

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION) เพื่อส่งเสริมความคิด
สร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

Development of Learning Activity Packages Based on STEM Education to Improve
Creative Thinking for 5th Grade Students on Invention from Waste Materials

น้ำฝน คุเจริญไพศาล (Numphon Koocharoenpisa)*

อภัสรา ราศรีฤกษ์ (Aphassara Rasrikrit)**

สาธิตา เสมากุล (Sathika Semakoon)**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และศึกษาผลการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 3) แบบประเมินผลงานการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 4) แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ชุดกิจกรรมประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ และกิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.82, S.D. = 0.09) 2) ผลการเรียนรู้ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 72.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ความคิดสร้างสรรค์, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้, สะเต็มศึกษา

*รองศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

**นิสิตการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Abstract

The proposes of this research were 1) to develop learning activity packages based on STEM education on invention from waste materials for 5th grade students, 2) to study learning outcomes of 5th grade students through using the learning activity packages, 3) to study creative thinking of 5th grade students. The sample group was one classroom of 5th grade students (38 students) by purposive sampling. The research tools consisted of 1) the learning activity packages based on STEM education on invention from waste materials, 2) the creative thinking test, 3) the assessment form for assessing students' work, and 4) the assessment form of the quality of the learning activity packages by experts. The learning activity packages consisted of three activities: (1) designing products from waste materials, (2) creating products from waste materials, and (3) presenting students' products. A quasi-experimental research was used in this study. The statistics used to analyze the data were mean, standard deviation, percentage, and t-test for one sample. The results showed that: 1) the quality of the learning activity packages by experts was at level of very good quality (\bar{X} = 4.82, S.D. = 0.09), 2) the learning outcomes of students were mean scores at 72.92 percent, which was higher than 70 percent of criteria at the statistically significant .05 level, and 3) the creative thinking of students were mean scores at 73.16 percent, which was higher than 70 percent of criteria at the statistically significant .05 level.

Keywords: Creative thinking, Learning activity packages, STEM education

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) คือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม (Polchaiya, 2014) เป็นการคิดขั้นสูง (higher order thinking) (Bloom, 1968) เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เกิดจากการทำงานของสมองด้วยกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ (Ministry of Education, 2008) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เพราะความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้มองเห็นโอกาสที่จะนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่การประดิษฐ์คิดค้น ในโลกปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทำให้การแก้ปัญหาวิธีเดิมไม่ได้ผล จึงจำเป็นต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์มาช่วยในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เข้ามาได้อย่างรวดเร็ว (Charoenwongsak, 2013) การคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะสำคัญทักษะหนึ่งซึ่งเป็นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะที่ควรเสริมสร้างให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน (P21 Partnership for 21st century learning, 2017) ด้วยเหตุนี้ความคิดสร้างสรรค์จึงมีความสำคัญและถูกจัดอยู่ในทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้ของทักษะในศตวรรษที่ 21 ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการ

จัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งควรให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดและการแก้ปัญหาด้วยตนเอง แนวทางการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการจัดการพัฒนาผู้เรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ คือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) (Panich, 2012) ซึ่ง STEM เป็นตัวย่อที่มาจาก Science, Technology, Engineering, และ Mathematics เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการของ 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Ring-Whalen, Dare, Roehrig, et al., 2018). STEM education หรือ สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางที่กระตุ้นการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ และทักษะต่างๆ โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ร่วมกับการใช้เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา พัฒนางานด้านต่างๆ เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้แบบให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ จากการศึกษางานวิจัยพบว่า มีนักวิจัยจำนวนมากที่ใช้ STEM education เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียน (Kennedy and Odell, 2014)

สะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์เป็นแกน เน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขต่างๆ (Plengwattana, 2013) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน รวมถึงสร้างประสบการณ์ทักษะชีวิตและความคิดสร้างสรรค์ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา รวมถึงสามารถพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตลอดจนนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ (IPST, 2015) รวมทั้งการศึกษาของประเทศไทย ณ ปัจจุบันมีความตื่นตัวและความพยายามในการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนไปสู่การเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ หรือสะเต็มศึกษา ซึ่งถูกนำมาอภิปรายในสังคมอย่างกว้างขวางทั้งระดับนโยบายหรือสื่อต่างๆ (Committee of Science, Technology, Information and Mass Communication, 2015)

