วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีที่ 22 ฉบับที่ 97 เมษายน – มิถุนายน 2568
Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University 22(97) April - June 2025

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

DEVELOPMENT OF SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING ACHIEVEMENT OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS ON THE UNIT OF ATOMS AND ELEMENT PROPERTIES BY USING STEM EDUCATION LEARNING MANAGEMENT

จินตนา นันตะบุตร[1,*] กุลวดี สุวรรณไตรย์[2] และ หรรษกร วรรธนะสาร[3]
Jintana Nantabhut[1,*] Kulwadee Suwannatrai[2] and Hassakorn Wattanasarn[3]
[1]สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สกลนคร 47000
[2]สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สกลนคร 47000
[3]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สกลนคร 47000
[1]Program in Science Teaching Faculty of Education, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon 47000, Thailand
[2]Program in Biology Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon 47000, Thailand
[3]Program in Physics Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon 47000, Thailand
**Corresponding Author:* E–mail: Olednantabhut@gmail.com

รับบทความ 30 มิถุนายน 2567 แก้ไขบทความ 11 สิงหาคม 2567 ตอบรับบทความ 21 สิงหาคม 2567 เผยแพร่บทความ กรกฎาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 17 คน โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t–test for Dependent Samples)

ผลการวิจัย พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.87/82.45 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.85, S.D. = 0.38)

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, สะเต็มศึกษา

ABSTRACT

This research aimed to 1) develop the STEM Education lesson plans on the unit of Atoms and Element Properties to achieve an efficiency rate of 80/80, 2) compare the students' science process skills before and after the intervention, and 3) explore the student satisfaction level with the STEM Education learning management. The sample consisted of 17 Mathayomsuksa 4 students from Laopacha–utid School under the Secondary Educational Service Area Office, Mukdahan, during the second semester of the 2023 academic year. The instruments used for data collection included lesson plans based on STEM education learning management, a science process skills test, a learning achievement test, and a satisfaction questionnaire. The statistics included percentages, means, standard deviations, and t–test for Dependent Samples.

The research results revealed that the developed STEM education lesson plans on the unit of Atoms and Element Properties achieved an efficiency rate of 83.87/82.45, surpassing the established criteria of 80/80. Post-intervention assessments revealed statistically significant improvement at the .01 level of significance in both students' science process skills and learning achievement compared to pre– pre-intervention levels. Furthermore, students expressed the highest level of satisfaction with the STEM education learning management ($\overline{X}$ = 4.85, S.D. = 0.38).

Keywords: Science Process Skills, Learning Achievement, STEM Education

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญในปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ และเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ที่สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับศาสตร์อื่น ๆ การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะที่จำเป็นและสำคัญในการศึกษา ค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ใหม่ เกิดการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหรือขั้นตอนที่หลากหลาย โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเต็มศักยภาพ และเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน เน้นให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดในการศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงและตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มวลมนุษย์ สภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกันและกัน โดยการนำความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ คุ้มค่า รวมทั้งในด้านการจัดการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ให้สามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจได้ ส่งผลให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และมีค่านิยมที่ดีในการใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) การมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีเหตุ มีความสามารถในการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการพัฒนาตนเองไปสู่กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบได้

วิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาวิธีการคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็นในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการให้ผลการเรียนรู้เกิดขึ้นกับผู้เรียนมากที่สุด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O–NET) ตามมาตรฐานการเรียนรู้ พบว่า รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงสภาพปัญหาและผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ ที่มีค่าคะแนน

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน เฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศ (กลุ่มบริหารวิชาการ โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ) ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ต่ำ จากลักษณะการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังเน้นการบรรยายและการท่องจำเป็นสำคัญ (ธีรพงษ์ รัศมีพิพัฒน์, หรรษกร วรรธนะสาร และอรุณรัตน์ คำแหงพล, 2565)

การศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนไปของสภาพสังคมปัจจุบัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นแนวคิดหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) จากงานวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีความสำคัญต่อผู้เรียน คือ ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น (รสสุคนธ์ อินทฤากูร สวัสดิ์วงศ์ชัย, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์, 2562) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ (วัชรกมล พนิตอนงกริต, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์, 2562) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์สร้างนวัตกรรมเข้าใจสาระ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (อุปการ จีระพันธุ, 2556) ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์และคุณค่าของสิ่งที่เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริง (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2554; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558; ธีระชัย ปูรณโชติ, 2547; สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์, 2549)

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มีทักษะที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่สูงขึ้น (สิรินทร กิ่งชา, 2561) และเป็นการจัดการเรียนการรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมีการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเตรียมพร้อมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนระบุปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อระบุปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา ที่จะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากอินเทอร์เน็ต และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 นักเรียนออกแบบวิธีการเป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 นักเรียนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา กำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 นักเรียนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือใช้ชิ้นงาน เป็นการประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาเป็นการนำเสนอแนวคิด และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาชิ้นงานต่อไป

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการและผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม

80 ตัวหลัง คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การแก้ปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยใช้เป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 14 ทักษะ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรม 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการนำไปใช้ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 30 ข้อ

ความพึงพอใจของนักเรียน หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ วัดโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้วัด 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ จำนวน 20 ข้อ

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวของ

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา องค์ความรู้ที่เป็นการนำศาสตร์ ทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงและอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิต การทำงานและการแก้ไขปัญหา สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณา การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากันการเรียนรู้เนื้อหา ด้วยพฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ดังนั้น จะพบว่าสะเต็มศึกษาไม่ใช่หน่วยใหม่เพียงแต่เป็นการจัดการเรียนรูที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นประโยชนต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคตและเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภัทธาชัย, 2556)

ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและ

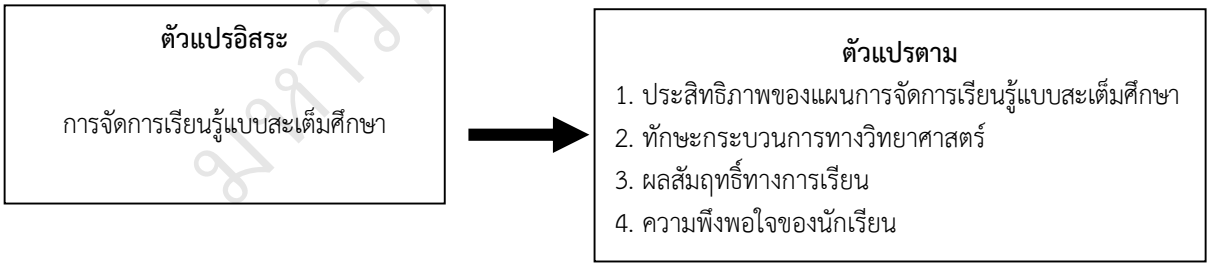
สิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ประกอบด้วย นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมการมีประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559)

จากหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง หากผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนขึ้น และมีทักษะกระบวนการในการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข และสอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน และการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยการผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาใช้ในการออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา

ดังนั้น จากการศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เมื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ค้นคว้าหาความรู้และสามารถหาวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ส่งผลให้ระดับผลการเรียนของนักเรียน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น นักเรียนมีความพึงพอใจต่อจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความกระตือรือร้น สนุกสนาน มองเห็นประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียน ทั้งหมด 444 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 17 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. แผนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ จำนวน 5 แผน

2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR–20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson)

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR–20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson)

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 20 ข้อ แบบมาตราส่วนประมานค่า (Rating Scale) ตามแบบลิเคิร์ท (Likert) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้วัด 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

วิธีรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 17 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ ประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียนและคณะครูที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง

2. ผู้วิจัยชี้แจงอธิบายวิธีการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับกรอบของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้เวลา 60 นาที

4. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบแบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน

5. เมื่อจัดการเรียนรู้ครบ 5 แผน นักเรียนทำการทดสอบหลังเรียน (Post–test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลา 60 นาที

6. นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้เวลา 30 นาที

7. ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียนของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

3. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t–test for Dependent Sample)

4. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t–test for Dependent Sample)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีผลการวิจัยดังนี้

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 80/80

กระบวนการ/ผลลัพธ์	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) คะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียน	17	120	100.65	1.09	83.87
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) คะแนนจากการทำแบบทดสอบ หลังเรียน	17	60	49.47	3.74	82.45
E_1/E_2 เท่ากับ 83.87/82.45					

จากตาราง 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ จำนวน 5 แผน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 100.65 คิดเป็นร้อยละ 83.87 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.09 และมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน เท่ากับ 49.47 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.74 คิดเป็นร้อยละ 82.45 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 83.87/82.45 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

ตาราง 2 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

ความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	17	30	15.06	2.94	14.07**
หลังเรียน	17	30	24.82	2.09	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (df, 16, t = 14.07)

จากตาราง 2 พบว่า การทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 15.06 ค่าเบี่ยงมาตรฐาน 2.94 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 24.82 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.09 ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 14.07 ค่า t จากตารางแจกแจงค่าวิกฤต มีค่าเท่ากับ 16 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	17	30	15.82	2.46	14.97**
หลังเรียน	17	30	24.65	1.77	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (df=16, t=14.97)

จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 15.82 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.46 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 24.65 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.77 ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 14.97 ค่า t จากตารางแจกแจงค่าวิกฤต มีค่าเท่ากับ 16 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 3 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้	4.90	0.31	มากที่สุด
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.78	0.41	มากที่สุด
ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้	4.75	0.44	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.89	0.32	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.94	0.24	มากที่สุด
สรุปรวม	4.85	0.38	มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ในแต่ละด้านสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการวัดประเมินผลการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านสื่อและอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.94 4.90 4.89 4.78 และ 4.74 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.38

การอภิปรายผล

จากการวิจัยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาขึ้น ผ่านกระบวนการดำเนินการที่ถูกต้องตามขั้นตอนดำเนินการอย่างเป็นระบบและมีวิธีการที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการเลือกและเรียบเรียงเนื้อหาที่เรียนในหน่วยการเรียนรู้ ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ตัวชี้วัด และการวัดผล ประเมินผล ตลอดจนศึกษาคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการตรวจสอบ แก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญก่อนการนำไปใช้กับผู้เรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้าสรรค์ มีทักษะในการสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจผ่านการลงมือฝึกปฏิบัติจริง และการจัดกิจกรรมสะเต็มเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะและเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นหน่วยที่ง่ายและสนุก ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม มีการวัดผลและประเมินผลของผู้เรียนที่มีความยืดหยุนและหลากหลาย มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม สามารถจัดลำดับขั้นตอนในการศึกษาอย่างเป็นระบบผู้เรียนสามารถออกแบบชิ้นงานและสร้างชิ้นงานในหน่วยต่าง ๆ ออกมาได้ และเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 83.87/82.45 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ทำให้ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน และมีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสสร ติดมา (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักการทำงาน ได้ลงมือปฏิบัติจริงทำงานเป็นกลุ่ม มีการศึกษาข้อมูล แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและตัดสินใจสร้างชิ้นงาน ที่สอดคล้องกับหลักการทำงานในชีวิตจริง ตามวิจัยของ นิตยา ภูผาบาง (2559) การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการแสดงความคิดเห็น เมื่อมีปัญหาและข้อสงสัยในระหว่างทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ชิ้นงานออกมาจนสำเร็จ การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมากขึ้น สามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน รวมทั้งหาแนวทางในการทดสอบและประเมินผล และสามารถนำเสนอผลลัพธ์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้นักเรียนสามารถฝึกฝนและพัฒนาทักษะได้อย่างหลากหลาย เช่น ทักษะการคิด การค้นคว้า การทำงานอย่างเป็นระบบรวมทั้งสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมให้สูงขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุไร ดอกคำ และสาวิตรี เถาว์โท (2563) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้สะเต็มศึกษา เรื่อง ดินในท้องถิ่นของเรา เป็นการเสริมสร้างการคิดแก้ปัญหาให้กับนักเรียน พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้สะเต็มศึกษา ประสิทธิภาพเท่ากับ 85.36/84.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 15.06 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.82 แสดงว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของบลูม (Bloom, 1976) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการโต้ตอบระหว่างครูกับนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรม ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไลลักษณ์ โภคาพานิชย์ (2559) ที่ว่าพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง การเคลื่อนที่และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ รสสุคนธ์ อินทฤากูร สวัสดิ์วงศ์ชัย ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2562) ได้เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ เรื่อง แรง และความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับการวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับปกติ ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้น นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จึงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 15.82 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.65 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และสามารถบูรณาการองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้ผู้เรียน มีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันนั้น โดยแต่ละขั้นตอนของ

