

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตาม
การประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะ
นักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่
การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35*

STEAM - BASED LEARNING MANAGEMENT FOR DEVELOPING SCIENTIFIC
COMPETENCIES OF SECONDARY STUDENTS MEASURED USING AN ASSESMENT OF
SCIENCE LITERACY IN LINE WITH THE PROGRAM FOR INTERNATIONAL STUDENT
ASSESSMENT UNDER THE SECONDARY EDUCATIONAL SERVICE AREA OFFICE
LAMPANG LAMPHUN AREA 35

สมศักดิ์ กัททอง

Somsak Gathong

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง ประเทศไทย

Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand

Corresponding author E-mail: somsak_kol@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 2) ศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลอง และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 การวิจัยในครั้งนี้จัดเป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยมีระเบียบแบบแผนงานวิจัยซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว และมีการทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 เป็นโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง 4) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ร้อยละ, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.31) คิดเป็นร้อยละ 87.87 และ 3) นักเรียนพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.47, S.D. = 0.46)

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์, การฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์, ทักษะการสร้างแบบจำลอง, โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล

Abstract

The purposes of this research study were as follows: 1) to study the effect of STEAM - based learning management on the scientific competencies of secondary students, 2) to study the modeling skills of secondary students after implementing the STEAM - based learning management, and 3) to study how satisfied the secondary students under The Secondary Educational Service Area Office Lampang Lamphun Area 35 were with the implementation of STEAM - Based learning management that they received. This study was a quasi - experimental study and has a single control group. The research had pre - test and post - test design, which tests before and after the implementation of STEAM - Based learning management to improve the scientific competencies of the secondary students. Scientific competencies were measured using an assessment of science literacy in line with the Program for international student Assessment for secondary student. The sample group in this research was 30 students in the first semester of the 2023 academic year at a selected school in Lampang Province. The secondary students were selected from the population using simple random sampling from the secondary students population at the selected school. The research instruments used were as follows: 1) a STEAM based learning management plan, 2) a scientific competencies test, 3) a modeling skill assessment questionnaire, and 4) a satisfaction assessment questionnaire. The data were analyzed by using the following statistical measures and tests: means, percentages, standard deviations, and t - tests. The research results were as follows: 1) the secondary students had higher scientific competencies after learning than before learning at the statistical significance level of $p = 0.05$, 2) the secondary students had modeling skills assessed at 87.87 percent, the highest level in the rubric ($\bar{X} = 4.39$, S.D. = 0.31) and 3) the secondary students gave a high satisfaction rating to the implementation of STEAM - based learning management ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.46).

Keywords: STEAM Education, Scientific Competencies, Science Literacy, Modeling Skills, Program for International Student Assessment

บทนำ

โลกศตวรรษที่ 21 ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในด้านการปฏิวัติดิจิทัล การเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ความต้องการกำลังคนที่มีทักษะในศตวรรษที่ 21 และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศที่ส่งผลให้ทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลาย และเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็วรวมทั้งระบบการศึกษาที่ยังมีปัญหามากมายประการ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาระบบ และปัจจัยที่ส่งเสริมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องไปพร้อม ๆ กันโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบการจัดการศึกษาในประเทศไทย ซึ่งต้องพัฒนาระบบการเรียนรู้ที่ต้องตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 โดยมีการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ใหม่ การเปลี่ยนบทบาทครูซึ่งเป็นแม่พิมพ์ในการหล่อหลอมลูกศิษย์ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหาร และจัดการศึกษารวมทั้งการพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิต ในปัจจุบันและอนาคต การเรียนรู้ในศตวรรษ 21 ต้องก้าวข้ามสาระวิชาไปสู่การเรียนรู้ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตที่ครูสอนไม่ได้ บทบาทครู มีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้นักเรียนต้องเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติเอง แล้วการเรียนรู้ก็จะเกิดขึ้นภายในใจ และสมองของ

