บทความวิจัย

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเรื่องสวนสัตว์ของคุณหนู เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา

พงศธร บุญชู[1] ศิริรัตน์ เพชรประภัสสร[2] และบรรณรักษ์ คุ้มรักษา[1,*]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

[2]โรงเรียนวัดกาญจนาราม อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

**Email: bannarak.khu@sru.ac.th*

รับบทความ: 22 พฤศจิกายน 2564 แก้ไขบทความ: 2 มกราคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 21 กุมภาพันธ์ 2565

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองขั้นต้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา และศึกษาผลการเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ถูกเลือกมาโดยการสุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง 30 คนและกลุ่มควบคุม 28 คน เครื่องมือของการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเรื่อง “สวนสัตว์ของคุณหนู” ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นมาจากการผสานแนวคิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับแนวคิดการสืบเสาะที่สร้างสรรค์ผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและออกแบบ กิจกรรมนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง (3 สัปดาห์) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน ผลจากการวิจัยพบว่าผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้นี้พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการคิดสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกด้าน สัดส่วนของจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมากอยู่ร้อยละ 60 ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53) อยู่ในระดับพอใช้และไม่พบนักเรียนที่มีทักษะการคิดสร้างสรรค์ในระดับดีมาก และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษานี้อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: สะตีมศึกษา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ วิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

Online-first Version

Research Article

Developing of science learning activities via STEAM education approach in the topic of "Let's Design Your Zoo" to enhance creative thinking skills of primary school students

Pongsathorn Boonchu[1], Sirirat Phetprapatsorn[2] and Bannarak Khumraksa[1,*]

[1]General Science Program, Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University, Surat Thani

[2]Wat Kanjanaram School, Surat Thani

**Email: bannarak.khu@sru.ac.th*

Received <22 November 2021>; Revised <2 January 2022>; Accepted <21 February 2022>

Abstract

This study is quasi-experimental research design. The aims of this research were to develop science learning activities in accordance with the STEAM education approach, and to study the effect of promoting creative thinking skills and student satisfaction after they were intervened with this developed STEAM activity. The sample was a cohort of 5th primary school students which was selected by random sampling. The experimental group consisted of 30 students, whereas the control group consisted of 28 students. A science lesson plan according to the STEAM education approach in the topic of "Let's Design Your Zoo", which consists of a 6-step learning activity developed by combining concepts of engineering design process with the signature pedagogies of art and design for a total duration of 6 hours (3 weeks). The creative thinking skills assessment form and the student's satisfaction questionnaire were used as research instruments. The results showed that the designed STEAM lesson plan was evaluated as very good level. The results of the intervention of this learning activity revealed that the students in the experimental cohort had higher average scores on creative thinking skills than the control group in all aspects. Sixty percent of the experimental group have very good creative thinking skills. While the majority of the control group (53%) achieved only a fair level and no one reached a very good level. The students of the experimental group also expressed their very satisfaction with this learning activity.

Keywords: STEAM education, creative thinking skills, science, primary school students

Online-first Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

โลกในปัจจุบัน มิได้วัดคุณภาพการศึกษาของประชากรด้วย “ความสามารถในการรู้จำ” เพียงแค่อย่างเดียวเหมือนเช่นในอดีต แต่วัดกันด้วย “ทักษะความสามารถในการทำงานเพื่อสร้างนวัตกรรม” (Innovative Skill) ที่ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสำคัญ (Carbonell-Carrera et al., 2019; Kang, 2019; Rochman, Nasudin, and Rokayah, 2019) ความรู้ความเข้าใจและความสามารถที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ตลอดจนวิทยาการด้านเทคโนโลยี และแนวปฏิบัติทางวิศวกรรม (Engineering Practices) ได้กลายมาเป็นสิ่งสำคัญสำหรับหลักสูตรการศึกษาแห่งชาติของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก (Kang, 2019; National Research Council [NRC], 2012) ด้วยเหตุนี้การจัดการศึกษาที่มีการบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หรือสะเต็มศึกษา (STEM Education) จึงเป็นที่แพร่หลายมากขึ้นในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานตั้งแต่ระดับประถมศึกษา (Rochman, Nasudin, and Rokayah, 2019) และมีรายงานการปฏิรูปการศึกษาระดับนานาชาติล่าสุดที่ต่างให้การสนับสนุนว่าควรมีการปรับเปลี่ยนวิธีการสอนวิชาเหล่านี้ด้วยการเน้นให้มีการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาวิชาของ S-T-E-M มากขึ้น (Carbonell-Carrera et al., 2019; Rochman, Nasudin, and Rokayah, 2019) ทั้งนี้เพื่อเตรียมกำลังพลของชาติให้มีทักษะเชิงบูณาการและพร้อมกับการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม ซึ่งคาดว่าจะมีความต้องการเพิ่มขึ้นในอนาคต (Vennix, den Brok and Taconis, 2018)

แนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็นสำหรับการใช้ชีวิตและการประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 ทักษะที่จำเป็นเหล่านี้มักถูกนิยามด้วยตัวย่อสัญลักษณ์ “3R & 4C” ซึ่ง 3R หมายถึง ทักษะการอ่าน (Reading) ทักษะการเขียน (wRriting) และ ทักษะการใช้ตัวเลขและการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ (aRithmetic) ในขณะที่ทักษะ 4C หมายถึง ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ทักษะการสื่อสาร (Communication) ทักษะการทำงานแบบร่วมมือ (Collaboration) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) (The Partnership for 21st Century Skills, 2009) อย่างไรก็ตามหนึ่งในทักษะเหล่านี้ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการพัฒนาแนวคิดใหม่หรือนวัตกรรมก็คือทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Carbonell-Carrera et al., 2019; Conradty and Bogner, 2020; Phitaksa et al., 2019)

ทักษะการคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดที่เกิดจากกระบวนการทางปัญญาภายในของปัจเจกบุคคล (Guilford, 1967) โดยแต่ละคนมีความคิดสร้างสรรค์ที่ไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นการที่บุคคลมีความคิดสร้างสรรค์จึงนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้นได้อย่างไม่รู้จักจบสิ้น Guilford (1967) แบ่งแยกองค์ประกอบของทักษะการคิดสร้างสรรค์ออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) การคิดริเริ่ม (Originality) คือ การคิดในสิ่งแปลกใหม่หรือคิดในเรื่องที่ไม่เคยมีใครคิดมาก่อนไม่ซ้ำใครและแตกต่างจากความคิดของคนธรรมดาทั่วไป 2) การคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดหาคำตอบได้หลายทิศทาง หลายแง่มุม หรือมองสถานการณ์ทุกอย่างได้หลายมิติ 3) การคิดคล่องแคล่ว (Fluency) คือ ความสามารถในการผลิตความคิดที่แตกต่างและหลากหลายภายใต้กรอบจำกัดของเวลา เป็นความสามารถเบื้องต้นซึ่งนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพ และ 4) การคิดละเอียดลออ (Elaboration) คือ ความสามารถคิดในรายละเอียดที่เป็นปลีกย่อยได้ดี เพื่อขยายหรือตกแต่งความคิดหลักให้ได้ความหมายที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังหมายรวมไปถึงความสามารถในการจำแนกแยกแยะอย่างฉับไวและเฉียบคมด้วย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์นั้น หลายครั้งมักเกิดขึ้นพร้อมกับการคิดเชิงบูรณาการด้วย เนื่องจากการสร้างสรรค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยความรู้จากศาสตร์วิชาหลากหลายแขนง (Rolling, 2016) การคิดเชิงบูรณาการ (Integrative thinking) หมายถึงความสามารถทางความคิดในการมองรอบด้าน การมองเป็นภาพรวม สามารถเชื่อมโยงในด้านต่าง ๆ เชื่อมโยงความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยเข้ากับเรื่องหลักได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้เรื่องที่มองเป็นแกนหลักนั้นมีความสมบูรณ์และเป็นเอกภาพ (Riel and Martin, 2017)

