รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1

The Development of Instructional Model Based on Steam Education Enhancing Creative and Innovative Skills for the Fourth Graders of Rachanuban School, Nan Primary Educational Service Area Office 1

ชมภูนุช โนเขื่อน
โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1
Chompoonuch Nokheun
Rachanuban School, Nan Primary Educational Service Area Office 1
E-mail: Rung8289@gmail.com

****

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ 1) ศึกษาองค์ความรู้จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สนทนากลุ่มครู 8 คน สัมภาษณผู้ทรงคุณวุฒิ 5 คน 2) สร้างและตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบจากผู้เชี่ยวชาญ 7 คน 3) ศึกษาผลการใช้รูปแบบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยใช้วิธีการสุ่มห้องเรียนอย่างง่าย และ 4) ประเมินรูปแบบโดยสังเกตการสอนในชั้นเรียนและสะท้อนผลของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบและคู่มือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบประเมิน แบบสังเกตชั้นเรียน และแบบบันทึกทบทวนหลังการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที วิเคราะห์และสรุปข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้มีลักษณะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ทำงานเป็นทีม บูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์ในการสร้างสรรค์ผลงาน 2) รูปแบบมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นค้นหาและระดมสมอง ขั้นออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน ขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นนำเสนอผลงาน และขั้นประเมินสะท้อนผล การวัดและประเมินผล 3) ผลการใช้รูปแบบ พบว่า นักเรียนมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการประเมินตนเองและผลการประเมิน

* วันที่รับบทความ: 15 กรกฎาคม 2567; วันแก้ไขบทความ 24 กรกฎาคม 2567; วันตอบรับบทความ: 26 กรกฎาคม 2567
Received: July 15, 2024; Revised: Jult 24, 2024; Accepted: July 26, 2024

ชิ้นงานหรือผลงานนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม และ 4) รูปแบบทำให้นักเรียนสร้างผลงานสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้; สะตีมศึกษา; ความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม

Abstract

The purpose of this research was to develop instructional model based on STEAM education enhancing creative and innovative skills for the fourth graders of Rachanuban School. The data colleted as follows: 1) literature review, doing focus group discussion with 8 teachers and interviews with 5 experts. 2) to develop and to determine the efficiency of the instruction model by 7 experts. 3) to implement the instruction model with the sample, 40 students of the fouth graders in semester 2, the academic year 2023. And 4) to evaluate the model by classroom visiting of school supervision committee and students' reflection. The research tools consist of instructional model and manual, lesson plans, test on creative and innovative skills, evaluation form, classroom observation form, and after action review (AAR) form. Data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, t-test for dependent and content analysis.

The results summarized showed; 1) the learning management focuses on learing by doing, work as a team, and integrate knowledge through the use 5 subject knowledge in creation of work pieces. 2) The instruction model based on STEAM model comprised the principle, objective, learning procedure 6 steps as follows; step 1 identifying the problem, step 2 searching and brainstorming, step 3 designing and creating the work, step 4 applying the work, step 5 presenting the work, step 6 evaluating and reflecting, and measurement and evaluation. 3) The experimental results of using the model indicated the students' creative and innovative skills after the intervention was significantly higher than before at .05 and also exceed the 75% criteria with statistical significance at .05. Furthermore, the results of self-assessment of creative and innovative skills and the assessment of students' projects were generally at an excellent level. 4) The approach of the model enables students to successfully achieve their goals and apply the knowledge to their daily lives.

Keywords: Instructional model; STEAM Education; Creative and innovative skills

บทนำ

สภาพสังคมและบริบทของโลกในศตวรรษที่ 21 ที่เข้าสู่ระบบเศรษฐกิจและสังคมแบบดิจิทัล ทำให้ประเทศไทยต้องการสร้างพลเมืองที่มีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หรือเป็นผู้ที่สามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐานในการดำรงชีวิต และสามารถประกอบอาชีพได้อย่างเป็นสุข (OECD, 2019) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยตามเจตนารมณ์ของแผนการศึกษาแห่งชาติ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้กระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ ดังนั้นกลุ่มสาระเรียนรู้

วิทยาศาสตร์จึงมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560 : 3-4)

จากสภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของไทยดังที่ปรากฏจากผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาโดย International Institute for Management Development (IMD) ในปี พ.ศ. 2565 พบว่า ผลการทดสอบ PISA ประจำปี 2565 โดยใช้ผลการประเมินของโครงการ PISA 2018 ทั้งอันดับและคะแนนด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่านของประเทศได้อันดับ 50 (ร้อยละ 31.2) เมื่อพิจารณาผลการประเมิน PISA 2018 ด้านวิทยาศาสตร์ พบว่า ประเทศไทยมีคะแนน 426 คะแนน ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบปี 2015 แต่มีคะแนนต่ำกว่าการสอบตั้งแต่ปี 2000 และต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย OECD (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2566: 79-84) ปัญหาเหล่านี้เกิดจากข้อจำกัดเรื่องหลักสูตรและระบบการเรียนการสอนที่เน้นการสอนเนื้อหาสาระความจำมากกว่าการพัฒนาทักษะและสมรรถนะ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560: 69)

