

การพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิด  
สำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอพลัส)

โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ

Development of Integrated STEM Activities to Promote Thinking Process Skills  
for the 21st century of Grade 1 Students

(La-or Plus project) at La-orutis Demonstration School

พวงพกา ปวีณบำเพ็ญ<sup>1\*</sup>

Puangpaka Paweenbampen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต, puangpaka\_paw@dusit.ac.th.

(Faculty of Education, Suan Dusit University)

บทคัดย่อ

การศึกษานำร่องครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอพลัส) 2) ศึกษาทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 หลังใช้กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอพลัส) และ 3) ศึกษาความพึงพอใจและความคิดเห็นต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอพลัส) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 19 คน ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศสาขาลำปาง ได้มาด้วยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติบรรยาย ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ egg tower challenge, egg basket challenge และ egg catapult challenge แต่ละกิจกรรมประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ ได้แก่ ตัวชี้วัด สารของกิจกรรม วัตถุประสงค์กิจกรรม วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนของกิจกรรมและระยะเวลาการประเมินผล แผนการจัดกิจกรรม เรื่องเล่าประกอบกิจกรรม และใบกิจกรรมสำหรับนักเรียน 2) หลังใช้กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 แสดงพฤติกรรมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีความถี่ของพฤติกรรมสูงสุดคือด้านการแก้ปัญหา รองลงมาคือด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ และด้านการตัดสินใจ ตามลำดับ 3) กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมในระดับมาก นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้สึกละอายใจต่อทั้ง 3 กิจกรรม และมีความคิดเห็นทางบวกต่อเรื่องเล่าประกอบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการคิด กิจกรรมบูรณาการ

## ABSTRACT

This pilot study was aimed to develop integrated STEM activities to promote thinking process skills for the 21st century of the grade 1 students (La-or Plus project) at La-orutis Demonstration School, study the thinking process skills for the 21st century after using integrated STEM activities of the grade 1 students (La-or Plus project) and study the satisfaction and opinions towards the integrated STEM activities of the grade 1 students (La-or Plus project). The Sample consisted of 19 grade 1 students in the 2021 academic year at La-orutis Demonstration School, Lampang Center. Sample were obtained by cluster random sampling. Classroom was used as a randomized unit. The research instrument was critical thinking and problem-solving observation form. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics. The results showed that Integrated STEM activities to promote thinking skills for the 21st century consisted of 3 activities; egg tower challenge, egg basket challenge, egg catapult challenge, each of which consisted of 1) indicators 2) content of the activity 3) activity objectives 4) materials and 5) activity steps and duration 6) evaluation 7) activity plan 8) activity story and 9) activity sheet for students. After using integrated STEM activities, grade 1 students exhibited critical thinking and problem-solving. When considering each aspect, it was found that the aspect with the highest frequency of behavior was problem solving. followed by effective reasoning and decision-making respectively. In addition, the samples were satisfied with all activities at a high level. Most of the students had positive feelings about all 3 activities and had positive opinions on the story of the integrated STEM activities.

**KEYWORDS:** STEM Education, Critical thinking and problem solving, Thinking process skills,  
Integrated activity

*\*Corresponding author, E-mail: Puangpaka\_paw@dusit.ac.th โทร. 0851110062*

*Received: 5 November 2022 / Revised: 6 January 2023 / Accepted: 18 January 2023 / Published online: 27 January 2023*

## บทนำ

โครงการละอพลัส ระดับประถมศึกษา เป็นหลักสูตรบูรณาการของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ที่พัฒนาโดยอิงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ผูกกับปรัชญาการเรียนรู้อย่างมีความสุข และเอกลักษณ์การส่งเสริมกระบวนการคิดของผู้เรียน อันเกิดจากการบูรณาการเนื้อหาในแต่ละกลุ่มสาระวิชาและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยสร้างการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นฐานด้วยแนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย ประกอบกับพันธกิจของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศในการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและกิจกรรมเสริมหลักสูตรโดยมุ่งเน้นทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะภาษาอังกฤษ และทักษะชีวิต รวมถึงวิจัยพัฒนาและเผยแพร่นวัตกรรมด้านการประถมศึกษา เพื่อบริการวิชาการแก่สังคม จากแนวคิดของหลักสูตรบูรณาการโครงการละอพลัส ระดับประถมศึกษา และพันธกิจของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศดังกล่าวข้างต้น จึงต้องมีการพัฒนาจัดการเรียนการสอนในรูปแบบที่หลากหลาย พัฒนากิจกรรมแบบบูรณาการเนื้อหาในแต่ละกลุ่มสาระวิชาและกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่มุ่งเน้นทักษะการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะภาษาอังกฤษ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562; Sanders, 2009; Carter, 2020) มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง อีกทั้งเป็นการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ คือ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ 2) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด 3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบ active learning ของผู้เรียน 4) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ 5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) เห็นได้ว่าลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาดังที่กล่าวข้างต้นสอดคล้องกับเอกลักษณ์ของโรงเรียนในการส่งเสริมกระบวนการคิดของผู้เรียน เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นทักษะการเรียนรู้ทักษะกระบวนการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนระดับประถมศึกษา

สำหรับทักษะกระบวนการคิดและการเรียนรู้ที่สำคัญสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยทักษะสำคัญที่ผู้เรียนควรมีคือความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and problem solving) การสื่อสารและความร่วมมือ (communication and collaboration) นั้น ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นไปที่ประเด็นของการส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของผู้เรียน เนื่องจากมีความสอดคล้องกับบริบทและจุดมุ่งหมายของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยและต่างประเทศพบว่ากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Hacıoglu & Gulhan, 2021; Keleman, Rasul & Jalaludin, 2021; Mater et al., 2020; ภิญโญ วงษ์ทอง, 2562) และความสามารถในการแก้ปัญหา (Khamngoen & Srikoon, 2019; Netwong, 2018; ภิญโญ วงษ์ทอง, 2563; สุวิมล สาสังข์ และยุรวัดน์ คล้ายมงคล, 2563; อุไร ดอกคำ และสาวิตรี เถาว์โท, 2563; กมลฉัตร กล่อมอิม, 2562) ของนักเรียนระดับประถมศึกษา สำหรับกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่เผยแพร่ในปัจจุบันของประเทศไทยส่วนมากเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมหรือเป็นคู่มือการจัดกิจกรรมสำหรับครูเท่านั้น หากต้องนำไปใช้ต่อในชั้นเรียนทั่วไปผู้สอนต้องจัดเตรียมและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ตามที่ระบุเพื่อนำกิจกรรมมาจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน จากการศึกษาของผู้วิจัยชุดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาและเครื่องมือสำหรับประเมินทักษะกระบวนการคิดของผู้เรียนที่สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศและเป็นชุดกิจกรรมที่ผู้สอนระดับประถมศึกษาสามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมกับห้องเรียนละอพลัสยังพบได้น้อย นอกจากนี้การพัฒนากิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มเพื่อเป็นแนวทางหรือโมเดลสำหรับครูที่สอนในระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาสามารถนำไปใช้สอนในห้องเรียนของตนเองได้ทันทียังคงเป็นความท้าทายอันหนึ่งของนักการศึกษา (Srikoon, Hanuscin & Faikhamta, 2017)

การออกแบบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ที่พัฒนาในการวิจัยครั้งนี้ใช้หลักการออกแบบ (design principle) ที่นำเสนอโดย Butler และคณะ (2020) ประกอบด้วยหลักการออกแบบกิจกรรมหรือหลักสูตรตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นบริบทหลักในการออกแบบกิจกรรม (engineering design process as context) กิจกรรมบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มรูปแบบนี้จะเน้นกระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียนและเหมาะสำหรับผู้สอนที่มีทัศนคติทั้งเชิงบวกและเชิงลบต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Dare, Ring-Whalen & Roehrig, 2019) กิจกรรมเน้นให้ผู้เรียนได้ออกแบบและใช้กระบวนการแก้ปัญหา การบูรณาการศาสตร์ระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ผ่านการออกแบบทางวิศวกรรมและการฝึกปฏิบัติ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม

เชื่อมโยงกับบริบทในโลกแห่งความจริงร่วมกับแนวทางการสอนที่เหมาะสมโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Cunningham (2018) ที่ปรับปรุงให้เหมาะสมสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ถาม (ask) จินตนาการ (imagine) วางแผน (plan) สร้าง (create) และปรับปรุง (improve)

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอองพลัส) โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ
2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอองพลัส) โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ หลังใช้กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจและความคิดเห็นต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอองพลัส) โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหาและทักษะในลักษณะข้ามสาขาวิชา โดยให้ความสำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ อันก่อให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในสิ่งที่เรียน ขยายสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อนำไปสู่การเตรียมความพร้อมให้กับเด็กในการประยุกต์ใช้ความรู้ และทักษะอย่างมีความหมายและเหมาะสมกับวัย สามารถดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 และมุ่งสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจระดับสากล

2. กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 หมายถึง ขั้นตอนวิธีการ หรือแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการสาระวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) หรือคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย การตั้งคำถาม การจินตนาการ การวางแผน การสร้างสรรค์ และการปรับปรุง โดยใช้การทำงานเป็นทีม การเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อแก้สถานการณ์หรือสิ่งที่ท้าทายอันเชื่อมโยงกับโลกความเป็นจริง โดยมีองค์ประกอบคือ 1) ตัวชี้วัด 2) สาระของกิจกรรม 3) วัตถุประสงค์กิจกรรม 4) วัสดุอุปกรณ์ 5) ขั้นตอนของกิจกรรมและระยะเวลา 6) การประเมินผล 7) แผนการจัดการกิจกรรม 8) เรื่องเล่าประกอบกิจกรรม และ 9) ใบกิจกรรม ที่พัฒนาโดยผู้วิจัยโดยผสมผสานระหว่างการใช้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3. ทักษะกระบวนการคิดในศตวรรษที่ 21 หมายถึง การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาอันเป็นความสามารถในการใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ ประเมินหลักฐานและข้อคิดเห็นด้วยมุมมองที่หลากหลายจัดทำข้อสรุปสะท้อนสิ่งที่คิดอย่างพิเคราะห์โดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้ การแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือปัญหาใหม่ได้โดยใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ และประสบการณ์ที่เคยรู้มาแล้ว หรือการสืบเสาะหาความรู้วิธีการใหม่มาใช้แก้ปัญหา รวมถึงการซักถามเพื่อทำความเข้าใจมุมมองที่แตกต่างหลากหลายเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่ตีมากขึ้น ซึ่งวัดจากองค์ประกอบ 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ ด้านการตัดสินใจ และด้านการแก้ปัญหา

3.1 การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง การใช้เหตุผลที่หลากหลายเหมาะสมกับสถานการณ์ อธิบายข้อมูลสนับสนุนอย่างมีเหตุผล และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลและสถานการณ์

3.2 การตัดสินใจ หมายถึง การระบุทางเลือกที่เป็นไปได้ ตั้งเกณฑ์สำหรับการประเมินทางเลือกทำข้อสรุปเพื่อนำเสนอทางเลือก และเลือกแนวทางที่เหมาะสมกับเกณฑ์

3.3 การแก้ปัญหา หมายถึง การซักถามและระบุปัญหา ระดมสมองและวางแผน การแก้ปัญหา สร้างและทดสอบวิธีการแก้ปัญหา ประเมินและแบ่งปันวิธีการแก้ปัญหา

## ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบกิจกรรมและแนวทางกระบวนการจัดการเรียนการสอนสำหรับกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับประถมศึกษาสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ออกแบบกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาอันจะเป็นฐานของการคิดขั้นสูงต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) มีวิธีดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาแบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา และระยะที่ 2 การลองใช้ (tryout) กิจกรรมบูรณาการฯ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แต่ละระยะมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

### ระยะที่ 1 การพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ จากเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาเพื่อนำผลมากำหนดกรอบแนวคิดของการพัฒนากิจกรรมบูรณาการออกแบบกิจกรรม จากนั้นดำเนินการสำรวจสภาพการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการสัมภาษณ์กลุ่ม (group interview) ครูระดับประถมศึกษาที่มีประสบการณ์สอนในระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ลำปาง จำนวน 5 คน เป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน คณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และภาษาอังกฤษ จำนวน 1 คน

2. นำผลการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและการสำรวจสภาพการจัดกิจกรรมมาสู่การกำหนดกรอบในการสร้างกิจกรรมบูรณาการฯ โดยใช้หลักการออกแบบ (design principle) กิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษาของ Cunningham (2018) ผู้วิจัยสังเคราะห์เป็นแนวทางสำหรับออกแบบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา กำหนดขั้นตอนกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและพัฒนาเป็นกรอบการสร้างกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละออพลัส) (ภาพที่ 1) จากนั้นออกแบบกิจกรรมบูรณาการฯ ฉบับร่าง 1 ตามกรอบที่กำหนดดังกล่าว

