การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ศิริพร เครือทอง[1*] และสุพัตรา ฝ่ายขันธ์[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
[2]โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา นครปฐม 73140
[*]E-mail: siriporn.kruatong@gmail.com

รับบทความ: 18 สิงหาคม 2563 แก้ไขบทความ: 27 พฤศจิกายน 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 12 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 114 คน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการผนวกกิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคการตรวจสอบรายการความคิดสร้างสรรค์ในขั้นการขยายความรู้ของกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ 1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ 2) แบบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย และ 3) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องเครื่องกลอย่างง่ายที่ต้องเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปสู่การผลิตชิ้นงานในชีวิตประจำวัน เช่น เครนยกของ รอก รถของเล่น ตุ๊กตาดุ๊กดิ๊ก ผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$) และผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์กับความเข้าใจต่อการเรียนเรื่องเครื่องกลอย่างง่ายของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.742

คำสำคัญ: ความคิดสร้างสรรค์ เครื่องกลอย่างง่าย การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Development of Ninth Grade Students' Creativity and Understanding of Simple Machines through STEM Inquiry–based Learning

Sirporn Kruatong[1*] and Supattra Faykhan[2]

[1]Department of Teacher Education, Faculty of Education and Development Science, Kasetsart University, Kamphangsean Campus, Nakornpathom 73140, Thailand

[2]Kasetsart University Laboratory School Kamphaeng Saen Campus Center for Educational Research and Development, Nakornpathom 73140, Thailand

[*]E-mail: siriporn.kruatong@gmail.com

Received: 18 August 2020 Revised: 27 November 2020 Accepted: 12 December 2020

Abstract

This research aimed to enhance the creativity and science content knowledge of ninth grade students through STEM inquiry–based learning in topic of simple machine. The research participants were 114 ninth grade students. The STEM inquiry–based lesson plans including STEM activities and creativity checklist technique in the elaboration stage of 5Es inquiry were used in this study. Research tools were: 1) a creativity test, 2) an understanding test in simple machine concepts, and 3) a semi–structured interview form. The arithmetic mean, standard deviation and *t*–test were used to analyze the data. The finding showed that the teaching and learning through STEM Inquiry–based learning was able to develop students to gain creativity in work experience connected science concepts to real–life products, e.g., cranes, reel, toy cars and nonstop dolls. The average posttest scores of creativity and understanding of simple machine were higher than those of pretest ($p < 0.01$). The students' scores of creativity and understanding of simple mechanical learning were positively correlated at moderate level with Pearson's correlation coefficient of 0.742.

Keywords: Creative thinking, Simple machine, STEM inquiry–based learning

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถสำคัญของคนทุกอาชีพต้องมีในโลกแห่งการแข่งขันยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง จึงต้องสร้างให้คนมีความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนา ปรับปรุงผลงาน นวัตกรรม และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้ดีขึ้นกว่าเดิมเพื่อพร้อมก้าวสู่อนาคตที่มีความท้าทายและสลับซับซ้อนทางเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสาร (Chareonwongsak, 2013; Malik *et al*., 2017; Mayasari *et al*.,

2016; Tidma *et al*., 2015) ความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford, 1950) ระบุองค์ประกอบสำคัญไว้ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม (originality) ความคิดคล่อง (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดละเอียดลออ (elaboration) ซึ่ง Martin *et al*. (2010) ปรับองค์ประกอบดังกล่าวมาใช้เป็นตัวชี้วัดเพื่อพัฒนาและเกณฑ์ประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์ ส่วนขั้นตอนการใช้เทคนิคการตรวจสอบในการพัฒนาความความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนปรับปรุงจากแนวความคิดของ Osborn (1988) ได้แก่ 1) การพลิกมุมมองที่เน้นการให้คิดรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างออกไป 2) การแทนที่ด้วยสิ่งใหม่เพื่อใช้แทนองค์ประกอบหรือรูปแบบเดิม 3) การเพิ่มคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ และ 4) การลดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์

ความสนใจในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ปรากฏขึ้นในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย ไซปรัส ญี่ปุ่น เกาหลี นิวซีแลนด์ สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา (Newton and Newton, 2010) รวมถึงประเทศไทยกำลังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหาด้วยการใช้ความรู้ได้รวดเร็ว จะได้พัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้าให้โดดเด่นกว่าผู้อื่น โดยเชื่อมั่นว่าการคิดสร้างสรรค์จะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมที่นำไปสู่การขับเคลื่อนเศรษฐกิจประเทศภายใต้โมเดล “ไทยแลนด์ 4.0” (Sriratana, 2018; Pimtong and William, 2018) นอกจากนี้ผู้มีความคิดสร้างสรรค์ยังสามารถใช้ความคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหาที่วิธีเดิมอาจใช้ไม่ได้ผล จึงจำเป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์มาช่วยให้เห็นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการใหม่ ๆ เพื่อให้มีโอกาสค้นพบสิ่งใหม่ การประดิษฐ์คิดค้นและก่อให้เกิดนวัตกรรม (Malik *et al*., 2017; Tidma *et al*., 2015) แม้จะส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หรือการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนยังไม่มีโอกาสทำกิจกรรมที่ส่งเสริมการแสดงออกทางความคิด และขาดความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ อีกทั้งนักเรียนยังไม่ค่อยมีโอกาสในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (Wongchachom and Cojorn, 2016) และสร้างความรู้ให้แปลกแยกจากชีวิตประจำวัน (Nuangchalerm, 2018) นักเรียนขาดความคิดริเริ่มหรือความคิดแปลกใหม่ ขาดการแสดงออกทางความคิด ไม่กล้าที่จะคิดหรือเสนอแนวทางที่แตกต่างไปจากเดิม (Hajeehadae, 2018)

งานวิจัยที่ผ่านการศึกษาสะท้อนผลของการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (Chomngam *et al*., 2018; Mayasari *et al*., 2016; Tidma *et al*., 2015) เช่น Tidma *et al*. (2015) สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น คือ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้าง และขั้นปรับปรุง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองอวัยวะได้อย่างสมเหตุสมผล Mayasari *et al*. (2016) พบว่านักศึกษาครูฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางสะเต็มศึกษา ทักษะ และความสามารถในการแก้ปัญหามาสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ในขณะที่ทำงานร่วมกันจนสามารถสร้างผลิตภัณฑ์พลังงานทดแทน (พลังงานแสงอาทิตย์)

ผ่านการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอนได้แก่ การระบุปัญหา การสำรวจ การสร้างแนวคิด การวิเคราะห์แนวคิด การออกแบบโครงการ การสร้าง การทดสอบและการปรับปรุง การนำเสนอและการสะท้อนคิด ดังนั้นเพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยที่ผ่านมา งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาและพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เริ่มตั้งแต่กระบวนการที่นักเรียนสร้างองค์ความรู้จนถึงการนำความรู้นั้นไปใช้อย่างสร้างสรรค์ โดยการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดำเนินการเรียนการสอนตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และสร้างโอกาสให้นักเรียนนำความรู้นั้นไปใช้อย่างสร้างสรรค์โดยนำแนวคิดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเข้ามาโดยเน้นที่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับการบูรณาการเทคนิคการตรวจสอบรายการ (checklist) ของ Osborn ในการออกแบบพัฒนาชิ้นงานจากกิจกรรมสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์ (elaboration with creativity STEM activity) ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการใช้ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออครบถ้วนตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ในบริบทเครื่องกลอย่างง่ายซึ่งเป็นบริบทที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมใช้เป็นจุดเริ่มของการพัฒนา