ทักษะการคิดสร้างสรรค์และงานทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่อยู่ควบคู่กันมาช้านานในการสร้างสรรค์และพัฒนาอารยธรรมของมนุษย์ (Rolling, 2016) อีกทั้งงานทางด้านศิลปะกับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ก็ต่างต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ (Kim and Chae, 2016) นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่จะทำให้สามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สลับซับซ้อนได้ (DeHaan, 2009) ส่งผลให้กิจกรรมทางสะเต็มศึกษาจึงมักจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการออกแบบ การวาดภาพ การคิดแม่แบบ การประดิษฐ์ และการสร้างชิ้นงาน ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ ที่แฝงในกระบวนการเรียนรู้เหล่านี้ล้วนมีความเชื่อมโยงกับการใช้ทักษะทางศิลปะทั้งสิ้น

Online-first version

ฉะนั้นเมื่อไม่นานมานี้จึงเกิดนวัตกรรมทางการศึกษาใหม่ที่หลอมรวมเอาสะเต็มศึกษามาผนวกเข้าไว้ด้วยกันกับการสร้างสรรค์ทางศิลปะ (Art: A) ซึ่งรวมกันเรียกว่า “สะตีมศึกษา” (STEAM Education) (Yakman, 2008) ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบ “สะตีม” (STEAM) จึงกลายเป็นคำใหม่ที่เป็นกระแสนิยมในวงการการศึกษาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมานี้ (Belbase et al., 2021; Conradty and Bogner, 2020; Costantino, 2018; Kang, 2019) และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการสอนแบบบูรณาการเพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Belbase, et al., 2021) Gross and Gross (2016) ได้สนับสนุนว่ากิจกรรมสะตีมศึกษาเป็นแนวทางการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ กิจกรรมสะตีมทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์จากการทำงานด้านศิลปะ ในขณะที่ Kim and Kim (2018) ได้พัฒนาโปรแกรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ส่งเสริมการทำกิจกรรมทางศิลปะสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาที่จะช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความละเอียดอ่อนทางศิลปะโดยใช้หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา และกิจกรรมการเรียนรู้สะตีมศึกษาสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาชื่อว่า “Hands-On Land Forms” ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Rolling (2016) เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่บ่งชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมสะตีมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ จะช่วยให้นักเรียนแต่ละคนได้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งขึ้นในเนื้อหาวิชา หัวข้อ หรือแนวคิดเฉพาะของเรื่องที่เรียนในหลักสูตรอีกด้วย นอกจากนี้ Phengnoi and Boonsom (2021) ยังได้รายงานผลการวิจัยที่พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้สะตีมศึกษาช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้ดีขึ้นได้ และนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมนี้ในระดับมากที่สุด

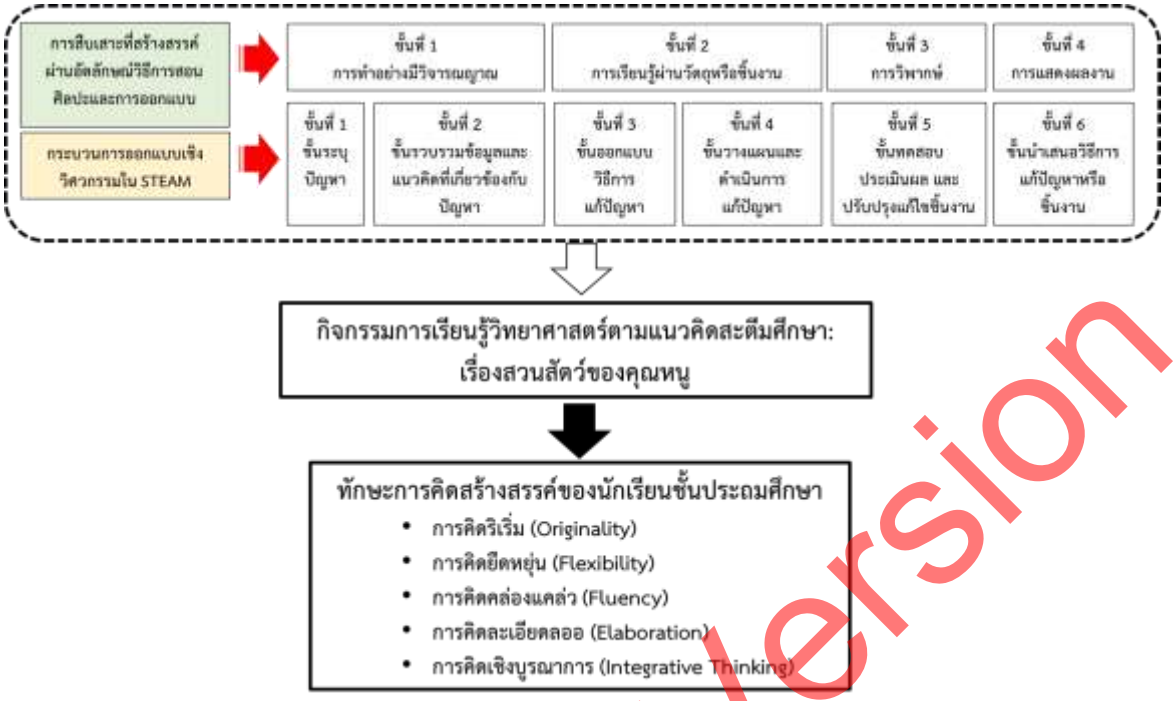
จากการที่ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดกาญจนาราม พบว่าหลักสูตรและสาระการเรียนรู้ในรายวิชาต่าง ๆ ยังไม่มีการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการสาระรายวิชา แต่สอนแบบแยกสาระวิชาออกจากกัน โดยแต่ละรายวิชาก็มุ่งให้ความรู้กับผู้เรียนตามเนื้อหาเฉพาะในศาสตร์ของตนเอง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นต่าง ๆ ในโรงเรียนส่วนใหญ่จะมีรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการบอกหรือบรรยายความรู้ นักเรียนจึงมีหน้าที่เพียงแค่ฟังสิ่งที่ครูบอกในห้องเรียนแล้วท่องจำมากกว่าการได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้นักเรียนไม่ได้รับการฝึกทักษะการเรียนรู้เพื่อแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการคิด ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการรู้สารสนเทศ ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม เป็นต้น สภาพการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวนี้สะท้อนให้เห็นถึงความขัดแย้งกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนที่ต้องเผชิญกับปัญหาที่มีความซับซ้อน อันจำเป็นต้องใช้ศาสตร์ความรู้แบบบูรณาการในการคิดแก้ปัญหาและต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพการศึกษาของนักเรียนในอนาคต

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยอาศัยการผสานแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีการมอบหมายงานซึ่งต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (NRC, 2012, p.49) ได้แก่ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Searching) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) มาผนวกเข้ากับรูปแบบการสืบเสาะที่สร้างสรรค์ผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและออกแบบ (The Signature Pedagogies of Art and Design) (Costantino, 2018) ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ 1) การทำอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Making) 2) การเรียนรู้ผ่านวัตถุหรือชิ้นงาน (Object-based Learning) 3) การวิพากษ์ (Critique) และ 4) การแสดงผลงาน (Exhibition) โดยแสดงเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 1

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่เสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องสวนสัตว์ของคุณหนู
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษากับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

Online-first version



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นที่ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ประเภท Static-Group Comparison Design (Leedy and Ormrod, 2015) ซึ่งแสดงดังนี้

กลุ่ม	การทดลอง	การทดสอบหลังเรียน
ทดลอง (E)	X	O_1
ควบคุม (C)	-	O_2

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดกาญจนาราม อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 89 คน ประกอบด้วย 3 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 27-30 คน กลุ่มตัวอย่างถูกเลือกมาแบบสุ่มโดยวิธีการจับฉลากเลือกมา 2 ห้องเรียน ประกอบด้วยกลุ่มทดลอง 1 ห้อง (30 คน) และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง (28 คน) โดยนักเรียนทั้งสองกลุ่มนี้เป็นนักเรียนที่มีความสามารถแบบคละและมีพื้นฐานความรู้ความสามารถที่คล้ายคลึงกัน โดยพิจารณาจากระดับผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในภาคศึกษาที่ผ่านมา

บริบทของการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตเนื้อหาการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต ตัวชี้วัด ว 1.1 ป.5/1 บรรยายโครงสร้างและลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตซึ่งเป็นผลมาจากการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตในแต่ละแหล่งที่อยู่ โดยนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองจะได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะถูกมอบหมายงานให้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหา ดังนี้

