



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 15, No. 2, 2020. Article ID: OJED-15-02-036
Article Info: Received 15 September, 2020; Revised 26 October, 2020; Accepted 26 October, 2020

OJED
An Online Journal
of Education
www.tci-thaijo.org/index.php/OJED

**ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
สังกัดคณะกรรมการการอุดมศึกษา**

**Effects of Science Project Instruction using Engineering Design Process on Creative
Problem Solving Abilities of Lower Secondary School Students under the Office of the
Higher Education Commission**

จักรกฤต ภูวงศ์ประเวศ *

Jakkrit Puchongprawet

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ **

Pornthep Chantraukrit

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม รวม 48 คน โดยมีวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เท่ากับ .817 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และระหว่างเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนอยู่ในระดับสูงในทุกองค์ประกอบ

คำสำคัญ: กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

(กิตติกรรมประกาศ: งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

*นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*Graduate Student of Science Education Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Lecturer of Science Education Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

E-mail Address: pornthep.ch@chula.ac.th

ISSN 1905-4491

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the creative problem solving abilities of lower secondary school students before, between and after learning science project by using engineering design process and 2) to study the creative problem solving abilities of lower secondary school after learning science project by using engineering design process. The research sample was included 46 eighth grade students of demonstration schools of university under the office of the higher education commission selected by using purposive sampling. The instruments used in the experiment were the science project lesson plans using engineering design process. The research instrument for data collection were the creative problem solving abilities test with reliability at .817. The data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation and repeated measure ANOVA. The results of this research were found that the creative problem solving abilities after learning science project by using engineering design process were higher than those of students before learning and between learning at a .05 level of significance and the creative problem solving abilities after learning science project by using engineering design process were high in all translation composition.

Keywords: engineering design process, creative problem solving abilities

บทนำ

สังคมในยุคดิจิทัลมีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การพัฒนาการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) การคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) และการคิดแก้ปัญหา (problem solving thinking) เป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาเยาวชนเพื่อให้มีความพร้อมในการดำรงชีวิต (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) โดยกระบวนการทางความคิดที่ครอบคลุมการคิดเหล่านี้ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (creative problem solving ability) ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาด้วยวิธีใหม่ที่ได้ผลดีกว่าวิธีทั่ว ๆ ไป (พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม, 2558) และมีนักวิชาการได้ให้แนวคิดของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้มากมาย เริ่มจาก Alex Osborn ที่ได้สร้างแบบแผนกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้เป็นคนแรก โดยใช้ชื่อว่า Creative Problem Solving (CPS) และได้พัฒนาต่อมาเรื่อย ๆ (Treffinger et al., 2010) จนในปัจจุบันมูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Education Foundation : CEF) ได้แบ่งความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน (clarify) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหา 2) การสำรวจแนวคิด (ideate) เป็นการสร้างและสำรวจแนวคิดที่หลากหลายที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา 3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (develop) เป็นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้ 4) การดำเนินการแก้ปัญหา (implement) เป็นการเปลี่ยนแนวคิดเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหา (Creative Education Foundation, 2014) โดยความสามารถทั้ง 4 องค์ประกอบนี้จะช่วยให้เยาวชนสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพและเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ ได้ (มนูญ ตนะวัฒนา, 2539) ส่งผลให้เกิดอุปกรณ์ กระบวนการ หรือเทคนิคที่แปลกใหม่ ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบผลงานทางวิทยาศาสตร์และนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม (Creative Education Foundation, 2014) นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้มากกว่าปัญหาทั่วไปที่พบในการทำงาน สอดคล้องกับแนวโน้มความต้องการแรงงานที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในสังคมโลกได้ (Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2016)