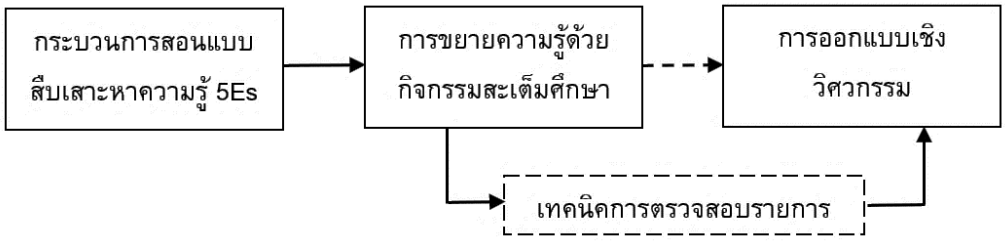
วัตถุประสงค์

ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

กรอบแนวคิดงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ผนวกแนวคิดการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นกระบวนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ครูวิทยาศาสตร์คุ้นเคย โดยเน้นการจัดการเรียนการสอนสะเต็มเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสร้างสรรค์โดยคำนึงถึงลักษณะเด่นของการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนของ Kruatong (2017) ซึ่งประยุกต์ กระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ของ Bybee (1993) ที่มีขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (engagement) ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (exploration) ขั้นที่ 3 การอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (elaboration) และ ขั้นที่ 5 การประเมิน (evaluation) โดยบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นที่ 4 และเรียกขั้นนี้ว่า การขยายความรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่เน้นกิจกรรมที่สร้างองค์ความรู้มากกว่าการทำซ้ำและจดจำข้อเท็จจริง โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ต้องอาศัยองค์ความรู้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาและออกแบบชิ้นงานต่างๆ ร่วมกับการบูรณาการเทคนิคการตรวจสอบรายการของ Osborn (1988) ในการออกแบบพัฒนาชิ้นงานจากกิจกรรมสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์ ให้นักเรียนพิจารณาการออกแบบชิ้นงานในด้านความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ โดยให้นักเรียนระบุแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงานใน 4 ส่วน ได้แก่ 1) การพลิกมุมมอง เป็นการให้ลองคิดถึงรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แตกต่าง

ออกไป เช่น รูปร่าง รูปทรง รส กลิ่น สี 2) การแทนที่ด้วยสิ่งใหม่ เป็นความสามารถแทนที่องค์ประกอบหรือรูปแบบ เดิมได้ เช่น แทนที่ด้วยวัสดุ ขั้นตอน แหล่งพลังงาน สถานที่ วิธีการ เวลา อารมณ์ความรู้สึก เสียง 3) การเพิ่มคุณสมบัติ เป็นความสามารถเพิ่มคุณสมบัติใดลงไปในผลิตภัณฑ์ เช่น เวลา ความคงทน ความถี่ ความแข็งแรง ขนาด ความยาว ความหนา คุณค่า ส่วนผสม และ 4) การลดคุณสมบัติ เป็นการตัดหรือลดคุณสมบัติ เช่น ขนาด ความสั้น ความเตี้ย ความแคบ ความผอม ความเบา ความบาง การแบ่งออก เพื่อให้เกิดการสร้างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ วิจัยนี้กำหนดกรอบแนวคิดในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดแบบสะเต็มศึกษาที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (quasi–experimental design) รูปแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน (one–group pretest–posttest design) โดยมีกลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 114 คน จาก 3 ห้องเรียน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 (ระหว่างเดือนมกราคม 2562–มีนาคม 2563) ด้วยวิธีเลือกแบบเจาะจง โดยกำหนดตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และตัวแปรตาม คือ ความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เริ่มดำเนินการวิจัย โดยนักเรียนเรียนรู้เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย คาน รอก ล้อและเพลา สายพานและโซ่ ระยะเวลา 8 สัปดาห์ (16 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที) โดยใช้รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ออกแบบเครนและรอกยกหีบสมบัติ ประดิษฐ์รถของเล่นความเร็วสูง ตุ๊กตาดุ๊กดิ๊กจากวัสดุรอบตัว และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบ่งกิจกรรมต่าง ๆ จำนวน 3 แผน ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC อยู่ในช่วง 0.67–1.00) โดยตัวอย่างกิจกรรมแสดงในตาราง 1

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล:

1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นข้อสอบแบบอัตนัยชนิดเขียนตอบจำนวน 3 ข้อใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันก่อนและหลังเรียน โดยประเมินในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ แบบทดสอบผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC อยู่ในช่วง 0.67–1.00) และค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง (ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.82) ตัวอย่างคำถามแสดงในตาราง 2

ประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด โดยใช้เกณฑ์ในการแปลผลจากช่วงคะแนนแบบอันตรภาค (interval scale)

ตาราง 1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง คาน (กิจกรรมเครนยกของ)