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยปีการศึกษา 2564 เท่ากับร้อยละ 80.73 และปีการศึกษา 2565 เท่ากับร้อยละ 83.10 เมื่อพิจารณาผลการประเมินความสามารถในการสร้างนวัตกรรม พบว่า ปีการศึกษา 2565 ผู้เรียนร้อยละ 88.96 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี พบว่า ผู้เรียนร้อยละ 85.66 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป และจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน การสอบถามและสนทนากลุ่มครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสภาพปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมามุ่งให้ความรู้กับผู้เรียนตามเนื้อหาที่กำหนดและทันเวลาในแต่ละชั่วโมง ขาดการเชื่อมโยงให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ในการออกแบบสร้างสรรค์นวัตกรรมจนเป็นชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ได้จริงได้ และการนำศิลปะมาเชื่อมโยงความรู้และความสามารถในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจน จึงทำให้นักเรียนไม่ได้รับการฝึกปฏิบัติในออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวของผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีจุดที่ควรพัฒนา คือ การทำกิจกรรมกลุ่ม การสร้างองค์ความรู้ และจัดระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้ความร่วมมือมากกว่าการแข่งขัน สร้างความรับผิดชอบ และมีวินัยในการทำงาน ดังนั้นแนวทางแก้ปัญหา คือ นักเรียนควรได้รับการฝึกและพัฒนาทักษะสังคมด้วยกิจกรรมที่เน้นทักษะและกระบวนการคิดที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สามารถใช้ความรู้ จินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ ความร่วมมือในการสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ โดยนำศิลปะเป็นตัวเชื่อมโยงความรู้และสร้างชิ้นงานที่ก่อให้เกิด

ประโยชน์และสามารถใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับชีวิตประจำวันอาจเป็นเรื่องใกล้ตัวของผู้เรียน เรื่องราวในสังคมรอบตัว หรือสิ่งที่ผู้เรียนสนใจอยากลงมือปฏิบัติและเหมาะสมกับวัย และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และปฏิบัติ โดยครูอำนวยความสะดวก จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ชี้แนะ ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจนสำเร็จ และได้ชิ้นงานของตนเอง (โรงเรียนราชานุบาล, 2565: 22-25)

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักของกระบวนการวิทยาศาสตร์ (Science methods) ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical data) ผลผลิตทางความคิดสร้างสรรค์ในทางวิทยาศาสตร์เน้นที่ความคิดริเริ่ม (Originality) และการพัฒนาองค์ความรู้ สร้างความแตกต่าง และมีศิลปะควบคู่กันไปด้วยเป้าหมายสำคัญของการคิดสร้างสรรค์ในทางวิทยาศาสตร์มี 3 เป้าหมาย คือ เพื่อสร้างรากฐานที่มั่นคงในการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่ออธิบาย ทำนาย และควบคุมปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อปรับเปลี่ยนเจตคติและทัศนะต่อโลกรอบตัวของมนุษยชาติ ทำให้มองโลกตามความจริงในด้านบวก รักสันติ และมีคุณภาพชีวิตที่ดีทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ (Mishra, 2012: 13-16; Mahdia Sukamanb & Yakc, 2015: 256-260; ประจักษ์ ปฏิทัศน์, 2562: 186) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดรับกับการพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) ซึ่งเป็นแนวคิดที่พัฒนาโดย Yakman (2008: 1-29) มีรากฐานมาจากเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้คิดหลากหลายเพื่อเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง รู้จักการทำงานแบบร่วมมือกัน ดังนั้นการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา จึงเกี่ยวข้องกับการออกแบบสิ่งต่างๆ เช่น การวาดภาพ การคิด การประดิษฐ์ การสร้างชิ้นงาน การจะบรรลุเป้าหมายการสอนแบบสะตีมศึกษาได้นั้นต้องประกอบด้วย 1) การนำเสนอบริบท (Context presentation) เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจกับสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาและหาวิธีการแก้ไข 2) การออกแบบอย่างสร้างสรรค์ (Creative design) เป็นการสร้างกระบวนการคิดและพัฒนาด้วยวิธีการต่างๆ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ผ่านการวางแผนการออกแบบ และ 3) การรับรู้ทางอารมณ์ (Emotion touch) เป็นการนำเสนอผลงานและมีความสุขเมื่อผลงานสำเร็จ (Yakman, 2008: 1-2; บุญยนุช สิทธาจารย์, 2560: 39-40) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น งานวิจัยของ Hawari & Noor (2020: 102-111) พบว่า การที่ครูจัดบทเรียนศิลปะและให้การชี้แนะที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียนผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกันของนักเรียน ทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียน สามารถพัฒนาทักษะการสื่อสารและทักษะทางสังคมและทักษะการเป็นผู้นำและความคิดสร้างสรรค์ได้ และ Chang et al. (2023: 673-681) ค้นพบว่า การจัดการ

เรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานสามารถเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาโดยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยการตั้งคำถาม การสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทำให้นักเรียนมีการทำงานเป็นทีม มีความรับผิดชอบ มีปฏิสัมพันธ์เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงออกแบบเพิ่มสูงขึ้น

จากสภาพและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำแนวคิดสะตีมศึกษามาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ หน่วยการเรียนรู้ วัสดุและสสาร โดยมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีมหรือการทำงานร่วมกัน การสร้างสรรค์นวัตกรรม การสะท้อนผลและประยุกต์ใช้นวัตกรรมในชีวิตประจำวัน โดยการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 โดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบ และมุ่งหวังว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมและสามารถเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสูงขึ้นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ความรู้สำหรับพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
3. เพื่อทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
4. เพื่อประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาลสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาองค์ความรู้สำหรับพัฒนารูปแบบ โดยศึกษาจาก1) แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิดการพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม แนวคิดสะตีมศึกษา หลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวิเคราะห์เอกสาร 2) การสนทนากลุ่มครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 8 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ประเด็นสนทนากลุ่ม มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 3) การสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ประกอบด้วย อาจารย์ที่มีความรู้และประสบการณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน และศึกษานิเทศก์ จำนวน 2 คน ได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 และ 4) สรุปองค์ความรู้ในการพัฒนารูปแบบ ตามประเด็นองค์ประกอบของรูปแบบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพรูปแบบ โดย 1) ยกร่างรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบ 2) ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ปฏิบัติการสอนในระดับอุดมศึกษา จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คน ได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมิน ซึ่งมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 3) ทดรองนำร่องการใช้รูปแบบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนราชานุบาลภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาโดยการใช้ห้องเป็นหน่วยการสุ่ม และไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.584 และ 4) ปรับปรุงรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบก่อนนำไปทดลองใช้จริง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เนื้อหาและสรุปข้อมูล

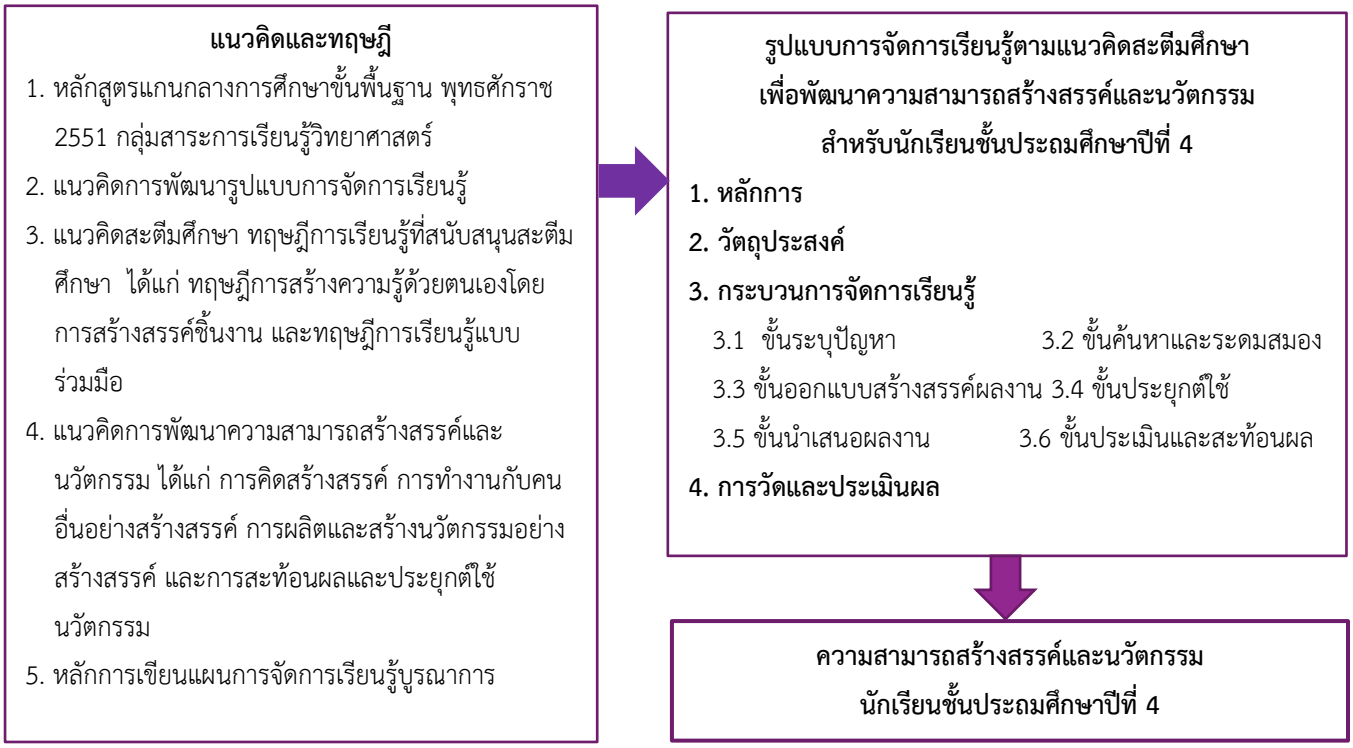
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นไป ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน ได้มาโดยใช้วิธีการสุ่มห้องเรียนอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยใช้ห้องเป็นหน่วยการสุ่ม (Unit of Analysis) เนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง วัสดุและสสาร จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลา 20 ชั่วโมง ดำเนินการวิจัยเชิงทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design)

โดยทำการทดสอบวัดความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียน จากนั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ ซึ่งมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นค้นหาและระดมสมอง ขั้นออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน ขั้นประยุกต์ใช้ ขั้นนำเสนอผลงาน และขั้นประเมินสะท้อนผล ในระหว่างเรียนทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยครูประเมินนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนประเมินตนเอง และครูประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.78 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40-0.68 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99 แบบประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยครูประเมินนักเรียน มีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.93 แบบประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยนักเรียนประเมินตนเองมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 และแบบประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ เท่ากับ 0.71 ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบรูบริค (Scoring rubrics) 4 ระดับ คือ ดีเยี่ยม ดี พอใช้ และควรปรับปรุง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test for dependent)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินรูปแบบ กลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ คณะกรรมการนิเทศภายในสถานศึกษาประจำปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนราชานุบาล จำนวน 4 คน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นผู้เรียนที่ได้เรียนตามรูปแบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกการสังเกตชั้นเรียน และแบบบันทึกการทบทวนหลังการจัดการเรียนรู้ (After Action Review: AAR) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาวิเคราะห์เนื้อหาและสรุปข้อมูล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดการพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม แนวคิดการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิดสะตีมศึกษา หลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผลการวิจัย

จากการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. องค์ความรู้สำหรับพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 มาจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งรูปแบบควรมีองค์ประกอบสำคัญ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และในการจัดการเรียนรู้ควรมีลักษณะที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ

การทำงานเป็นทีม บูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์ในการสร้างสรรค์ผลงาน และใช้สื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผ่านการระบุปัญหา ค้นหาและระดมสมอง ออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน ประยุกต์ใช้ นำเสนอผลงาน ประเมินและสะท้อนผลร่วมกัน กิจกรรมการเรียนรู้ควรสอดคล้องกับชีวิตประจำวันอาจเป็นเรื่องใกล้ตัวของผู้เรียน เรื่องราวในสังคมรอบตัว หรือสิ่งที่ผู้เรียนสนใจอยากลงมือปฏิบัติ และเหมาะสมกับวัย มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานกับคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ การสะท้อนผลและประยุกต์ใช้นวัตกรรม ครูควรอำนวยความสะดวก จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ชี้แนะ ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจนสำเร็จ และได้ชิ้นงานของตนเอง

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นค้นหาและระดมสมอง 3) ขั้นออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน 4) ขั้นประยุกต์ใช้ 5) ขั้นนำเสนอผลงาน และ 6) ขั้นประเมินสะท้อนผล ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบ คู่มือการใช้รูปแบบ และแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบ มีค่าเท่ากับ 0.584 ซึ่งแสดงว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพิ่มขึ้น 0.584 หรือคิดเป็นร้อยละ 58.40

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1

หลักการ

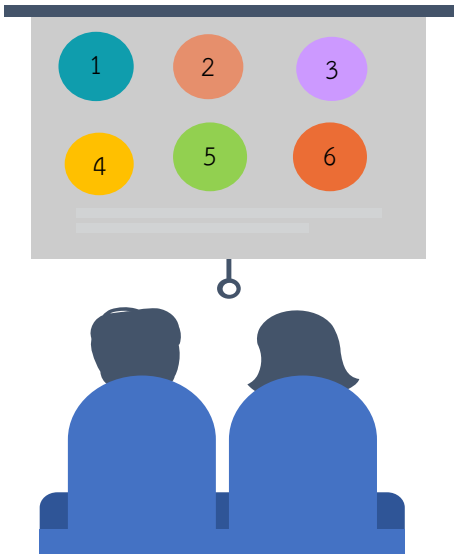
- เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนบูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ และเนื้อหาความรู้ที่ศึกษา มาประยุกต์ใช้และสร้างสรรค์ผลงานศิลปะ
- เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สร้างสรรค์ผลงาน และใช้สื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผ่านการระบุปัญหา ค้นหาและระดมสมอง ออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน ประยุกต์ใช้ นำเสนอผลงาน ประเมินและสะท้อนผลร่วมกันเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

- การคิดสร้างสรรค์
- การทำงานกับคนอื่นอย่างสร้างสรรค์
- การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์
- การสะท้อนผลและประยุกต์ใช้นวัตกรรม

กระบวนการจัดการเรียนรู้



1 ขั้นระบุปัญหา
2 ขั้นค้นหาและระดมสมอง
3 ขั้นออกแบบและสร้างสรรค์ผลงาน
4 ขั้นประยุกต์ใช้
5 ขั้นนำเสนอผลงาน
6 ขั้นประเมินสะท้อนผล