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาและทักษะความคิดสร้างสรรค์ จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนรู้ประเภท ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทั้งนี้ ชุดกิจกรรมจัดเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน มีการเรียบเรียงกิจกรรมอย่างเป็นระบบมีแบบแผน มีการออกแบบขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ชัดเจน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมและได้รับประสบการณ์ตรงจากกิจกรรม (Khaemmanee, 2017) ชุดกิจกรรมเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ได้พัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหา และเป็นหลักการหนึ่งตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ(Learner center instruction) (McCombs and Whisler, 1997) ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระตามความสามารถและความสนใจในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง รวมทั้งผู้เรียนสามารถนำสื่อเทคโนโลยีมาใช้ร่วมด้วย (Wattanavikkit, 2016) ชุด

กิจกรรมสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง มีสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่สามารถกระตุ้นความสนใจ และความคิดสร้างสรรค์ได้ การเรียนรู้ผ่านชุดกิจกรรมที่มีกิจกรรมที่หลากหลายยังตอบสนองต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล ไม่เกิดความเบื่อหน่าย เพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น (Tukkawatakarn and Saifa, 2014) จากการศึกษา งานวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสามารถส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ (Abdulrahim, Pinsuwan, and Chauwatkritpong, 2014; Rungruang, 2014)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ใช้การบูรณาการที่เชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ภายใต้บริบทของเนื้อหาเกี่ยวกับการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ นำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้
3. เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาใน ปีการศึกษา 2562 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 9 ห้อง มีนักเรียนทั้งหมด 367 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2562 ภาคเรียนที่ 2 โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 42 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ผลการเรียนรู้ เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ และ 2) ความคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา หลักการแนวคิด การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ศึกษาหลักการในการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) วิเคราะห์ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ขอบเขตเนื้อหาสาระเพื่อใช้ในการสร้างชุด กิจกรรม รวมทั้งศึกษาการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบประเมินชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์สิ่งของจาก วัสดุเหลือใช้ ประกอบด้วย เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ และประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ เพื่อนำข้อมูลที่ศึกษา ไปใช้ในการออกแบบ และสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้แนวทางในการจัดทำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ บูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ เชื่อมโยงระหว่าง เนื้อหาวิชาเข้ากับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งชุดกิจกรรมนี้จำแนกเนื้อหาในแต่ละรายวิชา ดังนี้ 1) วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ประเภทของวัสดุ สมบัติทางกายภาพของวัสดุการใช้ประโยชน์จากวัสดุ และปัจจัยที่มีผลต่อความ แข็งแรง ทนทาน และการใช้งานของสิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 2) เทคโนโลยี ได้แก่ การใช้วัสดุ อุปกรณ์ และ เครื่องมือในการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ และการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลการออกแบบ ประดิษฐ์ และปรับปรุงชิ้นงานสิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 3) วิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ การออกแบบและประดิษฐ์ สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน และการอธิบายกระบวนการ ประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 4) คณิตศาสตร์ ได้แก่ รูปร่างรูปทรงของวัสดุต่างๆ ที่นำมาใช้ในการประดิษฐ์ สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ การแก้ปัญหาโดยใช้การคำนวณผลลัพธ์ด้วยการบวก การลบ การคูณ และการหาร

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การ ประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ ประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ ใช้เวลา 2 คาบ กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ใช้เวลา 2 คาบ และกิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ ใช้เวลา 1 คาบ โดยเรียนคาบละ 50 นาที

1.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ ลักษณะของแบบวัดเป็น ข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ (20 คะแนน) เป็นคำถามปลายเปิดที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิด

สร้างสรรค์ซึ่งประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งแบบวัดได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว

1.3 แบบประเมินผลงานการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน Rubric score แบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) มีรายการประเมิน 9 รายการ ได้แก่ (1) การวางแผนและเขียนขั้นตอนวิธีการในการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ (2) การออกแบบสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ (3) ความคุ้มค่า คำนวณราคาของวัสดุที่ใช้ (4) ความคงทนแข็งแรงของชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ (5) การนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง (6) ความปราณีตสวยงาม (7) การตรงต่อเวลา (8) การนำเสนอผลงาน และ (9) ความคิดสร้างสรรค์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ประกอบด้วย (2.1) แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ (2.2) แบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของชุดกิจกรรมฯ (2.3) แบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

วิธีการวัดผลการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน มีสาระสำคัญ ดังนี้ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวัดผลจากคะแนนที่นักเรียนทำกิจกรรมและการตอบคำถามในแต่ละกิจกรรม มีคะแนนรวม 60 คะแนน (ร้อยละ 60) และ วัดจากการประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ 40 คะแนน (ร้อยละ 40) โดยใช้แบบประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้แบบ Rubric score ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวมผลคะแนนทั้งหมด 100 คะแนน (ร้อยละ 100) สำหรับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ วัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยพิจารณาคะแนนที่ได้จากการประเมินการปฏิบัติกิจกรรม (ร้อยละ 40) ประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ (ร้อยละ 40) และประเมินจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (ร้อยละ 20) รวมคะแนนทั้งหมดร้อยละ 100 ทั้งนี้ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 กิจกรรม มีจุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะกิจกรรม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จุดประสงค์การเรียนรู้และลักษณะกิจกรรมภายในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฯ

กิจกรรม	จุดประสงค์การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม
กิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงาน สิ่งประดิษฐ์จาก วัสดุเหลือใช้	1. ระบุปัญหาที่ใช้ในการ ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุ เหลือใช้ 2. ออกแบบชิ้นงานจาก วัสดุเหลือใช้ได้อย่าง สร้างสรรค์	นำเข้าสู่กิจกรรม พูดคุยถึงเรื่องวัสดุเหลือใช้ใกล้ตัวของนักเรียน ปัญหาพลาสติกในปัจจุบันและการตื่นตัวเกี่ยวกับการลดใช้ พลาสติก จากนั้นเปิดวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับปัญหาวัสดุเหลือใช้และ การนำวัสดุเหลือใช้มาประดิษฐ์สิ่งของที่เกิดประโยชน์อย่าง หลากหลายรูปแบบ ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ชี้แจงถึง วัสดุเหลือใช้ชนิดต่างๆ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันออกแบบ วาง แผนการประดิษฐ์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ จากวัสดุเหลือใช้ ภายใต้ ข้อจำกัดที่กำหนดให้คือ นักเรียนต้องใช้วัสดุโดยคำนึงถึงราคาว่า

กิจกรรม	จุดประสงค์การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม
	3. เลือกใช้วัสดุในการประดิษฐ์ชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม	ต้องต่ำที่สุด และใช้วัสดุให้ได้หลากหลายมากที่สุด สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากใบความรู้ และอินเทอร์เน็ตได้ จะสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจผ่านการร่างภาพลงในกระดาษ เขียนอธิบาย ส่วนประกอบ และนำเสนอแบบจำลองที่ร่างไว้ในกระดาษ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อสังเกตความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ในรูปแบบร่าง
กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้	1. ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ 2. ทดสอบ ตรวจสอบ และประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้	นักเรียนลงมือดำเนินการปฏิบัติและพัฒนาชิ้นงาน ตามขั้นตอนการประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ จากนั้น นำชิ้นงานไปทดสอบ ตรวจสอบ และประเมินชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่สร้างขึ้นว่า เป็นไปตามข้อจำกัดหรือไม่ ควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานอย่างไร และ ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามที่วางแผนไว้ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์
กิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้	1. นำเสนอชิ้นงาน และผลการทดสอบ ตรวจสอบ 2. อธิบายแนวคิดในการออกแบบ	นักเรียนนำเสนอชิ้นงาน ผลการทดสอบ ตรวจสอบชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่ประดิษฐ์ขึ้น วิธีดำเนินการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน รวมถึงอธิบายแนวคิดในการออกแบบอย่างเป็นลำดับขั้น

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ดำเนินการตรวจสอบและประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรม พบว่าคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.18 มีผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงแก้ไข ภาษาที่ใช้ในชุดกิจกรรมให้ชัดเจนมากขึ้น ปรับภาษาให้เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และมีการแก้ไขคำที่พิมพ์ผิด เพิ่มภาพประกอบ และปรับเกณฑ์การประเมินชิ้นงานตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของชุดกิจกรรมพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ทั้ง 3 กิจกรรม อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไปทุกกิจกรรม แสดงว่า จุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันทุกกิจกรรม สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ ผลการตรวจความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 1.00 ทุกข้อคำถาม ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไปทุกข้อ

