การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาผสานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4–6

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ขุนทะเล เมืองสุราษฎร์ธานี 84100
E-mail: artitaya_sci@hotmail.com

รับบทความ: 12 พฤษภาคม 2563 แก้ไขบทความ: 29 สิงหาคม 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 28 กันยายน 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาผสานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4–6 และ 2) ศึกษาประสิทธิภาพและประเมินผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ ระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้คือการวิจัยและพัฒนา ดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ได้แก่ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานการพัฒนาด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมถึงสำรวจความคิดเห็นและความต้องการของนักเรียน 2) พัฒนาหน่วยการเรียนรู้ 3) นำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้และประเมินผลกับนักเรียน 98 คน ข้อมูลเชิงปริมาณนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ข้อมูลเชิงคุณภาพนำมาวิเคราะห์เนื้อหาพบว่า กิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนต้องการสอดคล้องกับลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา หน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 81.76/83.54 ตามเกณฑ์ 80/80 เน้นหลักการบูรณาการเนื้อหาสะเต็ม การใช้ปัญหาเป็นฐาน การสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนมีความรู้สาขาวิชาสตีมศึกษา มีทักษะการคิดแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีมระดับดีมาก นอกจากนี้นักเรียนมีพัฒนาการด้านการออกแบบเชิงวิศวกรรมและความคิดสร้างสรรค์ในระดับที่เพิ่มขึ้น นักเรียนทั้งหมดมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.42, SD=0.69)

คำสำคัญ: หน่วยการเรียนรู้ บูรณาการสตีม ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ชีวิตและอาชีพ ประถมศึกษา

The Development of STEAM Education Integrated Learning Unit Combined with Philosophy of Sufficiency Economy for Grade 4–6 Students

Artitaya Jituafua

Program in General Science, Faculty of Education, Suratthani Rajabhat University,
Khun Taleay, Muang Surat Thani 84100, Thailand
E-mail: artitaya_sci@hotmail.com

Received: 12 May 2020 Revised: 29 August 2020 Accepted: 28 September 2020

Abstract

The purposes of this study were: 1) to develop STEAM Education integrated learning unit, combined with philosophy of sufficiency economy for grade 4–6 students and 2) to study efficiency and effects of using STEAM learning unit. Research and development was used in this study conducted in 3 phases. Phases I was to study needs assessment using in–depth interview with all stakeholders and survey elementary students' opinion and their needs. Phases II was to design and develop the STEAM learning unit. Phases III was to implement and evaluate the STEAM learning unit with 98 elementary students. The quantitative data were analyzed using the statistics, as well as the qualitative data were analyzed by content analysis. The results indicated that the science activities they wanted were in line with the STEAM characteristic. The STEAM learning unit had the effective level at 81.76/83.54 in accordance to 80/80. The activities focused on integration of STEM content, problem–centered learning, inquiry–based learning, design–based learning, and the principle of cooperative learning. The implementation of STEAM learning unit was revealed that students had a very good level in STEAM knowledge, problem solving skills, and collaborative skills. Furthermore, students had increased their engineering design process and creative thinking. The overall students' satisfaction was at a good level ($\bar{x}$=4.42, SD=0.69).

Keywords: Learning unit, Integrating STEAM, Sufficiency economy philosophy, Life and career, Elementary school

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการในการจัดการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นอย่างมาก เพราะการจัดการเรียนรู้สะ-

เต็มศึกษาที่มีคุณภาพจะส่งผลที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ และเป็นตัวกำหนดคุณภาพของประชากรไทยในอนาคต อย่างไรก็ตามการสำรวจการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในปัจจุบันพบว่า ยังมีการเรียนการสอนที่ไม่ได้มาตรฐานหลายด้าน ดังนั้นเพื่อการเปลี่ยนแปลงประชากรในอนาคต วงการการศึกษาจะต้องลุกขึ้นมาปฏิรูปการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอย่างจริงจัง (Office of the Education Council: ONEC, 2016a) จากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการเดิม ๆ ไม่อาจทำให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้และทักษะด้านสะเต็ม รวมถึงไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง หรือมิอาจทำให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์และมีทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 ได้ ทั้งนี้ สะเต็มศึกษาเป็นคำย่อของ 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (science) เทคโนโลยี (technology) วิศวกรรมศาสตร์ (engineering) และคณิตศาสตร์ (mathematics) สะเต็มศึกษาเป็นองค์ความรู้และทักษะที่จำเป็นในการดำเนินชีวิตและการทำงาน เกิดจากการบูรณาการศาสตร์ทั้งสี่เข้าด้วยกันโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกฝังความเข้าใจอย่างลึกซึ้งของแต่ละวิชา ผ่านการให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (ONEC, 2016b) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไปพร้อมกับการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทำงานเป็นทีมและการสื่อสารขณะที่ผู้เรียนแสวงหาคำอธิบายธรรมชาติเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ ปัจจุบันในหลายโรงเรียนมุ่งเน้นบูรณาการสะเต็มศึกษาโดยหลอมรวมศิลปะ (art) เข้ากับสาขาวิชาสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์มาบูรณาการกับทั้งสี่ศาสตร์กลายเป็นสตีมศึกษา (STEAM education) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ต่อยอดมาจากสะเต็มศึกษา (Shernoff *et al*., 2017) ทั้งนี้ ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่เป็นที่ต้องการมากที่สุดในระดับบุคคลและระดับโลก (Zhbanova, 2019)