3. สร้างเอกสารประกอบการใช้กิจกรรมบูรณาการฯ ฉบับร่าง 1 ซึ่งประกอบด้วย 1) เรื่องเล่าภาษาอังกฤษสำหรับเล่าโดยครูหรืออ่านโดยนักเรียน 2) แผนการจัดกิจกรรมบูรณาการฯ สร้างตามหลักการและขั้นตอนของกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น และ 3) ใบกิจกรรมสำหรับนักเรียน เป็นเอกสารที่จัดทำเป็นภาษาอังกฤษสำหรับให้นักเรียนใช้ประกอบการทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดประกอบด้วยชื่อกิจกรรม วัสดุอุปกรณ์ พื้นที่สำหรับการออกแบบ การประเมินผลงานตนเอง

4. ผู้วิจัยประชุมกลุ่ม อภิปราย และวิพากษ์ร่วมกับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และภาษาอังกฤษของระดับประถมศึกษาปีที่ 1 วิชาละ 1 คน เพื่อปรับปรุงกิจกรรมบูรณาการฯ ฉบับร่าง 1 และตรวจสอบคุณภาพของเอกสารประกอบการใช้กิจกรรมบูรณาการฯ ฉบับร่าง 1 จากนั้น ปรับปรุงกิจกรรมบูรณาการฯ และเอกสารประกอบการใช้กิจกรรมบูรณาการฯ สำหรับการศึกษานำร่อง

### ระยะที่ 2 การลองใช้ (tryout) กิจกรรมบูรณาการฯ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ก่อนการลองใช้ (tryout) ผู้วิจัยมีการเตรียมตัวผู้ช่วยนักวิจัยสำหรับการลองใช้ (tryout) จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาลำปาง จำนวน 3 คน ที่ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในสถานศึกษา โดยให้ผู้ช่วยนักวิจัยสังเกตการสอนห้องเรียนโครงการละออพลัสที่มีครูชาวต่างชาติเป็นผู้จัดกิจกรรม

จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดการกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ภาษาอังกฤษ จากนั้นให้ผู้ช่วยนักวิจัยทดลองจัดการกิจกรรมโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการจัดการกิจกรรมบูรณาการฯ ให้เป็นแนวทางเดียวกัน ผู้วิจัยเตรียมตัวผู้ช่วยนักวิจัยเพื่อเก็บข้อมูลของตัวอย่างโดยประชุมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย และให้ผู้ช่วยนักวิจัยอภิปรายร่วมกับผู้วิจัยเกี่ยวกับประเด็นที่ต้องสังเกตในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนทดลองใช้กิจกรรมบูรณาการฯ กลุ่มสองเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาลำปาง จำนวน 16 คน ที่ได้รับการฝึกบันทึกภาพเคลื่อนไหวของตัวอย่างระหว่างดำเนินกิจกรรมบูรณาการฯ เพื่อช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างลองใช้กิจกรรมบูรณาการฯ

### ประชากร และตัวอย่างวิจัย

ประชากรสำหรับการศึกษานำร่องครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ลำปาง ปีการศึกษา 2564 จำนวนทั้งหมด 50 คน ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างโดยใช้การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ได้ตัวอย่างวิจัยสำหรับการลองใช้ จำนวน 19 คน ผู้วิจัยทำการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) แบ่งตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ได้กลุ่มละ 6-7 คน

### เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนตามกรอบแนวคิดของ Partnership for 21st Century Learning (Battelle for Kids, 2019) ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ 2) ด้านการตัดสินใจ และ 3) ด้านการแก้ปัญหา กำหนดลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) จำนวน 27 ข้อ ให้ผู้ประเมินพิจารณาจากพฤติกรรมที่สังเกตได้ และให้คะแนนแบบ 0, 1 โดย 0 หมายถึง ไม่มีพฤติกรรม และ 1 หมายถึง มีพฤติกรรม เช่น อธิบายสถานการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นโดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของตนเอง (ด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ) โต้แย้งข้อมูลโดยใช้ประสบการณ์ของตนเอง (ด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ) จำแนกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเป็นไปไม่ได้ (ด้านการตัดสินใจ) นำเสนอทางเลือกที่ดีที่สุดจากเกณฑ์ที่กำหนด (ด้านการตัดสินใจ) อธิบายขั้นตอนกระบวนการหรือวิธีการแก้ปัญหา (ด้านการแก้ปัญหา) ปรับปรุงแนวคิดหรือแผนขั้นต้นของวิธีการแก้ปัญหา (ด้านการแก้ปัญหา) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจเป็นมาตรฐานค่าแบบรูปภาพ 3 ระดับ และข้อคำถามเพื่อสอบถามความคิดเห็นต่อกิจกรรม

