

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 *

สุกัญญา เชื้อหลูปโพธิ์¹

ธิดิยา บงกชเพชร² ชมพูนุช วรางคนากุล³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน และเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิธีดังกล่าว การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 24 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ และวิดีโอการนำเสนอ วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะ ดังนี้ ข้นระบุปัญหา การเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวและหลากหลายเพื่อให้ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ถึงปัญหาที่แท้จริง ข้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา ครูให้นักเรียนได้วางแผนก่อนที่จะค้นหาความรู้ที่เกี่ยวข้อง แล้วทำการสรุปโดยเขียนเป็นแผนผังความคิด ข้นวางแผน ครูให้นักเรียนวาดภาพที่เคยเห็นมาก่อน เพื่อที่นักเรียนจะได้วาดภาพได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ และกำหนดรายละเอียด พร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้างได้ ข้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบชิ้นงานที่สร้างกับภาพร่างเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง และขั้นทดสอบและปรับปรุง ครูเน้นย้ำเรื่องการจดบันทึกสิ่งที่นักเรียนได้ทำการแก้ไขระหว่างกรทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน เพื่อแสดงถึงการพัฒนาการของนักเรียนได้ ในส่วนของผลพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและด้านความคิดริเริ่ม

คำสำคัญ: กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, สะเต็มศึกษา, ความคิดสร้างสรรค์, การเคลื่อนที่แบบหมุน

* วิทยานิพนธ์หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560

¹ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, E-mail: s.chuelooppo@hotmail.com

³ อาจารย์, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



STEM Education Throgh Engineering Design Process for Develiopng 10th Grade Students' Creative Thinking in Rotational Motion Topic^{*}

Sukanya Chuelooppo¹

Thitiya Bongkotphet² Chompoonuch Warangkanagool³

Abstract

This research aims to investigate how to use stem education through engineering design process for developing creative thinking in rotational motion topic and to developing creative thinking of students by that method. This research utilizes a classroom action research. The participants in this research were 24 of 10th grade students with special abilities in science and math of a school in Phitsanulok. Research instruments consist of the lesson plans of stem education through engineering design process, creative thinking assessment and presentation. The data was analyzed by content analysis. The results showed that to use stem education through engineering design process consists of 5 steps by following 1) Identify; teacher chooses the situation that is closest and various for students to analyze 2) Imagine; students must plan detail before finding relevant knowledge. Then students summarize it by writing a thought map 3) Plan; students draw the picture they have seen before so that they are able to get faster, more various and more exquisite portraiture and describe how to create their 4) create; students compare works created to sketches for the observation of change and 5) Improve; teacher emphasizes on the recording of what they have done and been doing during the performance test in order to show the development of the students. In addition, the effect of developing creative thinking of students was flexibility and originality.

Keywords: Engineering design process, STEM Education, Creative thinking, Rotational motion

^{*} Research Article from thesis for the Master of Education Degree, Physics Program, Naresuan University, 2017

¹ Student in Master of Education Degree, Naresuan University, E-mail: s.chuelooppo@hotmail.com

² Lecturer, Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University

³ Lecturer, Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University

ความสำคัญและปัญหาการวิจัย

ในศตวรรษที่ 21 โลกมีการเปลี่ยนแปลงในด้านของเครื่องมือในการหาความรู้ ดังนั้นครูจึงเปลี่ยนแปลงจากยืนหน้าชั้นมากระตุ้นและอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดขั้นสูง โดยเป็นความคิดที่เกิดจากการทำงานของสมองด้วยกระบวนการที่ซับซ้อนประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม และความคิดยืดหยุ่น โดยผู้เรียนต้องสามารถวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อแก้ปัญหาในปัจจุบัน (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556; สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย, 2557; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557; สนธิ พลชัยยา, 2557)