สำหรับการปฏิรูปความเชื่อมโยงของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกับการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน มีการนำสาระเทคโนโลยีประกอบด้วยการออกแบบและเทคโนโลยี และวิทยาการคำนวณ ที่เอื้อต่อการเรียนรู้แบบบูรณาการคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมในการประกอบอาชีพ หรือสามารถศึกษาต่อในระดับสูง แต่ในระดับการปฏิบัตินั้น ประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาหลักสูตรสะเต็มที่ชัดเจน หากมีการนำสะเต็มศึกษามาเป็นกิจกรรมเสริมทั้งในและนอกเวลาเรียน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเชื่อมโยงบทเรียนที่เกี่ยวข้อง (ONEC, 2016b) การออกแบบพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษา (STEM courses) จึงกลายมาเป็นประเด็นใหม่ของการศึกษาเพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาของผู้เรียน (Mayasari *et al*., 2016) ทั้งนี้อุปสรรคบางประการที่สำคัญในการนำสะเต็มศึกษาไปปฏิบัติคือ การขาดทักษะการฝึกอบรมภาคปฏิบัติสำหรับผู้เรียน (Marsono *et al*., 2019)

ประเทศไทยนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเข้าสู่โรงเรียนด้วยการเรียนเนื้อหาและลงมือปฏิบัติ การรู้จักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่เอาสามห่วงสองเงื่อนไขวางไว้ก่อน เอาความสมดุลความยั่งยืนเป็นหลักการพิจารณา ปรัชญานี้คือวิธีคิด หรือการมีมุมมองต่อสิ่งต่าง ๆ ที่จะเป็นแนวทางการดำเนินชีวิต นักเรียนที่ผ่านกระบวน-

การนี้มีความละเอียดลออในการคิดเพื่อประเมินและตัดสินใจการกระทำของตน (Prasertsan, 2019) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาผสานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพโดยอาศัยกรอบทฤษฎีการปฏิบัติการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาของ Thibaut *et al*. (2018) โดยเน้นหลักการบูรณาการเนื้อหาสะเต็ม การใช้ปัญหาเป็นฐาน การสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ซึ่งมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน อาทิ การใช้ปัญหาเป็นฐานและการสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสืบเสาะหาความรู้และการออกแบบเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการลงมือปฏิบัติจริงบนพื้นฐานแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม ผู้วิจัยมุ่งหวังว่าผู้เรียนจะเกิดความรู้ความเข้าใจและนำความรู้สาขาสะเต็มมาใช้เป็นพื้นฐานการออกแบบเชิงวิศวกรรมสร้างผลงานหรือนวัตกรรมตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเชื่อมโยงกับอาชีพท้องถิ่น มีทักษะการคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ ทำงานเป็นทีม และมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (research and development: R&D) แบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ 1) ผู้บริหารสถานศึกษา 3 คน 2) ครูพี่เลี้ยงวิทยาศาสตร์ 3 คน 3) นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 3 คน 4) นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4–6 ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 98 คน จาก 3 โรงเรียน ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi–stage random sampling) โดยเป็นการสุ่มตัวอย่างที่ใช้วิธีการสุ่มมากกว่า 1 วิธี ขั้นแรกผู้วิจัยเลือกพื้นที่ดำเนินการวิจัยเป็นจังหวัดที่ตั้งของโรงเรียนเครือข่ายการฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่เปิดสอนระดับชั้นประถมศึกษา 4–6 ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยเอง โดยคำถึงภาระงานการเป็นอาจารย์นิเทศก์ของผู้วิจัยซึ่งทำหน้าที่อาจารย์นิเทศก์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนเครือข่ายจังหวัดสุราษฎร์ธานี ขั้นที่สองจึงสุ่มโรงเรียนโดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จำนวน 3 โรงเรียน จากโรงเรียนเครือข่ายการฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่เปิดสอนระดับชั้นประถมศึกษา 4–6 ทั้งหมด และมีนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปเข้ารับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ขั้นสุดท้ายจึงสุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 4–6 เป็นห้อง ๆ จำนวน 3 ห้อง จากโรงเรียนที่สุ่มได้ในขั้นที่สอง โดยใช้การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling)

เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบสัมภาษณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดเกี่ยวข้องกับความเข้าใจสตีมศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสตีมศึกษา ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและอาชีพ รวมถึงความคิดเห็นและความต้องการในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษา 2) แบบสำรวจความคิดเห็นต่อกิจกรรมแบบสตีมศึกษาที่นักเรียนต้องการปฏิบัติ 6 กิจกรรม ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา และสะเต็มศึกษาก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูล

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ผู้บริหารสถานศึกษา ครูวิทยาศาสตร์ และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และให้นักเรียนทำแบบสำรวจความคิดเห็นและความต้องการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ นำข้อมูลมาวิเคราะห์เนื้อหา โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ได้แก่ ถ้อยคำ ประโยค หรือใจความสำคัญที่ปรากฏในเอกสารเป็นจำนวนที่วัดได้แล้วแจงนับจำนวนถ้อยคำ ประโยค หรือใจความ จากนั้นนำมาตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (induction) โดยแบ่งประเภทตามเนื้อหา แล้วเปรียบเทียบเนื้อหาประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Lincharearn, 2012) ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบสำรวจความคิดเห็นนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลความหมายโดยนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์

ระยะที่ 2 การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำข้อมูลพื้นฐานการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ในระยะที่ 1 มาสร้างหน่วยการเรียนรู้ ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบอาศัยกรอบทฤษฎีการปฏิบัติการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาของ Thibaut *et al*. (2018) ประกอบด้วย 1) การบูรณาการเนื้อหาสะเต็ม ซึ่งเป็นการผสมผสานเป้าหมายการเรียนรู้ เนื้อหา และการปฏิบัติอย่างชัดเจนของสาขาวิชาสะเต็มที่แตกต่างกัน 2) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ในบริบทจริงของผู้เรียนอย่างเปิดกว้าง เพื่อเพิ่มความหมายของเนื้อหาการเรียนรู้ 3) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม เรียนรู้จากประสบการณ์และกิจกรรมแบบลงมือปฏิบัติที่ช่วยให้ค้นพบแนวคิดใหม่และพัฒนาความเข้าใจใหม่ 4) การเรียนรู้ที่มีการออกแบบเป็นฐาน เป็นการสร้างความท้าทายด้านการออกแบบจากการปฏิบัติที่เปิดกว้าง ซึ่งไม่เพียงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการปฏิบัติทางวิศวกรรม แต่ยังช่วยให้เข้าใจแนวคิดหลักของแต่ละสาขาวิชา และ 5) การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารและร่วมมือกันเพื่อเพิ่มพูนความรู้ให้ลึกซึ้ง องค์ประกอบดังกล่าวผ่านการสังเคราะห์และทบทวนเอกสารอย่างเป็นระบบจัดได้ว่ามีความสำคัญที่สุดสำหรับการปฏิบัติการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา โดยผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ทั้งห้าสหวิทยาการในการระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล วางแผนและออกแบบ ทดลอง ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล จากสถานการณ์ที่ระบุไว้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม สอดแทรกการประยุกต์ใช้แนวคิดของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการทำอาชีพท้องถิ่น หลักการทั้งหมดเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนบนพื้นฐานแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม ซึ่งผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (ภาพที่ 1)