การวัดและประเมินผล

การประเมินตามสภาพจริงจากการปฏิบัติกิจกรรมครอบคลุมทั้งการวัดผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดย

- การวัดความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมนักเรียน
- การประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยครูประเมินนักเรียน
- การประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยนักเรียนประเมินตนเอง
- การประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียน

ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาลสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 สรุปผลได้ดังนี้

3.1 การวัดความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1

การทดลอง	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p
ก่อนเรียน	40	20	11.43	1.78	21.074*	39	.000
หลังเรียน	40	20	17.35	1.48			

หมายเหตุ : * หมายถึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 มีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมก่อนเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.43 และหลังเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.35 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 การประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยครูประเมินนักเรียน

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 75

ความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
1. การคิดสร้างสรรค์	4	3	3.82	0.83	15.654*	.000
2. การทำงานกับคนอื่นอย่างสร้างสรรค์	4	3	3.62	0.12	7.9015*	.000
3. การสะท้อนผลและประยุกต์ใช้นวัตกรรม	4	3	3.54	0.13	6.6800*	.000
4. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	4	3	3.71	0.16	8.2735*	.000
โดยรวม	16	12	14.68	0.41	10.426*	.000

หมายเหตุ : * หมายถึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนตามตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 มีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยนักเรียนประเมินตนเอง

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยนักเรียนประเมินตนเอง

n = 40

ความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม	ผลการประเมิน/ระดับคุณภาพ							
	ดีเยี่ยม (คน)	ร้อยละ	ดี (คน)	ร้อยละ	พอใช้ (คน)	ร้อยละ	ปรับปรุง (คน)	ร้อยละ
1. การคิดสร้างสรรค์	37	92.50	3	7.50	-	-	-	-
2. การทำงานกับคนอื่นอย่างสร้างสรรค์	36	90.00	4	10.00	-	-	-	-
3. การสะท้อนผลและประยุกต์ใช้นวัตกรรม	40	100.00	-	-	-	-	-	-
4. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	38	95.00	2	5.00	-	-	-	-
ความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยรวม	40	100.0	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 3 พบว่า จากการประเมินตนเองของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยรวมทั้งหมด อยู่ในระดับดีเยี่ยม (คิดเป็นร้อยละ 100)

4. การประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ผลการประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 แต่ละกลุ่ม มีดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

n = 40

ชิ้นงานหรือผลงานนักเรียน	ผลการประเมินชิ้นงานหรือผลงานนักเรียน			คะแนนรวม (12 คะแนน)	ระดับคุณภาพ
	ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน (4 คะแนน)	การนำเสนอรายละเอียดของชิ้นงาน (4 คะแนน)	ความสำคัญและประโยชน์ของชิ้นงาน (4 คะแนน)		
ชิ้นงานที่ 1 ชื่อ รถสายด่วน “ช่วยชีวิต” จำลอง	4	4	4	12	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 2 ชื่อ เรือเก็บขยะจำลอง	4	3	4	11	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 3 ชื่อ เฮลิคอปเตอร์ส่งอาหาร	4	4	4	12	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 4 ชื่อ ซินจังยางยืด	4	3	3	10	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 5 ชื่อ หุ่นยนต์มนุษย์	4	3	4	11	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 6 ชื่อ ถุงผ้ากันน้ำรักษ์โลก	4	4	4	12	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 7 ชื่อ กังหันลมแสนสวย	4	4	3	11	ดีเยี่ยม
ชิ้นงานที่ 8 ชื่อ บ้านแม่มดเดินได้	4	4	3	11	ดีเยี่ยม
คะแนนเฉลี่ย	4	3.63	3.63	11.25	ดีเยี่ยม

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 สร้างสรรค์ชิ้นงาน จำนวน 8 ชิ้นงาน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10-12 คะแนน ซึ่งโดยมีคุณภาพอยู่ในระดับดีเยี่ยม (คะแนนเฉลี่ย 11.25)

4. ผลการประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 มีดังนี้

4.1 ผลการสังเกตการสอนในชั้นเรียนของคณะกรรมการนิเทศภายในสถานศึกษา พบว่า ด้านสาระการเรียนรู้ มีการบูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุและสสาร เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมจนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ครูเตรียมการสอนมาอย่างดี จัดการเรียนการสอนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอนอย่างต่อเนื่องสัมพันธ์กันตามที่ได้เขียนไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ มีส่วนร่วมในการการลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างสนุกสนาน พยายามแสวงหาความรู้

แบ่งปันความรู้และประสบการณ์ที่หลากหลาย ช่วยกันแก้ปัญหา และเสนอแนะความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ร่วมกันประดิษฐ์ผลงานออกมาจนประสบความสำเร็จ ด้านสื่อการเรียนรู้ มีการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ด้านการประเมินผลการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรม และจุดประสงค์การเรียนรู้ ในแต่ละชั่วโมงที่จัดการเรียนการสอน ครูควรมีการประเมินผลการเรียนรู้ทุกครั้งโดยให้นักเรียนสะท้อนคิดและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