ขั้นตอนที่ 4 การทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้และการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

1) ติดต่อประสานงานกับผู้อำนวยการโรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ จังหวัดอุทัยธานี เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัยและการใช้กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 38 คน

2) นำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ฯ ไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เวลาเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสิ้น 5 คาบ คาบละ 50 นาที รวมเป็นเวลา 250 นาที ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม ครั้งที่ 1 ประกอบด้วย 2 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ ใช้เวลา 2 คาบ กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ ใช้เวลา 2 คาบ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ครั้งที่ 2 มี 1 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ ใช้เวลา 1 คาบ

3) หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมครบทุกกิจกรรมแล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ โดยใช้เวลา 50 นาที

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งนำผลคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรม และการประเมินผลงานสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียน และวิเคราะห์ผลความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนทั้งหมด โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และคิดเป็นร้อยละ และวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ตั้งไว้ โดยใช้สถิติค่าที แบบ t-test for one sample

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ผลการประเมิน
1. ด้านการจัดกิจกรรม			
1.1 กิจกรรมมีความหลากหลายและน่าสนใจ	4.00	0.82	มาก
1.2 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.33	0.64	มาก
1.3 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติจริง	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 กิจกรรมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.6 เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.33	0.47	มาก
1.7 กิจกรรมช่วยฝึกทักษะการสื่อสารและการนำเสนองาน	4.67	0.47	มากที่สุด
1.8 ลักษณะของกิจกรรมมีความสอดคล้องกับแนวทางสะเต็มศึกษา	5.00	0.36	มากที่สุด
1.9 ขั้นตอนการทำกิจกรรมอธิบายได้ละเอียด ชัดเจน	4.67	0.36	มากที่สุด
รวมด้านการจัดกิจกรรม	4.67	0.29	มากที่สุด

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ผลการประเมิน
2. ด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้			
2.1 เนื้อหาสอดคล้องกับกิจกรรม	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาที่มีความยากง่าย เหมาะกับระดับนักเรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาช่วยเสริมความรู้ให้กับนักเรียนได้	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.5 ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน และไม่กำกวม	4.33	0.58	มาก
2.6 การจัดลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่อง	5.00	0.00	มากที่สุด
2.7 รูปภาพที่ใช้ในชุดกิจกรรมมีความชัดเจน เหมาะสมกับเนื้อหา	5.00	0.00	มากที่สุด
รวมด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้	4.81	0.09	มากที่สุด
3. ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ			
3.1 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการ ออกแบบ	4.67	0.58	มากที่สุด
3.2 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนได้ออกแบบและประดิษฐ์ ชิ้นงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนได้นำเสนอผลงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง	5.00	0.00	มากที่สุด
3.6 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนรู้จักหาแนวทางในการแก้ปัญหา ได้ด้วยตนเอง	4.67	0.58	มากที่สุด
3.7 การเรียนด้วยชุดกิจกรรมจะให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าต่อการเรียน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	4.67	0.58	มากที่สุด
รวมด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	4.85	0.25	มากที่สุด
4. ด้านองค์ประกอบและลักษณะของรูปเล่ม			
4.1 ขนาดตัวอักษรในชุดกิจกรรมมีขนาดที่เหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
4.2 ขนาดของเล่มชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 การจัดวางองค์ประกอบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
4.4 ลักษณะรูปเล่มชุดกิจกรรมมีความสวยงาม	5.00	0.00	มากที่สุด
4.5 เนื้อหาที่มีความทันสมัย	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6 คำชี้แจงในการใช้ชุดกิจกรรมอธิบายขั้นตอนและระยะเวลาในการใช้ชุด กิจกรรม ได้ละเอียดและชัดเจน	4.67	0.58	มากที่สุด
รวมด้านองค์ประกอบและลักษณะของรูปเล่ม	4.94	0.10	มากที่สุด

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ผลการประเมิน
รวมการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม	4.82	0.18	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.18 แสดงว่า ชุดกิจกรรมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้ในด้านการจัดกิจกรรม ด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ และด้านองค์ประกอบและลักษณะของรูปเล่ม มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67, 4.81, 4.85 และ 4.94 ตามลำดับ