ในปัจจุบัน พบว่า นักเรียนไทยยังมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากผลการประเมินระดับนานาชาติจากโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่มีการประเมินสมรรถนะต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับต่ำ (OECD, 2016) อีกทั้งการประเมินจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น GII (Global Innovation Index) หรือ Bloomberg (Bloomberg Innovation Index) พบว่า ระดับความสามารถด้านนวัตกรรมของคนไทยอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ, 2562) นอกจากนี้ในระดับห้องเรียนโดยเฉพาะในรายวิชา วิศวกรรมศาสตร์ยังสะท้อนถึงข้อจำกัดในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เนื่องจากการสอนแบบโครงงานโดยทั่วไปจะทำให้นักเรียนไม่สามารถคิดและเลือกหัวข้อเรื่องที่เหมาะสมในการทำโครงงาน และขาดการวางแผนการออกแบบโครงงาน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาระหว่างทำโครงงานอย่างเหมาะสมได้ (สุกัลยา ขำเพชร, 2543) ด้วยเหตุนี้ กระบวนการที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิศวกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่ กิจกรรมการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (TeachEngineering, 2018) ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและใช้องค์ความรู้มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ โดยเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในบริบทจริงอย่างเป็นขั้นตอน และสามารถฝึกฝนให้กับนักเรียนโดยผ่านการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานได้ (สุธิดา การมี, 2560) โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ TeachEngineering (2018) มีจำนวน 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการตั้งคำถาม (ask) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ 2) ขั้นสืบค้นปัญหา (research the Problem) เป็นการหาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นจินตนาการ (imagine) เป็นการหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด 4) ขั้นวางแผน (plan) เป็นการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหา 5) ขั้นสร้าง (create) เป็นการสร้างต้นแบบหรือแบบจำลอง 6) ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (test and evaluate prototype) เป็นการทดสอบผลการทำงานของต้นแบบ 7) ขั้นปรับปรุง (improve) เป็นการแลกเปลี่ยนแนวคิดเพื่อปรับปรุงผลงาน ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดต่าง ๆ ของนักเรียนที่เป็นส่วนหนึ่งของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (อภิสัทธ์ ธงไชย, 2559) การคิดสร้างสรรค์ (สุกัญญา เชื้อหลุยส์, 2560) และการคิดแก้ปัญหา (Mangold & Robinson, 2013) เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหาในเรื่องที่นักเรียนไม่สามารถเลือกหัวข้อโครงงาน ข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณ การออกแบบวางแผนการทำโครงงาน ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ (กฤษดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิศวกรรมศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิศวกรรมศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วิธีการวิจัย

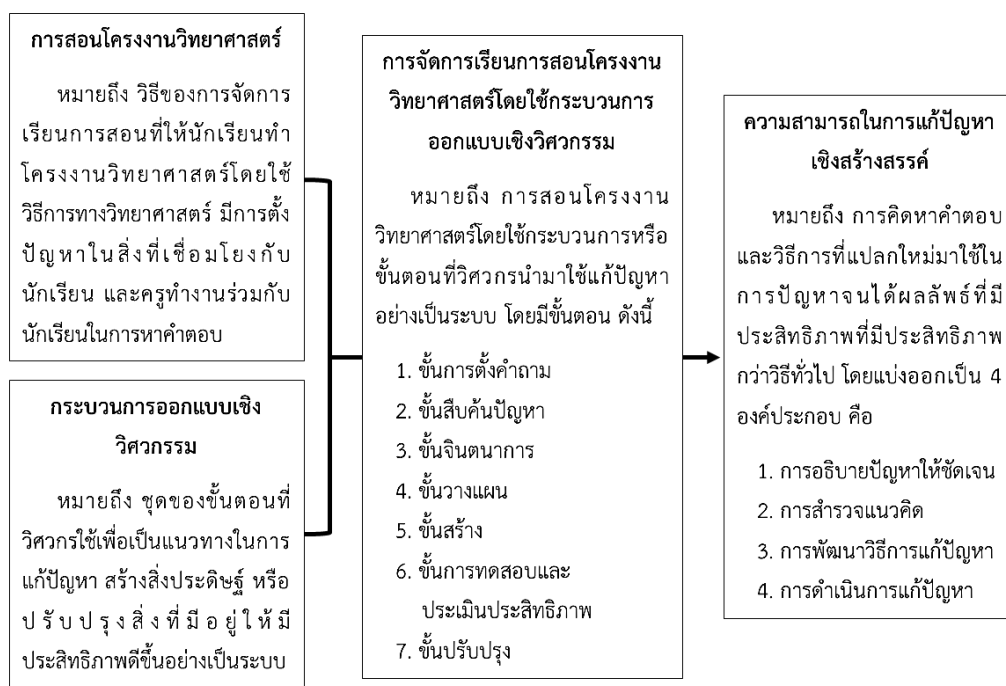
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre-experiment research) โดยมีการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำข้อมูลมาเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