4.2 ผลการบันทึกการทบทวนหลังการจัดการเรียนรู้ (After Action Review: AAR) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนทุกคนสะท้อนว่า “ชิ้นงานผลงานสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้” ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัสดุ การออกแบบรถพยาบาลจำลอง ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ รู้สึกมีจินตนาการเพิ่มมากขึ้น ได้ทำงานเป็นทีม ได้แสดงความคิดเห็น รู้สึกตื่นเต้น มีความสุขในการเรียนได้เรียนรู้เรื่องใหม่ๆ มากมาย สามารถนำความรู้ไปประดิษฐ์ชิ้นงานไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากการสรุปผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. องค์ความรู้สำหรับพัฒนารูปแบบ มาจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวครอบคลุมถึงสภาพการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมามุ่งให้ความรู้กับผู้เรียนตามเนื้อหาที่กำหนด นักเรียนออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน การนำศิลปะมาเชื่อมโยงความรู้และความสามารถในกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เป็นรูปธรรมที่ชัดเจน ความสอดคล้องกับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวของผู้เรียนยังมีน้อย ขาดการเชื่อมโยงให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ในการออกแบบสร้างสรรค์นวัตกรรมจนเป็นชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ได้จริงได้ โดยแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 คือ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยนำศิลปะเป็นตัวเชื่อมโยงความรู้และสร้างชิ้นงานที่ก่อให้เกิดประโยชน์และสามารถใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน เน้นการปฏิบัติจริง การทำงานเป็นทีม บูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์ในการสร้างสร้างชิ้นงานจากแรงบันดาลใจ สอดคล้องกับชีวิตประจำวันอาจเป็นเรื่องใกล้ตัวของผู้เรียน เรื่องราวในสังคมรอบตัว หรือสิ่งที่ผู้เรียนสนใจอยากลงมือปฏิบัติ และเหมาะสมกับวัย ได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และปฏิบัติ โดยมีครูอำนวยความสะดวก จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ชี้แนะ ให้คำปรึกษาช่วยเหลือให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจนสำเร็จ และได้ชิ้นงานของตนเอง ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ความรู้ทำให้ได้องค์ประกอบของรูปแบบ คือ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล จึงนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการวางแผนเพื่อยกร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เพื่อแก้ไขปัญหาที่

เกิดขึ้นต่อไป สอดคล้องกับแนวคิดของ Arends (1997: 7) และ Joyce, Weil & Calhoun (2004) ที่สรุปสาระสำคัญขององค์ประกอบของรูปแบบการสอน ประกอบด้วย หลักการของรูปแบบ จุดประสงค์ของรูปแบบ กิจกรรมและขั้นตอนการดำเนินงาน การวัดและประเมินผล และเป็นไปตามแนวคิดการพัฒนารูปแบบของรัตนะ บัวสนธ์ (2563: 1-3) ที่กล่าวว่า ในการพัฒนารูปแบบขั้นตอนแรกที่สำคัญ คือ การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและข้อค้นพบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันหรือปัญหาจากเอกสาร ผลงานวิจัยต่างๆ การสังเกต และการสอบถามผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนารูปแบบในขั้นตอนถัดไป

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นค้นหาและระดมสมอง 3) ขั้นออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน 4) ขั้นประยุกต์ใช้ 5) ขั้นนำเสนอผลงาน และ 6) ขั้นประเมินสะท้อนผล ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่ารูปแบบ คู่มือการใช้รูปแบบ และแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวเกิดจากการศึกษาวิเคราะห์สภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนราชานุบาลและแนวทางการพัฒนารูปแบบทั้งจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อทำการสังเคราะห์ข้อมูลจึงได้รูปแบบที่สอดคล้องกับความต้องการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และแนวทางการพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อนำรูปแบบที่พัฒนาขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน ตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบแต่ละองค์ประกอบและปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ ทำให้รูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด หลังจากทดรองนำร่องการใช้รูปแบบก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง จึงพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.584 หรือคิดเป็นร้อยละ 58.40 จากผลการวิจัยจึงพบว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบครบถ้วนสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนารูปแบบของรัตนะ บัวสนธ์ (2563: 1-3) และวารีรัตน์ แก้วอุไร (2565: 329-330) ที่ระบุว่า การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา เป็นการดำเนินการโดยการนำเอาความรู้ที่ได้จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานมาพัฒนารูปแบบ โดยการกำหนดหลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน แนวทางการวัดและประเมินผล เมื่อลงมือสร้างรูปแบบตามที่ออกแบบไว้ จึงมีการประเมินตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น การทดลองใช้รูปแบบเพื่อศึกษาประสิทธิผลของการสอน ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำรูปแบบไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไปเพื่อให้การสอนนั้นมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของอิสรา พลนงค์ และวาสนา กีรติจำเริญ (2564) ที่พบว่า รูปแบบการสอนตามแนวสะตีมศึกษาสำหรับการเสริมสร้างทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษา

ขนาดเล็ก ที่พัฒนาขึ้นมี 4 องค์ประกอบ โดยมีขั้นตอนการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบ พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ มีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการประเมินตนเองด้านความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยรวมอยู่ในระดับดีเยี่ยม และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 สร้างสรรค์ชิ้นงาน จำนวน 8 ชิ้นงาน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10-12 คะแนน ซึ่งโดยมีคุณภาพอยู่ในระดับดีเยี่ยม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากครูมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด และให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สอดคล้องกับความสนใจ มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ดี จัดเตรียมสื่อ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนและการปฏิบัติงานให้อยู่ในสภาพดี และมีจำนวนเพียงพอ จัดการเรียนการสอนเน้นการทำงานเป็นทีมหรือกลุ่ม ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม กระตุ้นให้นักเรียนเกิดเรียนรู้โดยการตั้งคำถามหรือสถานการณ์ที่ชวนคิดเพื่อก่อให้เกิดการวิเคราะห์ และหาคำตอบ นำไปสู่การคิดสร้างสรรค์ จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ดีในการเรียนรู้ สนับสนุน สร้างแรงบันดาลใจเสริมแรงเชิงบวก อำนวยความสะดวก ชี้แนะ ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือให้ผู้เรียนเกิดการสร้างสรรค์ผลงานจนประสบความสำเร็จ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานและแสดงความคิดเห็นต่อผลงานที่สร้างสรรค์ขึ้น ประเมินความก้าวหน้าของนักเรียน ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม และเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้สู่ชีวิตจริง สอดคล้องกับแนวคิด Martinez & Stager (2013) ที่ได้อธิบายว่า การผสมผสานศิลปะในการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษา เป็นการเปิดโอกาสให้เด็กได้แสดงออกในรูปแบบต่างๆ ให้มากขึ้น และสอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาของ Sousa & Pilecki (2013) และ Maslyk (2016: 13-16) ที่กล่าวว่า ครูควรจัดการเรียนการสอนบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยใช้ศิลปะ เปลี่ยนบทบาทจากผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และการสร้างองค์ความรู้ สื่อการสอน และแหล่งเรียนรู้ ออกแบบกิจกรรมที่ท้าทาย และจัดกิจกรรมที่ผู้เรียนสนใจและช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ เกิดความกระตือรือร้น ความสนุกสนานในการเรียน ได้ออกแบบวางแผนทดลองทำซ้ำๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมาย จนเกิดการสร้างคุณค่าให้กับผู้เรียน

4. ผลการประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชานุบาล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 1 จากการสังเกตการสอนในชั้นเรียน และการทบทวนหลังการจัดการเรียนรู้ (After Action Review: AAR) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เป็นไปในเชิงบวก โดยครูมีความเห็นว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการองค์ความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง วัสดุและสสาร ทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมจนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานและนำไปประยุกต์ใช้ใน

ชีวิตประจำวันได้ สังเกตได้จากนักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ มีส่วนร่วมในการการลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างสนุกสนาน พยายามแสวงหาความรู้ แบ่งปันความรู้และประสบการณ์ที่หลากหลาย ช่วยกันแก้ปัญหา และเสนอแนะความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม ร่วมกันประดิษฐ์ผลงานออกมาจนประสบความสำเร็จ ในขณะที่นักเรียนทุกคนสะท้อนว่า “ชิ้นงานผลงานสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้” ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของวัสดุ การออกแบบรถพยาบาลจำลอง ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ รู้สึกมีจินตนาการเพิ่มมากขึ้น ได้ทำงานเป็นทีม ได้แสดงความคิดเห็น รู้สึกตื่นเต้น มีความสุขในการเรียนได้เรียนรู้เรื่องใหม่ๆ มากมาย สามารถนำความรู้ไปประดิษฐ์ชิ้นงานไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะว่า ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ นำเสนอเนื้อหาสาระ จัดแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ชี้แจงและทำความเข้าใจกับนักเรียนในการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ในทุกสาระการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ออกแบบให้นักเรียนได้สร้างสรรค์ชิ้นงานเป็นกลุ่ม นักเรียนจึงมีโอกาสคิดสร้างสรรค์ผลงานอย่างเต็มที่ แบ่งปันความรู้และประสบการณ์อย่างสนุกสนาน นำเสนอผลงาน และร่วมกันสะท้อนถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้คำถามกระตุ้นคิดให้ผู้เรียนเกิดการแสวงหาความรู้ คิดสร้างสรรค์ผลงานที่แตกต่างและหลากหลายมาใช้ในการแก้ปัญหา และนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Jersild (2009) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างสรรค์และนวัตกรรม ช่วยส่งเสริมสุนทรียภาพแก่ผู้เรียน ผลงานที่ผู้เรียนคิดหรือสร้างขึ้นมีความหมายสำหรับตัวเขา มีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งต่างๆ สร้างนิสัยการทำงานที่ดี เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้จินตนาการในการพัฒนาการทดลองสร้างสิ่งใหม่