ทั้งนี้ การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด โดยยึดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นสาระหลัก สาขาวิชาที่เหลือเป็นสาระรอง แล้วนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้โดยเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาและทักษะเข้ากับอีกสี่สหวิทยาการ

เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในการนำไปใช้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก สอดแทรกการประยุกต์ใช้แนวคิดของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและการทำอาชีพ (ตาราง 1)

ภาพที่ 1 กรอบทฤษฎีการปฏิบัติการสอนแบบบูรณาการสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้
ที่มา: Thibaut *et al*., 2018

ตาราง 1 ตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวชี้วัดสาระหลักและรอง เชื่อมโยงสหวิทยาการ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและอาชีพ

กิจกรรม	วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	ศิลปะ (A)	คณิตศาสตร์ (M)	เศรษฐกิจ-พอเพียง (SE)	อาชีพ (C)
โรงละครเงาปริศนาจากหุ่นหรรษา	จำแนกวัตถุเป็นตัวกลางโปร่งใส โปร่งแสง และวัตถุทึบแสง จากหลักฐานเชิงประจักษ์	ใช้พลังงาน/ทรัพยากรเพื่อสร้างหุ่นเงาอย่างประหยัดและคุ้มค่า	ออกแบบและสร้างหุ่นเงา จากวัตถุที่เป็นตัวกลางของแสง	อภิปรายการทำหุ่นเงา/หนังตะลุงเป็นงานทัศนศิลป์ ถิ่นภาคใต้ เป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม	คำนวณงบ-ประมาณการสร้างหุ่นเงาโดยการบวก ลบ คูณ และหาร	สื่อสารและนำความรู้ตัวกลางของแสง การเกิดเงา เชื่อมโยงกับอาชีพนายหนังตะลุง ช่างแกะหนังตะลุง	ประยุกต์หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ออกแบบและสร้างหุ่นเงาอย่างคุ้มค่า

กิจกรรมภายในหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาผสานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพ ประกอบด้วย 10 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) หยดน้ำกู้ชีวิตพืช 2) โรงละครเงาปริศนาจากหุ่นหรรษา 3) ช่วยหนูนิดคิดวิเคราะห์รูปร่างดวงจันทร์ 4) โมบายอวกาศตะลุยระบบสุริยะ 5) สร้างสรรค์ไอศกรีมด้วยสตีมศึกษาบูรณาการอาชีพ 6) สร้างฝายชะลอน้ำตามรอยพ่อหลวง 7) กล่องสังเกตดาวฤกษ์ 8) นักประดิษฐ์รถพลังงานไฟฟ้า 9) ผู้พิชิตคราบน้ำมันแห่งท้องทะเล และ 10) การเดินทางอันยาวนานของหิน กำหนดชั่วโมงกิจกรรมละ 6 ชั่วโมง รวม 60 ชั่วโมง โดยนักเรียนจะได้เชื่อมโยงความรู้ทั้งห้าสหวิทยาการในการระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล วางแผนและออกแบบ ทดลอง ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผลจากสถานการณ์ที่ระบุไว้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม (ตาราง 2) จากนั้นนำหน่วยการเรียนรู้ไปหาคุณภาพจากการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา คณิตศาสตร์ศึกษา และสะเต็มศึกษา รวมจำนวน 3 ท่าน เพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ดำเนินการจัดการเรียนรู้

ตาราง 2 ตัวอย่างสถานการณ์ที่ระบุไว้ในกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม

กิจกรรม	สถานการณ์
โรงละครเงา ปริศนา จากหุ่นหรรษา	อีกไม่กี่วันจะถึงวันเด็ก กลุ่มของ ด.ญ.มะลิ ได้รับมอบหมายจากครูให้ออกแบบการแสดงบนเวที แต่ประสบปัญหาคือ นักแสดงไม่เพียงพอ เนื่องจากแมนยูกับแทมขาเจ็บไม่สามารถทำการแสดงได้ หากนักเรียนประสบปัญหาดังกล่าว นักเรียนจะนำความรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง แสง ตัวกลางของแสง และการเกิดเงา มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหานี้อย่างไร โดยที่ไม่ต้องใช้นักแสดงที่เป็นบุคคล ทั้งนี้ นักเรียนจะต้องระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบ ทดสอบ ปรับปรุง และนำเสนอผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ระยะที่ 3 นำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ และประเมินผล

กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4–6 ภาคปลาย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 98 คน จาก 3 โรงเรียน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มเดียวกับระยะที่ 1 สุ่มโรงเรียนโดยใช้การสุ่มอย่างง่าย จำนวน 3 โรงเรียน จากโรงเรียนเครือข่ายการฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่เปิดสอนระดับชั้นประถมศึกษา 4–6 ทั้งหมด และมีนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปเข้าฝึกประสบการณ์วิชาชีพ จากนั้นสุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 4-6 เป็นห้อง ๆ จำนวน 3 ห้อง จากโรงเรียนที่สุ่มได้ โดยใช้การสุ่มนักเรียนแบบแบ่งกลุ่ม

เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 2) แบบวัดความรู้ความเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งผู้วิจัยแปลแบบวัด engineering design process pre/post–test และคัดเลือกแบบวัด engineering design quiz บางข้อจากต้นฉบับ www.teachengineering.org ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 6 ข้อ และแบบจับคู่ จำนวน 2 ข้อ 3) แบบประเมินกระบวนการสร้างผลงาน ชิ้นงาน หรือนวัตกรรม เป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจากผลการวาดภาพ (The test for creative thinking–drawing production: TCT-DP) (Urban, 2005) ซึ่งแสดงความสามารถทางการคิดด้วยการต่อเติมภาพที่กำหนดภายในกรอบสี่เหลี่ยมในเวลาที่กำหนด 5) แบบประเมินทักษะการคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีม เป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค และ 6) แบบประเมินความพึงพอใจ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เครื่องมือทั้งหมดผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่าน

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล นำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 กิจกรรม 24 ชั่วโมง ชั้นเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 กิจกรรม 18 ชั่วโมง และชั้นเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 กิจกรรม 18 ชั่วโมง ภาคปลาย ปีการศึกษา 2562 รายวิชาวิทยาศาสตร์คาบปกติ คาบเสริม และกิจกรรมนอกห้องเรียน รวมทั้งสิ้นจำนวน 60 ชั่วโมง โดยมีนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เป็นผู้จัดการเรียนรู้ จำนวน 3 คน (ระดับชั้นละ 1 คน) ภายใต้การกำกับดูแลของครู

พี่เลี้ยงวิทยาศาสตร์ และผู้วิจัยในฐานะอาจารย์นิเทศก์ ทั้งก่อนและเสร็จสิ้นการนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ผู้วิจัยวัดและประเมินความรู้ความเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ระหว่างการเรียนรู้ผู้วิจัยวัดและประเมินผู้เรียน ดังนี้ 1) ความรู้ความเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ 2) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และ 3) ทักษะการคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ และการทำงานเป็นทีม ตลอดจนความพึงพอใจหลังใช้หน่วยการเรียนรู้สิ้นสุด และหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ ข้อมูลเชิงปริมาณนำมาวิเคราะห์ทางสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าคะแนนพัฒนาการการเรียนรู้ (relative gain score) และหาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ นำคะแนนเทียบกับเกณฑ์ ข้อมูลเชิงคุณภาพนำมาตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย โดยแบ่งประเภทตามเนื้อหา แล้วเปรียบเทียบเนื้อหาประเภทต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Lincharearn, 2012) และตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยการตรวจสอบสามเส้า ผู้ให้ข้อมูลตรวจสอบ และการตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Creswell, 2003)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้

ผู้บริหารสถานศึกษา ครูพี่เลี้ยงวิทยาศาสตร์ และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เข้าใจความหมายของสะเต็มศึกษาในลักษณะการบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาเพื่อให้เกิดสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรม ขณะที่บางส่วนสับสนในด้านความหมายของสะเต็ม และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ว่าเป็นการบูรณาการเฉพาะความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์เท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงการบูรณาการความรู้ด้านอื่น ๆ เช่น เศรษฐกิจพอเพียง ทรัพยากรภูมิปัญญา และการทำอาชีพ ทั้งผู้บริหารสถานศึกษา และครูพี่เลี้ยงวิทยาศาสตร์ไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยได้ยินคำว่าสตีมศึกษามาก่อน ผู้วิจัยจึงใช้คำว่า “สะเต็มศึกษา” ในการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ข้อมูล ขณะที่นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษาและสตีมศึกษาได้ เนื่องจากผ่านการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร อย่างไรก็ตาม ทั้งผู้บริหารและครูมองว่าสะเต็มศึกษาถือเป็นเรื่องใหม่ จึงอาจส่งผลต่อความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ ผู้บริหารและครูมีประสบการณ์เข้าอบรมเชิงปฏิบัติการด้านสะเต็มศึกษาเฉลี่ยเพียง 1–2 ครั้ง บางส่วนไม่เคยผ่านการอบรมมาก่อน Ejiwale (2013) สนับสนุนว่า คุณภาพการเตรียมความพร้อมของครูมีความสำคัญยิ่งเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าถึงมาตรฐานด้านการศึกษาที่สูงขึ้น เป็นที่น่าเสียดายว่าปัจจุบันในหลายชั้นเรียนเต็มไปด้วยบุคลากรที่ไม่ได้รับการเตรียมความพร้อม หรือได้รับการฝึกอบรมที่มีคุณภาพต่ำหรืออาจไม่มีคุณภาพ ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้ครูไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ต่อยอดเพื่อจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ ขณะที่นักศึกษากลุ่มที่ศึกษาครั้งนี้ มีความรู้ความเข้าใจสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้ตามที่หลักสูตรกำหนดซึ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กอปรกับสถาบันการศึกษาต้นสังกัดจัดตั้งศูนย์สะเต็มศึกษาจึงทำให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้อาทิ ร่วมเป็นเจ้าหน้าที่ฝึกอบรม (training staff) ด้านสะเต็มศึกษา ทั้งหมดสนใจการจัดการเรียนรู้

ตามแนวสะเต็มศึกษาและต้องการพัฒนาตนเอง สอดคล้องกับ Shernoff *et al*. (2017) พบว่า ครูจำนวนมากสนใจวิธีการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการสะเต็มศึกษา แต่ไม่มั่นใจว่าตนมีความพร้อมในการนำความรู้ไปใช้ การเตรียมครูให้สามารถจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะนำมาซึ่งการคิดใหม่ ออกแบบพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาใหม่ ๆ สำหรับครูทั้งก่อนและในประจำการ ข้อค้นพบนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อความเข้าใจที่ดีเกี่ยวกับความจำเป็นและความต้องการในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของครู

ขณะเดียวกันทั้งหมดเล็งเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษา อาทิ เป็นการสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม เมื่อผู้วิจัยสอบถามเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในยุคปฏิรูปการศึกษารอบสองหรือเพื่อตอบสนอง Thailand 4.0 ว่าเป็นอย่างไร และควรมีแนวทางอย่างไรเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ส่วนใหญ่กล่าวว่า เป็นการฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา มีคุณธรรม นำความรู้ไปใช้สร้างสรรค์ผลผลิตด้วยตนเอง ขณะที่ข้อมูลการสัมภาษณ์ยังพบว่า ไม่บ่อยนักที่ครูให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ผลผลิตด้วยตนเองในชั้นเรียน ขณะที่อุปสรรคของการนำสะเต็มศึกษาไปปฏิบัติคือ การขาดแคลนบุคลากรด้านสะเต็ม การออกแบบกิจกรรม วัสดุอุปกรณ์ และข้อจำกัดด้านเวลา Ejiwale (2013) ยังพบว่าปัญหาที่สำคัญคือ การขาดการฝึกอบรมภาคปฏิบัติสำหรับนักเรียน

เมื่อผู้วิจัยสัมภาษณ์ถึงประเด็นความท้าทายในการจัดการเรียนรู้สะเต็มพบว่า การออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยตนเอง การพิจารณาคัดเลือกความรู้มาบูรณาการ การบริหารเวลา แนวปฏิบัติที่เน้นความสนใจต่อการเรียนรู้ และความร่วมมือของผู้เรียนเป็นสิ่งท้าทาย ขณะที่ Ramli *et al.* (2017) พบว่า ความรู้ในเนื้อหา การสร้างความสนใจของกิจกรรม กระบวนการสร้างคำอธิบาย การประเมินผล และความมั่นใจของครูเป็นสิ่งท้าทาย ส่วนประเด็นที่ครูและนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต้องการทราบเพิ่มเติมประกอบด้วย วิธีจัดการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษา/สตีมศึกษาที่เชื่อมโยงกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและอาชีพ การเข้าถึงแหล่งความรู้ และหน่วยงานที่ให้ความรู้ด้านสะเต็มศึกษา

ทั้งนี้ กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผู้บริหาร ครู และนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต้องการประกอบด้วยกิจกรรมแบบนักวิทยาศาสตร์ที่เน้นการทดลองเป็นผลเชิงประจักษ์ การบูรณาการเชื่อมโยงอาชีพ และปลูกฝังความพอเพียง ฝึกคิด ออกแบบ และปฏิบัติโดยเน้นกระบวนการมีส่วนร่วม ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาอย่างไรก็ตามทั้งหมดมีความต้องการจัดการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาผสานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงและอาชีพ ด้วยเหตุผลที่แตกต่างกัน อาทิ การเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต การนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ตลอดจนนำความรู้ไปใช้ในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพโดยเฉพาะสายอาชีวศึกษา เมื่อวิเคราะห์ความคิดเห็นและความต้องการของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษา โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 98 คน เป็นผู้ตอบแบบสำรวจ พบว่า นักเรียนมีระดับความคิดเห็นและความต้องการต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.35, SD=0.83) และภาพรวมของกิจกรรมวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนที่ผ่านมาของนักเรียนแทบจะไม่

เป็นไปตามแนวทางสะเต็มศึกษา ($\bar{X}$=1.68, SD= 0.66)

ผลของการนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน

1) เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

นักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาผสานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพ มีความรู้ความเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$= 7.18, SD=0.49) อยู่ในช่วงเกณฑ์การประเมิน 7.0–9.0 คะแนน โดยสามารถอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ได้ ทั้งนี้ ด้านวิทยาศาสตร์ผู้เรียนสามารถตั้งคำถาม ใช้แบบจำลอง ออกแบบทดลอง ใช้หลักฐานยืนยันแนวคิด อธิบายเชื่อมโยงความรู้สหวิทยาการกับผลงานที่สร้างขึ้น ด้านเทคโนโลยีสามารถใช้ทรัพยากรในการทำงานอย่างคุ้มค่า ใช้คอมพิวเตอร์ค้นหาข้อมูล ด้านศิลปะมีทักษะพื้นฐานในการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างสรรค์วาดภาพระบายสี เลือกใช้วรรณะสีเพื่อตกแต่งชิ้นงาน อธิบายหลักการสัดส่วนความสมดุลในออกแบบชิ้นงาน ระบุและอภิปรายเกี่ยวกับการทำหุ่นเงา/หนังตะลุงเป็นงานทัศนศิลป์ในถิ่นภาคใต้ซึ่งเป็นมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม ด้านวิศวกรรมศาสตร์สามารถระบุปัญหาเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต พัฒนาและใช้แบบจำลอง ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด ประเมินและสื่อสารแนวคิด ด้านคณิตศาสตร์สามารถประมาณผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หาร จากสถานการณ์ที่กำหนด แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาโดยใช้บัญญัติไตรยางศ์ รวมถึงผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการออกแบบและสร้างชิ้นงานอย่างประหยัดและคุ้มค่า สามารถสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวกับอาชีพในชุมชนตลอดจนระบุความรู้และคุณธรรมที่สัมพันธ์กับอาชีพที่สนใจ รวมถึงสามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้ทางวิชาการกับผลงานที่พัฒนาขึ้น และแสดงถึงการนำความรู้ในหลากหลายสาขาวิชามาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม (ตาราง 3)

ตาราง 3 การให้เหตุผลที่แสดงถึงการนำความรู้ในหลากหลายสาขาวิชามาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรม

