

ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพ
วังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

The Effects of Learning Management Based on STEM Education
Approach in the Topic of Force and Motion on Learning
Achievement and Scientific Creative Thinking of Vocational
Certificate Students at Wang Klai Kangwon Industrial and
Community Education College in Prachuap Khiri Khan Province

สุวรรณา บุญเมือง¹ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์² ชำนาญ เขาวงกตพิงค์³

Suwanna Boonmuang¹ Tweesak Chindanurak² Chumnun Chaokeratipong³

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

¹ Master's Student, School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University.

E-mail : 2652000155@stou.ac.th

^{2,3} รองศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

^{2,3} Assoc. Prof. Dr., School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University

E-mail : Tweesak.chi@stou.ac.th , chumnun.cha.cha@stou.ac.th



Received: 2024-10-16 Revised: 2024-11-25 Accepted: 2025-06-24

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ (2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ และ (3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 72 คน แล้วจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และ (3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน เพราะการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ มีเป้าหมายให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ในเนื้อหาสาระเดียวกัน (2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .05 และ (3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ
สะเต็มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Abstract

The objectives of this research were to (1) compare the learning achievement in the topic of Force and Motion of vocational certificate students who learned by using STEM education approach with that of students who learned under the traditional learning management; (2) compare scientific creative thinking of the students who learned by using STEM education approach with that of students who learned under the traditional learning management; and (3) compare the pre-learning scientific creative thinking of the students who learned by STEM education with their post-learning counterpart thinking. The research samples consisted of 72 vocational certificate students of Wang Klai Kangwon Industrial and Community Education College in Prachuap Khiri Khan Province in two heterogeneous intact classrooms obtained by cluster random sampling. Then, one class was randomly assigned as the experimental group; while the other class, the control group. The instruments used in this research were (1) learning management plans for learning by using STEM education approach in the topic of Force and Motion and learning management plans for the traditional learning management; (2) the science learning achievement test in the topic of Force and Motion; and (3) scientific creative thinking scale. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test. The research findings revealed that (1) the learning achievement in the topic of Force and Motion of the students who learned by using STEM education approach and the counterpart learning achievement of the students who learned under the traditional learning management showed no difference because both types of learning management aimed to provide students with knowledge of the same content; (2) scientific creative thinking level of the students who learned by using STEM education approach was significantly higher than the counterpart thinking level of the students who learned under the traditional learning management at the .05 level of statistical significance; and; (3) the

post- learning scientific creative thinking level of the students who learned by using STEM education approach was significantly higher than their pre-learning counterpart level at the .05 level of statistical significance.

Keywords : STEM Education, Learning achievement, Scientific creative thinking

1. บทนำ

กระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกในศตวรรษที่ 21 วิวัฒนาการความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมเป็นไปอย่างก้าวกระโดด และเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของบริบทเศรษฐกิจและสังคมโลก ประเทศไทยปรับเปลี่ยนไปสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 เปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศให้เป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value-based Economy) เปลี่ยนการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และเปลี่ยนจากเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคการบริการมากขึ้น [1] ทุกภาคส่วนจึงต้องมีการขับเคลื่อนเพื่อตอบสนองกับทิศทางการผลิตและการพัฒนากำลังคนของประเทศ เช่นเดียวกับการจัดการศึกษาที่จะมุ่งเพียงเพื่อให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ทางวิชาการเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพออีกต่อไป การจัดการศึกษาในยุคนี้จึงต้องเป็นการศึกษา 4.0 ซึ่งจะต้องพัฒนาให้คนไทยมีความสามารถในการคิด โดยเฉพาะในด้านการคิดสร้างสรรค์ การคิดผลิตภาพเพื่อให้สามารถสร้างนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง และต้องจัดการศึกษาให้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้ มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ มาตอบสนองความต้องการของสังคม [2] ทักษะร่วมสมัยที่นักเรียนจำเป็นต้องมี ได้แก่ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการทำงานเป็นทีม ทักษะการสื่อสาร และความฉลาดทางอารมณ์ แม้ว่าทั่วโลกจะยอมรับถึงความสำคัญของทักษะเหล่านี้ แต่ทักษะเหล่านี้มักถูกมองว่ายังไม่ได้รับการพัฒนา [3] รูปแบบการจัดการศึกษาของประเทศไทยตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 จึงได้มีการปรับเปลี่ยนให้การจัดการศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะพื้นฐานของพลเมืองไทย และทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศท่ามกลางกระแสแห่งการเปลี่ยนแปลง

หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ตามกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562 กำหนดให้การจัดการอาชีวศึกษาทุกระดับคุณวุฒิ ประเภทวิชาและสาขาวิชาต้องเน้นคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาทั้งด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ซึ่งในด้านทักษะ เน้นความสามารถ