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

1.1 ควรมีการศึกษาวิจัยการนำรูปแบบไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้านอื่นๆ หรือการส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นอื่นๆ หรือทักษะการเรียนรู้ด้านอื่นๆ เช่น ทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมทางเทคโนโลยี ทักษะการคิดสร้างสรรค์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นต้น

1.2 ควรมีการศึกษาวิจัย การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาไปใช้จัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระอื่นๆ เช่น กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ

1.3 ควรมีการศึกษาวิจัยการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาร่วมกับวิธีการจัดการรู้อื่นๆ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งเรียนรู้เป็นฐาน เป็นต้น

1.4 ควรมีการศึกษาวิจัยการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรม ในกลุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มพิเศษ หรือกลุ่มที่มีปัญหาในการเรียนรู้ เพื่อดูพัฒนาการและความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ด้านต่างๆ

2. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

2.1 เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด เมื่อนำไปใช้ทำให้นักเรียนมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่กำหนดไว้ จึงทำให้คณะกรรมการนิเทศภายในสถานศึกษาและนักเรียนมีความคิดเห็นในเชิงบวกต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ ดังนั้นหากครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นำรูปแบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนควรพิจารณาปรับใช้ตามความเหมาะสมของธรรมชาติของแต่ละวิชาและกลุ่มผู้เรียน ควรจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม หลากหลาย และเพียงพอ และจัดเตรียมตัวอย่างชิ้นงานที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ เห็นภาพ เกิดแนวคิดใหม่ และเกิดจินตนาการในการสร้างสรรค์ผลงานได้

2.2 การนำรูปแบบไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ครูควรศึกษาคู่มือการใช้รูปแบบเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และควรมีการประเมินผลการเรียนรู้ทุกครั้งโดยให้นักเรียนสะท้อนคิดและสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

2.3 การพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า นักเรียนมีความสามารถสร้างสรรค์และนวัตกรรมแตกต่างกัน นักเรียนบางคนมีความกระตือรือร้นและแสดงออกถึงความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน ในขณะที่นักเรียนบางคนมีการแสดงออกน้อย และมักจะทำตามเพื่อน และไม่กล้านำเสนอผลงาน ดังนั้นครูควรออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนมีการแสดงออกและกล้านำเสนอผลงาน มีการเสริมแรงบวกและสร้างแรงบันดาลใจให้เกิดการเรียนรู้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

บุญยนุช สิทธาจารย์. (2560). *การพัฒนาชุดการสอนศิลปะตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (ศิลปศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2562). *การคิดเชิงระบบและความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตนะ บัวสนธ์. (2563). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โรงเรียนราชานุบาล. (2565). *รายงานการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสี่ (พ.ศ.2559-2563) การศึกษาปฐมวัยและระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงเรียนราชานุบาล*. น่าน: โรงเรียนราชานุบาล.

วารีรัตน์ แก้วอุไร. (2565). *การวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรและการสอน.* พิษณุโลก: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2567*. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2566). *สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล ปี 2565 (IMD 2022).* กรุงเทพมหานคร: 21 เซ็นจูรี่.

อิสรา พลนงค์ และวาสนา กีรติจำเริญ. (2564). การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวสะตีมศึกษาสำหรับการเสริมสร้างทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก. *วารสารราชพฤกษ์.* 19 (3), 119-129.

Arends, R. I. (1997). *Classroom Instruction and Management*. New York: McGraw Hill.

Chang, Chy-Yung, et al. (2023). Investigating the Impact of Design Thinking-Based STEAM PBL on Students' Creativity and Computational Thinking. *IEEE Transactions on Education*. 66 (6), 673-681.

Hawari, A. D. M. & Noor, A. I. M. (2020). Project Based Learning Pedagogical Design in STEAM Art Education. *Asian Journal of University Education*. 16 (3), 102-111.

Jersild. (2009). *Child Psychology.* Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Joyce, B. & Weil, M. & Calhoun, E. (2004). *Models of Teaching*. (7th ed.). Boston: Allyn and Bacon.

Mahdia, R.; Sukarmanb, S. S. & Yokc, M. C. K. (2015). Fostering Creativity Through Innovation Engagement in Science and Technology Education: Case Study of Universiti Teknologi MARA Students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences.* 167, 256-260.

Martinez, S. L. & Stager, G. (2013). *Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom.* Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press.

Maslyk, J. (2016). *STEAM Makers: Fostering Creativity and Innovation in the Elementary Classroom.* California: Corwin.

Mishra, P. (2012). Rethinking Technology & Creativity in the 21st Century: Crayons are the Future. *Technology Trend*. 56 (5), 13-16.

OECD. (2019). *Education at a Glance 2019: OECD Indicators.* Paris: OECD.

Sousa, D. A. & Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts*. California: A SAGE Company.

Yakman, G. (2008). *STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education*. PhD Disseration. Virginia Polytechnic and State University.