2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมฯ โดยนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	\bar{x}	ร้อยละ	S.D.	
(1) คะแนนการทำกิจกรรมและการ	กิจกรรมที่ 1	25.00	19.06	76.24	1.74
ตอบคำถามในแต่ละกิจกรรม	กิจกรรมที่ 2	20.00	12.47	62.35	1.98
	กิจกรรมที่ 3	15.00	12.25	81.67	1.25
	คะแนนรวม	60.00	43.78	72.97	4.62
(2) คะแนนการประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จาก	40.00	29.13	72.83	2.57	
วัสดุเหลือใช้					
รวม	100	72.92	72.92	3.50	

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนการทำกิจกรรมและการตอบคำถามทั้ง 3 กิจกรรม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 43.78 คิดเป็นร้อยละ 72.97 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.62 และคะแนนการประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 29.13 คิดเป็นร้อยละ 72.83 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.57 ดังนั้น คะแนนผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.92 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.92 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.50 นำข้อมูลร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

รายการ	n	\bar{x}	S.D.	t	Sig
ผลการเรียนรู้	38	72.92	3.55	5.068*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่าคะแนนผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.92 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองใช้ชุดกิจกรรมมาคำนวณคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ แสดงผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	\bar{X}	ร้อยละ	S.D.
(1) คะแนนตอบคำถามในชุดกิจกรรมการเรียนรู้	20.00	15.39	76.95	0.97
(2) คะแนนการประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ด้านความคิดสร้างสรรค์	30.00	25.26	84.20	5.06
(3) คะแนนการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้	50.00	32.51	65.02	6.97
รวม	100	73.16	73.16	8.30

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจากการตอบคำถามจากกิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.39 คิดเป็นร้อยละ 76.95 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.97 คะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการประเมินชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 25.26 คิดเป็นร้อยละ 84.20 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.06 และคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.51 คิดเป็นร้อยละ 65.02 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.97 ดังนั้น คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.16 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.30 นำข้อมูลร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด ได้ผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

รายการ	n	\bar{X}	S.D.	t	Sig
ความคิดสร้างสรรค์	38	73.16	8.30	2.35*	.012

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.16 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.30 คิดเป็นร้อยละ 73.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปและอภิปรายผล

1. ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.18 ทั้งนี้อาจเนื่องจากชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นได้ออกแบบให้เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียนประถมศึกษา ลักษณะกิจกรรมมีความสอดคล้องกับแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติจริง รูปเล่มชุดกิจกรรมมีขนาดตัวหนังสือที่ชัดเจน ใช้ภาษาที่อ่านง่าย และมีรูปภาพประกอบ มีใบกิจกรรม ใบบันทึกกิจกรรม ใบความรู้ภายในชุดกิจกรรม เป็นการจัดทำชุดกิจกรรมอย่างมีระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน มีคำชี้แจงและจุดประสงค์การเรียนรู้ในทุกกิจกรรม ทำให้การจัดการเรียนรู้เข้าใจง่าย และนักเรียนสามารถปฏิบัติตามได้ด้วยตนเอง (Koocharoenpibal, Tama, and Punkong, 2018) นอกจากนี้ชุดกิจกรรมมีคุณค่าและประโยชน์ที่ช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ รู้จักหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และเห็นคุณค่าต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Siriputtachai, 2013) ด้วยเหตุนี้การประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้จึงอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัย (Wattanasiri, Tongson, and Singlop, 2018) ที่ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการองค์ความรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นอย่างมีระบบ มีองค์ประกอบภายในชุดกิจกรรมครบถ้วน ทำให้ชุดกิจกรรมมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.92 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.92 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนเกิดความท้าทายในการทำกิจกรรมภายใต้เงื่อนไขที่จำกัด สามารถประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ และรู้สึกกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม จากการลงมือปฏิบัติและศึกษาข้อมูลต่างๆ เพิ่มเติมด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้ไปสร้างสรรค์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ของตนเองได้ โดยจากกิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ นักเรียนได้ออกแบบ วางแผนการประดิษฐ์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ ซึ่งนักเรียนส่วนมากสามารถออกแบบ วางแผนการประดิษฐ์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ตามที่กำหนดได้ แต่ยังพบปัญหาบางส่วนที่เกิดขึ้นขณะทำกิจกรรม คือ นักเรียนบางกลุ่มระบุวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ชิ้นงานลงในแบบร่างของตนเองไม่ครบถ้วน กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ตาม