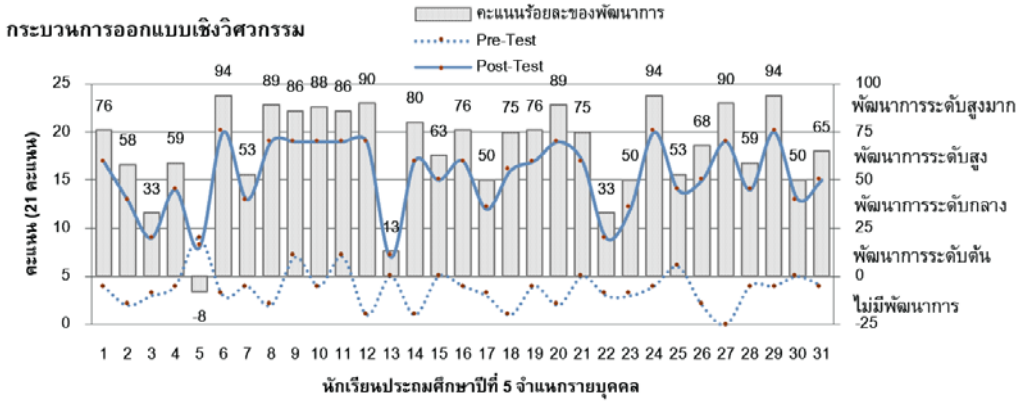
กิจกรรม	การบูรณาการ	คำถามท้ายกิจกรรม	การให้เหตุผล
โรงละครเงาปริศนาจากหุ่นหรรษา	อาชีพ	นักเรียนสามารถนำความรู้จากกิจกรรมนี้ไปประกอบอาชีพใดที่สอดคล้องกับท้องถิ่นภาคใต้	อาชีพนายหนังตะลุง ช่างแกะหนังตะลุง
	วิทยาศาสตร์และศิลปะ	ถ้าต้องการให้ตัวละครหุ่นเกิดลวดลายปรากฏบนฉาก เมื่อนำไปส่องกับแสง นักเรียนควรใช้วัตถุเป็นตัวกลางแบบใด	ใช้วัตถุโปร่งแสง (กระดาษไข) โปร่งใส (กระดาษแก้วใส) มาประกอบเป็นตัวละครหุ่น

การที่ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก อาจเป็นเพราะกิจกรรมการออกแบบทางวิศวกรรมที่ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัตินั้นเป็นบริบทของการบูรณาการ ซึ่งประสบความสำเร็จในการส่งเสริมผู้เรียนระบุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องและนำมาเชื่อมโยงความรู้สหวิทยาการที่จะนำไปใช้ในกิจกรรมการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Estapa and Tank, 2017) ทั้งนี้การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ความรู้สาขาวิชาสะเต็มคือลักษณะสำคัญที่สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทการเรียนรู้ที่ดีในระหว่างการออกแบบ (Moore *et al*., 2014)

2) ความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยวัดความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมก่อนและหลังการเรียนรู้ ดังตัวอย่างข้อคำถาม เช่น หากนักเรียนจะนำไอศกรีมไปขายในวันที่มีอากาศร้อนจัด นักเรียนทราบว่าจะต้องเก็บรักษาไอศกรีมไม่ให้ละลายเป็นเวลา 3 ชั่วโมง นักเรียนมีงบประมาณ 500 บาท ลำดับขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่จะเกิดขึ้นคือขั้นตอนใด (การระบุปัญหา) ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเฉลี่ยจำแนกตามระดับชั้น ป.4–ป.6 เท่ากับ 12.35 15.39 และ 15.5 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 58.81 73.29 และ 73.81 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการใช้หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามระดับชั้น ป.4–ป.6 เท่ากับ 3.78 3.71 และ 2.97 ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 18.00 17.67 และ 14.14 ตามลำดับ

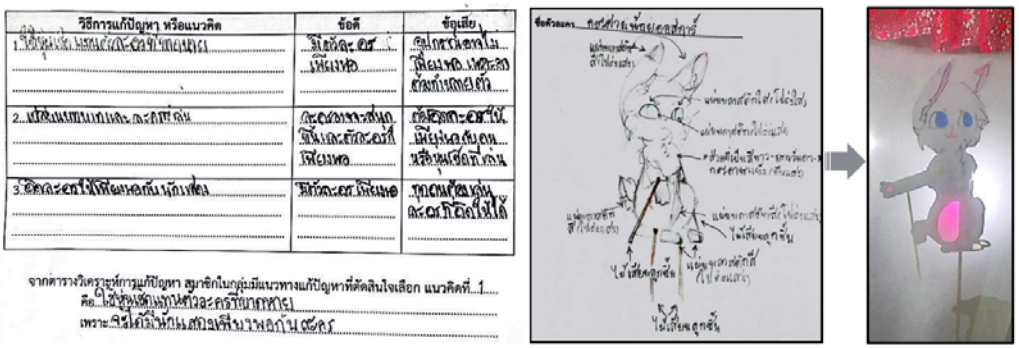
เมื่อคำนวณคะแนนร้อยละของพัฒนาการโดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่ (จำนวน 36 คน จาก 98 คน) มีพัฒนาการความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับสูงมาก (คะแนนร้อยละของพัฒนาการ 75–100 คะแนน) ดังตัวอย่างในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 พัฒนาการความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำแนกตามระดับชั้น

ผลการศึกษาจากการสังเกตการปฏิบัติพบว่า นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ โดยสามารถระบุปัญหาเพื่อกำหนด

ขอบเขตปัญหาซึ่งนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อจำกัด และเลือกวิธีการที่ดีที่สุดได้ สามารถออกแบบวิธีการ สร้างต้นแบบ (prototype) ในการพัฒนานวัตกรรม โดยคำนึงถึงทรัพยากรและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การประเมินความเป็นไปได้ เลือกวิธีการที่ดีที่สุด และสร้างต้นแบบ นำไปสู่การพัฒนาหุ่นหรรษา

นอกจากนี้ นักเรียนสามารถกำหนดลำดับขั้นตอนของวิธีการ แล้วลงมือพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา ทดสอบและประเมิน โดยนำผลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา มีการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สอดคล้องกับ English and King (2015) พบว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบ ปรับปรุงผลงานโดยนำความรู้สหวิทยาการสาขาวิชาสะเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหาที่น่าสนใจและมีความหมายต่อตัวนักเรียน

