

การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้บูรณาการ สเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก

Development of Creative Thinking Ability using Integrated STEAM education for Grade One Students in Small-Sized Primary School

ปิยนุญ วงษ์ทอง¹, สมเสมอ ทักษิณ¹, ทศนัย สูงใหญ่²

Pinyo Wongthong¹, Somsamer Thaksin¹, Tadsnai Soongyai²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปะ (A) และคณิตศาสตร์ (M) ผสานเข้าด้วยกัน ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการควบคู่กับการหนุนนำต่อเนื่องให้กับครูในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กในจังหวัดนครนายก จำนวน 8 คน จาก 8 โรงเรียน (โรงเรียนละ 1 คน) ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม จากนั้นครูเขียนแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและนำไปจัดกิจกรรมในชั้นเรียนกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก จังหวัดนครนายก จำนวน 8 ห้องเรียน จาก 8 โรงเรียนข้างต้น (โรงเรียนละ 1 ห้อง) มีนักเรียนรวม 65 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และค่าสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนเท่ากับร้อยละ 76.41 สูงกว่าก่อนเรียนเท่ากับร้อยละ 45.64 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 60 2) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษามีความสามารถในการคิด

¹ สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

¹ Educational Research Development and Demonstration Institute, Srinakharinwirot University

² Srinakharinwirot University Demonstration School, Ongkharak



คล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม และคิดละเอียดลออ แสดงว่าผู้เรียนมีการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

คำสำคัญ: กิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสหศึกษ การคิดสร้างสรรค์ โรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก

Abstract

The purposes of this research were to study the creative thinking ability and students' satisfaction of using integrated learning activities based on STEAM education ; Science (S), Technology (T), Engineering (E), Arts (A), and Mathematics (M) approach. The process of this research was the workshop training course on the integrated STEAM education teaching practice using coaching and monitoring for 8 grade one teachers from different 8 small-sized primary schools in Nakhon Nayok province by simple random sampling. Then the STEAM education lesson plans were constructed and after that used it in the classroom. The sample group of this research was 65 grade one students in 8 classrooms from different 8 small-sized primary schools in Nakhon Nayok province by purposive sampling. The research tools were 1) STEAM education lesson plans, 2) creative thinking test, and 3) students' satisfaction questionnaire. The statistical analysis were mean, standard deviation, percentage, and t-test dependent. The results were revealed that ; 1) the average creative thinking score of students after treated with learning activities based on STEAM education (76.41%) was significantly higher than that of before (45.64 %) at.05 statistical level, which was higher than the set criteria of 60% ; 2) the students' satisfaction of learning through the learning activities based on STEAM education was at a high level ($\bar{X}=4.43$, S.D.=0.37). Furthermore, students who received integrated STEAM education could improve the creativity ability of originality, fluency, flexibility, and elaboration.

Keywords: Integrated STEAM education, Creative thinking, Small-sized primary school

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นทักษะหนึ่งที่สำคัญในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นแก่เยาวชน เพราะความคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การสร้างสรรค์ประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่และก่อให้เกิดการคิดนวัตกรรม เพื่อนำไปพัฒนาประเทศในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายและจุดเน้นการจัดการ

ศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ (2562) เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการคิดของผู้เรียน การเรียนรู้จากสถานการณ์จริง สถานการณ์จำลอง กิจกรรมการเรียนรู้จากปัญหา และการลงมือปฏิบัติ ประกอบกับแผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2579) ก็ได้กำหนด ยุทธศาสตร์ เป้าหมาย และทิศทางการจัดการศึกษาของประเทศในการพัฒนาศักยภาพและขีด



ความสามารถของคนไทยทุกช่วงวัยให้เต็มตามศักยภาพ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ในหลักสูตรของไทยก็ให้ความสำคัญในการเสริมสร้างสมรรถนะด้านการคิดให้กับผู้เรียน ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ดังปรากฏในคู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ที่เน้นให้ผู้สอนออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดและแก้ปัญหาของผู้เรียน ออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาและฝึกฝนทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนถือเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนากระบวนการคิด การจัดการศึกษาในยุคไทยแลนด์ 4.0 ควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21 ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ทำได้ คิดเป็น เกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง และสามารถนำทักษะไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ จากการศึกษาแนวทางการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมกระบวนการคิดพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งบูรณาการศาสตร์ต่างๆ ด้านวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) คณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกันสามารถตอบโจทย์การปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดได้ โดยผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (Rapporteur, 2011 ; Breiner *et al.*, 2012 ; Carr *et al.*, 2012 ; Dejarnette, 2012 ;

Vasquez *et al.*, 2013) นอกจากนี้ยังมีการบูรณาการศาสตร์ด้านศิลปะ (Arts: A) เข้าไปใน STEM เป็น STEAM education (Kim and Park, 2012 ; Sousa, 2013 ; บุญยง สุธาจารย์ และชนบพรแสงวณิช, 2561 ; ภิญญา วงษ์ทอง, 2562) เพื่อให้ผู้เรียนมีจินตนาการและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น สามารถสื่อสารความคิดในรูปแบบของดนตรี การเคลื่อนไหว การสื่อสาร หรือการประดิษฐ์ที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งานและความสวยงามซึ่งสามารถพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นองค์รวมได้ จากรายงานผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ (ฉัตรทรวดี บุญถนอม และอรพรรณ บุตรกัตัญญ, 2558 ; สิรัชญา พิมพ์พะลา และฐาปณี สีเนลียว, 2561 ; เจนจิรา สันติไพบุลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2561 ; พัชรินทร์ โลหา และสิรินาถ จงกลกลาง, 2562)

โรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก เป็นโรงเรียนที่มีนักเรียนน้อยกว่า 120 คน และมีจำนวนครูไม่ครบชั้นเรียน จากสภาพการจัดการศึกษาพบว่า ครูยังขาดประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะด้านการสอนแบบบูรณาการ ขาดสื่อและเทคโนโลยีในการสอนที่ทันสมัยและเหมาะสม ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสที่จะได้รับการศึกษาที่มีคุณภาพ จะเห็นได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบระดับชาติของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินโดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) พบว่าโรงเรียนที่ไม่ผ่านการประเมินส่วนใหญ่เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก โดยเฉพาะมาตรฐานด้านผู้เรียน (กมลพร อ่วมเพ็ง, 2560)

จากสภาพปัญหาและความสำคัญข้างต้นที่วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการจัดการจัดการเรียนรู้อบรมการสเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความ



สามารถในการคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก โดยที่มวิจัยได้จัดอบรมเชิงปฏิบัติการควบคู่กับการหนุนนำต่อเนื่อง (Coaching and Monitoring) ให้กับครูกลุ่มตัวอย่าง มีการกำกับ ติดตาม และนิเทศแบบหนุนเสริมอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ครูสามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก และนำไปใช้ในโรงเรียนของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร เป็นครูและนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก จังหวัดนครนายก

กลุ่มตัวอย่าง

ครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก ในจังหวัดนครนายก จำนวน 8 คน จาก 8 โรงเรียน (โรงเรียนละ 1 คน) ได้จากการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่มจากโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กจำนวน 73 โรงเรียน จากทุกอำเภอในจังหวัดนครนายก ประกอบด้วย อำเภอองครักษ์ อำเภอบ้านนา อำเภอปากพลี และอำเภอเมืองนครนายก จำนวนอำเภอละ 2 โรงเรียน

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก จังหวัดนครนายก จำนวน 8 ห้องเรียน จาก 8 โรงเรียนข้างต้น (โรงเรียนละ 1 ห้อง) มีนักเรียนรวม 65 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

ตัวแปรในการวิจัย

ประกอบด้วย

1. ตัวแปรอิสระคือ กิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา
2. ตัวแปรตามคือ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา

สมมติฐานในงานวิจัย

1. นักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา มีคะแนนการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60
2. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

การดำเนินการวิจัย

ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อมของครูในการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา โดยที่มวิจัยจัดประชุมชี้แจงและทำความเข้าใจระหว่างผู้บริหารโรงเรียนและครูที่สอนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จาก 8 โรงเรียน เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ความสำคัญ และประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการ จากนั้นจัดอบรมเชิงปฏิบัติการควบคู่กับระบบการหนุนนำต่อเนื่อง ซึ่งมีเนื้อหา ดังนี้ 1) การวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามแนวทางสเต็มศึกษา 2) การออกแบบและเขียนแผนกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาตาม

บริบทของโรงเรียน 3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา 4) การวัดและการประเมินผลผู้เรียนตามแนวทางสเต็มศึกษา จากนั้นทีมวิจัยลงพื้นที่ในแต่ละโรงเรียนเพื่อกำกับ ติดตาม และให้ข้อมูลสะท้อนกลับอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา ที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา โดยครูแต่ละโรงเรียนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาที่ครูสร้างขึ้นตามบริบทของโรงเรียน ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ 1) ทีมวิจัยและครูแจ้งวัตถุประสงค์การวิจัยในครั้งนั้นแก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 2) นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน 3) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา 4) นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์หลังเรียน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้น จากนั้นให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจต่อการเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา 5) ทีมวิจัยตรวจและให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

ทั้งนี้ ในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน ทีมวิจัยจะลงพื้นที่ในแต่ละโรงเรียนอย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง เพื่อกำกับ ติดตาม นิเทศ ให้ข้อมูลสะท้อนกลับอย่างต่อเนื่อง และร่วมแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ระหว่างผู้อำนวยการโรงเรียน ครู และทีมวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา มีขั้นตอนการสร้างและหาคุนภาพเครื่องมือ

ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2. กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา โดยครูแต่ละโรงเรียน สามารถเลือกเนื้อหาที่สอนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาศาสตร์ และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) เพื่อใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีความเชื่อมโยงความรู้อันและกันด้านวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปะ (A) และคณิตศาสตร์ (M) ซึ่งขอบข่ายของแต่ละศาสตร์ของสเต็มศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ แสดงในภาพที่ 1