“มีสัตว์ป่าจำนวนหนึ่งที่ถูกกักขังไว้ในสวนสัตว์ที่ผิดกฎหมาย ซึ่งมีลักษณะคับแคบและแออัด เสี่ยงต่อการป่วยและตายของสัตว์ป่าเหล่านั้น ทางตำรวจผู้รับผิดชอบคดีจึงประสานงานให้สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่าช่วยจัดหาที่อยู่และสร้าง

Online-first Version

สวนสัตว์ใหม่ให้แก่สัตว์ป่าเหล่านี้ หากนักเรียนเป็นวิศวกรของสำนักอนุรักษ์สัตว์ป่าหน่วยงานดังกล่าว นักเรียนจะช่วยออกแบบสวนสัตว์อย่างไรให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสัตว์แต่ละชนิด โดยต้องใช้งบประมาณให้น้อยที่สุดและสวนสัตว์ต้องสวยงามดึงดูดประชาชนให้มาเที่ยวชม"

ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานทั้งการเรียนแบบบรรยายและการอภิปรายโดยกระบวนการทำงานแบบกลุ่ม มีการใช้ใบความรู้ ใบงาน/ใบกิจกรรม สื่อประกอบการสอนหลากหลายรูปแบบทั้งสื่อภาพ และคลิปวีดิโอ ใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 สัปดาห์เหมือนกันกับกลุ่มทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนานักเรียนคือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องสวนสัตว์ของคุณหนู จำนวน 1 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง (3 สัปดาห์)

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย คือ แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินนักเรียน ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การคิดริเริ่ม การคิดคล่องแคล่ว การคิดยืดหยุ่น การคิดละเอียดลออ และการคิดเชิงบูรณาการ แบบประเมินดังกล่าวเป็นแบบมาตรประมาณค่า 4 ระดับ ที่มีคะแนนเต็ม 3 คะแนน (ดีมาก = 3 คะแนน, ดี = 2 คะแนน, พอใช้ = 1 คะแนน และ ต้องปรับปรุง = 0 คะแนน) ผลการตรวจสอบค่าความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าแบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์แต่ละรายการมีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.7 -1.00 ซึ่งหมายความว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประเมินได้

3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องสวนสัตว์ของคุณหนู ซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย และ 1= น้อยที่สุด) ผลการตรวจสอบค่าความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าแบบประเมินความพึงพอใจแต่ละรายการมีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.7 -1.00 ซึ่งหมายความว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประเมินได้

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น (ภาพที่ 2) ข้อมูลการวิจัยหลักจะถูกเก็บรวบรวมจากคะแนนการประเมินผลงาน/ชิ้นงานในขั้นสุดท้ายของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้จะมีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพโดยผู้วิจัยคนแรกทำหน้าที่เป็นทั้งผู้สอนและผู้สังเกตการณ์การปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยจากพฤติกรรมการเรียนรู้และการแสดงออกทางความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยมีทีมนักวิจัยที่เหลือเป็นผู้ช่วยบันทึกภาพและบันทึกเหตุการณ์ภาคสนาม (Field Note) และเมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกขั้นตอนแล้วผู้วิจัยได้ขอให้นักเรียนทุกคนตอบแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมสวนสัตว์ของคุณหนู โดยใช้เวลาในการทำแบบประเมินความพึงพอใจท้ายคาบเรียนเป็นเวลา 15 นาที

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

Online-first Version

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

1) การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาและความพึงพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ที่มีค่าตั้งแต่ 1-5 ค่าที่ได้จะนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นจะตัดสินคุณภาพโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 แปลความหมายว่า เหมาะสมมากที่สุด/พึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 แปลความหมายว่า เหมาะสมมาก/พึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 แปลความหมายว่า เหมาะสมปานกลาง/พึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 แปลความหมายว่า เหมาะสมน้อย/พึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 แปลความหมายว่า เหมาะสมน้อยที่สุด/พึงพอใจน้อยที่สุด

2) การประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะใช้แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า 4 ระดับ ที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ 3 คะแนน (ดีมาก) และต่ำสุดคือ 0 คะแนน (ควรปรับปรุง) องค์ประกอบของรายการประเมินประกอบด้วย 5 หมวดย่อยคือ การคิดริเริ่ม การคิดคล่องแคล่ว การคิดยืดหยุ่น การคิดละเอียดลออ และการคิดเชิงบูรณาการ คะแนนเต็มรวมทั้งสิ้น 15 คะแนน คะแนนของนักเรียนจะถูกนำมารวบรวมและวิเคราะห์โดยใช้สถิติอย่างง่าย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแตกต่าง และค่าร้อยละ โดยการตัดสินระดับความสามารถของทักษะการคิดสร้างสรรค์จะใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนนรวมระหว่าง 12 – 15 คะแนน แปลความหมายว่า ระดับดีมาก
คะแนนรวมระหว่าง 9 – 11 คะแนน แปลความหมายว่า ระดับดี
คะแนนรวมระหว่าง 6 – 8 คะแนน แปลความหมายว่า ระดับพอใช้
คะแนนรวมระหว่าง 0 – 5 คะแนน แปลความหมายว่า ระดับที่ควรปรับปรุง

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์

รายการประเมิน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1.การคิดริเริ่ม	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากตัวอย่างต้นแบบโดยสิ้นเชิงและแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่ค่อนข้างแปลกใหม่ มีความแตกต่างจากตัวอย่างต้นแบบ	พัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยการผสมผสานและดัดแปลงจากความคิดเดิมจากตัวอย่างต้นแบบ	ไม่มีความคิดแปลกใหม่
2. การคิดคล่องแคล่ว	สามารถวิเคราะห์และหาวิธีแก้ปัญหาได้มากกว่า 2 วิธี ในเวลาที่กำหนด	สามารถวิเคราะห์และหาวิธีแก้ปัญหาได้เพียง 2 วิธี ในเวลาที่กำหนด	สามารถวิเคราะห์และหาวิธีแก้ปัญหาได้ 1 วิธีในเวลาที่กำหนด	ไม่สามารถวิเคราะห์และหาวิธีแก้ปัญหาได้
3.การคิดยืดหยุ่น	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลายแบบ/วิธีการ	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้ แต่ยังไม่เหมาะสมกับงาน	ไม่มีการดัดแปลงหรือ นำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดหายไปได้
4.การคิดละเอียดลออ	มีการแจกแจงรายละเอียดของความคิด วิธีการแก้ปัญหาได้ครบถ้วนมีรายละเอียดที่สมบูรณ์	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิด	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดแต่ขาดความชัดเจน	ไม่มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิด
5. การคิดเชิงบูรณาการ	สามารถอธิบายความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความรู้ของ S-T-E-A-M ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผลได้ครบถ้วนสมบูรณ์ทุกศาสตร์วิชา	สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชื่อมโยงความรู้ของ S-T-E-A-M ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ศาสตร์วิชา	สามารถอธิบายความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความรู้ของ S-T-E-A-M ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 2 ศาสตร์วิชา	ไม่สามารถอธิบายหรือบอกความเชื่อมโยงความรู้ S-T-E-A-M ได้

Online-first Version

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

ผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้และสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องสวนสัตว์ของคุณหนู โดยกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Carbonell-Carrera et al., 2019; Conradty and Bogner, 2020) ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการสอนโดยอาศัยการผสานแนวคิดสะตีมศึกษาที่เชื่อมโยงการใช้ความรู้ในศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ (แสดงดังภาพที่ 3) ผนวกเข้ากับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มี 6 ขั้นตอน (NRC, 2012, p.49) ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มาผสานกับกรอบการเรียนรู้ตามรูปแบบการสืบเสาะที่สร้างสรรค์ผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและการออกแบบ (Costantino, 2018) ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ 1) การทำอย่างมีวิจารณญาณ 2) การเรียนรู้ผ่านวัตถุหรือชิ้นงาน 3) การวิพากษ์ และ 4) การแสดงผลงาน

ภาพที่ 3 การบูรณาการระหว่างศาสตร์วิชาต่าง ๆ ในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษา

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.51, S.D. = 0.41) โดยรายละเอียดของการประเมินในด้านต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2

กระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ถูกพัฒนามาขึ้นมาสำหรับการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน อธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา ในขั้นนี้ผู้สอนจะมีการเตรียมบริบทสถานการณ์สำหรับการเรียนรู้ที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ที่อยู่ในความสนใจของนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้สึกร่วม เข้าใจและตระหนักถึงปัญหาของสถานการณ์นั้น ในที่นี้ผู้วิจัยได้ใช้ “สวนสัตว์” มาเป็นสถานการณ์หลักในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ กำหนดสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขอันจำกัดและซับซ้อน เช่น ชนิดของสัตว์ที่มีความหลากหลาย ระยะเวลาที่จำกัด งบประมาณที่จำกัด เป็นต้น นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้วิจารณญาณในการคิดใคร่ครวญถึงปัญหา ผ่านการร่วมคิดร่วมทำโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบกลุ่ม ในขณะทำกิจกรรม นักเรียนบางกลุ่มสะท้อนความสามารถในการระบุปัญหา เช่น นักเรียนกลุ่มหนึ่งมีการชี้ประเด็นถึงปัญหาของสถานการณ์ที่ต้องจัดสรรพื้นที่ในสวนสัตว์สำหรับสัตว์บกและสัตว์น้ำที่มีความต้องการสภาพที่อยู่ต่างกัน นักเรียนอีกกลุ่มหนึ่งได้อภิปรายถึงปัญหาการกำหนดพื้นที่ของสัตว์บกขนาดใหญ่ เป็นต้น

Online-first Version

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เมื่อนักเรียนตระหนักทราบถึงปัญหาจากขั้นที่ 1 แล้ว ในขั้นนี้ครูผู้สอนเตรียมแหล่งข้อมูลการเรียนรู้หรือข้อมูลเพื่อสืบค้นแนวคิดที่เกี่ยวข้องสำหรับการนำไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหา โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (S) ที่บูรณาการอยู่ในกิจกรรมนี้ก็คือความรู้เรื่องลักษณะของสิ่งมีชีวิตและแหล่งที่อยู่ ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อเป็นการให้นักเรียนได้ฝึกการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technologies: ICT) และเป็นการบูรณาการทักษะทางเทคโนโลยี (T) ไปด้วยในเวลาเดียวกัน ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้คอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูล นักเรียนบางกลุ่มเริ่มใช้คำสืบค้นข้อมูลหลากหลายคำ เช่น สวนสัตว์ สัตว์บก สัตว์น้ำ อาหารของช้าง ที่อยู่ของเพนกวิน เป็นต้น ในขณะที่บางกลุ่มก็แบ่งงานกันโดยให้ส่วนหนึ่งช่วยกันสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ขณะที่อีกส่วนหนึ่งสืบค้นข้อมูลจากหนังสือที่ครูเตรียมไว้ในห้องเรียนและสืบค้นจากแบบเรียน เป็นต้น เมื่อสืบค้นข้อมูลเสร็จแล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มจะบันทึกผลการสืบค้นที่ได้ลงในสมุดบันทึกของตนเอง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะตีมศึกษา

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. สาระสำคัญ			
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.7	0.58	มากที่สุด
1.2 บูรณาการแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาอย่างเหมาะสม	4.3	1.15	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตร	4.7	0.58	มากที่สุด
2.2 ครอบคลุมทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	4.3	0.58	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้			
3.1 มีความยาก-ง่ายเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.0	1.00	มาก
3.2 กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับช่วงเวลาของการจัดกิจกรรม	4.3	1.15	มากที่สุด
4. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5.0	0.00	มากที่สุด
4.2 กิจกรรมมีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	4.7	0.58	มากที่สุด
4.3 กิจกรรมการเรียนรู้เสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน	4.7	0.58	มากที่สุด
4.4 กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติผ่านการใช้ทักษะเชิงบูรณาการ	5.0	0.00	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งเรียนรู้			
5.1 วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 วัสดุ อุปกรณ์และสื่อเหมาะสมกับเนื้อหาสาระและกิจกรรม	4.33	1.15	มากที่สุด
5.3 นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.33	1.15	มากที่สุด
6. กระบวนการวัดและประเมินผล			
6.1 วิธีวัดและเครื่องมือวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์	4.33	1.15	มากที่สุด
6.2 วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับทักษะการคิดสร้างสรรค์	4.33	1.15	มากที่สุด
รวมทั้งหมด	**4.51**	**0.41**	**มากที่สุด**

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นหลังจากการรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องนำความรู้ที่รวบรวมได้มาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการหรือผลผลิต สร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้ในขั้นนี้จะเริ่มเข้าสู่ขั้นการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (E) และทักษะทางศิลปะ (A) ผ่านการสร้างวัตถุหรือชิ้นงานตามแนวคิดการสืบเสาะที่สร้างสรรค์ผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและการออกแบบที่ผู้วิจัยได้สอดแทรกเข้าไป ชิ้นงานของกิจกรรมในขั้นนี้คือการวาดแบบร่างองค์ประกอบของสวนสัตว์ที่เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยของสัตว์แต่ละชนิด รวมถึงต้องระบุรายการสิ่งก่อสร้างหรืออุปกรณ์ที่ต้องการสร้างเพิ่มเติมใน

Online-first Version

สวนสัตว์ลงในใบงาน ภายใต้เกณฑ์ราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่เป็นต้นทุนในการผลิตตามที่ครูกำหนดไว้ เช่น ให้ระบุชื่อสัตว์ที่จัดแสดงในสวนสัตว์อย่างน้อย 10 ชนิด และระบุสิ่งก่อสร้างหรืออุปกรณ์ในสวนสัตว์ ภายใต้เงื่อนไขหรือเกณฑ์ราคาวัสดุอุปกรณ์ที่เป็นต้นทุนในการผลิตที่ครูกำหนดไว้ เช่น น้ำพุ กำแพง ม้านั่ง ร้านค้า ห้องน้ำ สนามเด็กเล่น อควาเรียม เป็นต้น ซึ่งในขั้นนี้ ครูจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ (M) ในการคำนวณราคา และคำนวณพื้นที่ของส่วนต่าง ๆ ในสวนสัตว์ รวมถึงรู้จักเลือกใช้รูปร่างทางเรขาคณิตที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบสวนสัตว์ในแต่ละส่วนอีกด้วย นักเรียนบางกลุ่มเริ่มต้นจากการวัดสัดส่วนของกระดาษและบันทึกลงในสมุด บางกลุ่มช่วยกันร่างแบบคร่าว ๆ ของสวนสัตว์โดยใช้รูปร่างเรขาคณิตทั้งวงกลม วงรี สี่เหลี่ยมแบบต่าง ๆ ในขณะที่นักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่กันเพื่อคำนวณราคาของวัสดุที่ต้องใช้ในการก่อสร้างสวนสัตว์โดยใช้ทักษะการบวกเลขจำนวนหลักร้อยและหลักพัน นักเรียนบางกลุ่มช่วยกันออกแบบภาพร่างสวนสัตว์คนละหนึ่งแบบ จากนั้นจะนำมาหารือร่วมกันเพื่อเลือกแบบที่ดีที่สุดของกลุ่ม เป็นต้น

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดแบบร่างของสวนสัตว์แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาสวนสัตว์ต้นแบบ (Prototype) โดยในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องนำแบบร่างสวนสัตว์มาสร้างชิ้นงานให้เป็นสวนสัตว์ต้นแบบจากอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ ตัวอย่างดังภาพที่ 4 และในขั้นนี้เป็นนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมให้ใช้การสร้างสรรค์ผลงานผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและการออกแบบอย่างเต็มที่โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ ความประณีตและความละเอียดถี่ถ้วน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกใช้สีในการระบายแต่งแต้มได้ตามจินตนาการ ขณะเดียวกันครูก็จะคอยกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงสภาพของสีที่ใกล้เคียงตามธรรมชาติมากที่สุด เช่น บ่อน้ำอาจจะต้องระบายด้วยสีฟ้า ดินอาจจะต้องระบายด้วยสีน้ำตาลหรือเทา เป็นต้น

