of creativity: Implications of STEAM Education. **Creative Education** 8: 255–271.

Ugras, M. (2018). The Effects of STEM activities on STEM attitudes, scientific creativity and motivation beliefs of the students and their views on STEM educaton. **International Online Journal of Educational Science** 10(5): 165–182.