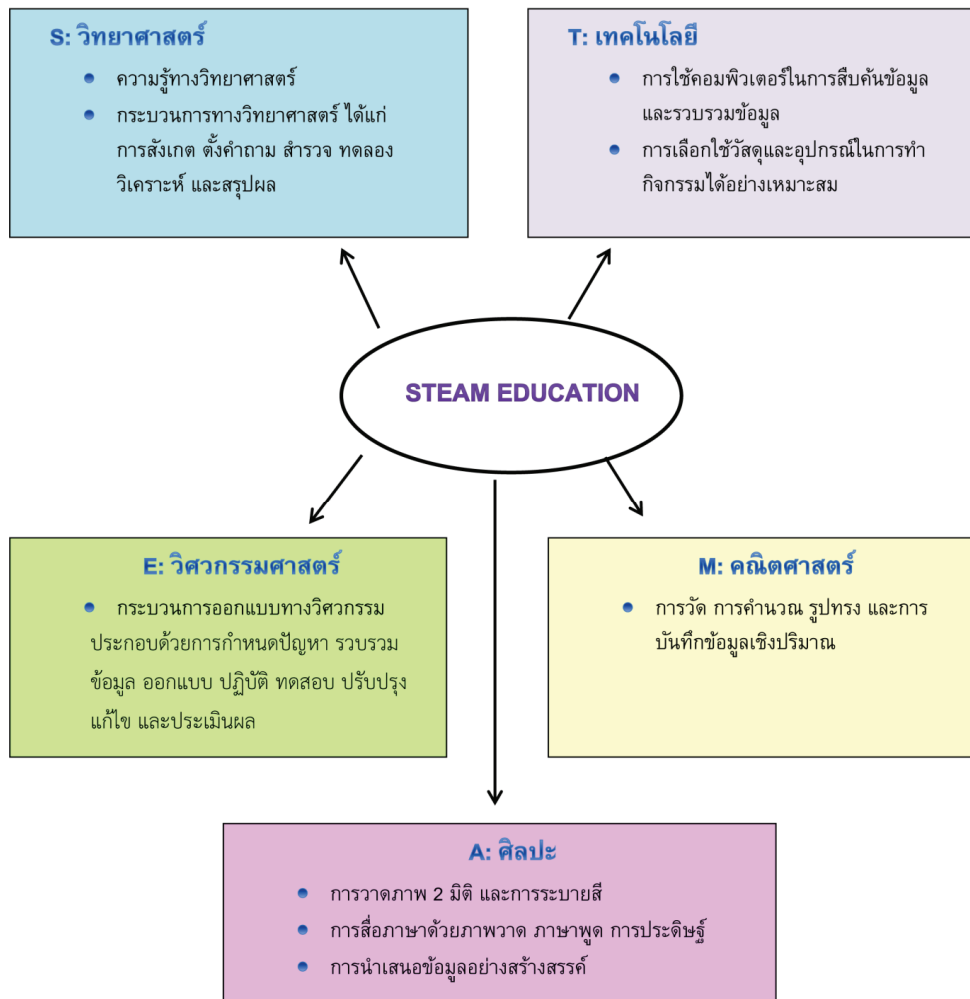
3. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา ในแต่ละแผนฯ มีส่วนประกอบหลักดังนี้ 1) สาระสำคัญ 2) ตัวชี้วัด 3) สาระการเรียนรู้ 4) สมรรถนะ 5) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 6) จุดประสงค์การเรียนรู้ 7) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 8) การวัดและการประเมินผล 9) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ 10) บันทึกหลังการสอน

4. นำแผนฯ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องตามหลักแนวคิดและรูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา แก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาคุณภาพของแผนฯ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ 5 หมายถึงเหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึงเหมาะสมมาก 3 หมายถึง



เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึงเหมาะสมน้อย 1 หมายถึงเหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นนำค่าเฉลี่ย มาเทียบกับเกณฑ์ดังนี้ 4.50–5.00 หมายถึงแผน มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด 3.50–4.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับมาก 2.50–3.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง 1.50–2.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับน้อย 1.00–1.49 หมายถึงแผนมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด ผล

การประเมินคุณภาพของแผนฯ ใน 4 ประเด็น ประกอบด้วย 1) รายละเอียดของแผนการจัดการ เรียนรู้ 2) กิจกรรมการเรียนรู้ 3) สื่อและแหล่ง การเรียนรู้ 4) การวัดและประเมินผล พบว่าความ เหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับ มากและมากที่สุด ดังนั้นสามารถนำแผนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาไปใช้ได้




ภาพที่ 1 แสดงขอบข่ายของแต่ละศาสตร์ของสเต็มศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ สร้างแบบทดสอบโดยใช้องค์ประกอบการคิดสร้างสรรค์จากทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967) ได้แก่ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิด

ละเอียดลออ (Elaboration) ในงานวิจัยนี้เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบจำนวน 12 ข้อ 12 คะแนน โดยกำหนดรูปภาพให้นักเรียนพิจารณาจำนวน 3 รูป แต่ละรูปจะมีข้อความเหมือนกันรูปละ 4 ข้อ ดังตัวอย่างในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างรูปภาพ ข้อคำถาม และสิ่งที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

ข้อที่	คำถาม	สิ่งที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ		
			+1	0	-1
		รูปมีความเหมาะสมกับการวัดความคิดสร้างสรรค์			
1)	ภาพนี้เป็นภาพของอะไรได้บ้าง จงบอกมาให้ได้มากที่สุด (คิดคล่อง)	ข้อคำถามสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ ข้อคำถามบ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (คิดคล่อง)			
2)	มีสิ่งใดอีกบ้างที่เหมือนหรือแตกต่างจากภาพนี้ พร้อมบอกเกณฑ์หรือเหตุผลประกอบ (คิดยืดหยุ่น)	ข้อคำถามสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ ข้อคำถามบ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (คิดยืดหยุ่น)			
3)	หากนักเรียนจะนำภาพนี้ไปใช้ประโยชน์ นักเรียนจะนำไปทำอะไรบ้าง (คิดริเริ่ม)	ข้อคำถามสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ ข้อคำถามบ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (คิดริเริ่ม)			
4)	จากข้อ 3) ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใด จึงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านนั้น (คิดละเอียดลออ)	ข้อคำถามสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ ข้อคำถามบ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (คิดละเอียดลออ)			

จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของรายการประเมินแต่ละข้อด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Object Congruence ; IOC) ผลการประเมินพบว่ารูปที่

ให้นักเรียนพิจารณาจำนวน 3 รูปมีค่า IOC=0.67-1.00 และทุกข้อคำถามมีค่า IOC=0.67-1.00 ดังนั้น สามารถนำแบบทดสอบไปใช้วัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้