ภาพ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



2. ขอบเขตการวิจัย

2.1 ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

2.1.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2.2 กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ณ โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 48 คน โดยมีวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) มีเกณฑ์ในการพิจารณา คือ เป็นโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ประเภทสหศึกษาที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร และมีการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์

2.3 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิจัย

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 ห้องเรียน ได้รับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบเดียวกันกับผู้สอนคนเดียวกัน และมีระดับความรู้และความสามารถเทียบเท่ากัน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวนทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบเรียน รวม 20 คาบเรียน มีการวางแผนตามขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.1.2 สังเคราะห์กระบวนการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจาก TeachEngineering (2018) ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ ประเทศอังกฤษ (University of Colorado at Boulder) รวมกับขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์จาก Science Buddies (2019) โดยขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมี 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการตั้งคำถาม (ask) 2) ขั้นสืบค้นปัญหา (research the problem) 3) ขั้นจินตนาการ (imagine) 4) ขั้นวางแผน (plan) 5) ขั้นสร้าง (create) 6) ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (test and evaluate prototype) และ 7) ขั้นปรับปรุง (improve)

3.1.3 ออกแบบการจัดการเรียนการสอนเป็น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนจะต้องสร้างสิ่งประดิษฐ์จำนวน 3 ชิ้นงานตามหัวข้อการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 1

ตาราง 1

รายละเอียดหัวข้อการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	จำนวนคาบเรียน	หัวข้อการจัดการเรียนรู้
1	6 คาบเรียน	อุปกรณ์คัดแยกขนาด
2	4 คาบเรียน	กังหันผลิตไฟฟ้า
3	4 คาบเรียน	โครงงานตามความสนใจ 1 (ออกแบบชิ้นงาน)
4	6 คาบเรียน	โครงงานตามความสนใจ 2 (ประดิษฐ์และทดสอบชิ้นงาน)

3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) พบว่าได้ค่าความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยมีการวางแผนตามขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้นิยามตามมูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Education Foundation, 2014)

3.2.2 ศึกษารูปแบบการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และสร้างแบบทดสอบอัตนัยที่มีสถานการณ์ที่ใช้สำหรับการพิจารณาปัญหาจำนวน 2 สถานการณ์ โดยให้เลือกตอบเพียง 1 สถานการณ์ มีข้อคำถาม 4 ข้อ ข้อละ 10 คะแนน รวม 40 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที

3.2.3 ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พบว่า ได้ค่าความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป หลังจากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 24 คน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบทั้ง 2 สถานการณ์ ผลที่ได้ คือ ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เท่ากับ .817 ค่าความยากอยู่ระหว่าง .39-.59 อำนาจจำแนก