ขั้นตอน	**กิจกรรมที่ส่งเสริมความสร้างสรรค์**
ขั้นสร้างความสนใจ	เปรียบเทียบความเหมือนและต่างของคาน กรรไกร การถอนตะปู ที่คีบน้ำแข็ง
ขั้นสำรวจและค้นหา	ทำการทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างจุดหมุน แรงต้าน แรงพยายามของคาน
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	อภิปรายผลและสรุปพร้อมกำหนดให้อธิบายเชื่อมโยงการทำงานกรรไกร การถอนตะปู ที่คีบน้ำแข็ง
ขั้นขยายความรู้	ทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง“เครนยกของ” โดยการรวบรวมข้อมูล การออกแบบต้นแบบ การทดสอบ การนำเสนอ และปรับปรุงผลงาน ระบุข้อมูลเกี่ยวกับเครนยกของจำนวน 4 รายการ คือ การพลิกมุมมอง การเพิ่มคุณสมบัติ การลดคุณสมบัติ และแทนที่ด้วยสิ่งใหม่ *สถานการณ์ปัญหา:* สมมติให้นักเรียนเป็นวิศวกรที่ต้องสร้างเครนยกสินค้ามวล 1,000 กิโลกรัม *การระบุปัญหาเงื่อนไขและข้อจำกัดในการทำงาน:* วัสดุและอุปกรณ์ ความสูง และโหลด
ขั้นการประเมิน	บอกชื่อเครื่องมือ เครื่องใช้ที่ใช้หลักการทำงานของคานและอธิบายหลักการทำงานและการใช้ประโยชน์

ตาราง 2 ตัวอย่างคำถามแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

องค์ประกอบ	**คำถาม**	**รูปภาพประกอบ**
ความคิดคล่องแคล่ว/ความคิดริเริ่ม	ล้อมีประโยชน์อย่างไรบ้าง (บอกให้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที)	
ความคิดยืดหยุ่น	รถยนต์และเครื่องบิน 2 สิ่งนี้มีสิ่งใดที่คล้ายคลึงกัน (บอกให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที)	
ความคิดละเอียดลออ/ความคิดริเริ่ม	จงออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้หลักการเครื่องผ่อนแรง พร้อมตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ (ภายในเวลา 15 นาที)	

0.00–3.25, 3.26–6.50, 6.66–9.75 และ 9.76–13.00 (Serirat, 2006) ซึ่งหมายถึงความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับต้องปรับปรุง ปานกลาง ดี ดีมาก ตามลำดับ

2) แบบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 50 นาที ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC อยู่ในช่วง 0.67–1.00) และค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง (ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.85)

3) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อรวบรวมข้อมูลจากการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนรายบุคคล ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC อยู่ในช่วง 0.67–1.00) โดยตัวอย่างประเด็นการสัมภาษณ์ เช่น นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนมีวิธีการนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้อย่างไรในเรื่องเครื่องกลอย่างง่าย นักเรียนคิดว่าผลงานการสร้างเครื่องกลอย่างง่ายของตนเองเหมือนหรือแตกต่างจากผู้อื่นอย่างไร กิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างไร นักเรียนมีปัญหาและอุปสรรคที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาความความคิดสร้างสรรค์อย่างไร ข้อมูลการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการต่อแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและนำเสนอข้อมูลในเชิงคุณภาพ ได้แก่ การบรรยายสถานการณ์และตีความหมาย (Erickson 1986; Neuman, 2003)