ปฏิบัติงานซึ่งบุคคลนั้นควรทำได้เมื่อได้รับมอบหมาย โดยสามารถเลือกใช้วิธีการจัดการและแก้ปัญหาการทำงานด้วยทักษะด้านกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตรรกะ ทักษะการหยั่งรู้และความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตหรือทักษะการปฏิบัติ หรือวิธีปฏิบัติที่มีความคล่องแคล่วและความชำนาญในการปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานคุณวุฒิอาชีวศึกษา แต่ละระดับ [4] เห็นได้ชัดเจนว่าความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การวิจัยทางการศึกษา และการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้กระบวนการทัศน์ทางการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป การจัดการศึกษาทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดแบบวิจารณ์ญาณ ฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือแสวงหาความรู้ และการมีทักษะทางสังคม แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนรู้ในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนรู้มีความหมายต่อผู้เรียน ผู้เรียนจะเห็นประโยชน์คุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเป็นการเตรียมผู้เรียนในการเรียนต่อไปในขั้นสูงขึ้น เกิดการเพิ่มโอกาสการทำงานในอนาคต การเพิ่มมูลค่า และการสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้ [5]

นักเรียนสายอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เป็นนักเรียนที่สำเร็จการศึกษาจากระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่วนหนึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ชอบและไม่ถนัดในการเรียนวิชาสามัญ รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย สังเกตได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่จบมาจะอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และพฤติกรรมการเรียนเมื่อเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้น ผู้เรียนไม่ให้ความสนใจ ไม่กระตือรือร้นในการทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัด และมีผลคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ และผู้เรียนส่วนใหญ่ก็ยังขาดในเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ สังเกตได้จากเมื่อให้คิดหัวข้อจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีการเลียนแบบโครงงานที่ได้จากการสืบค้น ไม่มีการพัฒนาชิ้นงาน ไม่มีแนวคิดเป็นของตนเองหรือเมื่อกำหนดสถานการณ์เพื่อประยุกต์ใช้สู่วิชาชีพ ให้แก้ปัญหาพร้อมกัน ผู้เรียนทำงานได้แต่วิธีคิดแก้ปัญหาไม่มีความหลากหลาย ขาดการเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ ทำให้รูปแบบวิธีการออกมาเป็นรูปแบบเดิม ๆ คล้าย ๆ กัน สอดคล้องกับข้อมูลการสะท้อนจากสถานประกอบการที่รับนักเรียนเข้าฝึกงานหรือฝึกประสบการณ์วิชาชีพ พบว่า ผู้เรียนที่ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพส่วนใหญ่ไม่สามารถแสดงความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาได้ ขาดความคิดที่แปลกใหม่ และหลายรายไม่เสนอแนวคิดร่วม เป็นเพียงผู้ปฏิบัติตามคำสั่งเท่านั้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันจากห้องเรียนสู่การฝึกประสบการณ์วิชาชีพและการทำงานร่วมกับสถานประกอบการ ผู้วิจัยจึงคิดว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบปกติที่ผ่านมายังไม่เหมาะกับนักเรียนสายอาชีวศึกษา ยังมีข้อจำกัดในการส่งเสริมการเรียนรู้ และการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านทักษะที่สำคัญของผู้สำเร็จการศึกษาอาชีวศึกษาตามกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษาและหาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ในเนื้อหาและช่วยส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไปพร้อม ๆ กัน

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียน วิเคราะห์ปัญหา และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างผลงานที่ตอบสนองต่อการแก้ปัญหาที่ เคยพบเห็นและสอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริง โดยบูรณาการเนื้อหาและทักษะวิชาทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ [6] เป็นการพัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงาน เป็นทีม และการร่วมมือร่วมพลัง รวมทั้งมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง [7] สอดคล้อง กับ รัฐวิธรรดา พลเยี่ยม [8] ซึ่งกล่าวไว้ว่า การแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยใช้เทคโนโลยี เชื่อมโยงกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งเป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ซึ่งกำหนดเป้าหมายด้านผู้เรียน คือ มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs) โดยส่งเสริม ให้สถานศึกษาจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ พัฒนากระบวนการคิด และ การสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม องค์ความรู้และกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงนับว่า เป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

โดยประเทศที่ประชากรมีพื้นฐานความรู้สะเต็มอยู่ในระดับสูง จะส่งผลให้ประเทศนั้นมีความ ได้เปรียบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม จึงทำให้ประเทศต่าง ๆ ส่งเสริมให้มีการพัฒนาการเรียน การสอนสะเต็ม เพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ศึกษาในศตวรรษที่ 21 [9] และจากการศึกษางานวิจัย เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถ พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ [10,11,12,13,14,15]