อยู่ระหว่าง .25-.46 และค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินจำนวน 3 คน มีค่าระหว่าง .864-.970 เมื่อวัดค่าความเที่ยงของแบบทดสอบคู่ขนานระหว่างแบบทดสอบ 2 สถานการณ์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อสอบทั้ง 4 ข้อใน 2 สถานการณ์ มีค่าระหว่าง .811-.855 และจากการวิเคราะห์สถิติทดสอบค่าที (*t*-test) ของทั้ง 2 สถานการณ์พบว่า ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 จึงสรุปได้ว่าแบบทดสอบทั้ง 2 สถานการณ์นี้มีความเป็นคู่ขนานกัน

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ออกแบบและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 วางแผนการเก็บข้อมูล โดยแบ่งการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จำนวน 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน

4.2 ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในคน

4.3 ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียน

4.4 ผู้วิจัยจัดกลุ่มนักเรียนทั้ง 2 ห้องเรียน กลุ่มละ 3-4 คน จำนวนทั้งสิ้น 13 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มที่มีนักเรียน 3 คน 4 กลุ่ม และกลุ่มที่มีนักเรียน 4 คน 9 กลุ่ม เพื่อดำเนินการทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 4 แผนเช่นเดียวกันทั้ง 2 ห้องเรียน และใช้ครูผู้สอนคนเดียวกัน และประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนจำนวน 2 ครั้ง เมื่อเรียนจบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

4.5 ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบที่ปรับเป็นคะแนนเต็ม 5 คะแนน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ 1) หาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (*M*) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการวัด 4 ครั้ง (คะแนนเต็ม 5 คะแนน) เป็นดังตาราง 2

ตาราง 2

ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมาย (*n* = 48) จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง

ประเด็นการศึกษา	Min	Max	<i>M</i>	<i>M</i> ร้อยละ	<i>SD</i>	ระดับความสามารถ
ก่อนเรียน	1.50	4.25	2.65	53.02	0.63	ปานกลาง
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	1.63	4.88	2.94	58.80	0.70	ปานกลาง

ตาราง 2 (ต่อ)

ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมาย ($n = 48$) จากการวัดทั้ง 4 ครั้ง

ประเด็นการศึกษา	Min	Max	M	M _{ร้อยละ}	SD	ระดับความสามารถ
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	1.88	4.63	3.28	65.52	0.71	ปานกลาง
หลังเรียน	2.38	5.00	3.81	76.15	0.85	สูง

จากตาราง พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.81 คะแนน โดยมีความสามารถอยู่ในระดับสูง ซึ่งมากกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.65, 2.94 และ 3.28 ตามลำดับ โดยมีความสามารถอยู่ที่ระดับปานกลางทั้งหมด

จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ผ่านการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำเกี่ยวกับ Compound Symmetry หรือการทดสอบระดับความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแต่ละครั้งและความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้ง โดยใช้สถิติทดสอบ Mauchly พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไม่เป็น Compound Symmetry (Mauchly's $W = .709$, Chi-Square (5) = 15.71, $p = 0.008$) ดังนั้นในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้งโดยใช้แบบทดสอบ ผู้วิจัยเลือกการประมาณค่าแบบ Greenhouse-Geisser ดังตาราง 3

ตาราง 3

ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Time	Greenhouse-Geisser	35.498	2.392	14.838	63.849	.000
Error (Time)	Greenhouse-Geisser	26.131	112.440	.232		

จากตาราง พบว่า มีคะแนนแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .00$) ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้วิธี Bonferroni เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน ดังตาราง 4

ตาราง 4

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง

ประเด็นการศึกษา	M	ก่อนเรียน	ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	หลังเรียน
ก่อนเรียน	2.65				
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	2.94	0.289 (*) ($p = .001$)			
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	3.28	0.625 (*) ($p = .000$)	0.336 (*) ($p = .000$)		
หลังเรียน	3.81	1.156 (*) ($p = .000$)	0.867 (*) ($p = .000$)	0.531 (*) ($p = .000$)	

* $p < .05$

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบพบว่า คะแนนเฉลี่ยในการวัดโดยใช้แบบทดสอบทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงการวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังเรียน และค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 5 คะแนน) เป็นดังตาราง 5