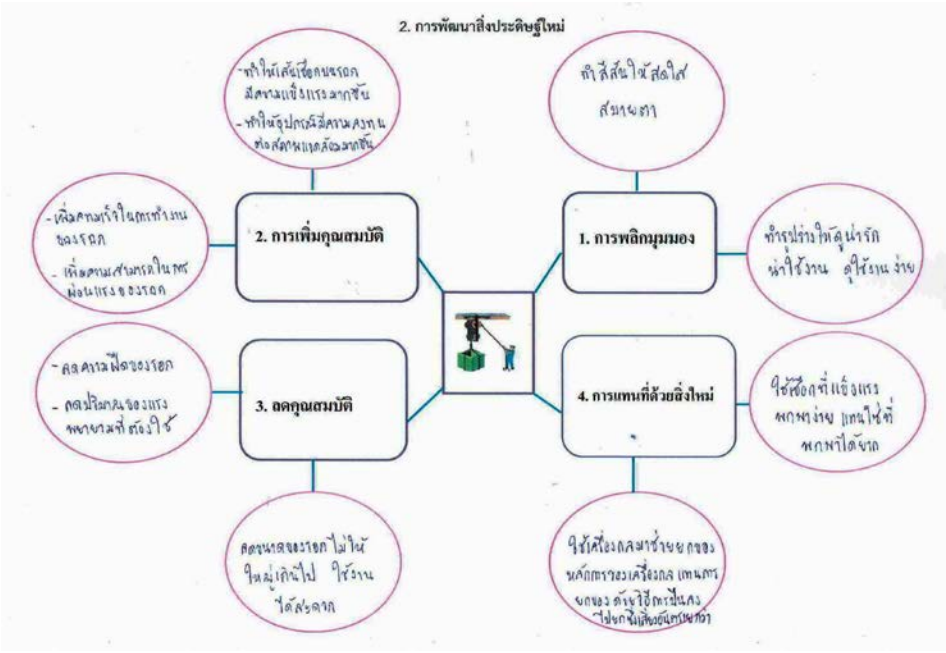
การวิเคราะห์ข้อมูล: นำเสนอข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วยการทดสอบทีแบบจับคู่ (paired samples *t*–test)

ผลการวิจัย

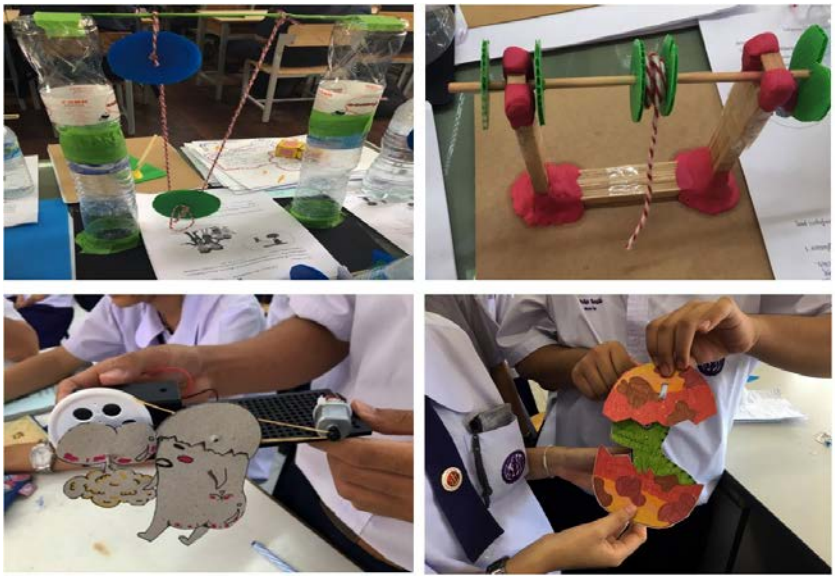
การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้มาใช้ออกแบบชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบรายการจากแนวคิดของ Osborn (1988) จำนวน 4 รายการ ได้แก่ การพลิกมุมมอง การเพิ่มคุณสมบัติ การลดคุณขสมบัติ และการแทนที่ด้วยสิ่งใหม่ เช่นในกิจกรรมเรื่องรอกมหัศจรรย์ นักเรียนสามารถระบุตามรายการที่กำหนด ได้แก่ 1) การพลิกมุมมอง นักเรียนใช้สีสันให้สดใส สบายตาและมีรูปร่างใช้งานง่าย 2) การเพิ่มคุณสมบัติ นักเรียนมีการเพิ่มความเร็วและเพิ่มความสามารถในการผ่อนแรงของรอก ทำให้มีความแข็งแรงและทนต่อสภาพแวดล้อม 3) การลดคุณสมบัติ นักเรียนลดความฝืดของรอกเพื่อลดแรงพยายามที่ต้องใช้ในการดึงรอก และลดขนาดของรอกไม่ให้ใหญ่เกินไปเพื่อให้ใช้งานได้สะดวก และ 4) การแทนที่ด้วยสิ่งใหม่ นักเรียนใช้เชือกที่แข็งแรง พกพาได้ง่ายแทนการใช้โซ่และใช้หลักการเครื่องกลยก