แบบร่างที่ออกแบบไว้ได้ แต่ยังพบปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำกิจกรรม คือ 1) นักเรียนบางกลุ่มบันทึกข้อมูลลงในบันทึกกิจกรรมไม่ครบถ้วน 2) นักเรียนบางกลุ่มประดิษฐ์ชิ้นงานไม่เสร็จภายในเวลาที่กำหนด 3) นักเรียนบางกลุ่มเมื่อทดสอบ ตรวจสอบ และประเมินชิ้นงาน ชิ้นงานมีข้อบกพร่อง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้แก้ไขโดยให้นักเรียนศึกษาขั้นตอน แบบร่าง จากนั้นให้ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน และกิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้สรุปความรู้ สิ่งที่ได้รับ ขั้นตอนการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานทั้งหมด เพื่อนำมาแนะนำโดยมีให้นักเรียนแข่งขันกัน จึงทำให้นักเรียนกระตือรือร้นและร่วมกันทำกิจกรรมอย่างกระตือรือร้นและสนุกสนาน แต่พบปัญหาเกิดขึ้นบ้าง เช่น นักเรียนบางกลุ่มใช้เวลาแนะนำเกินจากที่กำหนด และบันทึกใบบันทึกกิจกรรมไม่ครบถ้วน ทั้งนี้ การจัดกิจกรรมแต่ละกิจกรรมนั้น มีการบันทึกข้อมูลต่างๆ

ลงในใบบันทึกกิจกรรมที่อยู่ในชุดกิจกรรม และตอบคำถามที่อยู่ในชุดกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนและประเมินผลการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ จากการปฏิบัติกิจกรรมและการตอบคำถามทั้ง

3 กิจกรรม ผลปรากฏว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 43.78 จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.97 และคะแนนที่ได้จากการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ มีคะแนนเฉลี่ย 29.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.83 เมื่อนำคะแนนทั้ง 2 ส่วนมารวมกัน พบว่า นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 72.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

อีกทั้งนักเรียนได้มีการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการออกแบบและประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ด้วยตนเอง และใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้สร้างสรรค์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน นักเรียนมีอิสระทางความคิด สามารถแสดงความสามารถของตนเอง ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นกับผู้อื่น รวมถึงการวางแผนการทำงานและแก้ปัญหาร่วมกัน สอดคล้องกับ (Suvanich, 2014) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการใช้ความรู้และกระบวนการเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างประสบการณ์ของตนเอง มุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และสอดคล้องกับงานวิจัย (Koocharoenpibal, Kwanmeung, and Maeam, 2019) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่าการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษามีการกำหนดสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการสร้างสรรค์ผลงานได้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่สูงขึ้น และพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา ดังนั้น การเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมภายใต้เงื่อนไขที่จำกัดหรือสถานการณ์ปัญหาได้ จากการเชื่อมโยงความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรม เกิดความรู้ความเข้าใจผ่านการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ส่งผลให้ผลการเรียนรู้ของนักเรียนสูงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ จากการศึกษางานวิจัยของต่างประเทศ พบว่า มีผลงานวิจัยจำนวนมากที่ได้เผยแพร่เกี่ยวกับจากจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางสะเต็มศึกษา และผลการวิจัยพบว่า สามารถส่งเสริมการคิดของผู้เรียน กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ (Li, et al., 2020)

3. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 73.16 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.30 คิดเป็นร้อยละ 73.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ เนื่องจากกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรมได้สอดแทรกการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ นักเรียนได้พัฒนาความคิดคล่องแคล่วจากการระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อวาดรูปออกแบบรูปร่างของชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ได้อย่างรวดเร็ว และมีจำนวนรูปร่างปริมาณมากภายในเวลาที่จำกัด พัฒนาการคิดยืดหยุ่นจากการเลือกใช้วัสดุหลากหลายประเภท หลากหลายรูปแบบ มาใช้ในการออกแบบภายใต้สถานการณ์ข้อจำกัด และพัฒนาความคิดริเริ่มจากการวาดรูปสิ่งประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ที่แปลกใหม่และแตกต่างไปจากความคิดของผู้อื่น กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ นักเรียนได้พัฒนาความคิดละเอียดลออจากการลงมือประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ให้ครบถ้วน และพัฒนาความคิดยืดหยุ่นจากการปรับเปลี่ยนวัสดุเพื่อให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่สุด และกิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ ใช้ นักเรียนได้พัฒนาความคิดละเอียดลออจากการนำเสนอชิ้นงาน อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ การประดิษฐ์ และการปรับปรุงแก้ไขอย่างละเอียด

การออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ นักเรียนแต่ละคนสามารถแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่จำกัดความคิด มีการแลกเปลี่ยนความรู้ หาข้อมูลเพิ่มเติม ทำให้แต่ละกลุ่มสามารถออกแบบและประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ได้อย่างหลากหลาย ส่งผลให้คะแนนในหัวข้อความคิดสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ของสิ่งประดิษฐ์นักเรียนได้คะแนนสูง และในขั้นตอนการประดิษฐ์ชิ้นงาน สมาชิกในแต่ละกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่กันทำอย่างชัดเจน มีการร่วมมือในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน รวมทั้งนักเรียนสามารถนำเสนอสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ของกลุ่มตนเองให้เพื่อน ๆ กลุ่มอื่นได้ ซึ่งนอกจากจะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้านแล้ว นักเรียนยังได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด กิจกรรมจัดขึ้นตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ซึ่งสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ เนื่องจากกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษานำเน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เน้นฝึกทักษะการคิดและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้

ตามที่ (Kijkuakul, 2013) ได้อธิบายว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานและมีทักษะในการออกแบบ และคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเอง ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดสิ่งแปลกใหม่ คะแนนในการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 32.51 จากคะแนนเต็ม 50

คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.02 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก มีนักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างหลากหลาย เพราะนักเรียนไม่ค่อยได้ฝึกการทำกิจกรรมในลักษณะนี้มาก่อน ที่มีการกำหนดเวลาในการคิดคำตอบให้ได้หลากหลาย รวมทั้งนักเรียนบางคนมีข้อบกพร่องทางการเขียนทำให้ไม่สามารถเขียนคำตอบที่ต้องการออกมาได้ เพราะแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ซึ่งนักเรียนต้องเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนด อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถเขียนคำตอบออกมาได้ทันในเวลาที่กำหนด จึงส่งผลให้คะแนนของนักเรียนที่ออกมามีคะแนนไม่สูงมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับ (Punmanee, 2014) ที่กล่าวถึงอุปสรรคของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความไม่กล้าคิด ไม่กล้าแสดงออก และไม่กล้ากระทำสิ่งใหม่ มาจากการไม่สนับสนุนให้นักเรียนเป็นคนช่างซัก ช่างถาม รู้สึกไร้ค่าและไม่พอใจที่เด็กซักถามบ่อยๆ โดยเฉพาะคำถามแปลกๆ การกระทำดังกล่าว จะไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ หากส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน จะต้องใช้เวลาพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ ค้นคว้า อย่างต่อเนื่อง อยู่เสมอโดยเพิ่มบทบาทของนัก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้

1.1 ควรสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม เพื่อปรับปรุงแก้ไขหากนักเรียนมีปัญหาหรืออุปสรรคในการทำกิจกรรม และให้คำแนะนำในการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการทำงานกลุ่ม เช่น การแบ่งหน้าที่ในการทำงาน การแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1.2 ควรใช้คำถามในกระตุ้นการคิด และมีการเสริมแรงทางบวกหรือเสริมแรงกระตุ้นให้กับนักเรียน เช่น มีการแข่งขัน การประกวด การให้ของรางวัล เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการประดิษฐ์สร้างสรรค์ชิ้นงาน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลของการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในประเด็นอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา

2.2 ควรมีการศึกษาความคิดเห็นและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกต การสัมภาษณ์ หรือการใช้แบบสอบถามเรียนให้เรียนรู้ด้วยตนเอง