ตนเอง (วิจารณ์ พานิช, 2555) ในการศึกษาเพื่อปวงชน (Education for All) ของการศึกษาทุกระบบนั้นมีเป้าหมายเพื่อเตรียมความพร้อมของผู้เรียนสำหรับโลกแห่งอนาคตให้สามารถคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น ในการประเมินการเรียนรู้จะมุ่งหวังให้เกิดการปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียนดังนั้นการประเมินจึงต้องอาศัยหลักการที่ว่า “ประชาชนต้องรู้อะไร ทำอะไร และให้ความสำคัญกับอะไร” ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถนำมาใช้ได้ โดยอาศัยกระบวนการได้มาซึ่งความรู้หรือที่คุ้นเคยกันคือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การมีประจักษ์พยานสนับสนุนนั้นทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจโลกเข้าใจสังคมมากขึ้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ถือเป็นความสามารถของบุคคลในการใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจในประเด็นทางสังคมและการดำเนินชีวิต โดยอาศัยความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยเชื่อมโยงกับบริบทต่าง ๆ ที่สัมพันธ์และเกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เทคโนโลยี, สังคม และสิ่งแวดล้อม (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2555) หากพูดถึงคำว่า “การฉลาดรู้ทาง วิทยาศาสตร์ หรือ การรู้วิทยาศาสตร์” อาจเป็นคำที่ไม่ใช่ทุกคนจะเคยได้ยินหรือเข้าใจแต่เป็นคำที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในวงการการศึกษาของไทยในปัจจุบัน ซึ่งเป็นคำที่มีความหมายเดียวกับคำว่า ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ความรอบรู้เชิงวิทยาศาสตร์และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ซึ่งล้วนมีความหมายเหมือนกัน นั่นคือ ความสามารถในการนำความรู้ ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มาใช้ในการทำความเข้าใจธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ผ่านการใช้ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในบริบทต่าง ๆ (ชินธุธมศร เทพจินตา, 2557) และสอดคล้องกับ นันทวัน นันทวนิช ที่กล่าวว่าในปัจจุบันองค์กรต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ จึงได้มีการจัดการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้น ซึ่งการประเมินดังกล่าวมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากผลการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ รวมถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลได้ (นันทวัน นันทวนิช, 2557) ดังนั้น จึงเกิดการมุ่งพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวการสอบโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Program for International Student Assessment หรือ PISA) โดยมีประเทศที่เข้าร่วมมากกว่า 80 ประเทศใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนอายุ 15 ปีซึ่งอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในแต่ละประเทศซึ่งเป็นวัยที่จบการศึกษาภาคบังคับ (OECD, 2021) โดยมุ่งเน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้ และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ในหลักสูตรในโรงเรียน โดยการประเมินสมรรถนะจะประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2 การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 3 การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ สำหรับประเทศไทยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วม 279 โรงเรียน จากผลการประเมิน PISA 2022 เมื่อเทียบกับผลการประเมิน PISA 2018 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยทั้ง 3 ด้านลดลง โดยคณิตศาสตร์เฉลี่ยลดลง 25 คะแนน ส่วนด้านวิทยาศาสตร์และการอ่านมีคะแนนเฉลี่ยลดลง 17 คะแนน และ 14 คะแนน ตามลำดับ ในภาพรวมผลการประเมิน PISA 2022 สะท้อนให้เห็นระบบการจัดการศึกษาที่มีคะแนนเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับ PISA 2018 ซึ่งโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยทั้งสามด้านของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD และนอกจากนี้แล้วยังสอดคล้องกับโรงเรียนแห่งหนึ่งซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ซึ่งผลการประเมิน PISA 2022 พบว่าผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ได้คะแนนเฉลี่ย 345 คะแนน ผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์ได้คะแนนเฉลี่ย 362 คะแนน และผลการประเมินด้านการอ่านได้คะแนนเฉลี่ย 375 คะแนน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการสอบ PISA 2018 พบว่าผลการประเมินทั้ง 3 ด้านลดลงเฉลี่ยโดยคณิตศาสตร์เฉลี่ยลดลง 32 คะแนน ส่วนด้านวิทยาศาสตร์ลดลง 29 คะแนน และการอ่านมีคะแนนเฉลี่ยลดลง 22 คะแนน เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอนพบว่าครูผู้สอนยังใช้รูปแบบการสอนเน้นการท่องจำ มากกว่าการให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติ และนอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนยังแยกเนื้อหาแต่ละ