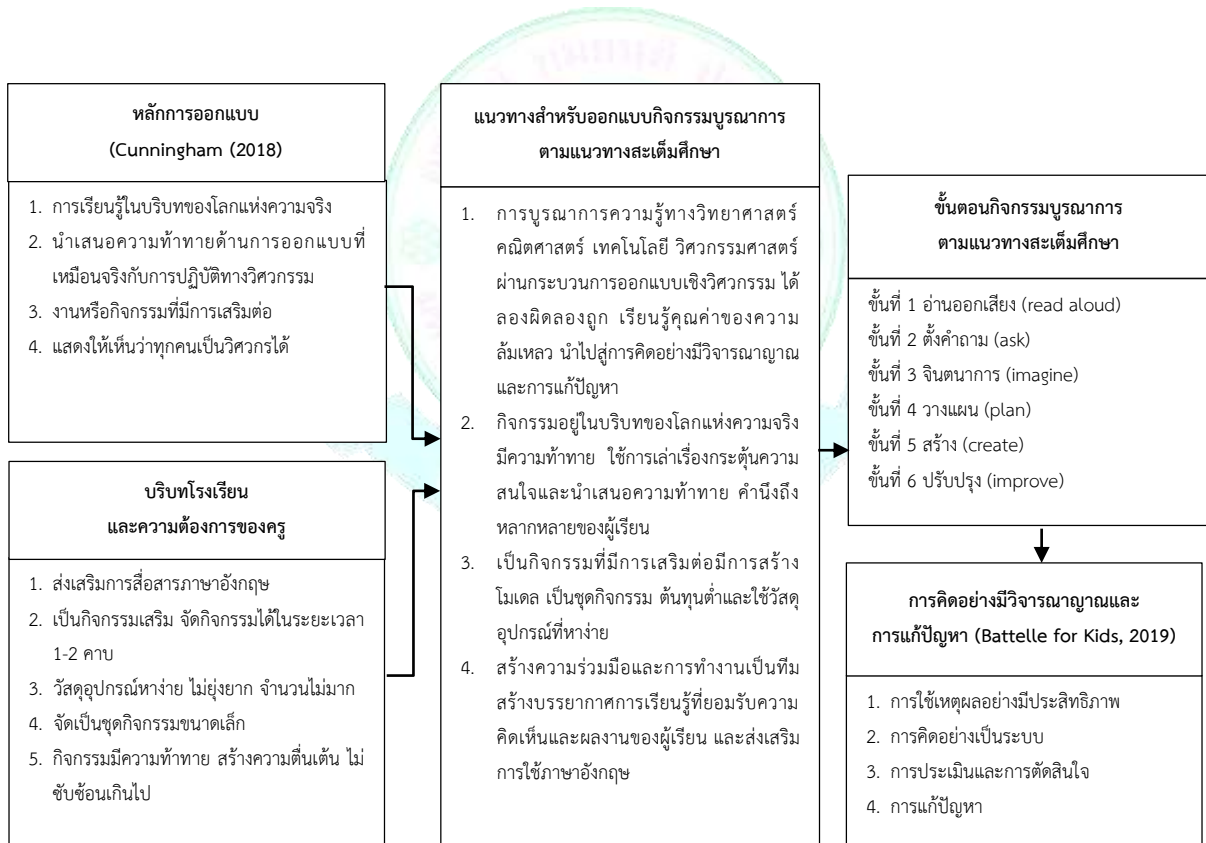
การตรวจสอบคุณตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ด้านความตรงเชิงเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ผู้เชี่ยวชาญด้านการประถมศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา พิจารณาความสอดคล้องของรายการข้อคำถาม/รายการพฤติกรรมกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่กำหนด จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (content validity index: CVI) จำนวน 3 ดัชนี ได้แก่ I-CVI, S-CVI/UA และ S-CVI/Ave เมื่อพิจารณา CVI เป็นรายข้อพบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่า I-CVI เท่ากับ 1.00 เมื่อพิจารณาค่า CVI ทั้งฉบับพบว่า แบบประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีค่า S-CVI/Ave และค่า S-CVI/UA เท่ากับ 1.00 เช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงพิจารณาปรับแก้ประเด็นของการใช้ภาษาตามที่ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ นอกจากนี้ การหาค่าความเที่ยงระหว่างผู้สังเกต (Interrater reliability: IRR) โดยวิเคราะห์ค่า Percent agreement ของผู้ประเมิน 3 คน พบว่า IRR อยู่ระหว่าง ร้อยละ 37.4 ถึง 66.7 เมื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเป็นรายคู่พบว่าผลการประเมินจากผู้ประเมินคนที่ 2 และผู้ประเมินคนที่ 3 มีความสอดคล้องกันสูงจากการสังเกตพฤติกรรมของตัวอย่าง (Percent agreement > 80%) และผลการประเมินจากผู้ประเมินคนที่ 1 และผู้ประเมินคนที่ 2 มีความสอดคล้องกันสูงจากการสังเกตพฤติกรรมของตัวอย่าง (Percent agreement > 80%)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานำร่อง ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ร่วมกับการสังเกตพฤติกรรมตามรายการพฤติกรรมที่กำหนดจากภาพเคลื่อนไหว (VDO) แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความถี่ (f) 2) การวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อกิจกรรม วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจโดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ 3) การวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อกิจกรรมโดยใช้ความถี่ จากนั้นนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของการบรรยายและแผนภาพเมฆกลุ่มคำ (Word cloud) โดยใช้โปรแกรม ATLAS.ti 22 (Trial Version)

### ผลการวิจัย

1. การพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 มีกรอบในการสร้างกิจกรรมโดยใช้หลักการออกแบบของ Cunningham (2018) ผสมกับบริบทโรงเรียนและความต้องการของครูได้เป็นแนวทางสำหรับออกแบบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา 4 หลักการ (ภาพที่ 1) และมีขั้นตอนของกิจกรรมบูรณาการ 6 ขั้นตอน (ตัวอย่างกิจกรรมดังภาพที่ 2)



ภาพ 1 กรอบในการพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา



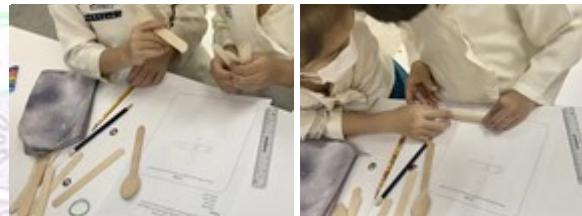
ขั้นที่ 1 อ่านออกเสียง: การเล่าเรื่องเล่าภาษาอังกฤษกระตุ้นความสนใจและนำเข้าสู่สถานการณ์หรือปัญหา



ขั้นที่ 2 ตั้งคำถาม: การใช้คำถามนำสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์หรือปัญหา มีคำถามนำทาง เช่น ปัญหาคืออะไร? จะแก้ปัญหาอย่างไร? มีข้อจำกัดอะไรบ้าง?



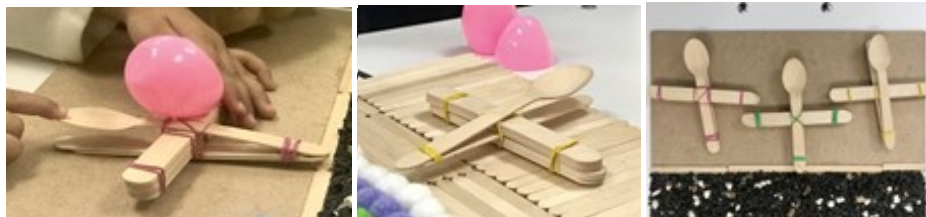
ขั้นที่ 3 จินตนาการ: ระดมความคิดหาวิธีแก้ปัญหา หรือเลือกวิธีการที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหา



ขั้นที่ 4 วางแผน: วาดภาพความคิดและระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้



ขั้นที่ 5 สร้าง: ดำเนินการตามสิ่งที่วางแผนเพื่อสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาและทำการทดสอบผลงาน



ขั้นที่ 6 ปรับปรุง: พิจารณาชิ้นงานว่าแก้ปัญหาตามทีวางแผนได้หรือไม่ ทำอย่างไรผลงานจึงจะดีขึ้น ปรับปรุงผลงาน และทำการทดสอบอีกครั้ง

ภาพ 2 ตัวอย่างขั้นตอนของกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผลจากการประชุม อภิปราย และวิพากษ์ร่วมกันครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และภาษาอังกฤษของระดับ ประถมศึกษาปีที่ 1 การวิเคราะห์บริบทของโรงเรียน ตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและกลุ่มสาระ การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผสมกับผลการปรับปรุงกิจกรรมบูรณาการฯ ฉบับร่าง 1 ได้กิจกรรมบูรณาการฯ สำหรับศึกษานำร่อง จำนวน 3 กิจกรรม ประกอบด้วย Egg tower challenge, Egg basket challenge, Egg catapult challenge ทุกกิจกรรม



มีองค์ประกอบ ได้แก่ 1) ตัวชี้วัด 2) สารของกิจกรรม 3) วัตถุประสงค์กิจกรรม 4) วัสดุอุปกรณ์ 5) ขั้นตอนของกิจกรรมและระยะเวลา 6) การประเมินผล 7) แผนการจัดกิจกรรม 8) เรื่องเล่าประกอบกิจกรรม 3 เรื่อง คือ 1) I am an egg 2) Eggs go to the city และ 3) Camping day with eggs และ 9) ใบกิจกรรมสำหรับนักเรียน

2. หลังเรียนรู้ด้วยกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 นักเรียนแสดงพฤติกรรมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ด้านที่มีความถี่ของพฤติกรรมสูงสุดคือด้านการแก้ปัญหา รองลงมาคือด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ และด้านการตัดสินใจ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแต่ละกิจกรรมพบว่ากิจกรรมที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาสูงสุดคือกิจกรรม Egg Tower รองลงมาคือ กิจกรรม Egg Catapult และกิจกรรม Egg Basket ตามลำดับ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ความถี่ของพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

กิจกรรม	ความถี่การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา			
	การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ	การตัดสินใจ	การแก้ปัญหา	รวม
1. Egg tower challenge	10	9	14	33
2. Egg basket challenge	0	3	10	13
3. Egg catapult challenge	11	5	9	25
<b>ภาพรวม</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>33</b>	<b>71</b>

3. ความพึงพอใจและความคิดเห็นต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมในระดับมาก เมื่อพิจารณาแต่ละกิจกรรมพบว่าทุกกิจกรรมนักเรียนมีระดับความพึงพอใจในระดับมากเช่นเดียวกัน (ดังตาราง 2)

ตาราง 2 ความพึงพอใจต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กิจกรรม	N	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	SD	ความหมาย
1. Egg tower challenge	7	3.00	0.00	มาก
2. Egg basket challenge	6	2.67	0.52	มาก
3. Egg catapult challenge	6	3.00	0.00	มาก
<b>ภาพรวม</b>	<b>19</b>	<b>2.89</b>	<b>0.32</b>	<b>มาก</b>

นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้สึกทางบวกต่อกิจกรรมย่อยทั้ง 3 กิจกรรม (แสดงดังภาพเมฆกลุ่มคำภาพที่ 3) ความคิดเห็นต่อเรื่องเล่าประกอบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นทางบวกต่อเรื่องเล่า (แสดงดังภาพเมฆกลุ่มคำภาพที่ 4) ประเด็นที่ต้องปรับปรุง คือ การเพิ่มเติมเรื่องราวให้มีลูกเล่นเพิ่มขึ้น ส่วนด้านความคิดเห็นที่มีต่อวัสดุอุปกรณ์พบว่าประเด็นที่ควรปรับปรุง คือ เพิ่มจำนวนของวัสดุ เช่น ลวดก้ำมะหยี่ และความแข็งแรงของวัสดุ เช่น ไม้ไอศกรีม และด้านความคิดเห็นที่มีต่อกระบวนการทำกิจกรรมพบว่าประเด็นที่ควรปรับปรุง คือ การเพิ่มระยะเวลาคำแนะนำก่อนเริ่มกิจกรรม เป็นต้น



ภาพ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา



ภาพ 4 ความคิดเห็นของนักเรียนต่อเรื่องเล่าประกอบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

## อภิปราย และข้อเสนอแนะ

### การพัฒนากิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 มีแนวทางในการออกแบบกิจกรรมบูรณาการ ประกอบด้วย 4 หลักการ *หลักการแรก การบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้ลองผิดลองถูก เรียนรู้คุณค่าของความล้มเหลว นำไปสู่การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา* หากนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางนี้จะส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) ผ่านความท้าทายด้านการออกแบบเชิงวิศวกรรมภายใต้สภาพแวดล้อมการค้นพบความรู้ของนักเรียนอย่างมีโครงสร้าง สภาพแวดล้อมการเรียนรู้เช่นนี้ทำให้เกิดการทำหน้าที่จะเรียนรู้พร้อมกับกระตุ้นให้ใช้ประโยชน์จากความรู้และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผ่านการออกแบบวิธีแก้ปัญหา จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ที่สำคัญคือการสร้างความเข้าใจผ่านประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมโดยฝึกนิสัยของการลงมือทำ (habit of hand) ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนออกแบบเองอย่างเข้าใจ (Well, 2017) การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในมุมมองของวิทยาการทางปัญญา มีการกำหนดการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาตามธรรมชาติผ่านความท้าทายในการเรียนรู้จากการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นที่นำผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง (deep learning) เมื่อผู้เรียนแสดงความเชื่อมโยงระหว่างโน้ตทัศน์และแนวปฏิบัติรวมถึงแสดงการใช้ความรู้ในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาสำหรับการออกแบบที่ท้าทาย จากงานวิจัยก่อนหน้าเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้เกิดทักษะเฉพาะที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหตามสภาพจริง ประกอบด้วย การรับรู้และระบุปัญหา การเรียกและจัดระเบียบเนื้อหาเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การดำเนินการขั้นตอนที่เป็นแนวทางปฏิบัติทั่วไปในเรื่อนั้น และการมองย้อนกลับเพื่อดูว่ามีความคืบหน้าหรือไม่และระบุวิธีแก้ปัญหา (Shanta & Well, 2022)