ภาพที่ 4 วัสดุและอุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้สำหรับให้นักเรียนใช้สร้างต้นแบบสวนสัตว์

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน เป็นขั้นตอนทดสอบประสิทธิภาพและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น โดยในการวิจัยครั้งนี้ครูได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอต้นแบบสวนสัตว์ของกลุ่มตนเองพร้อมทั้งอธิบายถึงหลักการในการจัดสรรบริเวณที่อยู่ให้แก่สัตว์แต่ละชนิด ครูจะเป็นผู้นำในการชักชวนให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ร่วมวิพากษ์ถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการจัดที่อยู่อาศัยให้แก่สัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งในขั้นนี้จะสอดคล้องกับขั้นตอนการวิพากษ์ตามแนวคิดการสืบเสาะที่สร้างสรรค์ผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและออกแบบ เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับฟังการวิพากษ์แล้วต้องคิดใคร่ครวญทบทวนผลงานของตนเอง ถ้าหากยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายหรือยังไม่สมบูรณ์ ครูก็จะเปิดโอกาสให้นักเรียนกลับไปปรับปรุงชิ้นงาน โดยที่ครูจะเข้าร่วมสังเกตการแก้ไขชิ้นงาน หากพบปัญหาครูจะช่วยเพิ่มเติมข้อมูลและให้คำชี้แนะ การปรับปรุงชิ้นงานของนักเรียนมีทั้งการปรับปรุงเล็กน้อยไปจนถึงปรับปรุงมาก กลุ่มที่มีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานเล็กน้อย เช่น มีการเพิ่มรายละเอียดของบริเวณจัดแสดงสัตว์ในโรงเลี้ยงช้างโดยการวาดภาพต้นกล้วยเพิ่มเติมเพื่อแสดงถึงอาหารของช้าง ในขณะที่นักเรียนกลุ่มที่มีการปรับปรุงมาก ได้แก่ การระบายสีพื้นเน้นการแสดงรายละเอียดของผืนดินทรายที่เป็นที่อยู่ของอูฐเพื่อแสดงถึงสภาพแหล่งที่อยู่ของอูฐที่ชัดเจน หรือบางกลุ่มอาจจะมีการเปลี่ยนย้ายที่อยู่ของสัตว์ใหม่ เช่น เดิมจัดให้งูจัดแสดงกลางแจ้งไม่มีสิ่งกีดกั้นหรือกรง ก็ปรับมาจัดแสดงในสถานที่มิดชิดมีกรงที่ป้องการการหลุดหนีออกไปของงู เป็นต้น

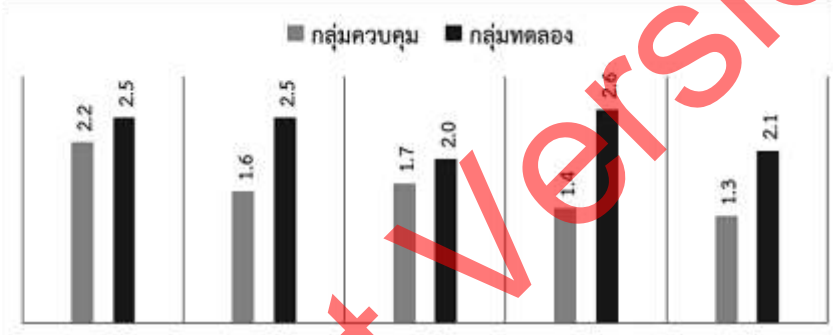
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา/ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นนี้เป็นขั้นหลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานจนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน นักเรียนนำสวนสัตว์ต้นแบบที่เสร็จสมบูรณ์ของกลุ่มตนเองออกมาแสดงหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่มโดยครูให้เวลานำเสนอกลุ่มละ 7-9 นาที นักเรียนอธิบายถึงการจัดแสดงสัตว์แต่ละชนิดและบอกลักษณะที่อยู่อาศัย

Online-first Version

ของสัตว์ชนิดนั้น ๆ (เป็นการอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดการเรียนรู้เรื่องลักษณะของสิ่งมีชีวิตและแหล่งที่อยู่ของสิ่งมีชีวิต) พร้อมทั้งบอกราคาของวัสดุทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบเพื่อก่อสร้างสวนสัตว์ที่ได้ออกแบบขึ้น เพื่อให้ครูประเมินความคุ้มค่าและความถูกต้องของการคำนวณ

ผลการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมทุกประเด็น (ภาพที่ 5) และเมื่อพิจาณาความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุม และคำนวณออกมาเป็นค่าร้อยละจะพบว่าทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการพัฒนามากที่สุดคือด้านการคิดละเอียดลออ โดยมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมถึงร้อยละ 85.7 ในขณะที่ทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่มีความแตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมน้อยที่สุดคือทักษะการคิดริเริ่มโดยมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมเพียงร้อยละ 13.6 (ภาพที่ 5)



	คิดริเริ่ม	คิดคล่องแคล่ว	คิดยืดหยุ่น	คิดละเอียดลออ	คิดเชิงบูรณาการ
ค่าความแตกต่าง	0.3	0.9	0.3	1.2	0.8
%ความแตกต่าง	13.6	56.3	17.6	85.7	61.5

ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

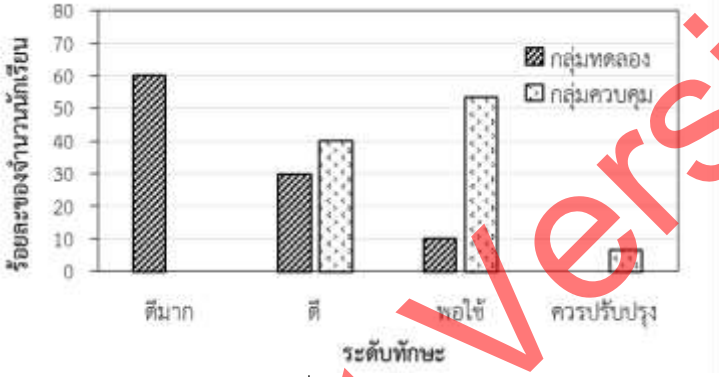
การประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายการประเมินย่อยในแต่ละด้าน ตัวอย่างเช่น ในด้านการคิดริเริ่ม ผู้วิจัยจะประเมินจากชิ้นงานของนักเรียนที่มีความแปลกใหม่ แตกต่างจากตัวอย่างต้นแบบโดยสิ้นเชิง และแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน โดยผู้วิจัยจะนำผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกันแล้วพิจารณาว่าผลงานของนักเรียนกลุ่มใดที่ปรากฏความแตกต่าง มีความคิดแปลกใหม่ต่างไปจากของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ อย่างชัดเจน อาทิเช่น นักเรียนกลุ่มหนึ่งออกแบบชิ้นงานโดยวาดส่วนจัดแสดงแมวน้ำ ให้มีเวทีสำหรับการแสดงแมวน้ำ และแสดงภาพเจ้าหน้าที่สวนสัตว์กำลังใช้ห่วงอุปกรณ์เพื่อประกอบการแสดงแมวน้ำด้วย ในขณะที่นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ไม่มีรายละเอียดของส่วนนี้ มีเพียงเฉพาะพื้นที่ที่อาศัยของสัตว์เท่านั้น นักเรียนกลุ่มนี้จึงได้คะแนนเต็ม 3 คะแนน เป็นต้น ในประเด็นการคิดคล่องแคล่ว ผู้วิจัยประเมินโดยพิจารณาจากจำนวนแบบร่างของสวนสัตว์ที่นักเรียนนำเสนอในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนบางกลุ่มสร้างแบบร่างไว้มากถึง 4 แบบ แต่สำหรับบางกลุ่มสร้างแบบร่างไว้เพียงแค่แบบเดียวเท่านั้น ฉะนั้นกลุ่มที่สร้างแบบร่างไว้มากกว่า 2 แบบขึ้นไปก็จะได้คะแนนเต็ม 3 คะแนนตามเกณฑ์ประเมิน สำหรับด้านการคิดละเอียดลออ ผู้วิจัยพิจาณาจากผลงานของนักเรียนที่แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ในผลงานสวนสัตว์ไว้อย่างละเอียด แสดงถึงความใส่ใจการทำงานอย่างพิถีพิถัน เช่น นักเรียนกลุ่มหนึ่งมีการแสดงส่วนประกอบของส่วนจัดแสดงสัตว์ ซึ่งไม่เพียงแต่ใช้รูปร่างในการสร้างขอบเขตอาณาบริเวณที่อยู่อาศัยของสัตว์เท่านั้น แต่นักเรียนกลุ่มนี้ยังแสดงให้เห็นถึงพืชพรรณที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของสัตว์ชนิดนั้น ๆ ด้วย เช่น แสดงภาพกอไผ่ในบริเวณที่จัดแสดงหมีแพนด้าหรือวาดหมีแพนด้าในอิริยาบถที่กำลังกินใบไผ่ หรือมีการแสดงถึงพืชจำพวกกระบองเพชร และพืชพุ่มเตี้ยในส่วนจัดแสดงอูฐ และยังมีการแสดงภาพต้นกล้วยในส่วนจัดแสดงช้าง เป็นต้น สำหรับการประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายการประเมินย่อยก็ใช้การพิจารณาตามเกณฑ์โดยเปรียบเทียบผลงานของนักเรียนกับผลงานของกลุ่มอื่น ๆ ในลักษณะทำนองเดียวกันนี้