รายวิชาขาดการบูรณาการการสอน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรมีมาตรการในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ในด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่านโดยพัฒนาครูให้มีสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นในการนำความรู้ไปใช้จริง ส่งเสริมสนับสนุนทรัพยากรและสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพจากการศึกษาพบว่าปัญหาการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน เป็นลักษณะที่มุ่งเน้นการท่องจำ และสอบวัดความรู้เฉพาะในตำราเพียงอย่างเดียว มิได้ฝึกฝนให้นักเรียนมุ่งคิดวิเคราะห์และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งไม่เพียงพอที่จะพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ให้พัฒนายิ่งขึ้น อีกทั้งพบว่าความผิดพลาดของการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ได้แก่ การสอนที่ไม่อาจนำเอาความฉลาด สติปัญญาของนักเรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การเรียนการสอนที่โน้มเอียงไปทางปบับังคับให้คล้อยตาม หรือเลียนแบบมากกว่าเรียนตามกรรมวิธีของการสร้างสรรค์ความรู้ การเรียนการสอนนักเรียนไม่ค่อยได้รับการฝึกฝนให้เป็นคนช่างคิด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) โดยในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องจัดให้สอดคล้องกับการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไตร่ตรอง (Fives, H. et al., 2014) เพื่อพัฒนาความเข้าใจ โมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้ลึกซึ้ง ขณะเดียวกันก็มุ่งเน้นให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นภายในสังคมอันเนื่องมาจากผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในทางกลับกันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคม

จากสภาวะโลกปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคตประเด็นปัญหาต่าง ๆ มีความซับซ้อนเกินกว่าจะแก้ปัญหาได้ด้วยศาสตร์เพียงศาสตร์เดียว ต้องอาศัยหลาย ๆ ศาสตร์ในการแก้ปัญหา (ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2566) สะเต็มศึกษา (STEAM Education) จัดเป็นนวัตกรรมการศึกษาที่บูรณาการ ห้าศาสตร์ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Art) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เนื่องจากในบางอาชีพไม่ได้ใช้ความรู้หรือทักษะเพียงศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งบุคคลหลาย ๆ อาชีพจำเป็นต้องทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการที่ซับซ้อน จำเป็นอย่างยิ่งการจัดการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานต้องเน้นการพัฒนากระบวนการคิด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เพราะสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ควรให้ความสนใจในการปลูกฝังหรือเสริมสร้างให้แก่นักเรียน เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาประเทศ ทั้งในด้านวัตถุและทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพและสมบูรณ์แบบในทุก ๆ ด้าน ด้วยเหตุนี้ครูจึงควรคำนึงถึงการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยครูต้องเปลี่ยนบทบาทจากครูผู้สอน (Teacher) มาเป็นครูฝึก (Coach) หรือครูผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน (Learning Facilitator) โดยการจัดกิจกรรมให้หลากหลายส่งเสริมการคิดขั้นสูง เน้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้คิดและลงมือปฏิบัติใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา จากสภาพปัญหาและข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น การนำเอาสมรรถนะที่มีอยู่ในบุคคลและการพัฒนาสมรรถนะในตัวบุคคลให้เต็มขีดความสามารถจึงเป็นสิ่งจำเป็น สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับ ที่ 12 ที่ได้กำหนดกลยุทธ์ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 1 พัฒนาหลักสูตรกระบวนการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล ซึ่งนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ฝึกคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดในเชิงสร้างสรรค์ และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น เชื่อมโยงวิธีการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชากับสภาพปัญหาและประสบการณ์ในชีวิตจริง (สรินทร์ แก้วเกลี้ยง, 2559) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEAM Education) จึงเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเองตามทฤษฎีของกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้อันจะนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 อีกทั้งเพื่อนำผลการวิจัย



ที่ได้มาเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน เขต 35 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. เพื่อศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน เขต 35 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน เขต 35 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi - experimental Research) โดยมีแบบแผนการวิจัย One Group Pretest – Posttest Design ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย เพื่อศึกษาผลจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน เขต 35 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระแกนกลาง 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่1 เรื่อง สมบัติของวัสดุที่ได้จากการผสมวัสดุ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่2 เรื่อง แสงสีต่าง ๆ กับการเจริญเติบโตของพืช

แผนการจัดการเรียนรู้ที่3 เรื่อง วัฏจักรในระบบนิเวศ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่4 เรื่อง การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน เขต 35 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 105 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปางซึ่งอยู่ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูน เขต 35 จังหวัดลำปางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ



1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ โดยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ รวม 13 ชั่วโมง โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมบัติของวัสดุที่ได้จากการผสมวัสดุ 3 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แสงสีต่าง ๆ กับการเจริญเติบโตของพืช 4 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรในระบบนิเวศ 4 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ และวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระแกนกลาง 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้, สาระสำคัญ, สาระการเรียนรู้, กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลเป็นไปตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมี 6 ขั้นตอน (NRC, 2012) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนทำการตรวจแก้ไขความถูกต้องความเหมาะสมของการจัดการเรียน ซึ่งมีคะแนนระดับความความคิดเห็นดังนี้ 5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง พอใช้ และ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย หากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.51 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม (เบญจมาศ พุทธิมา, 2561) ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.59 ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่

2.1 แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของวัสดุที่ได้จากการผสมวัสดุ แสงสีต่าง ๆ กับการเจริญเติบโตของพืช วงจรในระบบนิเวศ และการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลม โดยเป็นแบบสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กำหนดการให้ค่าคะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน เลือกตอบเชิงซ้อน กำหนดการให้ค่าคะแนน คือ ตอบถูกทั้ง 2 ข้อ ได้ 1 คะแนน ตอบถูก 1 ข้อ ได้ 0 คะแนน เขียนตอบ และเขียนอธิบาย กำหนดการให้ค่าคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยได้ศึกษาทฤษฎี วิธีการสร้างศึกษาเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย และสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เพื่อดำเนินการออกข้อสอบได้ครอบคลุมตามสิ่งที่ต้องการวัด แล้วสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 50 ข้อ ให้ครอบคลุมตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบเสนอแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลและบริบทประเทศไทย ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ของเครื่องมือ แล้วเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ขึ้นไป ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ 5 คน มีค่าระหว่าง 0.33 - 1.00 นำแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อตรวจสอบค่าความยากง่ายของแบบทดสอบปรนัย โดยใช้เกณฑ์ความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 ซึ่งพบว่าแบบทดสอบมีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.13 - 0.40 ซึ่งข้อที่มีค่าความยากง่ายต่ำกว่า 0.20 ตัดทิ้งตรวจสอบค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ โดยใช้เกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งพบว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.00 - 0.40 ซึ่งข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20 ตัดทิ้ง เพื่อคัดเลือกข้อสอบจำนวน 40 ข้อและทำตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) คือการตรวจสอบผลการวัดที่สม่ำเสมอและคงที่โดยผู้วิจัยเลือกแบบทดสอบแบบปรนัยที่ผ่านเกณฑ์มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีการของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน Kuder - Richardson (Kuder, R., 1993)

2.2 แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองมี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) แนวทาง วิธีการ และแก้ปัญหา 2) การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ 3) ความถูกต้องของรูปแบบ 4) การนำไปปฏิบัติ 5) ความคิดสร้างสรรค์ และ 6) ความสวยงาม โดยการประเมินรายกลุ่มขณะที่นักเรียนได้รับ การจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้าง โดยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในทักษะการสร้างแบบจำลอง วิธีการสร้างและสร้างเครื่องมือจากทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง แล้วดำเนินการสร้างแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง และมีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคแบบแยกองค์ประกอบเพื่อนำแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนพิจารณาความสอดคล้องของแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองนำไปประเมินกลุ่มเป้าหมายและเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) (Likert, R., 1967) จำนวน 10 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.3.1 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) โดยมีเกณฑ์การแบ่งช่วงคะแนนค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 มีความพึงพอใจระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 มีความพึงพอใจระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

2.3.2 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ (Index of Consistency: IC) ซึ่งมีค่าความสอดคล้อง ที่ 4.70

2.3.3 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข และปรับสำนวนการใช้ภาษากระชับ และเข้าใจง่าย จากนั้นนำไปทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาลบสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

2.3.4 นำผลที่ได้จากการแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจ โดยใช้สูตรในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) (Cronbach, L. J., 1990)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปางจำนวน 30 คน ระยะเวลาจำนวน 13 ชั่วโมง ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre - test) โดยให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เพื่อทดสอบความรู้พื้นฐานเดิมของผู้เรียน

2. ผู้สอนดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งใช้เวลารวม 13 ชั่วโมง

3. ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post - test) วัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน



4. หาความสัมพันธ์ระหว่างผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากแบบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 5.

5. ประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง แบบสอบถามความพึงพอใจหลังการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละของแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการทดสอบค่าที (t - test for dependent samples)

3. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนหลังการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 มีผลการวิจัยดังนี้

1. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นก่อน และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา			คะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ หลัง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา			t
	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	
30	18.72	3.03	46.00	30.55	2.66	78.20	18.54**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่าคะแนนสมรรถนะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 18.72 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 30.55 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน จะเห็นได้ว่าคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 32.20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

2. การเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	คะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็ม ศึกษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)			คะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ หลัง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็ม ศึกษา (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)		
	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
1.การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	4.46	0.64	44.60	7.43	0.81	74.30
2. การประเมิน และออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	4.52	0.61	45.20	7.48	0.75	74.80
3. การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	4.95	0.60	49.50	8.05	0.55	80.50

จากตารางที่ 2 พบว่าคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้านที่ 1 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 4.46 คะแนน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 7.43 คะแนน ด้านที่ 2 การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 4.52 คะแนน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 7.48 คะแนน ด้านที่ 3 การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ คะแนนก่อนเรียน 4.95 คะแนน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 8.05 คะแนน

3. ทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลแบบประเมินแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง	คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	แปลผล
1. วางแผนการออกแบบแบบจำลอง	4.70	0.21	94.00	มากที่สุด
2. ลักษณะของแบบจำลองสัมพันธ์กับข้อมูล	4.28	0.47	85.50	มากที่สุด
3. การเลือกใช้วัสดุในการสร้างแบบจำลอง	4.58	0.37	91.67	มากที่สุด
4. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	4.08	0.49	81.67	มากที่สุด
5. ความสามารถในการแก้ปัญหา	4.32	0.39	86.50	มากที่สุด
รวม	4.39	0.31	87.87	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตามเกณฑ์ร้อยละ 80 พบว่านักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.39$, S.D. = 0.31) คิดเป็นร้อยละ 87.87 ซึ่งนักเรียนมีทักษะในการสร้างแบบจำลองในขั้นที่ 1 วางแผนการออกแบบแบบจำลองมากที่สุดร้อยละ 94.00

4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแสดงดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 ผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลความ
1. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.29	0.83	มาก
2. ด้านบรรยากาศการเรียนรู้	4.53	0.75	มากที่สุด
3. ด้านสื่อการเรียนรู้	4.75	0.64	มากที่สุด
4. ด้านประโยชน์ที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้	4.33	0.86	มาก
รวมทั้งหมด	4.47	0.46	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.46) มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งด้านสื่อการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด 4.75 แปลผลออกมาอยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผล

จากการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า มีผลคะแนนจากการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยบูรณาการ 5 สารวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันผ่านกระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ดังงานวิจัย Kim ที่พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาสูงขึ้นเนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหา โดยมีแนวทางการแก้ปัญหาที่สะท้อนถึงความรู้ ความคิดของผู้เรียน (Kim, 2018) และสอดคล้องกับน้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมตามแนวทาง สะเต็มศึกษา มีการกำหนดสถานการณ์ โดยโจทย์ปัญหา และเงื่อนไขให้กับนักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นไปตามกำหนด ทำให้นักเรียนเกิดความท้าทายในการทำกิจกรรม มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ทำให้เกิดความร่วมมือกันทำงาน รวมถึงมีการอธิบายขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และจากการสร้างชิ้นงาน พบว่า นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ สาขาวิชาใช้ในการทำกิจกรรม และนำเสนอผลงานมีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจในการเลือกวัสดุที่จะนำมาสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเอง (น้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ, 2562) สอดคล้องกับงานวิจัยของพรสวรรค์ สองแคว และอังคณา อ่อนธานี ได้ศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง วัฏจักรหิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าคะแนนการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากหน่วยการเรียนรู้ ได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละขั้นได้สนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และเมื่อศึกษาผลคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่าด้านที่ 3 การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 8.05 คะแนน (พรสวรรค์ สองแคว และอังคณา อ่อนธานี, 2560) ซึ่งจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนสามารถแปลความหมายข้อมูลต่าง ๆ ได้ และสามารถใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาเป็นประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ถูกต้องและมีความ

น่าเชื่อถือต้องมีการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักฐานที่อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้อย่างกระบวนกร มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลายสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) การอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญยิ่ง เพราะว่า วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันความถูกต้องและได้รับการยอมรับจากองค์กรวิทยาศาสตร์ (Lederman, N.G., 2007)

2. ผลการศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองพบว่านักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87.87 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมนักเรียนมีคะแนนแบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองสูงมากที่สุด อันเนื่องมาจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงได้สร้างกังหันลมจากวัสดุในชีวิตประจำวัน ซึ่งการสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมบูรณาการเข้ากับความรู้ใหม่ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนทำการศึกษาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดให้ทักษะการสร้างแบบจำลอง เป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้นำเสนอความคิด และสามารถสื่อความหมายออกมาในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ และนำมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาในเรื่องอื่น ๆ ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) ยังสอดคล้องกับวัลลภ ปริญทอง และประสาธน์ เนื่องเฉลิม ที่กล่าวว่าการจัดกิจกรรมที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตาม มีการจัดการเรียนการสอนที่ต่อเนื่อง นักเรียนเกิดความเข้าใจจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา (Problem - Solving) การลงข้อสรุป (Inferencing) หรือการให้เหตุผล (Reasoning) กล่าวคือ แบบจำลองดังกล่าวสามารถเข้าใจ อธิบาย และทำนายได้หรือจากการที่นักเรียนได้สร้างข้อสรุป รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งกระบวนการคิดเกี่ยวกับการเป็นตัวแทนที่ใช้ในการให้เหตุผลกับสิ่งต่าง ๆ และมีอิทธิพลต่อการรับรู้ปรากฏการณ์และความเข้าใจในสารสนเทศ (วัลลภ ปริญทอง และประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2563) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของภัทราวดี เอี่ยมพงษ์ และพนิตดา ชัยโชติที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 วิทยาลัยนาฏศิลป์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เรื่อง แสง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน (ภัทราวดี เอี่ยมพงษ์ และพนิตดา ชัยโชติ, 2564) โดยภัทราวดี เอี่ยมพงษ์ และพนิตดา ชัยโชติ ยังกล่าวอีกว่าการใช้แบบจำลองจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น และส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จนเกิดการพัฒนาให้กลายเป็นทักษะการสร้างแบบจำลอง (ภัทราวดี เอี่ยมพงษ์ และพนิตดา ชัยโชติ, 2564)

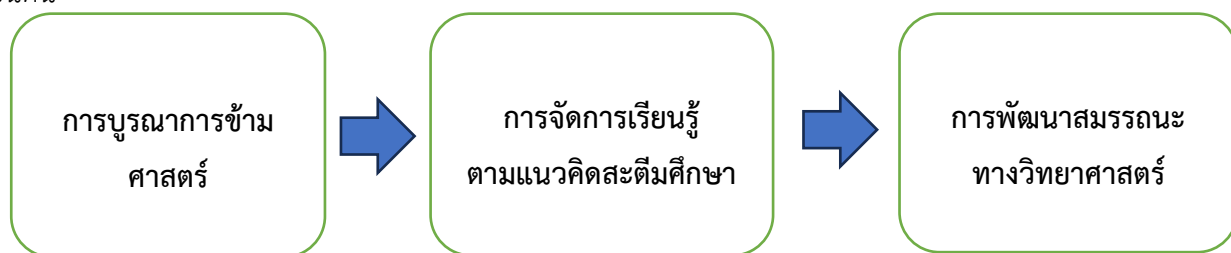
3. ผลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.46) เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาสวางแผนและออกแบบกิจกรรมด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็น นักเรียนได้เรียนรู้ในการนำความรู้วิทยาศาสตร์และทักษะทางวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ เช่นการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน การเรียนรู้โดยใช้ประสบการณ์เป็นฐาน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นต้น รวมถึงการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบบูรณาการข้าม



กลุ่มสาระอีกด้วย (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2562) สอดคล้องกับแนวคิดของศศิประภา อีฐานุประธานะ และคณะ ได้กล่าวว่าการจัดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง เรียนรู้ผ่านการได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามกระบวนการ 6 ขั้นตอน ทำให้ได้ฝึกการคิดแบบเป็นขั้นตอน ได้การแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ได้ทดลองทำด้วยตนเองทำให้มีความท้าทาย และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ศศิประภา อีฐานุประธานะ และคณะ, 2565) และสอดคล้องกับงานวิจัยของภิญโญ วงษ์ทอง ที่ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด โดยการจัดกิจกรรมที่มีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนเห็นคุณค่าของสิ่งที่เรียนรู้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิด สามารถแก้ปัญหา และเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง (ภิญโญ วงษ์ทอง, 2562) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และสิรินภา กิจเกื้อกูล ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่องสารอาหาร ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าเจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (ธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2564)