*หลักการสอง กิจกรรมอยู่ในบริบทของโลกแห่งความจริง มีความท้าทายใช้การเล่าเรื่องกระตุ้นความสนใจและนำเสนอความท้าทาย คำนี้ถึงหลายหลายของผู้เรียน* การเรียนรู้ในบริบทโลกแห่งความจริงช่วยเพิ่มความยึดมั่นผูกพัน ความกระตือรือร้น และผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน (Cunningham, 2018) ซึ่งการเรียนรู้ในบริบทของโลกแห่งความจริงนั้นมีความเชื่อมโยงกับการเรียนรู้ตามสภาพจริงอันเป็นคำที่ถูกกล่าวถึงอย่างแพร่หลายทางวรรณกรรมการศึกษา โดยเฉพาะวรรณกรรมด้านการออกแบบทางการศึกษาและวรรณกรรมทางการศึกษาวิศวกรรม มีหลักฐานสนับสนุนจากการศึกษาของ Hertel และคณะ (2017) ระบุว่าหนังสือเรื่องเล่าที่น่าสนใจเกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์มีบทบาทในการต่อเติมกิจกรรมของผู้เรียนและสนับสนุนการปฏิบัติทางญาณวิทยาของวิศวกรรมศาสตร์ (epistemic practices of engineering)

*หลักการสาม เป็นกิจกรรมที่มีการเสริมต่อมีการสร้างโมเดลเป็นชุดกิจกรรม ต้นทุนต่ำ และใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาง่าย* การออกแบบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้กิจกรรมที่มีการเสริมต่อ (scaffolding) ต้องมีครูหรือผู้เชี่ยวชาญทำหน้าที่สนับสนุนช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมและได้รับทักษะผ่านงานที่ได้รับมอบหมายเกินความสามารถที่มีอยู่ของนักเรียน (Wood, Lin & Chang, 1976) ในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนการเรียนรู้แบบเสริมต่อถูกนำมาประยุกต์ใช้เพราะสามารถจูงใจให้นักเรียนเรียนรู้ นักเรียนจะได้รับคำแนะนำที่ละเอียดมากขึ้นจากครูในขณะที่เรียนรู้ เพื่อให้รูปแบบการโต้ตอบได้รับการชี้แนะมากขึ้นเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ความช่วยเหลือ

ด้านการเรียนรู้จากครูหรือผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้เพราะองค์ประกอบของนักเรียนในชั้นเรียนแตกต่างกันไป ตามความสามารถทางปัญญาของผู้เรียน (Wartono, Batlolona & Mahapoonyanont, 2019) นอกจากนี้ การเรียนรู้แบบเสริมต่อยังมีความสำคัญกับบรรยากาศการเรียนรู้ในวิทยาศาสตร์ นั่นคือผู้เรียนสามารถมีส่วนร่วม ในกิจกรรมที่มีความซับซ้อนมากกว่าความสามารถของตนเองโดยได้รับการช่วยเหลือหรือสนับสนุนจากครู ด้วยเหตุนี้ การเรียนรู้แบบเสริมต่อจึงทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น แม้แต่เด็กเล็กก็สามารถมีส่วนร่วมกับหลักปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และเรียนรู้ตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน การเรียนรู้แบบเสริมต่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดหลักของวิทยาศาสตร์ การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจและการประยุกต์ใช้แนวคิดการตัดขวางการมีส่วนร่วมในกระบวนการ และขั้นตอนที่คาดหวังในห้องเรียน การร่วมมือ อภิปัญญา และการสะท้อนคิด (Davis, 2015)

*หลักการสี่ สร้างความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ยอมรับความคิดเห็นและผลงานของผู้เรียน และส่งเสริมบรรยากาศการใช้ภาษาอังกฤษ* การออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (cooperative learning) มีการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนทำงานเป็นทีมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกันภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด (Felder & Brent, 2007) โดยมีองค์ประกอบสำคัญหลายประการไม่ว่าจะเป็นการพึ่งพาอาศัยกันในเชิงบวก ความรับผิดชอบส่วนบุคคล การมีปฏิสัมพันธ์แบบ face to face หรือการใช้ทักษะการทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสมที่นักเรียนได้รับการส่งเสริมพัฒนาและฝึกฝนการสร้างควมไว้วางใจ ความเป็นผู้นำ การสื่อสาร การจัดการความขัดแย้ง และการตัดสินใจ รวมทั้งมีการประมวลผลแบบกลุ่ม ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนรู้จากกันและกันสามารถสะท้อนประสบการณ์การเรียนรู้แบบกลุ่มของตนเองได้ (Johnson & Johnson, 1989 อ้างถึงใน Zhang & Chen, 2021) การตัดสินใจเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินหลักฐาน ข้อโต้แย้ง ข้อเรียกร้อง และความเชื่ออย่างมีประสิทธิภาพ วิเคราะห์และประเมินมุมมองทางเลือกที่สำคัญ สังเคราะห์และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลและข้อโต้แย้ง ตีความข้อมูลและสร้างข้อสรุปจากการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด และสะท้อนความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้ประสบการณ์และกระบวนการเรียนรู้ (Partnership for 21st Century Skills, 2008) การเรียนรู้แบบร่วมมือมีผลทางบวกต่อนักเรียนช่วยพัฒนาทักษะการเรียนรู้ เช่น ปฏิสัมพันธ์ การสื่อสาร การแก้ปัญหา และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Benek & Bezir Akcay, 2019)

### **การศึกษาทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21**

หลังเรียนรู้ด้วยกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 แสดงพฤติกรรมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ด้านที่มีความถี่ของพฤติกรรมสูงสุดคือด้านการแก้ปัญหา รองลงมาคือด้านการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ และด้านการตัดสินใจตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mallcok และ Ceylan (2022) พบว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษา มีผลทำให้ทักษะการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของเด็กในช่วงวัยนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแสดงผลทางบวกสำหรับเด็กอายุ 6 ปี การสังเคราะห์อภิमानงานวิจัยของ Khamngoen และ Srikoon (2019) เกี่ยวกับงานวิจัยกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนในประเทศไทย โดยศึกษากับงานวิจัยที่เผยแพร่ปี 2009 – 2019 ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนและเกณฑ์คะแนนพัฒนาการ และผลการวิเคราะห์อภิमानงานวิจัยของ Wahono, Lin และ Chang (2020) เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในเอเชียที่ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงและแรงจูงใจของผู้เรียน จำนวน 4,768 คน จากงานวิจัยจำนวน 54 งานวิจัย ผลการวิเคราะห์พบว่าสะเต็มศึกษาในเอเชียมีขนาดอิทธิพลต่อการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ในระดับกลางโดยส่งผลต่อทักษะการคิดขั้นสูงมากที่สุด รองลงมาเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจตามลำดับ ข้อค้นพบในงานวิจัยสนับสนุนว่าสะเต็มศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญระดับสากลที่จะเตรียมนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพจากภูมิหลังที่มีความหลากหลายไปสู่ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้น