ของแทนการปีนลงไปยกของซึ่งเสี่ยงอันตราย ดังแสดงในภาพที่ 2 จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลที่ระบุไว้นั้นมาปรับใช้ร่วมกับการออกแบบและผลิตชิ้นงานที่กำหนดดังในภาพที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนเริ่มมีความคิดริเริ่มที่แปลกใหม่ ใช้ได้จริง มีความคิดยืดหยุ่นในการออกแบบหลายแบบมากโดยสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีได้อย่างเป็นประโยชน์ในระดับหนึ่ง



ภาพที่ 2 ตัวอย่างกิจกรรมตามแนวคิดของ Osborn (1988) เรื่อง รอกมหัศจรรย์ของนักเรียน



ภาพที่ 3 ตัวอย่างกิจกรรมการประดิษฐ์เรื่องรอก สายพานและโซ่

จากข้อมูลจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (ตาราง 3) พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (เฉลี่ย 5.21±1.96) และหลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก (เฉลี่ย 10.40±1.70) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบค่าทีแบบจับคู่ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$)

ตาราง 3 ความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

N = 114

ประเด็น	การทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	*t*–test
ความคิดคล่องแคล่ว	ก่อนเรียน	4	1.67	0.98	18.870**
	หลังเรียน	4	3.55	0.80	
ความคิดยืดหยุ่น	ก่อนเรียน	5	1.74	0.87	25.695**
	หลังเรียน	5	3.77	0.52	
ความคิดละเอียดลออ และความคิดริเริ่ม	ก่อนเรียน	4	1.80	0.83	13.278**
	หลังเรียน	4	3.08	0.90	
คะแนนรวม	ก่อนเรียน	13	5.21	1.96	28.169**
	หลังเรียน	13	10.40	1.70	

**$p < 0.01$

การพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อมูลจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 5.14±3.88 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 12.45±2.59 จากการวิเคราะห์ (ตาราง 4) พบว่า นักเรียนที่เรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.01$) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์กับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่าย พบว่า มีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันเท่ากับ 0.742

ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

จากการวิเคราะห์การสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้าง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) ชอบกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการจัดการ

ตาราง 4 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

N = 114

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	*t*–test
ก่อนเรียน	20	5.14	3.88	26.121
หลังเรียน	20	12.45	2.59	

**$p < 0.01$

เรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากได้ลองทำและลงมือทำจริง เป็นการฝึกการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ มีการแลกเปลี่ยนความคิดและมาปรับใช้ให้เกิดชิ้นงานและเน้นการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยตัวอย่างของคำตอบของนักเรียน ระบุว่า:

> *"...ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และเป็นการฝึกการนำความรู้มาประยุกต์ใช้"* (นร. 02)
>
> *"...ได้ฝึกการใช้ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนากระบวนการคิดพร้อมลงมือทำด้วยตนเอง"* (นร. 12)
>
> *"...ได้ฝึกความคิดสร้างสรรค์ และนำเนื้อหาที่เรียนมาทำสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์"* (นร. 19)

นักเรียนจำนวนมากกว่าครึ่งมีวิธีการนำความคิดสร้างสรรค์โดยการนำความรู้มาปรับใช้ให้เข้ากับชีวิตประจำวันเพื่อให้เกิดประโยชน์ และผลงานการสร้างสรรค์เครื่องกลของตนเองแตกต่างจากผู้อื่น โดยมีรูปร่างที่ไม่เหมือนกันเพราะใช้ชนิดของเครื่องกลแตกต่างกัน นักเรียนคิดว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน โดยส่งเสริมให้เกิดการคิดสิ่งใหม่ ๆ ในการทำให้คิดรูปแบบหรือรูปร่างของสิ่งประดิษฐ์และกลไก โดยตัวอย่างของคำตอบของนักเรียน ระบุว่า:

> *"ผลงานมีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบของชิ้นงาน บางกลุ่มเป็นรอกเดี่ยวตายตัว บางกลุ่มเป็นรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ในส่วนอุปกรณ์ในชิ้นงานและการตกแต่งก็มีความแตกต่างกัน"* (นร. 08)
>
> *"คิดว่าอาจเหมือนหรือแตกต่างเพราะความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละคนอาจจะเป็นไปในทางเดียวกันหรือจะแตกต่างกันก็ได้ ความแตกต่างก็พวกรูปร่างของเครื่องที่เราสร้างสรรค์ แต่สิ่งที่เหมือนกันก็เป็นเครื่องกลที่เป็นชนิดเดียวกัน และองค์ประกอบต่าง ๆ"* (นร. 09)