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามาใช้ในการ จัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ สะเต็มศึกษา จะสามารถช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ทำทหายกับการเผชิญสถานการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริง มีจินตนาการร่วมกันคิดและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ แบบไม่ยึดติด ส่งเสริมการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหาในสถานการณ์ ที่เปลี่ยนไป เป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ คิดริเริ่ม คิดนอกกรอบ อีกทั้งจะช่วยให้ผู้เรียน เข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ และเชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต ประจำวัน อันจะนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ทางเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไปพร้อมกันได้ อันจะส่งผลต่อ ผู้เรียนได้เป็นบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถ สำเร็จการศึกษามีสมรรถนะตามที่หลักสูตรกำหนด มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา การประกอบอาชีพในอนาคต สอดรับกับการเปลี่ยนแปลง ของโลก และสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขในศตวรรษที่ 21

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. สมมติฐานของการวิจัย (ถ้ามี)

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

3.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

3.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 136 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยความสามารถ

4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่มด้วยการจับฉลากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน แล้วจับฉลากได้กลุ่มทดลอง 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/1 จำนวน 39 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/2 จำนวน 33 คน

4.2 ตัวแปรในการวิจัย

4.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) และการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ (5E)

4.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบละ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลารวม 18 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความชัดเจนความเป็นไปได้ ในการนำไปใช้และความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาโดยใช้สถานการณ์ปัญหา สอดคล้องตามบริบทของเนื้อหา

หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้ทักษะ
ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	รถแข่งมหาสนุก บริษัทรับออกแบบและสร้างรถแข่งหนึ่งได้รับงานว่าจ้างจากผู้ประกอบการธุรกิจรถแข่งให้สร้างรถที่ออกตัวได้แรง มีความเร็วสูง และมีการทรงตัวที่ดีเพื่อความปลอดภัยผู้ขับขี่ บริษัทจึงทำการคัดเลือกกลุ่มวิศวกรมาออกแบบเพื่อสร้างแบบจำลองรถแข่งโดยจัดให้มีการแข่งขัน และมีเงื่อนไขว่า แบบจำลองรถแข่งจะใช้พลังงานในการขับเคลื่อน ขนาดรถต้องกว้างไม่น้อยกว่า 10 cm ยาวไม่เกิน 30 cm ไม่จำกัดรูปแบบ มีลูกบอลยางแทนคนขับแบบจำลองรถแข่งของวิศวกรคนใดวิ่งได้อัตราเร็วมากที่สุดโดยที่คนขับไม่กระเด็นออกจากรถจะได้รางวัลและการคัดเลือกเป็นต้นแบบรถแข่งจริง สมมติให้นักเรียนเป็นทีมวิศวกรบริษัทดังกล่าว จงออกแบบและสร้างแบบจำลองรถแข่ง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว	วิทยาศาสตร์ (S) : การเคลื่อนที่ของวัตถุ , อัตราเร็ว , ล้อและเพลา , สมดุลของวัตถุ , พลังงานศักย์ ยืดหยุ่น , พลังงานจลน์ เทคโนโลยี (T) : การสืบค้นรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาการเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการออกแบบและสร้างรถแข่งมหาสนุก วิศวกรรมศาสตร์ (E) : ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างรถแข่งมหาสนุก ให้ตรงตามเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขและข้อ จำกัด คณิตศาสตร์ (M) : รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบและสร้างการบวก ลบ คูณ หารจำนวนจริงและการคำนวณการออกแบบแรงยาง และความเร็วในการเคลื่อนที่

4.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ โดยวัดระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน คือ จำ เข้าใจ นำไปใช้ และ วิเคราะห์ จำนวน 2 ฉบับสำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่ง เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ ระดับพฤติกรรม และเนื้อหาที่ต้องการวัดทั้งสองฉบับอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ข้อสอบฉบับก่อนเรียนค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37-0.73 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-1.00 ค่าความเที่ยง เท่ากับ .871 และข้อสอบฉบับหลังเรียน มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37-0.77 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.38-1.00 ค่าความเที่ยง เท่ากับ .890