## ความพึงพอใจและความคิดเห็นต่อกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมในระดับมาก เมื่อพิจารณาแต่ละกิจกรรมพบว่าทุกกิจกรรมนักเรียนมีระดับความพึงพอใจในระดับมากเช่นเดียวกัน นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้สึกทางบวกต่อกิจกรรมย่อยทั้ง 3 กิจกรรม มีความคิดเห็นทางบวกต่อเรื่องเล่าประกอบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เนื่องด้วยเป็นกิจกรรมที่พัฒนาโดยใช้การเล่าเรื่องราวที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนเป็นเรื่องราวที่น่าสนใจสนุกมีการช่วยเหลือคนและสัตว์และแสดงถึงความหลากหลายทางประชากร เช่น เพศ รูปลักษณ์ภายนอก การแสดงอารมณ์ทางสีหน้าและการแต่งกาย สถานการณ์ภายใต้หลักการเรียนรู้ในบริบทของโลกแห่งความจริงพบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีความคิดเห็นทางบวกต่อเรื่องเล่าประกอบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เช่น ชอบ สนุก ตลก แสดงให้เห็นว่าการใช้เรื่องเล่าสามารถกระตุ้นความสนใจและสร้างความท้าทายในการแก้ปัญหาของผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้ Cunningham (2018) กล่าวว่าเรื่องเล่า (narrative story) และความขัดแย้งที่อยู่ในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ประยุกต์สู่ชีวิตของผู้คนมีศักยภาพอันทรงพลังต่อทัศนคติของผู้เรียนในการทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี นอกจากนี้ ในมุมมองของ Olokunde และคณะ (2018) ยังมองว่าการเล่าเรื่องอาจเป็นหนึ่งในสื่อที่มนุษย์ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูล ถ่ายทอดความรู้ และช่วยให้เข้าใจโลกที่ซับซ้อนและสลับ การเล่าเรื่องเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังสำหรับการเรียนรู้ส่วนบุคคลและการค้นหาตนเองมีการใช้เรื่องราวสร้างความบันเทิงจุดประกายจินตนาการพร้อมท้าทายให้คิด รู้สึก และมองโลกรอบตัวในรูปแบบใหม่ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เรื่องเล่าที่ใช้ประกอบกิจกรรมเป็นเรื่องราวภาษาอังกฤษซึ่งเป็นบริบทเฉพาะของโครงการละอองพลัส โรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ทั้งนี้ แนวทางการออกแบบกิจกรรมในบริบทของโลกแห่งความจริงมีความท้าทายโดยใช้การเล่าเรื่องกระตุ้นความสนใจและนำเสนอความท้าทาย คำนึงถึงหลากหลายของผู้เรียนนั้น สอดคล้องกับผลการศึกษาที่สะท้อนจากความพึงพอใจในภาพรวมของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมในระดับมากและแต่ละกิจกรรมนักเรียนมีระดับความพึงพอใจในระดับมากเช่นเดียวกันจากการสังเกตของผู้วิจัยมีความเห็นว่าการเล่าเรื่องเพื่อกระตุ้นความสนใจและนำเสนอความท้าทายที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียนโดยใช้ภาษาอังกฤษมีความเชื่อมโยงกับความสามารถในการสื่อสารภาษาอังกฤษของผู้ใช้กิจกรรม การเข้าใจบริบทโลกแห่งความจริงในระดับสากลในเรื่องของความหลากหลายทางประชากรและการเข้าใจความหลากหลายของนักเรียนด้วยหากผู้ใช้กิจกรรมสื่อสารแนวคิดทางบวกและเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นรูปธรรมได้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจบริบทโลกของความจริงได้ง่ายขึ้น มีการศึกษาระบุว่านักเรียนระดับประถมศึกษาที่ได้รับการพัฒนาการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรมมีโอกาสได้รับการกระตุ้นกระบวนการคิดขั้นสูงรวมถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการสอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้กับนักเรียนคือตั้งแต่เข้าระดับประถมศึกษา และตามมุมมองของกระบวนการทางปัญญา (cognitive process) การพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้ปกครอง เพื่อน ครู และคุณลักษณะของนักเรียน (Leasa et al., 2020)

### ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดสำหรับศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 (โครงการละอองพลัส) ซึ่งเป็นบริบทเฉพาะของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 3 กิจกรรม คือ 1) Egg tower challenge 2) Egg basket challenge และ 3) Egg catapult challenge แต่ละกิจกรรมมีเรื่องเล่าประกอบกิจกรรมเป็นภาษาอังกฤษ ได้แก่ I am an egg, Eggs go to the city, Camping day with eggs และใบกิจกรรมสำหรับนักเรียนที่เป็นภาษาอังกฤษ ดังนั้นในการนำผลการวิจัยไปใช้สำหรับส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลจึงควรคำนึงถึงบริบทของสถานศึกษาที่คล้ายคลึงกัน ความสามารถในการสื่อสารภาษาอังกฤษและทักษะพื้นฐานทางภาษาอังกฤษของนักเรียน หรือนำไปประยุกต์ใช้กับกับนักเรียนระดับชั้นที่สูงขึ้น เช่น ประถมศึกษาปีที่ 2 หรือ 3 เพื่อให้สอดคล้องกับทักษะพื้นฐานทางภาษาอังกฤษของนักเรียน

2. การออกแบบกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา ใช้หลักการในการออกแบบกิจกรรมโดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบเสริมต่อ (scaffolding) ต้องมีครูคอยทำหน้าที่สนับสนุนและช่วยเหลือให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม และได้รับทักษะผ่านกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเกินความสามารถที่มีอยู่ของนักเรียน ดังนั้นในการนำกิจกรรมไปใช้ในห้องเรียน จึงควรพิจารณาเกี่ยวกับการใช้คำถามอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำทางนักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ตามที่กำหนด รวมถึงการเสริมต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรมที่มีความซับซ้อนมากกว่าความสามารถนักเรียน