3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษา มีประเด็นการประเมิน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ 2) ด้านเนื้อหาและสาระการเรียนรู้ 3) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ 5) ด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ คือ 5 หมายถึงพึงพอใจมากที่สุด 4 หมายถึงพึงพอใจมาก 3 หมายถึงพึงพอใจปานกลาง 2 หมายถึงพึงพอใจน้อย 1 หมายถึงพึงพอใจน้อยที่สุด จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ดังนี้ 4.50-5.00 หมายถึงพึงพอใจในระดับมากที่สุด 3.50-4.49 หมายถึงพึงพอใจในระดับมาก 2.50-3.49 หมายถึงพึงพอใจในระดับปานกลาง 1.50-2.49 หมายถึงพึงพอใจในระดับน้อย 1.00-1.49 หมายถึงพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของรายการประเมินแต่ละข้อพบว่า มีค่า IOC=1.00 ดังนั้นสามารถนำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนไปใช้ได้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าร้อยละ (%) และค่าสถิติทดสอบที (t-test dependent)

ผลการวิจัย

1. การศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

ผลคะแนนการคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน-หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 แสดงในตาราง 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนเท่ากับ 9.17 (S.D.=2.23) คิดเป็นร้อยละ 76.41 ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 5.48 (S.D.=3.05) คิดเป็นร้อยละ 45.64 เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 หรือได้คะแนนไม่น้อยกว่า 7.2 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน พบว่ามีนักเรียนส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 75.39 และมีจำนวนที่ต่ำกว่าเกณฑ์จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 24.61 โดยภาพรวมพบว่า คะแนนร้อยละเฉลี่ยการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีค่า 76.41 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาจากคะแนนความก้าวหน้าการคิดสร้างสรรค์พบว่านักเรียนได้คะแนนเพิ่มขึ้นทุกคนตั้งแต่ +1 ถึง +7 โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความก้าวหน้าการคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 3.69 (S.D.=1.39) และมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความก้าวหน้าการคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 18.46 (S.D.=6.96)



ตาราง 2 ผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน-หลังเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ สเต็มศึกษาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 65 คน

รายการ	ก่อนเรียน (12 คะแนน)		หลังเรียน (12 คะแนน)		คะแนนความ ก้าวหน้า	ร้อยละคะแนน ความก้าวหน้า
	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ		
max	11	91.67	12	100	7	35
min	1	8.33	3	25	1	5
\bar{X}	5.48	45.64	9.17	76.41	3.69	18.46
S.D.	3.05	25.43	2.23	18.55	1.39	6.96

เมื่อพิจารณาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนตามระดับคุณภาพ ดังแสดงในตาราง 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 44.61 อยู่ในระดับดี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง

จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 23.08 และมีนักเรียนเพียง 1 คน ที่อยู่ในระดับอ่อน คิดเป็นร้อยละ 1.54 จากการวิเคราะห์ค่าสถิติ t-test ดังแสดงในตาราง 4 พบว่า คะแนนสอบการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 3 จำนวนนักเรียนที่มีทักษะความคิดสร้างสรรค์ จำแนกตามระดับคุณภาพ

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ระดับคุณภาพ	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
80-100	ดีมาก	29	44.61
60-79	ดี	20	30.77
30-59	ปานกลาง	15	23.08
0-29	อ่อน	1	1.54
รวม		65	100

ตาราง 4 ค่าสถิติทดสอบที (t-test dependent) ของคะแนนการคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียน-หลังเรียน

นักเรียน	N	\bar{X}	S.D.	t-test	Sig. (1-tailed)
ก่อนเรียน	65	5.48	3.05	21.40*	.00
หลังเรียน	65	9.17	2.23		


* p ≤ .05



เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์จากการตอบคำถามของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ดังแสดงในตาราง 5 จะเห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967) ใน 4 ประเด็น ดังนี้ 1) จากข้อคำถาม “ภาพนี้เป็นภาพของอะไรได้บ้าง จงบอกมาให้ได้มากที่สุด” พบว่านักเรียนสามารถบอกคำตอบได้จำนวนมากที่แตกต่างกัน เช่น นักเรียนคนที่ 5 ตอบว่าเป็น ลูกบอล ฟุตบอล ฟองสบู่ นักเรียนคนที่ 47 ตอบว่าเป็น ลูกกอล์ฟ ลูกแก้ว ลูกอม ฟองอากาศ ซึ่งจากคำตอบเหล่านี้บ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดคล่อง (fluency) 2) จากข้อคำถาม “มีสิ่งใดอีกบ้างที่เหมือนหรือแตกต่างจากภาพนี้ พร้อมบอกเกณฑ์หรือเหตุผลประกอบ” พบว่านักเรียนบอกสิ่งของที่เหมือนหรือต่างพร้อมให้เหตุผลได้ เช่น นักเรียนคนที่ 10 ตอบว่าเหมือนลูกฟุตบอลเพราะมีลักษณะกลม นักเรียนคนที่ 15 ตอบว่าเป็นที่บีบมือเพราะน่าจะนุ่มๆ นักเรียนคนที่ 30 ตอบว่าสิ่งที่แตกต่างจากในรูปคือกอล่งเพราะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมและมีรูปทรงต่างกัน ซึ่งจากคำตอบบ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดยืดหยุ่น