จากการศึกษางานที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนไม่สามารถคิดสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากไม่คิดหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ และยังออกแบบคล้ายๆ กัน (ชามาศ ดิษฐเจริญ และปริญญ์ ทนันทชัยบัตร, 2557) และ การสอนที่ครูเป็นผู้บอกและนักเรียนเป็นผู้รับ ทำให้นักเรียนไม่มีความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงาน ขณะตอบคำถามก็ยังลอกเพื่อน ไม่มีความคิดแปลกใหม่ (วัชร นวลผ่อง, 2553) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สังเกตการจัดการเรียนการสอนของครูรายวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนคิดและออกแบบช่วยขนของลงจากตึก โดยมีเงื่อนไขว่าของดังกล่าวต้องลงตามจุดที่ได้กำหนดไว้ พบว่า นักเรียนไม่สามารถคิดได้หลากหลาย แปลกใหม่ รวดเร็ว และกำหนดรายละเอียด พร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้างชิ้นงานได้ และจากผลการวัดสมรรถนะของโรงเรียน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์อยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำกว่าด้านอื่น ด้วยเหตุผลต่างๆ ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้นี้มีจุดเริ่มต้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยแต่ละรัฐนำมาใช้ในการสอน พบว่า นักเรียนสามารถสร้างสรรค์และพัฒนาชิ้นงานได้ดี และสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) นอกจากนี้ พิมพ์พันธ์ุ เดชะคุปต์และเพียว ยินดีสุข (2557) ได้สำรวจการจัดการเรียนการสอน พบว่า การเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดำเนินการด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะช่วยส่งเสริมการคิดอย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้จะต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานใหม่ๆ และการจัดการเรียนรู้อย่างดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียน

เห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละศาสตร์ที่บูรณาการและสามารถนำไปใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Breiner et al., 2012)

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน และศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ความคิดสร้างสรรค์ คือ กระบวนการคิดของสมอง ที่สามารถคิดได้หลากหลายและแปลกใหม่ จนนำไปสู่การคิดค้นและสร้างสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม (มณฑาทิพย์ ไชยศักดิ์, 2552; เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556; อารี พันธุ์มณี, 2557) ประกอบด้วย ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ซึ่งสามารถวัดได้จาก การสังเกต การวาดภาพ รอยหยดหมึก การเขียนเรียงความและงานศิลปะ และแบบทดสอบ (อารี พันธุ์มณี, 2557; Laura Greenstein, 2012) โดยในงานวิจัยนี้วัดความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้านจากการวาดภาพ

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน (ชลาริพ สมานิต, 2557; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557; Roberts, A., 2013) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้อ้างอิงของ Schachter (2012, p.45) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา ระบุปัญหาจากสถานการณ์ 2) ขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้องที่นำไปแก้ปัญหา 3) ขั้นวางแผน วางแผนและออกแบบชิ้นงานที่จะแก้ปัญหา 4) ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน สร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบ และ 5) ขั้นทดสอบและปรับปรุง ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานเพื่อให้มีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (2000) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect)

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 24 คน ประกอบด้วยนักเรียนหญิงจำนวน 16 คน และนักเรียนชายจำนวน 8 คน ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นจินตนาการ วิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผน ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน และขั้นทดสอบและปรับปรุง จำนวน 3 แผน การจัดการเรียนรู้ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยมีขอบเขตของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ดังนี้ โมเมนต์ความเฉื่อย พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน และโมเมนต์เชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์เชิงมุม คณิตศาสตร์ ดังนี้ การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนจริง การวัดขนาดของวัตถุ และเทคโนโลยี ดังนี้ ความรู้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อการสื่อสาร สืบค้น แก้ปัญหา ตลอดจนการเลือกวัสดุที่มี เพื่อนำไปใช้ในการสร้างและพัฒนาชิ้นงาน ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย เป็นแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนผลโดยผู้วิจัยและครูประจำการ ซึ่งจะทำให้การบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแต่ละขั้นตอน ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการถัดไป ซึ่งแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้นี้ดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และวัตถุประสงค์ของการวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบบันทึกที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องเขียนบันทึกในสิ่งที่ได้ทำระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะแตกต่างกันตามเรื่อง ให้นักเรียนระบุปัญหา ศึกษาและค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องพร้อมเขียนสรุปเป็นแผนผังความคิด ออกแบบภาพร่างของชิ้นงานให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดและหลากหลายรูปแบบ เลือก

ภาพร่างของกลุ่มที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับผู้อื่นแล้วเขียนรายละเอียดขนาดและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ทำการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มแล้วทำการบันทึกพร้อมเขียนสรุปสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ สุดท้ายเขียนความสัมพันธ์ระหว่างถึง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา กับสถานการณ์ของปัญหาและข้อคำถามในแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผู้เชี่ยวชาญแล้ว และถ้าคำตอบไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจะนัดสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายกลุ่มเพิ่มเติมหลังจากที่ทำการเสร็จสิ้นในแต่ละวงจร โดยจะใช้คำถามเดียวกันกับในแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ ในแต่ละคำถามจะแตกต่างกันตามด้านของความคิดสร้างสรรค์ แล้วบันทึกสิ่งที่สัมภาษณ์โดยการอัดเทป