นักเรียนทั้งหมดระบุว่า การเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษามีข้อดีคือทำให้เกิดการคิดสร้างสรรค์ได้มากขึ้น สามารถฝึกกระบวนการคิดและการนำความรู้มาประยุกต์เข้าด้วยกัน และมีการแลกเปลี่ยนความคิด กระบวนการกลุ่มมากขึ้น แต่อาจมีข้อเสียคือใช้เวลามากและการทำสิ่งประดิษฐ์บางชิ้นอาจใช้ต้นทุนสูง อย่างไรก็ตาม การเรียนแบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้มีผลดีคือทำให้ได้ฝึกกระบวนการคิดก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์ชิ้นงาน ได้ฝึกการแก้ปัญหาและได้เรียนรู้การทำงานกับผู้อื่น นักเรียนบางส่วนระบุปัญหาและอุปสรรคที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาความความคิดสร้างสรรค์ เช่น มีปัญหาต่อการทำชิ้นงาน โดยตัวอย่างของคำตอบของนักเรียนใช้วัสดุที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้ชิ้นงานไม่สามารถใช้งานได้ ระบุว่า:

> *"มีปัญหาต่อการทำชิ้นงาน เพราะว่าใช้วัสดุที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้ชิ้นงานไม่สามารถใช้งานได้ แต่ก็ได้ปรับให้เหมาะสมกว่าเดิม จึงทำให้ใช้งานได้"* (นร. 01)
>
> *"การแก้ปัญหาไม่ถูกจุดหรือเรื่องวัสดุที่ต้องหามาทำ"* (นร. 06)

นอกจากนี้ นักเรียนร้อยละ 95 ต้องการให้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในเนื้อหาอื่น ๆ โดยนักเรียนระบุว่าสามารถนำความรู้มาใช้และได้ความรู้เพิ่มเติมจากการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา

อภิปรายและสรุปผล

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีการผนวกกิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคการตรวจสอบรายการความคิดสร้างสรรค์ในขั้นการขยายความรู้ของกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ในบริบทเครื่องกลอย่างง่ายสามารถพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับ Tidma (2015) และ Hajeehadae (2017) ที่แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้เพิ่มสูงขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้ได้เน้นกิจกรรมการส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษามาบูรณาการในขั้นการขยายความรู้ของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนนำองค์ความรู้มาใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานตามสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายเกี่ยวกับคาน รอก ล้อและเพลา สายพานและโซ่ ตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดขึ้น ทั้งนี้ระหว่างกระบวนการสร้างสรรค์ชิ้นงานนักเรียนต้องระบุเกี่ยวกับ 1) การพลิกมุมมองที่เน้นการให้คิดรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างออกไป 2) การแทนที่ด้วยสิ่งใหม่เพื่อใช้แทนองค์ประกอบหรือรูปแบบเดิม 3) การเพิ่มคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ และ 4) การลดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ การใช้เทคนิคการตรวจสอบรายการเป็นวิธีที่เกี่ยวข้องกับการใช้การจดบันทึกลงบนรายการความคิดที่เป็นแรงบันดาลใจของตนเอง การจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์ โดยมีความคิดริเริ่มแปลกใหม่ ใช้ได้จริง มีความคิดยืดหยุ่นในการออกแบบ รวมถึงสามารถพัฒนาความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจากการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่หลากหลายและตรงความสนใจ เช่น เครนยกของรอก รถของเล่น ตุ๊กตาตุ๊กติ๊ก ช่วยให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบอย่างสร้างสรรค์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้ทำงานร่วมกัน ช่วยกันคิด และออกแบบสิ่งที่แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น การฝึกการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์กับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายเป็นความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับค่อนข้างสูง สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยมีดังนี้

1) ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพื่อมุ่งส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ควรใช้ร่วมกับเทคนิคการตรวจสอบรายการเป็นการใช้การจดบันทึกลงบนรายการความคิดที่เป็นรูปธรรมจะช่วยให้นักเรียนมีกรอบแนวคิดที่เป็นแรงบันดาลใจในการนำองค์ความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ โดยจำเป็นต้องพิจารณาเนื้อหาที่เอื้อให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานตามสถานการณ์ที่กำหนดให้เหมาะสมตามระดับชั้น

2) งานวิจัยครั้งนี้ใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่อิงเนื้อหาจำเพาะและเกณฑ์ของการประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์กำหนดจากข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จำนวน 114 คน

อาจส่งผลให้การนำผลวิจัยไปใช้ในกลุ่มอื่นๆ เกิดความแตกต่าง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบวัดที่ไม่อิงเนื้อหาที่เป็นที่ยอมรับ เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ดและทอร์แรนซ์ เพื่อเก็บข้อมูลมาเปรียบเทียบหรือศึกษาความสัมพันธ์ร่วมด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนว่าสิ่งที่วัดได้คือความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอย่างแท้จริง ไม่ใช่ความรู้ความจำจากสิ่งที่เรียน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านทุนการวิจัยจากโครงการวิจัยมุ่งเป้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2562

เอกสารอ้างอิง

Bybee, R. (1993). **An Instructional Model for Science Education: In Developing Biological Literacy**. Colorado Spring: Biological Sciences Curriculum Study.

Chareonwongsak, K. (2013). **Creative Thinking**. Bangkok: Success Media. (in Thai)

Chomngam, C., Na Phatthalung, R., Wongtha, C., Phatokkumlaw, S., Nararakwong, N., and Boonpho, V. (2018). The development of creativity and teamwork through the STEM education learning process of the students in the Engineering Science classroom, King Mongkut's University of Technology Thonburi (ESC-KMUTT), King Mongkut's University of Technology Thonburi. **CMU Journal Education** 2(1): 33–55. (in Thai)

Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In Wittrock, M. C. (Ed.). **The Handbook of Research on Teaching**. New York: MacMillan.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. **American Psychologist** 5: 444–454.

Hajeehadae, A. (2017). **Effect of STEM Education Approach on Biology Achievement, Scientific Creativity and Instructional Satisfaction of Grade 11 Students**. Master of Education in Teaching Science and Mathematics. Songkla: Prince Songkla University. (in Thai)

Kruatong, S. (2017). **Development of Science Student Teachers' Ability in Preparing STEM Inquiry–Lessons**. PhD Thesis in Science Education. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Malik A., Setiawan A., Suhandi A., and Permanasari A. (2017). Enhancing pre–service physics teachers' creative thinking skills through HOT Lab design. **AIP Conference Proceeding**. doi: 10.1063/1/4995177.

Martin, J. Beel, R., Farmer, E., and Henry, J. (2010). **Creativity, Innovation and Change: Technique Library**. UK: Miton Keynes.

Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana D., and Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. **AIP Con-**

ference Proceedings 1708: 080005.

Neuman, W. L. (2003). **Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches**. 5th ed. Boston: Allyn & Bacon.

Newton, L., and Newton, D. (2010). Creative thinking and teaching for creativity in elementary school science. **Gifted and Talented International** 25(2): 111–124.

Nuangchalerm, P. (2018). STEM education and Kolb's learning style. **Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)** 11(2): 11–17. (in Thai)

Osborn, A. (1988). **Applied Imagination**. 3rd ed. New York: Scribners.

Pimthong, P., and Williams, J. (2020). Preservice teachers' understanding of STEM education. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 41: 289–295.

Serirat, S. (2006). **Service Marketing**. Bangkok: SE–ED Education. (in Thai)

Sriratana, J. (2018). Creative Economy with Thailand 4.0. **Kasem Bundit Journal** 19: 208–217. (in Thai)

Tidma, P., Nakkuntod, M., and Kijkuakul, S. (2015). STEM education in topic of human systems to promote creative thinking of 8th grade students. **Ratchaphruek Journal** 13(3): 71–76. (in Thai)

Wongchachom, P., and Cojorn, K. (2016). A development of creative thinking and learning achievement of Matthayomsueksa 5 students based on the STEM education cooperated with project–based learning. **Journal of Education, Mahasarakham University** 10: 463–474. (in Thai)