(Flexibility) 3) จากข้อคำถาม “หากนักเรียนจะนำภาพนี้ไปใช้ประโยชน์ นักเรียนจะนำไปทำอะไรบ้าง” พบว่านักเรียนสามารถบอกการนำสิ่งของในภาพไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น นักเรียนคนที่ 28 ตอบว่าเป็นของเล่นและของใช้ นักเรียนคนที่ 45 ตอบว่าเอาไว้เล่นกับเพื่อนๆ และเอาไปขายได้ นักเรียนคนที่ 60 ตอบว่าใช้มอบเป็นของขวัญ ใช้ตกแต่งสถานที่ และใช้ออกกำลังกาย ซึ่งจากคำตอบของนักเรียนบ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดริเริ่ม (originality) 4) จากข้อคำถาม “จากข้อ 3) ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านนั้น” พบว่านักเรียนสามารถบอกเหตุผลของการนำสิ่งของนั้นไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น นักเรียนคนที่ 28 ตอบว่าเป็นของเล่นเพราะเหมือนลูกบอล เป็นของใช้เพราะเคยเห็นแม่น้ำมาบีบๆ นวดมือ นักเรียนคนที่ 45 ตอบว่าเอาไว้เล่นกับเพื่อนและเอาไปขายจะได้มีเงินใช้ นักเรียนคนที่ 60 ตอบว่า ใช้ตกแต่งห้องและมอบเป็นของขวัญเพราะมีสีที่สวยงาม ให้น้องเตะเล่นใช้ออกกำลังกาย ซึ่งจากคำตอบของนักเรียนบ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดละเอียดลออ (elaboration)

ตาราง 5 ตัวอย่างการตอบการตอบคำถามของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

ข้อที่	คำถาม	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
		
1)	ภาพนี้เป็นภาพของอะไรได้บ้าง จงบอกมาให้ได้มากที่สุด (คิดคล่อง)	- ลูกบอล ฟุตบอล ฟองสบู่ - หมากฝรั่ง กลุ่มดาวในจักรวาล - ลูกกอล์ฟ ลูกแก้ว ลูกอม ฟองอากาศ
2)	มีสิ่งใดอีกบ้างที่เหมือนหรือแตกต่างจากภาพนี้ พร้อมบอกเกณฑ์หรือเหตุผลประกอบ (คิดยืดหยุ่น)	- ลูกฟุตบอล เพราะมีลักษณะกลม - ที่บีบมือ เพราะน่าจะนุ่ม - ต่างจากในรูป เช่น กล้องเพราะเป็นเหลี่ยม
3)	หากนักเรียนจะนำภาพนี้ไปใช้ประโยชน์ นักเรียนจะนำไปทำอะไรบ้าง (คิดริเริ่ม)	- ใช้เป็นของเล่น และของใช้ - เอาไว้เล่นกับเพื่อน ๆ - เอาไปขายได้ - มอบเป็นของขวัญ - ใช้ตกแต่งสถานที่ - ใช้ออกกำลังกาย
4)	จากข้อ 3) ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่า เพราะเหตุใด จึงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านนั้น (คิดละเอียดลออ)	- เป็นของเล่นเพราะเหมือนลูกบอล - เป็นของใช้เพราะเคยเห็นแม่น้ำมาบีบ ๆ นวดมือ - เอาไปขายได้เพราะเพื่อนน่าจะชอบ - ใช้ตกแต่งห้อง และมอบเป็นของขวัญเพราะมีสีที่สวยงาม - ให้องค์เตเล่นใช้ออกกำลังกาย

2. การศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน
ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ
สติศึกษา

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของ
ผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ
สติศึกษา แสดงในตาราง 6



ตาราง 6 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

ประเด็นการประเมิน	\bar{X}	S.D.	การแปลผล
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้	4.57	0.31	มากที่สุด
2. ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้	4.35	0.43	มาก
3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.42	0.41	มาก
4. ด้านสื่อ/แหล่งเรียนรู้	4.46	0.44	มาก
5. ด้านการวัดและประเมินผล	4.40	0.43	มาก
สรุปโดยภาพรวม	4.43	0.37	มาก

พบว่าระดับความพึงพอใจของผู้เรียน ทั้ง 5 ด้านอยู่ในระดับมากและมากที่สุด โดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.43$, S.D.=0.37) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.57$, S.D.=0.31) ต่อประเด็นต่อไปนี้ 1) การเรียนรู้มุ่งเน้นกิจกรรมปฏิบัติเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ 2) การเรียนรู้มุ่งเน้นในการพัฒนาทักษะการคิด 3) การเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้

ด้านเนื้อหาและสาระการเรียนรู้ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.35$, S.D.=0.43) ในประเด็น 1) การนำเนื้อหามาเชื่อมโยงกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น 2) เนื้อหาที่เรียนสอดคล้องกับกิจกรรมที่ปฏิบัติและนำไปใช้แก้ปัญหาได้ 3) เนื้อหาที่เรียนช่วยทำให้นักเรียนเห็นแนวทางในการนำไปต่อยอดสร้างชิ้นงานหรือปรับใช้ในชีวิตประจำวัน 4) การเรียนรู้เนื้อหาเน้นความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ

ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.42$,

S.D.=0.41) โดยในด้านนี้มีประเด็นน้อยที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย 1) กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิม 2) รูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย 3) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออก 4) กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง 5) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานเป็นทีม 6) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ทำให้เกิดความสนุกสนาน และมีความสุขกับการเรียน

ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.46$, S.D.=0.44) โดยในด้านนี้มีประเด็นน้อยที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย 1) สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา 2) สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย 3) นักเรียนได้ค้นคว้าเอกสารเพิ่มเติม และได้ปฏิบัติจริงเสมอในการเรียนรู้

ด้านการวัดและการประเมินผล พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}=4.40$, S.D.=0.43) ในประเด็นต่อไปนี้ 1) การวัดและประเมินผลมีความหลากหลาย 2) นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงาน 3) นักเรียนมีโอกาสสนำ

ผลการประเมินมาปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง

อภิปราย

1. การศึกษาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์

จากผลงานวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการคิดสร้างสรรค์หลังเรียนเท่ากับร้อยละ 76.41 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนเท่ากับร้อยละ 45.64 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 60 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติศึกษา เน้นการออกแบบกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกคิดฝึกปฏิบัติ และหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สติศึกษา นักเรียนได้สำรวจ สังเกต รวบรวมข้อมูล และแสวงหาความรู้ด้วยการสืบเสาะด้วยการลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้ฝึกออกแบบการทดลอง ร่างหรือวาดรูปฝังความคิดในการทดลองง่าย ๆ ออกแบบการนำเสนอผลงานด้วยท่าทาง วาจา หรือการแสดงการนำเสนอผลงานที่ส่งเสริมจินตนาการในการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างกิจกรรมของโรงเรียนที่ 1 เรื่อง กระจกแสนสวย โดยให้นักเรียนสำรวจสวนหย่อมบริเวณโรงเรียน เพื่อสังเกต และรวบรวมข้อมูลว่าสวนหย่อมที่นักเรียนเห็นมีลักษณะเป็นอย่างไร มีสภาพปัญหาอะไรบ้าง ควรพัฒนาหรือปรับปรุงอย่างไร จากผลการสำรวจนักเรียนพบว่า กระจกที่ใช้ตกแต่งไม่เพียงพอ บางชิ้นชำรุด และไม่สวย จากนั้นนักเรียนร่วมกันหาแนวทางแก้ไขปัญหานักเรียนร่วมกันสรุปว่าอยากประดิษฐ์กระจกแสนสวยเพื่อตกแต่งสวนหย่อมในโรงเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนออกแบบกระจกต้นไม้ของตนเองโดยให้มีความสวยงาม แปลกใหม่ และใช้งานได้จริง

จากวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่อย่างจำกัดที่ครูเตรียมให้นักเรียนลงมือประดิษฐ์กระจกต้นไม้นั้นนักเรียนได้ออกแบบและวางแผนไว้ และตกแต่งให้สวยงาม โดยมีครูคอยให้คำแนะนำตลอดการปฏิบัติกิจกรรม จากนั้นนักเรียนนำเสนอผลงานและร่วมกันสรุปผล จากกิจกรรมนี้พบว่าผลงานของนักเรียนมีความหลากหลาย ตามความถนัดและความชอบของผู้เรียน โดยที่ครูไม่ได้จำกัดว่านักเรียนจะต้องมีชิ้นงานที่เหมือนกัน ผู้เรียนได้นำเสนอชิ้นงาน ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับชิ้นงานของเพื่อน ๆ อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

ตัวอย่างกิจกรรมของโรงเรียนที่ 4 เรื่อง สัตว์โลกน่ารัก โดยครูสร้างสถานการณ์ให้กับนักเรียนคิดว่า “ถ้าในบริเวณหนึ่งมีหนองน้ำและภูเขาจะมีสัตว์ชนิดใดอาศัยอยู่บ้าง และสัตว์เหล่านั้นจะอยู่บริเวณใด เพราะเหตุใด” ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนให้ออกแบบและวาดภาพตามสถานการณ์ข้างต้นในกระดาษฟลิปชาร์ต และระบายสีให้สวยงามและให้นักเรียนปั้นสัตว์ตามจินตนาการโดยใช้ดินน้ำมันและนำไปวางไว้ตามจุดต่าง ๆ บนภาพที่วาดไว้ จากนั้นให้แต่ละกลุ่มบอกหรือเล่าเรื่องราวผลงานของตนเอง จากกิจกรรมนี้นักเรียนได้ออกแบบฝึกคิดเรื่องรูปร่าง รูปทรง ตามความคิดริเริ่มและจินตนาการของตนเอง ร่วมกันวางแผนการทำงานเป็นทีม มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม โดยสรุปปั้นสัตว์ของนักเรียนมีความหลากหลายไม่เหมือนกัน นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าทำไมถึงปั้นเป็นรูปสัตว์ชนิดนั้นเพราะอะไร นักเรียนบอกได้ว่าสัตว์ชนิดนี้ควรพบในบริเวณใดตามสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง มีการชื่นชมและให้ข้อเสนอแนะกับเพื่อนกลุ่มอื่นได้ จะเห็นว่าจากกิจกรรมนี้ฝึกให้นักเรียนคิดอย่างสร้างสรรค์และเกิดความรู้ด้วยตนเอง



ตัวอย่างกิจกรรมของโรงเรียนที่ 7 เรื่อง นักประดิษฐ์เครื่องดนตรี จัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นตอนดังนี้ 1) ชี้นำ กระตุ้นความสนใจผู้เรียนโดยการเปิดวิดีโอทัศน์เกี่ยวกับเครื่องดนตรีให้นักเรียนดูและร่วมกันสังเกตและอภิปรายว่า เครื่องดนตรีชนิดนี้ทำมาจากวัสดุอะไร ส่วนใดทำให้เกิดเสียง และส่วนประกอบมีลักษณะเหมือนหรือคล้ายรูปเรขาคณิตชนิดใด 2) ชี้นำกำหนดปัญหา โดยครูให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดว่า “หากต้องการเล่นหรือฟังเสียงเครื่องดนตรีที่ชื่นชอบ แต่ไม่มีเครื่องดนตรีนักเรียนจะสร้างเครื่องดนตรีจากเศษวัสดุรอบตัวให้มีลักษณะเหมือนและมีเสียงคล้ายกับเครื่องดนตรีจริงได้หรือไม่ และจะทำได้อย่างไร” 3) ชี้นำรวบรวมข้อมูล แต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิดภายในกลุ่มว่าจะสร้างเครื่องดนตรีชนิดใด และใช้ส่วนประกอบอะไรบ้าง โดยนักเรียนสืบค้นข้อมูลจากหนังสือ แผนภาพโปสเตอร์ที่ครูเตรียมมาให้ หรือจากสื่อวิดีโอทัศน์ 4) ชี้นำออกแบบและปฏิบัติการ แต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทำงานโดยออกแบบภาพวาดเรขาคณิตสองมิติและระบายสีให้สวยงาม จากนั้นเลือกวัสดุอุปกรณ์และ