องค์ความรู้ใหม่

งานวิจัยการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาลำปาง ลำพูนเขต 35 พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เกิดจากการบูรณาการศาสตร์ 5 ศาสตร์ อาทิเช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น



ภาพที่ 1 องค์ความรู้ใหม่จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามการประเมินการฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 87.87 3) นักเรียนพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับมาก ($\bar{x} = 4.32$, S.D. = 0.46) ทั้งนี้ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปผู้สนใจวิจัยควรมีการศึกษาวิจัยพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์โดยออกแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อเป็นแนวทางนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาครูและนักเรียนในระดับชั้น

ประถมศึกษา และมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล และนอกจากนี้ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมหรือต่อยอดเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยบูรณาการร่วมกับสาระอื่น ๆ เช่น ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และการทำงานอาชีพ และควรมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติหรือการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีอื่น ๆ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2555). การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่องการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง มโนทัศน์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพและปริมณฑล. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 13(2), 121-133.
- ชนิษฐ์ศรดา เทพจินดา. (2557). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ข่าวเป็นสื่อเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เรื่องโมเมนตัม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ใน วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ธัญญเรศ ก้อนจันทร์เทศ และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะ ความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่องสารอาหารของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. Journal of Roi Kaensarn Academi, 8(10), 50-69.
- นันทวัน นันทวนิช. (2557). การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, 42 (186) , 40-43.
- น้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ. (2562). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็นตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(4), 116-182.
- เบญจมาศ พุทธิมา. (2561). เอกสารประกอบการสอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้. ลำปาง: มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2566). การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพมหานคร: สุนทรฟิล์ม.
- พรสวัสดิ์ สองแคว และอังคณา อ่อนธานี. (2560). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รู้รักหิน ถิ่น แม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(3), 210-224.
- ภัทราวดี เอี่ยมพงษ์ และหนิตตา ชัยโชติ. (2564). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องแสง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 วิทยาลัยนาฏศิลป์. วารสารวิชาการครุศาสตร์สวนสุนันทา, 5(1), 1-11.
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2562). ผลของการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารหน่วยวิจัย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10(1), 81-89.

- วัลลภ ปริญทอง และประสาธ เนืองเฉลิม. (2563). การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรดและเบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 17(3), 89-100.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- ศศิประภา อธิฐานประธานะ และคณะ. (2565). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 5(2), 415-429.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). 36 ปี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). หลักสูตรเพิ่มศักยภาพครูให้มีสมรรถนะของครูยุคใหม่สำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สรินทร แก้วเกลี้ยง. (2559). การศึกษาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 7 ขั้น. เรียกใช้เมื่อ 2 ธันวาคม 2566 จาก www.edu.ru.ac.th/images/edu_pdf/sari_ntom_26012559.pdf
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). นโยบายคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: อุษากการพิมพ์.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). แนวทางการพัฒนาสมรรถนะนักเรียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (พิมพ์ครั้งที่ 1) . กรุงเทพมหานคร: บริษัท21เซ็นจูรี จำกัด.
- Cronbach, L. J. (1990). Essentials of psychological testing (5th ed.) . New York: Harper Collins Publishers.
- Fives, H. et al. (2014). Developing a Measure of Scientific Literacy for Middle School Students. Science Education, 98 (4) , 549-580.
- Kim. (2018). Development and Application of Art Based STEAM Education Program Using Educational Robot. International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL) , 10(3), 46-57.
- Kuder, R. 1993). Kuder – Richardson Method. Retrieved March 15, 2024, from <http://www.wijai48.com/eriability/richardson.htm>
- Lederman, N.G. (2007) . Nature of science: Past, present, and future. In Handbook of research in science education (pp. 831-879) . Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers.
- Likert, R. (1967) . The Method of Constructing and Attitude Scale. In Reading in Fishbein, M (Ed.) , Attitude Theory and Measurement (pp. 90-95) . New York: Wiley & Son.
- OECD. (2021) . Effective and Equitable Educational Recovery : 10 Principles. Paris: OECD Publishing. Retrieved March 15, 2024, from <https://www.oecd.org/education/ten-principles-effective-equitable-covid-recovery.htm>