ตาราง 5

ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมาย ($n = 48$) จำแนกตามองค์ประกอบ

องค์ประกอบของ ความสามารถในการแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์	M	Mร้อยละ	SD	ระดับ ความ สามารถ	จำนวนนักเรียน (คน)				
					ต่ำ ที่สุด	ต่ำ	ปาน กลาง	สูง	สูง ที่สุด
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.97	79.38	0.86	สูง	0	3	12	13	20
2) การสำรวจแนวคิด	3.68	73.54	1.01	สูง	2	8	7	16	15
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.94	78.96	0.95	สูง	0	6	5	16	21
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	3.63	72.71	1.13	สูง	3	9	3	17	16
คะแนนรวมเฉลี่ยทั้ง 4 องค์ประกอบ	3.81	76.15	0.85	สูง	0	5	12	11	20

จากตาราง พบว่า ระดับความสามารถขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบอยู่ในระดับสูง และนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับสูงที่สุด 20 คน จากทั้งหมด 48 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 ของนักเรียนทั้งหมด

อภิปรายผล

ผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน ครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียนโครงการวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในแต่ละช่วงเวลาทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนเมื่อแยกองค์ประกอบ พบว่า ระดับความสามารถของแต่ละองค์ประกอบอยู่ในระดับสูง ทั้งนี้เมื่อเชื่อมโยงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละองค์ประกอบพบว่ามีผลสอดคล้องกัน 4 ประการ ดังนี้

ประการที่ 1 ในขั้นการตั้งคำถามของกิจกรรมการเรียนการสอนจะเอื้อให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา ระบุความสำคัญของปัญหา และประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อสามารถแก้ปัญหานั้นได้อย่างเป็นขั้นตอนภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด สอดคล้องกับสอดคล้องกับแนวคิดของ กฤษดา ชูสินธุ์ (2557) ที่ระบุว่า

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนรู้จักวางแผนการแก้ปัญหาและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ภายใต้ข้อจำกัด ส่งผลให้นักเรียนสามารถมองปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง มองปัญหาต่างออกไปจากมุมมองเดิม และเชื่อมโยงปัญหากับประสบการณ์เดิมของตนเองได้ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการอธิบายปัญหาให้ชัดเจนได้รับการพัฒนา

ประการที่ 2 ในขั้นการจินตนาการหรือการพัฒนาวิธีการที่เป็นไปได้ให้หลากหลายที่สุดผ่านการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการพุดรอบวง เทคนิค SCAMPER เป็นต้น ทำให้นักเรียนมีการออกแบบเลือกใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันในหลายแนวคิด สอดคล้องกับ Treffinger (2007) ที่ได้กล่าวถึง แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า จะต้องสร้างตัวเลือกให้หลากหลายที่สุดโดยที่ยังไม่ต้องตัดสินใจในขณะที่สร้างตัวเลือก มองหาการเชื่อมโยง เพิ่มปริมาณและคุณภาพตัวเลือกโดยประยุกต์นำแนวคิดผู้อื่นมาผสม ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการคิดออกแบบหรือการสำรวจแนวคิดได้รับการพัฒนา

ประการที่ 3 ในขั้นการวางแผนหรือการวิเคราะห์ เปรียบเทียบแนวคิดในแต่ละแนวคิดเพื่อนำมาใช้เลือกวิธีที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหาผ่านการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้ตารางประเมิน การวิเคราะห์เปรียบเทียบ เป็นคู่ เป็นต้น ทำให้นักเรียนได้พิจารณาแนวคิดที่เหมาะสมในการพัฒนาชิ้นงานอย่างรอบคอบ สอดคล้องกับ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ (2558) ที่ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ว่าต้องมีการฝึกประเมินและเลือกวิธีที่ดีที่สุดอย่างมีวิจารณญาณ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการคิดออกแบบหรือการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาได้รับการพัฒนา