ลงมือสร้างเครื่องดนตรีตามที่ได้ออกแบบไว้และตกแต่งให้สวยงาม ระหว่างการทำกิจกรรมครูคอยให้คำแนะนำในเรื่องการเลือกวัสดุ ติดตามตรวจสอบการทำงานของแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด และสอบถามระหว่างทำกิจกรรมว่าสิ่งที่ทำให้เกิดเสียงหรือไม่ เพราะอะไร 5) ชี้นำประเมินผล ให้แต่ละกลุ่มทดสอบว่าเครื่องดนตรีที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้หรือไม่ วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ หากพบข้อบกพร่องให้ปรับปรุงแก้ไข จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบเครื่องดนตรีที่ปรับปรุงแล้วว่ามีลักษณะตามที่ต้องการหรือไม่ จากนั้นแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานเกี่ยวกับประเด็นต่อไปนี้ 1. ใช้วัสดุอะไรบ้างในการสร้างเครื่องดนตรี เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้วัสดุเหล่านั้น 2. อะไรคือจุดเด่นของชิ้นงานกลุ่มตัวเอง 3. ต้องการจะปรับปรุงชิ้นงานเพิ่มเติมหรือไม่ เพราะอะไร จะเห็นว่ากิจกรรมนี้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ผ่านการคิดและปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน นักเรียนสามารถบอกหรือเล่าขั้นตอนการสร้างสรณ์ผลงานของตนเอง ซึ่งสามารถส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้



สำรวจ: การออกสำรวจบริเวณโรงเรียน



ออกแบบ: การออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรม paint



วางแผน: การวางแผนการทำงานโดยใช้ผังความคิด

ภาพที่ 1 กิจกรรมการเรียนการสอน



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษา

จากภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก จังหวัดนครนายก ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ 1) สำรวจ โดยนักเรียนได้ออกสำรวจนอกห้องเรียน เช่น สวนหย่อมบริเวณโรงเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกสังเกต รวบรวมข้อมูล และตั้งประเด็นคำถามที่จะนำไปสู่การหาคำตอบด้วยตนเอง 2) วางแผน เป็นการวางแผนการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน 3) ออกแบบ ต้องมีการออกแบบการทดลองหรือชิ้นงานก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรม 4) สร้างชิ้นงาน นักเรียนสร้างชิ้นงานตามทีออกแบบไว้ จะเห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้จากศาสตร์ต่างๆ ใน STEAM มาใช้ได้ เช่น การใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ (S) การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลและการเลือกใช้อุปกรณ์อย่างเหมาะสม (T) การออกแบบชิ้นงาน (E) การสื่อ

ภาษาด้วยภาพวาดและการนำเสนอข้อมูลอย่างสร้างสรรค์ (A) การวัด การบอกจำนวน และรูปทรง (M) ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEAM education เป็นขั้นตอนดังนี้ 1) ชั้นกระตุ้นความสนใจ โดยครูเปิดประเด็นที่น่าสนใจให้สมาชิกในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด 2) ชั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล แต่ละกลุ่มสำรวจ รวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกัน 3) ชั้นออกแบบและวางแผนการทำงาน นักเรียนร่วมกันกำหนดขั้นตอน วางแผน ออกแบบการทำงาน 4) ชั้นสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือผลงานตามวิธีและแบบที่เลือกไว้ โดยอาจมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุด 5) ชั้นสรุปและสะท้อนคิด โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานและ ร่วมกันสะท้อนความคิดเห็น สรุปองค์ความรู้ และประโยชน์ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสติมศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของ Riley (2016) ดังนี้ 1) ชั้นระบุสถานการณ์ เป็นการเสนอสถานการณ์



หรือคำถามที่ต้องการหาวิธีการแก้ไขปัญหา 2) ชั้นวิเคราะห์สถานการณ์ โดยนำคำถามหรือปัญหา มาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของคำถามหรือปัญหานั้น 3) ชั้นศึกษาค้นคว้า เป็นการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ 4) ชั้นประยุกต์ เป็นการสร้างและอธิบายวิธีการแก้ปัญหามาเพื่อ แสดงความรู้และทักษะที่ได้จากการค้นคว้าผ่าน การสร้างสรรค์ผลงาน 5) ชั้นนำเสนอ เป็นการนำเสนอ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะอย่างสร้างสรรค์กับผู้อื่น 6) ชั้นประเมินและปรับปรุง เป็นการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุง เพื่อให้ได้ผลงานที่ดีขึ้น นอกจากนี้กระบวนการจัดการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาในการวิจัยนี้ ยังสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National Research Council, 2012) ซึ่งประกอบด้วย 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทั้งนี้ในการทำงานไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน สามารถสลับไปมา หรือย้อนกลับขั้นตอนได้

การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ สเต็มศึกษาในงานวิจัยนี้ พบว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967) 4 ประเด็น ประกอบด้วย 1) คิดคล่อง เช่น จากกิจกรรมเรื่องสัตว์โลกน่ารัก นักเรียนบอกจำนวนชื่อของสัตว์ที่อยู่ในบริเวณที่กำหนดให้ได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนด หรือนักเรียนมีความคล่องแคล่วในการนำเสนอหรือเล่าเรื่องราวเกี่ยวกับการวางแผนและผลที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรม 2) คิดยืดหยุ่น

เช่น จากกิจกรรมเรื่องนักประดิษฐ์เครื่องดนตรี นักเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ต้องการได้อย่างอิสระ โดยถ้าไม่มีวัสดุที่ต้องการ นักเรียนสามารถเลือกใช้วัสดุอื่นทดแทนได้ จากกิจกรรมเรื่องการทำสัฟฟมอาหาร นักเรียนใช้วิธีการสกัดสีจากพืชที่มีความแข็ง เช่น ชะม้น และแครอท โดยใช้เครื่องปั่นแทนการใช้สากและครกบดยา 3) คิดริเริ่ม เช่น จากกิจกรรมเรื่องฉันทเหมือนใคร นักเรียนเลือกเศษวัสดุตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ และนำมาประดิษฐ์เป็นโมเดลให้มีลักษณะคล้ายกับคนในครอบครัว พบว่าชิ้นงานของนักเรียนที่ได้มีความหลากหลายแตกต่างกัน 4) คิดละเอียดลออ เช่น จากกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษา นักเรียนได้รวบรวมข้อมูล และวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนโดยใช้แผนผังความคิด ก่อนปฏิบัติกิจกรรม

ดังนั้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้บูรณาการ สเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจริญจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2561) ที่สรุปว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM สามารถส่งเสริมความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้ และการจัดประสบการณ์บูรณาการ การเรียนรู้ สเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนในการออกแบบและประดิษฐ์ ชิ้นงาน (ฉัตรทราวดี บุญถนอม และอรพรรณ บุตรภักดิ์, 2558) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ บุญยงสุข ลิขิตาจารย์ และชนบทพร แสงวณิช (2561) ซึ่งสรุปว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ได้



2. การศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษา อยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัย จากการสัมภาษณ์นักเรียนพบว่า นักเรียนมีความสุขและสนุกสนานจากการทำกิจกรรม ได้ออกสำรวจนอกห้องเรียน ได้วางแผนการทำงานร่วมกับเพื่อนๆ ได้ทดลองปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง

ดังนั้นจากผลงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็กได้ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสติมศึกษาอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

บทบาทสำคัญของครูในการจัดกิจกรรม

เอกสารอ้างอิง

กมลพร อ่วมเพ็ง. (2560). แนวทางการพัฒนาครูโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก กลุ่มจังหวัดภาคกลาง ปริมาณลดตามแนวคิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติและการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

การเรียนรู้สติมศึกษา คือครูจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์โดยการเสริมแรงทางบวก การกล่าวชื่นชม เพื่อให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าแสดงออก และมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างมีความสุข

การใช้คำถามให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ควรใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิด ให้ความเวลาในการทำกิจกรรมที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนมีเวลาคิดและสามารถปฏิบัติกิจกรรมอย่างเป็นขั้นตอนจนสำเร็จ

การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ควรประเมินจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กับการประเมินตามสภาพจริงจากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทำกิจกรรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2561



- กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *นโยบายและจุดเน้นการจัดการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ พ.ศ.2562*. สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=53369&Key=news2>
- เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2561). การจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการ และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงาน. *วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 46 (3): 69-85.
- ฉัตรทราวดี บุญถนอม และอรพรรณ บุตรกตัญญู. (2558). การจัดประสบการณ์บูรณาการการเรียนรู้สเต็มศึกษาโดยการใช้วรรณกรรมเป็นฐานเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 30 (3): 186-195.
- นิพนธ์ จิตต์ภักดี. (2528). การสอนแบบสร้างสรรค์. *สารพัฒนาหลักสูตร*, 4 (44): 17-18.
- บุญยหนูช ลิทธาจารย์ และ ขนบพร แสงวณิช. (2561). แนวทางการสอนศิลปะตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อ ส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11 (2): 763-780.
- พัทธฐรินทร์ โลหา และ สิรินาถ จงกลกลาง. (2562). การพัฒนาพฤติกรรมกล้าแสดงออกและความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. *วารสารราชพฤกษ์*, 17 (1): 121-128.
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 10 (1): 81-99.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-279)*. กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สิริชญา พิมพ์ละ และ ฐาปนี สีเนลียว. (2561). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม*, 5 (2): 71-82.
- Breiner, J.M., Carla, C.J., Harkness, S.S., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and Shelly Sheats Harkness Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112 (1): 3–11.
- Carr, R.L., Bennetti V.L.D., & Strobe, J.O. (2012). Engineering in the K-12 STEM standards of the 50 U.S. States: An analysis of presence and extent. *Journal of Engineering Education*, 101 (3): 539–564.



- Dejarnette, N.K., (2012). America's children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math) initiatives. *Education, 133* (1): 77–84.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Kim, Y. and Park, N. (2012). The effect of STEAM education on elementary school student's creativity improvement, computer applications for security. *Control and System Engineering, 399*: 115-121.
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concept, and core ideas. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Rapporteur, A. B. (2011). Successful STEM education: A workshop summary. Washington D.C.: National Academies Press.
- Riley, S. (2016). 6 Step to creating a STEAM classroom. Retrieved July,15, 2019, from <https://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/>
- Sousa, D.A. and Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. California: Corwin.
- Vasquez, J., Sneider, C. and Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials grades 3-8: Integrating science, technology, engineering and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.