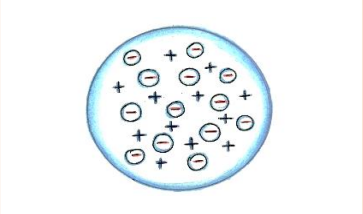
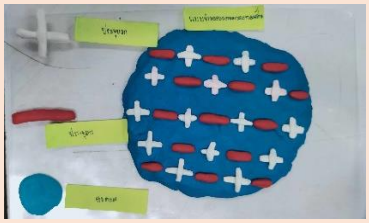
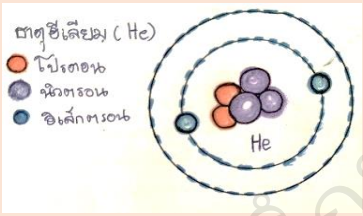
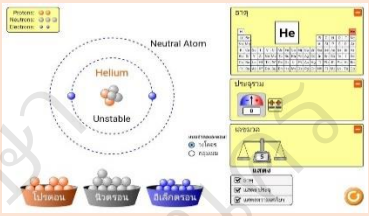
การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ คือ ขั้นระบุปัญหาทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีในการแก้ปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้รวบรวมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้อย่างมีเหตุผล ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อออกแบบชิ้นงานหรือวิธีในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ต่าง ๆ ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการสร้างชิ้นงาน โดยกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานอย่างเป็นระบบแล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ผู้เรียนจะต้องพัฒนาหรือปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ภายใต้จุดเน้นโดยการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาแก้ไขปัญหา และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นนี้เป็นการที่ผู้เรียนได้นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการหน้าชั้นเรียน ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาข้างต้น สอดคล้องกับ นัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จะเห็นว่านักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ มากที่สุด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.94 ระดับความพึงพอใจมากที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียน เรียนรู้อย่างความสุขมีความมุ่งมั่นที่จะเรียนรู้ มีความภาคภูมิใจกับชิ้นงานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ นัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด (2559) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้าง ความคิดเชิงประมวลผลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วิชาโปรแกรมและการประยุกต์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุกูลนารี พบว่านักเรียนพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มากที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐธิดา นาคเสน, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนเทศบาล ๓ (พินิจพิทยานุสรณ์) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครพนม เขต 1 เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

องค์ความรู้ใหม่

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำแต่เน้นการปฏิบัติจริง เช่น การนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในชีวิต หรือการนำความรู้ไปช่วยในการทำงาน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เปลี่ยนจากการท่องจำเนื้อหาในแต่ละศาสตร์ไปเป็นการเข้าใจความรู้เหล่านั้นให้เห็นเป็นภาพจริง รวมถึงพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การค้นคว้าข้อมูล และการวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่สำคัญสะเต็มศึกษาไม่ใช่รูปแบบการศึกษาที่ซับซ้อนเพราะสามารถเริ่มสอนได้ตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล ช่วยเพิ่มศักยภาพให้กับผู้เรียนตั้งแต่เด็ก ช่วยให้เห็นคุณค่าของทั้ง 4 ศาสตร์และทำให้ศาสตร์ที่ดูยากเหล่านี้เป็นหน่วยใกล้ตัวที่นำมาใช้ได้จริง