2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยการวัด 3 องค์ประกอบ คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด และกำหนดบริบทของคำถามปลายเปิด 4 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย การแสดงแนวคิดด้วยภาพ การแก้ปัญหาด้านสังคม และการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบคู่ขนาน จำนวน 2 ฉบับ ชนิดตอบแบบอัตนัย ฉบับละ 4 ข้อใหญ่ 3 ข้อย่อย รวมทั้งชุด 12 ข้อย่อย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามองค์ประกอบ ทั้งสองฉบับเท่ากับ 1.00 และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.34-0.72 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.56-1.00 ค่าความเที่ยง เท่ากับ .947 และฉบับหลังเรียน มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.28-0.66 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.44-1.00 และมีค่าความเที่ยง เท่ากับ .958

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.4.1 ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ สะเต็มศึกษา เพื่อให้ นักเรียนทุกคนเข้าใจลักษณะและรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.4.2 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดก่อนเรียน กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตรวจสอบและบันทึกคะแนน

4.4.3 วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

4.4.4 จัดการเรียนรู้ให้นักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ สะเต็มศึกษา และนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

4.4.5 ทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดหลังเรียน กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตรวจสอบและบันทึกคะแนน

4.4.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน

4.4.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน

4.4.8 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

4.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล/การวิเคราะห์ข้อมูล

4.5.1 การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากคะแนนการทดสอบหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test แบบ Independent samples

4.5.2 การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test แบบ Independent samples

4.5.3 การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากคะแนนวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent samples

5. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้เป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	39	23.15	2.64	1.11	.27
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ	33	22.33	3.62		

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน

5.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการ เรียนรู้ตามรูปแบบปกติ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการ จัดการการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	39	22.74	4.88	3.47*	0.00
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ	33	18.30	5.82		

*p < .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้ รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและ หลังเรียน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน

การจัดการเรียนรู้	n	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	39	22.74	4.88	3.47*	0.00
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ	33	18.30	5.82		

*p < .05

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนมาศึกษาเปรียบเทียบแยกตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แยกตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	N	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig.
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	39	5.41	1.50	8.67	1.98	9.52*	0.00
ด้านการสร้างแนวคิดแปลกใหม่	39	4.21	1.51	6.82	1.82	10.66*	0.00
ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด	39	3.56	1.12	7.26	2.25	10.36*	0.00

*p < .05

จากตารางที่ 4 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบแต่ละด้านของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ทุกด้านมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

6.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

6.1.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

6.1.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

6.2 อภิปรายผล

ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพวิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผู้วิจัยอภิปรายผลตามสรุปผลการวิจัยทั้ง 3 ข้อ ได้ดังนี้

ผลการวิจัยที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยบ่งชี้เหตุผลสำคัญได้ 2 ประการ ดังนี้

เหตุผลประการที่ 1 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ทุกรูปแบบที่เหมือนกัน คือ การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดองค์ความรู้ในเนื้อหาสาระที่เรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ 2 รูปแบบ คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ ซึ่งความแตกต่างอย่างชัดเจนในส่วนของการจัดการเรียนรู้รวมถึงกิจกรรมที่ใช้ แต่เป็นการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่องเดียวกัน นั่นคือ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่

เหตุผลประการที่ 2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยใช้เป็นการวัดพฤติกรรมในระดับ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ขั้นพื้นฐานทั่วไป ในเนื้อหา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ไม่ได้เน้นทักษะการคิดขั้นสูง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือระดับพฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายของสะเต็มไว้ในข้อสอบโดยตรง

ดังนั้น การที่นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน จึงเป็นเรื่องที่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐชา พัฒนา [13] ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน และเมื่อผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเพิ่มเติม ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตย์ นิมกุล [10] ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อยู่ในระดับดี ลัดดาวัลย์ นางประโคน [11] ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้

แบบสะเต็มศึกษามีผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อับดุลยามีน หะยีชาเดร์ [12] ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Scott [16] ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษาในสหรัฐอเมริกา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สูงกว่าโรงเรียนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ และ Jho et al. [17] ที่พบว่า นักเรียนในประเทศเกาหลีที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความกระตือรือร้นในการเรียน มีส่วนร่วมในกิจกรรม สามารถปฏิบัติได้จริง และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ผลการวิจัยข้อที่ 2 นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การที่คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ เหตุผลสำคัญเป็นเพราะรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดทั้งในขั้นตอน กระบวนการ และรูปแบบกิจกรรม ของการจัดการเรียนรู้ทั้งสอบบ ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ด้วยขั้นตอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ผู้วิจัย พบว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญ 4 ขั้นตอนจาก 6 ขั้นตอนนั้น เมื่อนักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติแล้ว สามารถช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน ประกอบด้วย

ขั้นระบุปัญหา ผู้เรียนได้ฝึกคิดเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่นจากสถานการณ์ปัญหาจริง และสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดโจทย์

ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนได้ฝึกแสดงแนวคิดด้วยการวาดภาพร่างแบบ ชีงงานในรูปแบบที่หลากหลายแปลกใหม่ มีการคิดวิเคราะห์ ประเมินแนวคิดและเลือกแบบที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด รวมถึงในส่วนการลงรายละเอียดก็ยังสามารถช่วยฝึกให้นักเรียนเกิดความละเอียดลออในการคิดได้ด้วย

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นนี้ฝึกให้ผู้เรียนเขียนลำดับขั้นตอนในการสร้างชิ้นงาน เป็นการฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ อย่างละเอียดลออ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

ขั้นทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงชิ้นงาน ผู้เรียนร่วมกันทดสอบชิ้นงาน พิจารณาความสำเร็จของชิ้นงานเบื้องต้น หากจุดบกพร่องและปรับปรุงชิ้นงาน ส่งเสริมให้เกิดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด

ส่วนในอีก 2 ขั้นตอน คือ ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ถึงจะไม่เด่นชัดในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ก็ยังเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ และนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานและแก้ไขปัญหาได้อย่างสมบูรณ์

ดังนั้น ขั้นตอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ล้วนเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ที่ผู้วิจัยศึกษา คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด [18] สอดคล้องกับงานวิจัยของอาทิตย์ ฉิมกุล [10] ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเอื้อให้นักเรียนได้คิดออกแบบชิ้นงาน ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่อิงกับบริบทชีวิตจริง สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นการฝึกกระบวนการคิดของนักเรียนมากกว่า สุกัญญา เชื้อหลุณโปธิ์ และคณะ [14] ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม และณัฐชา พัฒนา [13] ที่พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gonzalez & Kuenzi [19] ที่พบว่า โรงเรียนในสหรัฐอเมริกาที่ใช้หลักสูตรสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนได้ลึกซึ้งขึ้น นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงโต้แย้ง และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น และส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชา ทำให้นักเรียนสามารถคิดค้นวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาได้ Sahin et al. [20] ศึกษาผลของการนำกิจกรรมสะเต็มมาจัดเป็นโปรแกรมกิจกรรมหลังเลิกเรียน ในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา พบว่า กิจกรรมสะเต็มมีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ การสืบเสาะ และส่งเสริมการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนได้ และ Jho et al. [17] ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนในประเทศเกาหลี พบว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีส่วนร่วมในกิจกรรม สามารถปฏิบัติได้จริง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น

ผลการวิจัยข้อที่ 3 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกองค์ประกอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐชา พัฒนา [13] ที่พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาโดยวัดจาก 4 องค์ประกอบ คือ คิดคล่อง คิดริเริ่ม คิดสร้างสรรค์ และ คิดละเอียดลออ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 สุกัญญา

เชื้อหลูปโพธิ์ และคณะ [14] พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม โดยในชั้นวางแผนและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้คิดและวาดภาพร่างได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม อับดุลยามีน หะยีฮาเดร์ [12] ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 จตุรภัทร มาศโสภา และคณะ [15] ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayasari [21] ที่พบว่า นักศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ในเมืองมาดิอุน ประเทศอินโดนีเซีย ที่การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านสะเต็มศึกษา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นในทุกมิติอย่างมีนัยสำคัญ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน [7] ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา นักเรียนได้มีส่วนร่วมตั้งแต่การนำเข้าสู่บทเรียนที่แฝงอยู่ในขั้นระบุปัญหา เป็นการยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือสถานการณ์ปัญหาจริงในชีวิตประจำวัน เป็นคลิปวิดีโอสั้นเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาร่วมกับครูใช้คำถามชักนำเข้าสู่เนื้อหา ทำให้นักเรียนเห็นแนวโน้มของการนำความรู้ที่เรียนมาใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นจึงเข้าสู่ประเด็นปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไขจากใบกิจกรรมตามโจทย์สะเต็มศึกษาในรูปแบบของงานกลุ่ม นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจด้วยตนเอง โดยครูจะคอยป้อนคำถามกระตุ้นความคิดให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดแนวคิดร่วมตามประเด็นปัญหาและข้อสรุปของแนวทางการแก้ปัญหา ใบกิจกรรมในขั้นนี้ นักเรียนจะจดบันทึกข้อมูล เขียนระบุประเด็นปัญหา เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของปัญหาออกมาได้ บ่งชี้ว่า ขั้นตอนแรกนี้เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่และมีความยืดหยุ่นในการคิดจากสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง จากประเด็นปัญหาตามโจทย์สะเต็มศึกษาเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระที่นักเรียนต้องเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้ครูจึงสามารถจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาเข้าไปได้อย่างสอดคล้องไม่แตกประเด็น เป็นการสร้างองค์ความรู้ในเนื้อหาสาระตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดที่เป็นการแสดงออกถึงความรู้เข้าใจในเนื้อหาเพื่อการวัดและประเมินผลระหว่างเรียนได้ด้วย ที่สำคัญในขั้นนี้เป็นการ