ประการที่ 4 ในขั้นการสร้างแบบจำลอง ทดสอบ และปรับปรุง เอื้อให้นักเรียนมีโอกาสรสร้างผลงานจริงและนำผลงานนั้นไปทดสอบ สังเกต และเปรียบเทียบข้อดี-ข้อจำกัดกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอด ผลงานวิจัยของ Mangold and Robinson (2013) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้สร้างผลงานและทดสอบประสิทธิภาพผ่านการทดลองเพื่อพัฒนาผลงานสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นส่วนหนึ่ง ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหาได้รับการพัฒนา

เมื่อพิจารณาถึงเหตุผลทั้ง 4 ประการ จึงกล่าวได้ว่า กิจกรรมการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 หากนำการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ จะต้องคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีความสำคัญต่อการสร้างและทดสอบแบบจำลอง เช่น ในกิจกรรมการสร้างกังหันผลิตไฟฟ้า ครูควรสอนทบทวนหรือฝึกฝนนักเรียนในเรื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้า และการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เป็นต้น

1.2 จำนวนนักเรียนต่อห้องไม่ควรมากเกินไป เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติโดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3-4 คน มีการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้หากใช้อย่างไม่ระมัดระวัง ต้องอาศัยการชี้แนะและการดูแลจากครูผู้สอนอย่างใกล้ชิดเพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปประยุกต์ร่วมกับรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้จากรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ควบคู่กันได้

2.2 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การสังเกตนักเรียนขณะพูดคุยออกแบบแนวคิดในการแก้ปัญหา หรือขณะสร้างและทดสอบแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจจะช่วยให้เห็นถึงผลของการพัฒนาความสามารถของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กฤษดา ชูสินคุณวุฒิ. (2557). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(190), 37-40.
- พรสวรรค์ วงศ์ตาธรรม. (2558). การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 38(2), 111-121.
- มนูญ ตนะวัฒนา. (2539). *ศิลปะการเสริมสร้างพลัง ความคิดสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). อีรพงษ์การพิมพ์.
- สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์. (2558). *คู่มือครู การจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์*. <https://candmbsri.files.wordpress.com/2015/05/crative-problem-solving.pdf>.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ. (2562). *สถานการณ์และแนวโน้มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย*. <http://stiic.sti.or.th/sti-thailand/>.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *แผนการศึกษาชาติ พ.ศ. 2560-2579*. พริกหวานกราฟฟิค.
- สุกัญญา เชื้อหลูปโพธิ์. (2560). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 13(37), 119-132.
- สุกัลยา ขำเพชร. (2543). การศึกษาสภาพและปัญหาในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดเพชรบุรี [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ไม้ได้ตีพิมพ์]. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุธิดา การมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 46(209), 23-27.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 31(3), 48-53.

ภาษาอังกฤษ

- Creative Education Foundation. (2014). *Educating for Creativity Level 1 Resource Guide*.
<http://www.creativeeducationfoundation.org/wp-content/uploads/2015/06/EFC-Level-1-FINALElectronic.pdf>
- Mangold, J., & Robinson, S. (2013, June). *The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms* [Paper Presentation]. 120th ASEE Annual Conference & Exhibition, Atlanta, USA.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). (2016), *Global competency for an inclusive world*. <https://www.oecd.org/education/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>.
- Science Buddies. (2019). *Engineering design project guide*. <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/engineering-design-process-guide>.
- TeachEngineering. (2018). *Engineering design process*. <https://www.teachengineering.org/k12engineering/why>.
- Treffinger, D. J. (2007). Creative problem solving (CPS): Powerful tools for managing change and developing talent. *Gifted and Talented International*, 22(2), 8-18.
- Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2010). *Creative problem solving (CPS Version 6.1™) A Contemporary Framework for Managing Change*. <http://www.creativelearning.com/~clearning/images/freePDFs/CPSVersion61.pdf>.