แม้ว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้จะไม่ได้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ (เช่น การทดสอบค่าที) แต่ข้อมูลการวิจัยก็เป็นที่ประจักษ์ชัดว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นส่งผลต่อการพัฒนา

Online-first Version

ทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นจากค่าร้อยละของความแตกต่างระหว่างคะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการคิดสร้างสรรค์ในด้านการคิดละเอียดลออที่พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษามีพัฒนาการที่ก้าวกระโดดกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมสูงถึงร้อยละ 85.7 และในขณะที่ด้านการคิดคล่องแคล่ว และการคิดเชิงบูรณาการนักเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอยู่ที่ร้อยละ 56.3 และ 61.5 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เพื่อจำแนกระดับความสามารถการมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นและคำนวณออกมาเป็นค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถของการมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ในแต่ละระดับ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาส่วนใหญ่มีทักษะการคิดสร้างสรรค์ในระดับดีมาก (ร้อยละ 60) ในขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มควบคุมมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ในระดับพอใช้ (ร้อยละ 53) (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มทดลองที่จำแนกตามระดับความสามารถการมีทักษะการคิดสร้างสรรค์

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษานี้ทำให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (S) เรื่องลักษณะของสิ่งมีชีวิตและลักษณะแหล่งที่อยู่ ความรู้ทางเทคโนโลยี (T) เกี่ยวกับวัสดุศาสตร์และมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นเพื่อหาข้อมูลสำหรับนำไปใช้แก้ปัญหา สำหรับด้านวิศวกรรมศาสตร์ นักเรียนได้ทำกิจกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้งการระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบวิธีแก้ปัญหา การวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา การทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน และการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา พร้อมกับมีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (M) เรื่องเรขาคณิตและการคิดคำนวณ รวมไปถึงมีการใช้ทักษะทางศิลปะ (A) ในการออกแบบและจัดองค์ประกอบของชิ้นงาน การวาดภาพ การเลือกใช้สีและการระบายสี ครบถ้วนสอดคล้องตามแนวคิดการบูรณาการทั้ง 5 ศาสตร์สาขาวิชาของสะตีมศึกษา

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนกลุ่มหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 7 นักเรียนอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการกำหนดอัต-ลักษณ์ของสัตว์แต่ละชนิดพร้อมทั้งระบุสภาพความต้องการของแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์แต่ละชนิด แบบร่างสวนสัตว์ของนักเรียนเผยให้เห็นว่าส่วนจัดแสดงช้างมีการวาดต้นกล้วยประกอบด้วย บ่งชี้ว่านักเรียนเกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับลักษณะอาหารที่ช้างต้องการ (ภาพที่ 7ก) ในภาพร่างเดียวกัน นักเรียนวาดกรงขังที่แข็งแรงสำหรับสิงโต แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับลักษณะการดำรงชีวิตของสิ่งโตที่เป็นสัตว์ดุร้ายและล่าสัตว์อื่นเป็นอาหาร หรือในส่วนจัดแสดงอูฐ นักเรียนวาดภาพกระบองเพชร สื่อถึงสภาพทะเลทรายและสภาพอากาศที่แห้งแล้ง ชี้ให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจสภาพความต้องการของแหล่งที่อยู่อาศัยของอูฐ ในภาพร่างนี้นักเรียนยังได้แสดงถึงทักษะการใช้รูปร่างเรขาคณิตแบบต่าง ๆ ทั้งวงกลม วงรี สี่เหลี่ยม ในการกำหนดขอบเขตของส่วนจัดแสดงสัตว์ แม้ว่านักเรียนกลุ่มนี้จะไม่ได้แสดงการคำนวณพื้นที่ไว้ในภาพร่าง แต่มีการจดและบันทึกผลการคำนวณพื้นที่ไว้ในสมุดบันทึก และเมื่อพิจารณาชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ (ภาพที่ 7ข) ก็จะเห็นได้ว่านักเรียนแสดงจินตนาการและทักษะทางศิลปะอย่างเต็มที่ มีการจัดระบบและจัดระเบียบการวางสัดส่วนของพื้นที่ในสัตว์อย่างรอบคอบ มีการให้รายละเอียดและระบุบริเวณที่อยู่อย่างของสัตว์แต่ละชนิดอย่างถูกต้องและครบถ้วน ทั้งยังแสดงถึงรายละเอียดของบริเวณอื่น ๆ เกี่ยวข้องกับสวนสัตว์ในบริบทจริง เช่น การจัดเส้นทางเดินถนน เส้นทางเดินชมสัตว์ ลานจอดรถ ห้องสุขา และร้านอาหาร เป็นต้น ในขณะที่ผลงานการออกแบบสวนสัตว์ของนักเรียนกลุ่มควบคุมจะแสดงรายละเอียดที่น้อยกว่า มีการใช้ศิลปะเพื่อแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ผลงานน้อยกว่า แม้ว่าจะใช้ระยะเวลาการทำกิจกรรมเท่ากันก็ตาม

Online-first Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

(ก) ภาพร่างของชิ้นงาน (ข) ชิ้นงานที่สำเร็จสมบูรณ์

ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลงานการออกแบบสวนสัตว์ของนักเรียน

การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการคิดและการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียน (Kim and Kim, 2018) เนื่องจากนักเรียนได้ใช้สมองทั้งสองซีกในการทำงาน โดยเฉพาะสมองซีกขวาอันมีส่วนสำคัญที่เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (Rolling, 2016) อีกทั้งกิจกรรมนี้มีส่วนทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวมีองค์ประกอบที่ช่วยเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่สอดคล้องกับแนวคิดของ Rhodes (1987) ที่ระบุว่าความพยายามในการจัดการเรียนรู้เพื่อจัดเตรียมกรอบความคิดสร้างสรรค์ที่สมบูรณ์ให้แก่ผู้เรียนนั้น ควรจัดบริบทหรือสภาพการเรียนรู้โดยจัดให้มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ (a) บุคคลผู้สร้างสรรค์ชิ้นงาน (b) กระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความคิด (c) สภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเกิดความคิดสร้างสรรค์ และ (ง) ผลลัพธ์ของกิจกรรมสร้างสรรค์ (Rhodes, 1987) และกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ยังส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ภายในห้องเรียนตามแนวคิดการส่งเสริมการแสดงงานสร้างสรรค์ของชั้นเรียนเป็นกลุ่มของ Lucchiari และคณะ (Lucchiari, Sala and Vanutelli, 2019)

ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสนับสนุนข้อค้นพบจากงานวิจัยอื่น ๆ ก่อนหน้านี้ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาสามารถเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการทั้งด้านสติปัญญาและด้านอารมณ์ (Allina, 2018; Costantino, 2018) ทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Kang, 2019; Phitaksa et al., 2019) และสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ของ Rhode Island School of Design ในประเทศสหรัฐอเมริกาที่สนับสนุนอย่างหนักแน่นว่าการนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษามาใช้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานจะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ดีกว่าหลักสูตรสะเต็มศึกษาที่มิได้ให้ความสำคัญกับจินตนาการ สุนทรียศาสตร์และความงามทางศิลปะ ทั้งนี้ต้องยึดหลักการว่า “การสร้างสรรค์ผลงานที่ไร้ต้นทุนหรือมีต้นทุนต่ำจะเป็นจุดเริ่มต้นที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์” นั่นก็คือครูจำเป็นต้องสร้างบริบทหรือการกำหนดสถานการณ์ปัญหาของการเรียนรู้ที่มีเงื่อนไขอันจำกัด จึงทำให้ผู้เรียนปฏิบัติงานอย่างมีความหมายโดยใช้ทักษะการปฏิบัติทางศิลปะหรือประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีอยู่ให้สามารถทำงานที่ไม่คุ้นเคยได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Allina, 2018) กิจกรรมสวนสัตว์คุณหนูได้ใช้กระบวนการออกแบบตามแนวคิดการสืบเสาะที่สร้างสรรค์ผ่านอัตลักษณ์วิธีการสอนศิลปะและการออกแบบในการเรียนรู้ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการมีส่วนร่วมในการสร้างวัตถุหรือชิ้นงาน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการวิพากษ์ผลงานระหว่างสมาชิกภายในกลุ่มและในชั้นเรียน (Costantino, 2018; Gross and Gross, 2016) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าการสอดแทรกกิจกรรมทางศิลปะและการออกแบบในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานถือเป็นการสร้างโอกาสทางการศึกษาที่เปิดกว้างแก่ผู้เรียน และถือเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนสามารถใช้ทักษะความรู้และความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานภายใต้บริบทของโลกที่ซับซ้อนและเป็นจริง (Costantino, 2018; Gross and Gross, 2016; Phitaksa et al., 2019)

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามคิดทางสะตีมศึกษา

ผลการวิจัยที่แสดงในตารางที่ 3 พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนวัดกาญจนารามที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเรื่องสวนสัตว์ของคุณหนูมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.81,

Online-first version

S.D. = 0.10) และเมื่อพิจาณาในแต่ละรายการย่อยก็พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกรายการประเมินเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษา

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องสวนสัตว์ของคุณหนู ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น	4.93	0.26	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ไม่ยากจนเกินไป และนักเรียนสามารถปฏิบัติได้ทุกคน	4.86	0.35	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	4.68	0.54	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.68	0.47	มากที่สุด
5. นักเรียนชอบการทำงานศิลปะในกิจกรรมการเรียนรู้นี้	4.86	0.35	มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น	4.75	0.51	มากที่สุด
7. นักเรียนรู้สึกสนุกสนานในระหว่างที่ทำกิจกรรม	4.86	0.26	มากที่สุด
8. บรรยากาศในการทำกิจกรรมการเรียนรู้นี้ไม่ตึงเครียด และกดดันจนเกินไป	4.71	0.45	มากที่สุด
9. คุณครูคอยช่วยเหลือ และให้คำแนะนำตลอดการเรียนรู้เป็นอย่างดี	4.79	0.49	มากที่สุด
10. นักเรียนอยากให้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะเช่นนี้ในเรื่องหรือวิชาอื่นอีก	4.93	0.26	มากที่สุด
รวม	**4.81**	**0.10**	**มากที่สุด**

ผลการประเมินความพึงพอใจในประเด็นสำคัญบ่งชี้ว่ากิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ($\bar{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26) กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่ยากจนเกินไป และนักเรียนสามารถปฏิบัติได้ทุกคน ($\bar{X}$ = 4.86, S.D. = 0.35) นักเรียนชอบการทำงานศิลปะที่ได้ปฏิบัติในการเรียนรู้ครั้งนี้ ($\bar{X}$ = 4.86, S.D. = 0.35) นักเรียนรู้สึกสนุกสนานในระหว่างที่ได้ทำกิจกรรมนี้ ($\bar{X}$ = 4.86, S.D. = 0.26) และนักเรียนอยากให้มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะเช่นนี้ในเรื่องอื่น ๆ หรือวิชาอื่น ๆ อีก ($\bar{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26)

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานี้สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของนักเรียน การที่นักเรียนได้เรียนรู้เชิงรุก ได้ลงมือปฏิบัติสร้างสรรค์ชิ้นงานที่แสดงออกถึงทักษะศิลปะและการออกแบบสามารถดึงดูดนักเรียนให้เข้ามาเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ได้ และนักเรียนก็รู้สึกสนุกสนานกับการทำกิจกรรมนี้ ในระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมโดยการระดมความคิดเห็น พูดคุยกันภายในกลุ่มสมาชิกของตนเอง ผู้วิจัยสังเกตเห็นรอยยิ้ม ความตื่นเต้นจากสีหน้าและแววตาของนักเรียน ท่าทางที่ดูสนุกสนานและกระตือรือร้นเป็นอย่างมากในการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งต่างจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มควบคุมที่ค่อนข้างนิ่งขรึม และขาดชีวิตชีวา ซึ่งอาจจะมาจากสาเหตุที่กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุมเป็นกิจกรรมแบบเดิม ๆ ที่มีความซ้ำซากจำเจ เน้นการบรรยายเนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ที่อาจจะทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย แม้จะมีการใช้สื่อใบงาน และคลิปวีดีโอการสอนประกอบ แต่ก็มิได้ช่วยกระตุ้นความสนใจหรือเร้าใจนักเรียนเท่าที่ควร เนื่องจากสภาพการสอนเช่นนี้เป็นสภาพการสอนที่นักเรียนพบเจอเป็นประจำในชั้นเรียน สำหรับพฤติกรรมของนักเรียนที่พบในนักเรียนกลุ่มทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khumraksa and Ruksakit (2019) ที่รายงานว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างอิสระจะทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ พวกเขาจะรู้สึกสนุกสนานและมีความสุขที่ได้เรียนรู้ร่วมกับเพื่อน ๆ ภายในกลุ่ม และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Phengnoi and Boonsom (2021) ซึ่งทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เช่นเดียวกันและพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาในระดับมากที่สุด นอกจากนี้การที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านวัตถุหรือชิ้นงานยังทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเองอีกด้วย ซึ่งสังเกตเห็นได้จากการที่นักเรียนมีการเชิญชวนให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ให้มาแวะเยี่ยมชมสวนสัตว์ของกลุ่มตนเอง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา ชื่อว่ากิจกรรมสวนสัตว์ของคุณหนู ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้น

Online-first Version

ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และแก้ไขปรับปรุงชิ้นงาน และ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผลการประเมินพบว่ากิจกรรมมีความเหมาะสมที่จะใช้จัดการเรียนการสอนในโรงเรียนของผู้วิจัยในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.41)

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมสวนสัตว์ของคุณหนูซึ่งเป็นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษามีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ การคิดริเริ่ม การคิดคล่องแคล่ว การคิดยืดหยุ่น การคิดละเอียดลออ และการคิดเชิงบูรณาการ และในจำนวนนี้มีนักเรียนที่ทักษะการคิดสร้างสรรค์ในระดับดีมากร้อยละ 60 ต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53) มีทักษะการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับพอใช้เท่านั้น

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาในกิจกรรมสวนสัตว์ของคุณหนูมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้ชี้ชัดว่าการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์จำเป็นต้องอาศัยสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เป็นอิสระและเปิดกว้าง ดังนั้นสิ่งสำคัญที่สุดต่อการส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ คือบทบาทของครู โดยครูควรสร้างประเด็นหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ กำหนดภาระงานที่เพียงพอสำหรับพัฒนาองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทุกองค์ประกอบและให้เวลานักเรียนอย่างเพียงพอในการสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงาน ครูผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญกับการให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่นักเรียน และครูผู้สอนควรลดบทบาทในการช่วยเหลือด้วยการบอกความรู้แก่นักเรียนโดยตรงหรือการมอบหมายงานให้นักเรียนปฏิบัติตามคำสั่งที่นักเรียนไม่ได้มีส่วนร่วมในการกำหนดภาระงานหรือขั้นตอนการทำงานด้วยตนเอง แต่ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์มากที่สุด