บูรณาการองค์ความรู้สู่ระดับมัธยมศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ พร้อมการบันทึกข้อมูล ครูจะเป็นผู้สนับสนุนแหล่งเรียนรู้ สื่อ อุปกรณ์ ที่เอื้อต่อการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน นักเรียนจะร่วมกันวิเคราะห์และเชื่อมโยงได้ว่าความรู้เรื่องใดนำมาใช้ในส่วนใดของชิ้นงาน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนได้เกิดความรู้เห็นคุณค่า และความสำคัญขององค์ความรู้ที่เคยได้เรียนรู้ไปในวิชาต่าง ๆ นั้นมีประโยชน์ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนได้

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ระดมความคิดในการออกแบบร่างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ ให้มีความแตกต่าง แปลกใหม่ แต่สอดคล้องกับการนำไปใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ มีการคิดวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของแบบร่างที่มีต่อความสำเร็จของชิ้นงานในการแก้ปัญหา และเลือกแบบที่สมาชิกกลุ่มเห็นว่าเหมาะสมที่สุด มีการนำรูปแบบ รูปทรง องค์ประกอบต่าง ๆ เข้ามาร่วมในการออกแบบ มีการลงรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ขนาด วัสดุที่ใช้ในตำแหน่งต่างๆ ระบุหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วน ทั้งนี้การออกแบบชิ้นงานต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของวัสดุ อุปกรณ์ที่ครูกำหนดและเตรียมไว้ให้ ขั้นตอนนี้จึงช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ การคิดละเอียดลออ รวมถึงการประเมินและปรับปรุงแนวคิด โดยครูจะต้องคอยสังเกต ร่วมประเมินแบบร่างกับนักเรียน รวมถึงให้คำแนะนำต่าง ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนลงรายละเอียดให้ครบถ้วน เพราะรายละเอียดเหล่านี้เป็นตัวสำคัญที่จะช่วยวางแผนเกี่ยวกับการใช้วัสดุ อุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการสร้างชิ้นงานในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะร่วมระดมความคิดเพื่อวางแผนและเขียนเป็นลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน และปฏิบัติการสร้างชิ้นงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ ซึ่งหากนักเรียนมีการวางแผนที่ดี มีลำดับขั้นตอนชัดเจน ครบถ้วน จะส่งผลให้การสร้างชิ้นงานสำเร็จได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ขั้นนี้จึงเป็นการฝึกให้นักเรียนได้เกิดความคิดอย่างเป็นระบบเป็นลำดับขั้น และการคิดละเอียดลออ โดยครูต้องคอยสังเกต ให้คำแนะนำ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความร่วมมือในการคิดและสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในขั้นนี้นักเรียนได้มีการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตนเอง มีจดบันทึกข้อมูลการทำงาน ข้อบกพร่อง และวิธีการปรับแก้ไขชิ้นงานให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหา ขั้นตอนนี้ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิดของนักเรียนได้ดี และ

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่แสดงออกถึงกระบวนการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอนของกลุ่ม ตั้งแต่ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนสุดท้าย และเป็นการแสดงผลของการสร้างชิ้นงาน ช่วยฝึกทักษะการพูดนำเสนอให้กับนักเรียน และในช่วงการพิสูจน์ประสิทธิภาพ

หรือสาธิตชิ้นงานให้เพื่อน ๆ ดู เป็นขั้นที่นักเรียนจะส่งเสียงเชียร์เกิดขึ้น นักเรียนมีความสุข สนุกสนาน รวมถึงเมื่อชิ้นงานสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายใจ ก็เป็นการสร้างความภาคภูมิใจให้กับตัวนักเรียนเอง และหากครูสามารถจัดเตรียมของรางวัลสำหรับกลุ่มที่ทำได้ดี ก็จะเป็นการเสริมแรงให้นักเรียนมีความตั้งใจร่วมระดมความคิดและร่วมมือร่วมแรงกันยิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้อาจมองว่าเป็นการนำเสนอชิ้นงานไม่ได้สัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ แต่จริง ๆ แล้วในกระบวนการนำเสนอชิ้นงานเพื่อน ๆ ในห้องสามารถมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ และร่วมอภิปรายถึงความสำเร็จของชิ้นงาน มีการให้ข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครูผู้สอน ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่นำเสนอได้คิดถึงประเด็นการพัฒนาชิ้นงานในรายละเอียดที่กลุ่มอาจมองข้ามไป ดังนั้นขั้นตอนนี้หากครูไม่ละเลยในส่วนนี้ไป ก็จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด และมีความละเอียดลออในการคิดเพิ่มขึ้นได้ด้วยเช่นกัน อีกทั้งในขั้นตอนนี้ เมื่อนักเรียนนำเสนอชิ้นงานครบแล้ว ครูยังสามารถให้นักเรียนขยายความรู้ในเนื้อหาสาระเชื่อมโยงกับองค์ความรู้เพิ่มเติม รวมถึงการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างได้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น