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากขั้นตอนของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยสำหรับประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมจากคลิปวิดีโอ แต่ในการดำเนินงานผู้วิจัยยังพบอุปสรรคบางประการเกี่ยวกับการบันทึกวิดีโอที่เป็นตัวแทนของพฤติกรรมกรรมผู้เรียน ในการศึกษาครั้งต่อไปสามารถศึกษาเพิ่มเติมและพัฒนาวิธีการวัดและเครื่องมือวัดโดยการวิเคราะห์วิดีโอ (VDO analysis) เพื่อให้เครื่องมือมีความตรงในการวัดมากยิ่งขึ้น และนำไปสู่การใช้จริงในห้องเรียนจริงได้ง่ายขึ้น

2. กิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นเป็นการศึกษาเฉพาะบริบทของโรงเรียนสาธิตละอออุทิศ ซึ่งเป็นหลักสูตรเฉพาะในโครงการละออพลัสที่เน้นการเรียนรู้แบบบูรณาการและการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมภาษาอังกฤษ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการนำกิจกรรมบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นไปขยายผลและทดลองใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาในบริบทอื่น เช่น โรงเรียนในสังกัด สพฐ. สข. อปท.

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัย (งบประมาณมหาวิทยาลัย) ปีงบประมาณ 2564 จากมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ทำให้ผู้วิจัยสามารถขับเคลื่อนการศึกษาไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้สำเร็จ จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้นการรับรอง (research with exemption) ตามเอกสารยืนยันการยกเว้นการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่รับรอง SDU-RDI 20021-019

### เอกสารอ้างอิง

- กมลฉัตร กล่อมอ้อม. (2562). การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างทักษะด้านการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณและการใช้ทักษะชีวิตสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารบรรณศาสตร์ มคอ., 12(2)*, 61-70.
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10(1)*, 94-112.
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2563). การเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 43(2)*, 3-16.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับประถมศึกษา*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. เข้าถึงจาก <https://www.scimath.org/e-books/8922/flippingbook/index.html>.

- สุวิมล สาสังข์ และยุรวัดน์ คล้ายมคง. (2563). ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา (OJED)*, 15(1), 1-11.
- อุไร ดอกคำ และสาวิตรี เถาว์โท. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่องดิน ในท้องถิ่นของเรา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วิจัยและประเมินผลอุบลราชธานี*, 9(1), 82-92.
- Battelle for Kids. (2019). *Framework for 21st century learning: A unified vision for learning to ensure student success in a world where change is constant and learning never stops*. Retrieved from <https://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>.
- Benek, I. & Bezir Akcay, B. (2019). A new cooperative learning technique: question jury. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 5(2), 681-708.
- Butler., D., McLoughlin E., O'Leary, M., Kaya, S., Brown, M. & Costello, E. (2020). *Towards the ATS STEM Conceptual Framework*. ATS STEM Report #5. Dublin: Dublin City University.
- Carter, K. C. (2020). *STEM Education in the Elementary School Classroom* (Master of Science in Education). Thesis of the faculty of Dominican University of California.
- Cunningham, C. M., (2018). *Engineering in elementary STEM education: curriculum design, instruction, learning and assessment*. Boston, MA: Museum of Science.
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701-1720.
- Davis, E. A. (2015). *Scaffolding Learning*. Gunstone (ed.), *Encyclopedia of Science Education*, <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0>
- Felder, R. M. & Brent, R. (2007). *Cooperative Learning. Active Learning: Models from the Analytical Sciences, ACS Symposium Series 970*, Chapter 4, 34–53. Washington, DC: American Chemical Society.
- Hacioglu, Y. and Gulhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH)*, 7(2), 139-155.
- Hertel, J. D., Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017). The roles of engineering notebooks in shaping elementary engineering student discourse and practice. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1194-1217.
- Keleman, M., Rasul, M. S. and Jalaludin, N. A. (2021). Assessment of higher order thinking skills through Stem integration project-based learning for elementary level. *International Journal of Social Science and Human Research*, 4(4), 835-847.
- Khamngoen, S. and Srikoon, S. (2019). Research synthesis of STEM Education approach effected on students' problem-solving skills in Thailand. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(2021), 012086.

- Leasa, M., Corebima, A. D. & Batlolona, J. R. (2020). The effect of learning styles on the critical thinking skills in natural science learning of elementary school students. *Ilkogretim Online-Elementary Education Online*, 19(4), 2086-2097.
- Mallcok, B. A. and Ceylan, R. (2022). The effects of STEM activities on the problem-solving skills of 6-year-old preschool children. *European Early Childhood Education Research Journal*, 3(3), 423-436.
- Mater, N. R., Hussein, M. J. H., Salha, H. S., Draid, F. R., Shaqour, A. Z., Qatanani, N. & Affouneh, S. (2020). The effect of the integration of STEM on critical thinking and technology acceptance model. *Educational Studies*, 5, 1-17.
- Netwong, T. (2018). Development of problem-solving skills by integration learning following STEM Education for Higher Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 8(9), 639-643.
- Olokunde, T., Lawson, A., Mbarika, W., & Mensa, P. (2018). *Digital storytelling as an educational tool for children learning STEM subjects. Arts, Humanities, Social Science & Education*. Retrieved from <https://artshumanitieshawaii.org/wp-content/uploads/2018/01/Olokunde-Temitope-2018-AHSE-HUIC.pdf>.
- Partnership for 21st Century Skills. (2008). *21st Century Skills, Education & Competitiveness: A Resource and Policy Guide*. Tucson, AZ: Partnership for 21st Century Skills.
- Sanders, M. (2009) STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Shanta, S. & Well, J. G. (2022). T/E design based learning: assessing student critical thinking and problem solving abilities. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 267-285.
- Srikoom, W., Hanuscin, D. L. and Faikhamta, C. (2017). Perceptions of in-service teachers toward teaching STEM in Thailand. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 18(2), Article 6.
- Wahono, B., Lin, P. & Chang, C. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(2020), 36.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.
- Wartono, W., Alfroni, Y. F., Batlolona, J. R. & Mahapoonyanont, N. (2019). Inquiry-scaffolding learning model: its effect on critical thinking skills and conceptual understanding. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 08(2), 249-259.
- Zhang, J & Chen, B (2021). The effect of cooperative learning on critical thinking of nursing students in clinical practicum: A quasi-experimental study. *Journal of Professional Nursing*, 33, 177-183.