เมื่อพิจารณาแบบประเมินกระบวนการสร้างผลงาน ชิ้นงาน หรือนวัตกรรม พบว่า คะแนนอยู่ในช่วง 20.50–27.0 คะแนน แสดงถึงความสามารถในการออกแบบเชิงวิศวกรรมระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้อง Sangkharak *et al*. (2017) กล่าวคือ สะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดีขึ้นอยู่ในระดับดี ทั้งนี้เพราะการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเปิดโอกาสให้เล็งเห็นถึงแนวคิดและกระบวนการที่นำมาใช้ในการออกแบบ อาทิ การระบุปัญหา การทำนาย การทดสอบต้นแบบ และการวิเคราะห์การทดสอบต้นแบบ ซึ่งนักเรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการออกแบบเชิงวิศวกรรม เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิศวกรที่มีการประยุกต์ใช้แนวคิดและกระบวนการที่หลากหลายเพื่อใช้แก้ปัญหา กิจกรรมเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ดีขึ้น (Donna, 2012)

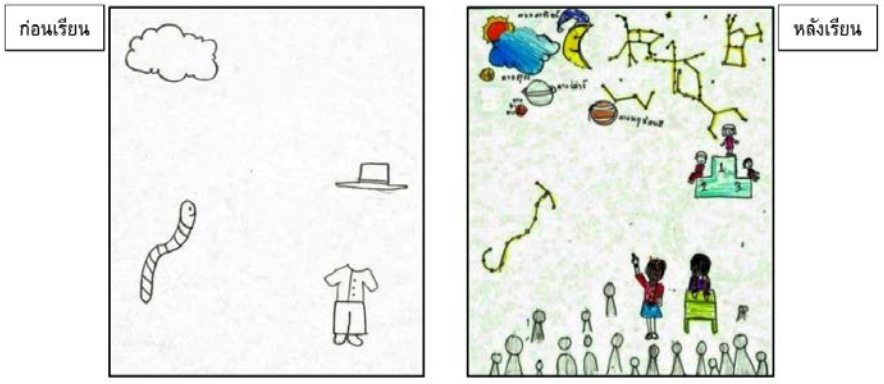
3) ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีม

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดแก้ปัญหา และทักษะการทำงานเป็นทีม อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีผลคะแนนในช่วง 7.0–9.0 โดยเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ และกำหนดปัญหาได้ถูกต้อง เลือกวิธีการแก้ปัญหา และออกแบบการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม สร้างสรรค์ นำไปใช้ได้จริง มีทักษะการทำงานเป็นทีมโดยให้ความร่วมมือช่วยเหลือทีม สื่อสารกับเพื่อนสมาชิกและครูอย่างสร้างสรรค์ รวมถึงมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับดี ซึ่งมีผล

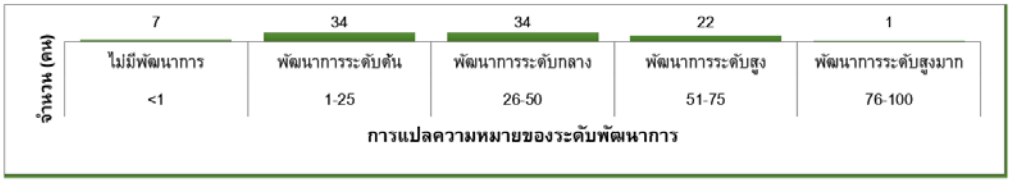
คะแนนอยู่ในช่วง 5.0–6.9 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมสตีมศึกษาส่งเสริมผู้เรียนระบุปัญหา จัดการกับวิธีการแก้ปัญหาหลากหลายทางเลือก ออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้ความรู้สะเต็ม และใช้ความคิดสร้างสรรค์ร่วมกับสมาชิกตลอดจนผลงานเสร็จสมบูรณ์ ระหว่างการดำเนินงานผู้เรียนอาจประสบปัญหาและอุปสรรคหลายประการที่ทำให้เกิดการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ (Mayasari *et al*., 2016) นอกจากนี้มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่อยู่ในกิจกรรมสะเต็มสามารถพัฒนาความสามารถการจัดการเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน และปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (English *et al*., 2013; Purzer *et al*., 2015)

เมื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (TCT–DP) ก่อนใช้หน่วยการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์อยู่ในช่วง 14–28 คะแนน จัดเป็นความคิดสร้างสรรค์ระดับปานกลาง หลังใช้หน่วยการเรียนรู้ นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น สามารถสร้างภาพขึ้นใหม่จากชิ้นส่วนที่ต่อเติมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีการต่อเนื่องด้วยเส้นทำให้เกิดเป็นเรื่องราว มีมิติ มีการคิดแปลกใหม่โดยมีภาพสัญลักษณ์หรือการใช้ภาษาพูด (ภาพที่ 4)

เมื่อคำนวณคะแนนร้อยละของพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์อยู่ในพัฒนาการระดับต้นและพัฒนาการระดับกลางเท่า ๆ กัน ซึ่งมีคะแนนร้อยละของพัฒนาการระดับต้นอยู่ในช่วง 1–25 (จำนวน 34 คน จาก 98 คน) และมีคะแนนร้อยละของพัฒนาการระดับกลางอยู่ในช่วง 26–50 (จำนวน 34 คน จาก 98 คน) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 ผลการวาดภาพจากแบบวัด TCT–DP แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ปานกลางพัฒนาไปสู่ความคิดสร้างสรรค์สูง



ภาพที่ 5 ระดับพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จากผลการวาดภาพ (TCT–DP)

การที่ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นหลังการเรียนรู้ ทั้งนี้เป็นเพราะการบูรณาการแบบสหวิทยาการส่งเสริมให้ครูสร้างโอกาสการเรียนรู้ในสถานการณ์จริงที่ซับซ้อน กลยุทธ์นี้สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้ (Kubat and Guray, 2018) สอดคล้องกับ Mayasari *et al*. (2016) พบว่า ความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นจากการเรียนรู้โดยบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ ความคิดสร้างสรรค์ที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจากกิจกรรมแบบเปิดเพื่อแก้ไขปัญหาจากการวิจัยนี้ แม้ว่านักเรียนมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นหลังเรียนรู้ แต่ผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ไปไม่ถึงระดับสูงมาก ทั้งนี้เป็นเพราะนักเรียนส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์ปานกลางตั้งแต่ต้น นอกจากนี้ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝนที่ต้องใช้เวลา (Marsono *et al*., 2019)

4) ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ผลการหาประสิทธิภาพหน่วยการเรียนรู้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยทดลองใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 98 คน พบว่า ประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 81.76/83.54 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ดังนั้นหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจึงมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีการพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบตามกรอบทฤษฎีการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาของ Thibaut *et al*. (2018) ประกอบด้วยการบูรณาการเนื้อหาสะเต็ม การใช้ปัญหาเป็นฐาน การสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบเป็นฐาน และการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม บนพื้นฐานแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม ซึ่งผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม นำไปสู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.42, SD=0.69) โดยเฉพาะกิจกรรมที่ต้องอาศัยการทำงานเป็นทีม

ข้อเสนอแนะ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้ข้อค้นพบจากการวิจัยนี้เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการพัฒนาสตีมศึกษา พัฒนาหลักสูตรแกนกลางเพื่อให้โรงเรียนได้นำไปใช้เป็นกรอบในการพัฒนาหลักสูตร รวมถึงปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลให้สอดคล้องกับสตีมศึกษาให้เชื่อมโยงกับบริบท สร้างโอกาสให้นักเรียนในท้องถิ่นมีโอกาสพัฒนาทักษะสตีมศึกษาอย่างทั่วถึง ทั้งนี้ การนำหน่วยการเรียนรู้ไปใช้อาจอาศัยความร่วมมือกับชุมชนโดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมการเรียนรู้ด้านอาชีพที่ใช้การบูรณาการความรู้จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละสาขาอาชีพ โดยเชิญปราชญ์ท้องถิ่นร่วมวิพากษ์กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาต่อยอดผลงาน อาจศึกษาการจัดการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาต่อการแก้ปัญหาท้องถิ่น และการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาชุมชนของนักเรียน ตลอดจนศึกษาการจัดการเรียนรู้บูรณาการสตีมศึกษาที่ใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความคงทนต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในการวิจัยครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

Creswell, J. W. (2003). **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 2nd ed. Thousand Oaks, California: Sage.

Donna, J. D. (2012). A model for professional development to promote engineering design as an integrative pedagogy within STEM education. **Journal of Pre–College Engineering Education Research (J–EER)** 2(2): 1–8.

Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. **Journal of Education and Learning** 7(2): 63–74.

English, L. D., and King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth–grade students' investigations in aerospace. **International Journal of STEM Education** 2(14): 1–18.

English, L. D., Hudson, P., and Dawes, L. (2013). Engineering–based problem solving in the middle school: design and construction with simple machines. **Journal of Pre–College Engineering Education Research (J–PEER)** 3(2): 1–13.

Estapa, A. T., and Tank, K. M., (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge. **International Journal of STEM Education** 4(6): 1–16.

Kubat, U., and Guray, E. (2018). To STEM or not to STEM? That is not the question. **Cypriot Journal of Educational Science** 13(3): 388–399.

Lincharearn, A. (2012). Qualitative data analysis techniques. **Journal of Educational Measurement Mahasarakham University** 17(1): 17–29. (in Thai)

Marsono, M., Khasanah, F., and Yoto. (2019). Integrating STEM (Science Technology Engineering and Mathematics) education on advancing vocational student's creative thinking skills. **Advances in Social Science, Education and Humanities Research** 242: 170–173.

Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., and Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. **Proceedings of International Seminar on Mathematics, Science, and Computer Science Education (MSCEIS 2015)** (pp. 1–5). Bandung, Indonesia: Universitas Pendidikan Indonesia.

Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., and Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K–12 engineering education: research and development. **Journal of Pre–College Engineering Education Research (J–PEER)** 4(1): 1–13.

Office of the Education Council. [ONEC]. (2016a). **Report on the Seventh Thai-land–us**

Education Roundtable on "STEM Education: Learning Culture of the 21st C Work force". Bangkok, Thailand: Author.

Office of the Education Council. [ONEC]. (2016b). **STEM Education: Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education**. Bangkok, Thailand: Prikwarn Graphic. (in Thai)

Prasertsan, S. (2019). **A New Dimension of Integrating STEM and the Philosophy of Sufficiency Economy in Education.** Bangkok: The Thailand Research Fund (TRF). (in Thai)

Purzer, S., Goldstein, M. H., Adams, R. S., Xie, C., and Nourian, S. (2015). An exploratory study of informed engineering design behaviors associated with scientific explanations. **International Journal of STEM Education** 2(9): 1–12.

Ramli, N. F, Talib, O., Hassan, S. A., and Manaf, U. K. A. (2017). STEM instructional implementation and its challenges: a systematic review. Retrieved from file:///C:/Users/Admin/Downloads/GREDUCNurFarhanaRamli.pdf, May 1, 2020.

Sangkharak, A., Prasitpong, S., and Wichaidit, S. (2017). STEM education learning of photosynthesis to promote engineering design process of grade 11 students. **Journal of Education Prince of Songkla University** 28(3): 59–71. (in Thai)

Shernoff, D., Sinha, S., Bressle, D. M., and Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. **International Journal of STEM Education** 4(13): 1–16.

Thibaut, L., Ceuppens, S., Loof, H. D., Meester, J. D., Goovaerts, L., Struyf, A., Pauw, J. B., Dehaene, W., Deprez, J., Cock, M. D., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Velde, D. V., Petegem, P. V., and Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: a systematic review of instructional practices in secondary education. **European Journal of STEM Education** 3(1): 1–12.

Urban, K. K. (2005). Assessing creativity: the test for creative thinking–drawing production (TCT–DP). **International Education Journal** 6(2): 272–280.

Zhbanova, K. (2019). Editorial: developing creativity through STEM subjects integrated with the Arts. **Journal of STEM Arts, Crafts and Constructions** 4(1): 1–15.