ในส่วนบทบาทของครู จะพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ครูจะเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ ท้าทาย และกระตุ้นให้นักเรียนหาแนวทางแก้ปัญหา กำหนดเงื่อนไขความสำเร็จของชิ้นงาน ระยะเวลา วัสดุอุปกรณ์ เป็นผู้สังเกตการณ์ เป็นผู้ชี้แนะ ให้แนะนำ คอยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดของตนเอง มีการโต้แย้งและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม เป็นผู้สนับสนุนแหล่งเรียนรู้ สื่อ ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ กระตุ้นและกำกับให้นักเรียนเกิดการแก้ปัญหา การออกแบบ การสร้างสรรค์ชิ้นงาน การทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน และการนำเสนอ ตามลำดับ รวมถึงเป็นผู้ประเมินการทำงานและให้ข้อมูลย้อนกลับโดยใช้การสื่อสารเชิงบวก เพื่อให้นักเรียนสามารถเกิดเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมได้บรรลุเป้าหมายตามแนวทางการจัดการเรียนรู้

จากข้อมูลทั้งหมดนี้บ่งชี้ได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน มีผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ไปพร้อม ๆ กัน และยังบ่งชี้ได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้นี้เป็นการช่วยให้นักเรียนดึงศักยภาพในตัวเองออกมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ สอดคล้องกับทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ หรือ Constructionism [22] ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่เป็นรูปธรรม โดยเชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้ดีที่สุดเมื่อพวกเขามีโอกาสสร้างชิ้นงาน การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในบริบทที่นักเรียนมีความสนใจ ด้วยการสร้างชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและยั่งยืนมากขึ้น และสอดคล้องกับ ทวีศักดิ์ จินตานุรักษ์ [2] ที่กล่าวว่า การจัดการศึกษาที่จะต้องพัฒนาให้คนไทยมีความสามารถในการคิด โดยเฉพาะในด้านการคิดสร้างสรรค์ การคิดผลิตภาพเพื่อให้สามารถสร้างนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง และต้องจัดการศึกษาให้

เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้ มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ มาตอบสนองความต้องการของสังคม และสอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา [1] กล่าวถึง ประเทศไทยปรับเปลี่ยนไปสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 เปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศให้เป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value-based Economy) ที่มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ (1) เปลี่ยนการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม (2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และ (3) เปลี่ยนจากเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคการบริการมากขึ้น ทุกภาคส่วนจึงต้องมีการขับเคลื่อนเพื่อตอบสนองกับทิศทางการผลิตและการพัฒนากำลังคนของประเทศ เช่นเดียวกับการจัดการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มุ่งผลิตกำลังคนที่มีคุณภาพมาตรฐานเพื่อป้อนออกสู่ตลาดแรงงาน รวมถึงพัฒนานักเรียนอาชีวศึกษาให้เป็นผู้ผลิต ผู้คิดค้น และเป็นผู้สร้างนวัตกรรม เพื่อการประกอบอาชีพ ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับเป้าหมายทางการศึกษานี้ เพราะนอกจากส่งผลให้ผู้เรียนจะเกิดองค์ความรู้แล้วยังสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเป็นนวัตกรรมในอนาคตได้

7. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย ผู้วิจัยพบผลการทดลอง ปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำเนินการ จึงมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

7.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ครูผู้สอนต้องศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ให้ถี่ถ้วน ได้แก่ เนื้อหา กระบวนการ รูปแบบการสอน สื่อการเรียนรู้ที่ต้องใช้ รวมถึงพื้นฐานความรู้และทักษะของผู้เรียน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามเป้าหมาย

7.1.2 ครูผู้สอนต้องออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ลดการบรรยาย เน้นการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนอย่างมีส่วนร่วม

7.1.3 ครูผู้สอนต้องมีการเตรียมสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้และชีวิตจริง รวมถึงมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำชิ้นงานให้พร้อม เพื่อให้ นักเรียนเกิดความตื่นตัว และสนใจ รวมถึงปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