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ สามารถทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนจากการท่องจำเนื้อหาเป็นการลงมือปฏิบัติจริง ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพประกอบ 2 ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และยังสามารถพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การค้นคว้าข้อมูล และการวิเคราะห์ต่าง ๆ รวมไปถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แผนที่	หน่วย	กลุ่มที่	ร่างแบบ/ออกแบบ	ผลงาน/ชิ้นงาน
1	แบบจำลองอะตอม	3		
2	อนุภาคในอะตอม และไอโซโทป	2		
5	การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต	1		

ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สรุป

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 83.87/82.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรใช้สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย และมีความสอดคล้องกับกิจกรรมนั้น ๆ ให้มากที่สุด เพื่อเป็นการช่วยเสริม สนับสนุน และช่วยเพิ่มพูนความรู้ให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

1.2 การจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมที่หลากหลาย ครูควรบริหารจัดการเวลา ให้มีความยืดหยุ่นและเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้นักเรียนให้มากที่สุด

1.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดเตรียมอุปกรณ์ ให้สามารถวัดพฤติกรรมด้านอื่น ๆ ได้

1.4 ครูควรมีกิจกรรมส่งเสริม ให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ให้มากขึ้น เช่น ให้กำลังใจ ยกย่อง ชมเชย ตามสถานการณ์และโอกาส

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้อื่น และนำไปปรับใช้ขยายผล กับนักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ หรือวิชาอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีประโยชน์ และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.2 ควรพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5–6 เนื่องจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้ในการทดสอบ (O–NET) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

2.3 ครูควรเพิ่มกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะกรบะวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือสิ่งที่เด็กแสดงออกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย จากความแตกต่างระหว่างบุคคล

เอกสารอ้างอิง

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18*(4), 334–348.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

_____. (2562). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารบริหาร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 33*(2), 49–56.

ธีรพงษ์ รัศมีพิพัฒน์, หรรษกร วรรธนะสาร และอรุณรัตน์ คำแหงพล. (2565). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลกและตัวกลางของแสงโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังมโนทัศน์.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ณัฐธิดา นาคเสน, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตรโดยการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน สำหรับชั้นเรียนวิทยาศาสตรระดับประถมศึกษา, *วารสารศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยขอนแกน*, *42*(2), 31–42.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2547). *กรณีศึกษาการทำโครงงานวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นัสรินทร บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีตอผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหาและความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5.* วิทยานิพนธ ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร.

นิตยา ภูผาบาง. (2559). *การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตรขั้นบูรณาการ และเจตคติตอการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที 5 ที่ไดรับการจัดการเรียนรูสะเต็มศึกษากับปกติ.* วิทยานิพนธ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ภัสสร ติดมา, มลิวรรณ นาคขุนทด และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารราชพฤกษ์, 13*(3), 71–76.

รสสุคนธ์ อินทฤากูร สวัสดิ์วงศ์ชัย, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์. (2562). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ เรื่อง แรงและความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 11*(30), 85–94.

วัชรกมล พนิตอนงกริต, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์. (2562). การพัฒนาคู่มือการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้สะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่ส่งผลต่อความมีวินัยในตนเอง การแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 11*(30), 105–118.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2554). การพัฒนาหลักสูตรระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: *อาร์ แอนด์ เอ็น ปริ้นท์*.

วิไลลักษณ์ โภคาพานิชย์. (2559). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงการเคลื่อนที่และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด. (2559). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงประมวลผลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วิชาโปรแกรมและการประยุกต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุกูลนารี.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *เอกสารจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4–6.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.

_____. (2559). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.

สิรินทร กิ่งชา. (2561). *การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนฟิสิกส์.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์. (2549). การสอนแบบบูรณาการในระดับอุดมศึกษา. *วารสารรามคำแหง, 23*(2), 218–224.

อุปการ จีระพันธุ. (2556). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่. *สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 42*(185), 32–37.

อุไร ดอกคำ และสาวิตรี เถาว์โท. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ดินในท้องถิ่นของเรา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วิจัยและประเมินผลอุบลราชธานี, 9*(1), 82–92.

Bloom, B. S. (1976). *Human Characteristics and School Learning*. New York: McGraw Hill Book Company.