ภาพที่ 1 นักเรียนขณะช่วยกันออกแบบชิ้นงาน และประดิษฐ์ชิ้นงาน



ภาพที่ 2 ชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือ

References

- Abdulrahim, S., Pinsuwan, D., and Chauwatkritpong, N. (2014). Achievement and creative thinking in science of MathayomSuksa I students of Phai Si Thong School Cluster in Sing Buri Province. *Journal of Education Thaksin University*. 14(2), 155-171. (in Thai)
- Bloom, B.S. (1968). Learning for mastery. *Evaluation Comment*. (2): 1-5.
- Charoenwongsak, K. (2013). *Creative thinking*. 10th ed. Bangkok: Success Media. (in Thai)
- Committee of Science, Technology, Information and Mass Communication. (2015). *Academic seminar in the subject report proposal STEM Education to develop science learner interested in science, technology, engineering and mathematics*. Bangkok: Secretariat of the Senate publishing, 9-37. (in Thai)
- IPST. (2015). *Introduction of science technology engineering and mathematics education for grade1-grade12*. Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao. (in Thai)

- Khaemmanee, T. (2017). Science of teaching pedagogy: knowledge for effective learning process management. 21st ed. Bangkok: Chulalongkorn University Printing. (in Thai)
- Kijkuakul, S. (2013). Science learning management: Direction for 21st century teachers. Phetchabun: Julladis printing. (in Thai)
- Kennedy, T.J., and Odell, M.R.L. (2014). Engaging students in STEM Education. Science Education International. 25(3), 246-258.
- Koocharoenpisal, N., Kwanmeung, R., and Maeam, L. (2019). Development of the science activity package using STEM Education approach on water treatment for lower secondary students. Journal of Srinakharinwirot Reserch and Development, 11(21), 23-38. (in Thai)
- Koocharoenpisal, N., Tama, L., and Punkong, A. (2018). Learning outcomes and scientific creative thinking of 5th grade students through science activity packages on sound and hearing. Journal of Science Srinakharinwirot University, 34(2), 235-255. (in Thai)
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., and Froyd, J.E. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. International Journal of STEM Education. 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- McCombs, B.L, and Whisler, J.S. (1997). The learner centered classroom and school:Strategies for increasing student motivation and achievement. San Francisco:Jossey-Bass.
- Ministry of Education. (2008). Implementation of the Basic Education Core Curriculum B.E. Bangkok: Kurusapa Printing Ladphrao. (in Thai)
- P21 Partnership for 21st century learning. (2017). Framework for 21st century learning. Available at: <http://www.p21.org/our-work/p21-framework> (accessed16 March 2017).
- Panich, W. (2012). Ways to create learning for students in the 21st century. Bangkok: Sodsri-Saritwong Foundation. (in Thai)
- Plengwattana, R. (2013). STEM Education and learning of astronomy and space. Magazine of Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). 42(185), 19-22. (in Thai)
- Polchaiya, S. (2014). STEM and higher order thinking skills. Magazine of Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 42(189), 7-8. (in Thai)
- Punmanee, A. (2014). Practice to creative thinking. Bangkok: Chulalongkorn University Printing.(in Thai)

- Ring-Whalen E, Dare E, Roehrig G, Titu, P and Crotty, E. (2018). From conception to curricula: The role of science, technology, engineering, and mathematics in integrated STEM units. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), 343–362.
- Rungruang, J. (2014). Effects of using activities packages on the topic of science project on learning achievement and scientific creative thinking of MathayomSuksa 1 Students of expanded opportunity group school Phasicharoen District Office in Bangkok. *Electronic Journal of open Distance Innovation Learning*. 4(2), 75-87. (in Thai)
- Siriputtachai, P. (2013). STEM Education and 21st century skills development. *Journal of Education Mahasarakham University*, 11(2), 49-56. (in Thai)
- Suvanich, C. (2017). STEM education and learning management for teacher student to provide 21st century learner's characteristics under Thailand policy 4.0. *Journal of education Silpakorn University*, 15(1), 18-27. (in Thai)
- Tukkawatakarn, M., and Saifa, Y. (2014). The Development of an activity package to promote creativity thinking skills for elementary school students. *An online journal of education*, 9(1), 842-857. (in Thai)
- Wattanasiri, T., Tongson, P., and Singlop, S. (2018). Effects of scientific learning package using STEM Education in grade 7 students. *Journal of education Naresuan University*, 20(3), 49-63.(in Thai)
- Wattanavikkit, N. (2016). The effects of a science process skill development activity package on science learning achievement in the topic of substances and their properties and science process skills of Mathayom Suksa I students at Chomsurang Upatham School in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. *Journal of Silpakorn University*, 9(1), 1595-1605. (in Thai)