7.1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาถือเป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียนครูผู้สอนควรดูแลและให้คำแนะนำให้กับนักเรียน ตลอดการทำกิจกรรม มีการกระตุ้นให้นักเรียนมีการพูดคุย แลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้ปัญหาและชิ้นงานของกลุ่ม เพื่อการฝึกให้นักเรียนมีเหตุผลยอมรับความคิดของผู้อื่น และจะช่วยให้ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดผ่านกระบวนการออกแบบเชิงการวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.1.5 การจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของสะเต็มศึกษาผู้เรียนจะต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมที่เพียงพอ หากกำหนดเวลาในการทำงานของผู้เรียนน้อยเกินไป จะส่งผลให้ผู้เรียนต้องรีบทำงาน ขาดการวางแผนงานที่ดี ชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจึงควรกำหนดเวลาที่เพียงพอ และยืดหยุ่นได้ อาจอนุญาตให้มาทำงานนอกเวลาเรียนได้ หรืออาจปรับเปลี่ยนกิจกรรมอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7.1.6 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สิ่งสำคัญคือเครื่องมือวัดที่ครูสร้าง ครูต้องศึกษาองค์ประกอบทั้งการวัดและดำเนินการสร้างเครื่องมืออย่างรอบคอบ โจทย์ที่สร้างไม่ควรยาวเกินไป มีความชัดเจน เหมาะสมกับระดับผู้เรียน เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจประเด็นคำถาม ได้ถูกต้องและตอบได้ตรงประเด็นที่ถาม

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

7.2.1 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา กับนักเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ เนื่องจากผลการวิจัยนี้บ่งชี้ ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ นี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

7.2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่นอกเหนือจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ทักษะการสื่อสาร หรือทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ระหว่างที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการกลุ่มในการแก้ปัญหา มีความกระตือรือร้น สนุกสนานในการทำกิจกรรม และภูมิใจในการนำเสนอชิ้นงานที่เป็นความสำเร็จของกลุ่ม รวมถึงสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่น ๆ ได้

บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579. พริกหวานกราฟฟิค.
- [2] ทวีศักดิ์ จินตานุรักษ์. (2560). การประเมินความคิดสร้างสรรค์. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (บก.). คิดสร้างสรรค์ : สอนและสร้างได้อย่างไร. (พิมพ์ครั้งที่ 2). จุฬาลงกรณ์
- [3] Thomas, D., & Kimbell, R. (2021). (Re) framing a philosophical and epistemological framework for teaching and learning in STEM : Emerging pedagogies for complexity. *British Educational Research Journal*, 47(3), 742–769.
- [4] กรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562. (2562, 6 มีนาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 303 ง. หน้า 17-20.
- [5] พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 49–56.
- [6] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [7] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา (ม.1-ม.6). สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [8] จิตติวรดา พลเยี่ยม. (2561). สะเต็มศึกษา : ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. *วารสารครูพิบูล*, 5(2), 122-135.
- [9] สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 10(2), 13-34
- [10] อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]
- [11] ลัดดาวัลย์ นางประโคน. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม]
- [12] อับดุลยามีน หะยีชาเดร์. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์]

- [13] ณัฐชา พัฒนา, นวลจิตต์ เซาว์กศิริพงศ์, และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 12(2), 118-132.
- [14] สุกัญญา เชื้อหลูปโพธิ์, จิตติยา บงกชเพชร, และชมพูนุช วรางคณากุล. (2561) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 13(37), 119-132
- [15] จตุรภัทร มาศโสภากา, ธารทิพย์ ขุนทอง และ อภิชาติ สังข์ทอง. (2565). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์. Journal of Roi Kaensarn Academi., 7(3), 33-46
- [16] Scott, C. (2012). An investigation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) focused high schools in the U.S. Journal of STEM Education, 13(5), 30-39.
- [17] Jho, H., Hong, O., & Song, J. (2016). An analysis of STEM/STEAM teacher education in Korea with a case study of two schools from a community of practice perspective. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12(7), 1843-1862. [Retrieved April 9, 2024]. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1538a>
- [18] OECD. (2022). Thinking outside the box: The PISA 2022 creative thinking assessment. OECD. [Retrieved February 16, 2024]. <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/creative-thinking/pisa-2022-creative-thinking.html>
- [19] Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Congressional Research Service. <https://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>
- [20] Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). STEM-related after-school program activities and associated outcomes on student learning. Educational Sciences : Theory and Practice, 14(1), 309-322.
- [21] Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. AIP Conference Proceedings. [Retrieved April 9, 2024]. from <https://doi.org/10.1063/1.4941168>
- [22] Papert, S. (1999). Introduction: What is Logo? And Who Need It? In Logo Philosophy and Implementation. LCSl.