2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาหรือแม้ว่าจะเป็นสะเต็มศึกษาก็ตามมักจะต้องเกี่ยวข้องกับการออกแบบเพื่อสร้างชิ้นงาน ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องมีการเตรียมตัวล่วงหน้ามาเป็นอย่างดี ทั้งการเตรียมสถานการณ์ที่เหมาะสมและปัญหาที่ซับซ้อนเพื่อสร้างความท้าทายแก่ผู้เรียน การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และยังต้องหาแนวปฏิบัติสำรองในกรณีที่กิจกรรมการเรียนรู้นั้นไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่นักเรียนไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. แม้ว่าผลการวิจัยครั้งนี้จะแสดงผลเชิงประจักษ์ที่แสดงให้เห็นถึงทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่มีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนที่เป็นการวิจัยกึ่งทดลองเบื้องต้นเท่านั้น และการวิเคราะห์ผลการวิจัยยังเป็นเพียงระดับการใช้สถิติเชิงบรรยายพื้นฐาน ฉะนั้นในการทำวิจัยลักษณะนี้ต่อไปในอนาคตควรมีการวางแผนระเบียบวิธีวิจัยให้มีความรัดกุมเข้มงวดมากขึ้นโดยอาจจะใช้แผนการวิจัยแบบการวิจัยเชิงทดลองที่แท้จริง (True Experimental Research Design) มีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างทางสถิติ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลการวิจัยโดยใช้สถิติอ้างอิง (Inferential Statistics) และวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลของตัวแปร (Effect Size) และเพื่อให้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้อ้างอิงวงกว้างได้

2. ในปัจจุบันการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนตามแนวคิดสะเต็มและสะตีมศึกษาในประเทศไทยได้มีเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่อย่างไรก็ตามกิจกรรมส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ ฟิสิกส์ และเคมีเป็นส่วนใหญ่ (Chonkaew, Sukhummek and Faikhamta, 2019; English and King, 2015; Smyrnaiou, Georgakopoulou and Sotiriou, 2020) ทำให้การวิจัยและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มและสะตีมศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชีวภาพนั้นมีอยู่น้อย การวิจัยครั้งนี้จึงแสดงให้ถึงแนวโน้มความเป็นไปได้สำหรับการทำวิจัยในอนาคตที่จะมีการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แนวทางสะเต็มและสะตีมศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชีวภาพให้มากขึ้น

3. กิจกรรมสวนสัตว์ของคุณหนูที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานี้ สร้างขึ้นภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่เป็นไปตามบริบทของนักเรียนและโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอน โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยให้แต่ละกลุ่มออกแบบสวนสัตว์ซึ่งจะต้องประกอบไปด้วยสัตว์หลากหลายชนิดจึงจะเรียกว่า “สวนสัตว์” การดำเนินกิจกรรมภายใต้แผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนได้มีการสืบค้นข้อมูลของสัตว์แต่ละชนิด ซึ่งเป็นการสืบค้นข้อมูลทั่วไปแบบกว้าง ๆ ทั้งชนิดของสัตว์ การดำรงชีวิต และแหล่งที่อยู่ แต่ไม่ได้ลงรายละเอียดที่ลึกซึ้งในเนื้อหาความรู้ทางชีววิทยามากนัก ฉะนั้นหากมีการทำงานวิจัยนี้ซ้ำหรือมีการปรับปรุงเพื่อนำไป

Online-first Version

ทดลองกับกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ ควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกชนิดของสัตว์ที่สนใจมาเพียง 1 ชนิด และศึกษาให้ลึกซึ้งเกี่ยวกับสัตว์ชนิดนั้น จากนั้นจึงค่อยนำข้อมูลของสัตว์แต่ละชนิดมารวมกัน และร่วมกันออกแบบสวนสัตว์ขึ้นมา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากเครือข่ายความร่วมมือระหว่างศูนย์ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีกับโรงเรียนเครือข่ายฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

เอกสารอ้างอิง

Allina, B. (2018). The development of STEAM educational policy to promote student creativity and social empowerment. **Arts Education Policy Review**, 119(2), 77-87. https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1296392

Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M. and Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, 1-37. https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943

Carbonell-Carrera, C., Saorin, J. L., Melian-Diaz, D. and de la Torre-Cantero, J. (2019). Enhancing creative thinking in STEM with 3D CAD modelling. **Sustainability**, 11(21), 6036. https://doi.org/10.3390/su11216036

Chonkaew, P., Sukhummek, B. and Faikhamta, C. (2019). STEM activities in determining stoichiometric mole ratios for secondary-school chemistry teaching. **Journal of Chemical Education**, 96(6), 1182-1186. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00985.

Conradty, C. and Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: effects on students' creativity and motivation. **Smart Learning Environments**, 7(26), 1-20. https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9

Costantino, T. (2018). STEAM by another name: Transdisciplinary practice in art and design education. **Arts Education Policy Review**, 119(2), 100-106. https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1292973

DeHaan, R. L. (2009). Teaching creativity and inventive problem solving in science. **CBE–Life Sciences Education**, 8(3), 172-181. https://doi.org/10.1187/cbe.08-12-0081

English, L. D. and King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. **International Journal of STEM Education**, 2(1), 1-18. https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7.

Gross, K. and Gross, S. (2016). TRANSFORMATION: Constructivism, design thinking, and elementary STEAM. **Art Education**, 69(6), 36-43. https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224869.

Guilford, J.P. (1967). **The Nature of Human Intelligence**. McGraw-Hill: New York, USA.

Kang, N.-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) education in South Korea. **Asia-Pacific Science Education**, 5(1), 6. https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y.

Khumraksa, B. and Ruksakit, P. (2019). Improvement of science process skills by using research–based instruction on soil properties for the second grade students in a municipal school, Surat Thani (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 10(1), 14-29.

Online-first Version

Kim, H. and Chae, D.-H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, 12(7), 1925-1936. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a.

Kim, J.-O. and Kim, J.-S. (2018). Development and application of art based steam education program using educational robot. **International Journal of Mobile and Blended Learning**, 10, 46-57. https://doi.org/10.4018/IJMBL.2018070105.

Leedy, P. D. and Ormrod, J. E. (2015). **Practical research: Planning and design**. Harlow: Pearson Education.

Lucchiari, C., Sala, P. M. and Vanutelli, M. E. (2019). The effects of a cognitive pathway to promote class creative thinking. An experimental study on Italian primary school students. **Thinking Skills and Creativity**, 31, 156-166. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.12.002.

National Research Council. (2012). **A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas**. Washington, DC: National Academies Press.

Phengnoi, D. and Boonsom, N. (2021). Development of scientific work creation and creative problem-solving abilities for fifth grade students by STEAM education-based learning activities management (in Thai). **Silpakorn Educational Research Journal**, 13(1), 238-257.

Phitaksa, T., Phitaksa, P., Rungrot, N., Phonchaiya, S. and Wuttisela, K. (2019). Effects of STEM education approach on food racing car for grade 6 students (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 2(1), 57-70.

Rhodes, M. (1987). An analysis of creativity. In S. G. Isaksen (Ed.), **Frontiers of creativity research** (pp. 216-222). Buffalo, NY: Bearly Ltd.

Riel, J. and Martin, R. L. (2017). **Creating great choices: A leader's guide to integrative thinking**. Boston: Harvard Business School Press.

Rochman, C., Nasudin, D. and Rokayah, R. (2019). Science literacy on science technology engineering and math (STEM) learning in elementary schools. **Journal of Physics: Conference Series**, 1318, 012050. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012050.

Rolling, J. H. (2016). Reinventing the STEAM engine for art + design education. **Art Education**, 69(4), 4-7. https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1176848.

Smyrnaiou, Z., Georgakopoulou, E. and Sotiriou, S. (2020). Promoting a mixed-design model of scientific creativity through digital storytelling—the CCQ model for creativity. **International Journal of STEM Education**, 7(1), 25. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00223-6.

The Partnership for 21st Century Skills. (2009). **Framework for 21st Century learning**. Retrieved from http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf.

Vennix, J., den Brok, P. and Taconis, R. (2018). Do outreach activities in secondary STEM education motivate students and improve their attitudes towards STEM? **International Journal of Science Education**, 40(11), 1263-1283. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1473659.

Yakman, G. (2008). ST**Σ**@M education: An overview of creating a model of integrative education. **Proceedings of the Pupils Attitudes Towards Technology**, Netherlands.

Online-first Version