4) วิดีโอ มีจุดประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ เป็นการบันทึกวิดีโอระหว่างการนำเสนอวิธีการสร้างชิ้นงาน โดยผู้เรียนต้องนำเสนอขนาดของวัสดุที่ใช้ วัสดุที่ใช้ พร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้างชิ้นงาน ที่ละกลุ่ม โดยใช้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละ 5 นาที โดยผู้วิจัยได้ตั้งกล้องไว้ตลอดการจัดการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนว่า นักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยจึงศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ขั้นปฏิบัติและสังเกต ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน และ โมเมนต์เชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์เชิงมุม จำนวน 12 ชั่วโมง โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญได้สังเกตผลการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

3. ขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยประเมินสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติทั้งหมด ทั้งจุดเด่น ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงต่อไปจนครบทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ และวิดีโอการนำเสนอ มาวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การวิเคราะห์แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล แล้วตีความและสรุปผลให้ได้ตามประเด็น เช่น การจัดการเรียนรู้ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้หรือไม่ อย่างไร ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาลำสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป เป็นต้น และทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการตรวจสอบข้อมูลด้านแหล่งข้อมูล ซึ่งทำการตรวจสอบโดยการนำข้อมูลการสะท้อนผลที่ได้จากผู้วิจัยและครูชำนาญการ มาวิเคราะห์และพิจารณาในประเด็นที่เหมือนกัน หรือไปในแนวทางเดียวกัน สุดท้ายผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาเขียนรายงานสะท้อนปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขปัญหามาของแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

การวิเคราะห์แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยตรวจคำตอบของนักเรียนในแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ตามเกณฑ์ ดังตาราง 1 ซึ่งคัดแปลงจาก Laura Greenstein (2012) เขียนผลตามเกณฑ์ที่ได้ตรวจและอธิบายเป็นความเรียง เพื่อรายงานผลการดำเนินงานวิจัยที่แสดงถึงการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังจากนั้นผู้วิจัยถอดเทปที่ได้จากการสัมภาษณ์ แล้วนำข้อมูลมาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน และผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการตรวจสอบข้อมูลด้านวิธีรวบรวมข้อมูล ซึ่งทำการตรวจสอบโดยการนำข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมนักเรียนและการสัมภาษณ์ มาวิเคราะห์และพิจารณาในประเด็นที่เหมือนกันหรือไปในแนวทางเดียวกัน สุดท้ายผู้วิจัยเขียนรายงานในลักษณะการเขียนบรรยายถึงการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้านของนักเรียน

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์

ด้าน การประเมิน	เกณฑ์	4	3	2	1
ความคิด คล่องแคล่ว	ความคิดยืดหยุ่น	วาดชิ้นงานได้ 5-6 รูปใน เวลาที่กำหนด	วาดชิ้นงานได้ 3-4 รูปในเวลาที่ กำหนด	วาดชิ้นงานได้ 1-2 รูปใน เวลาที่กำหนด	วาดชิ้นงานไม่ได้ใน เวลาที่กำหนด
ความคิดริเริ่ม	ความคิดริเริ่ม	วาดต่างจากเดิม 3 แบบขึ้นไป	วาดต่างจากเดิม 2 แบบ	วาดต่างจากเดิม 1 แบบ	วาดแบบเดิม
ความคิด ละเอียดลออ	ความคิดริเริ่ม	วาดแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับ กลุ่มอื่น	วาดค่อนข้างแปลกใหม่ ซ้ำกับ กลุ่มอื่นน้อย	วาดซ้ำกับกลุ่มอื่น	วาดเหมือนเดิม
	กระบวนการ	ระบุขนาดและวัสดุ อธิบายวิธีการสร้างได้ ครบถ้วน พร้อมทั้งสร้าง ชิ้นงานตามภาพร่างได้ ครบถ้วน	ระบุขนาดและวัสดุอธิบาย วิธีการสร้างได้ไม่ครบถ้วน พร้อมทั้งสร้างชิ้นงานไม่ตรง ตามภาพร่างทั้งขนาดและวัสดุ บางส่วน	ระบุขนาดหรือวัสดุ อธิบาย วิธีการสร้างได้ไม่ครบถ้วน และสร้างชิ้นงานไม่ตรง ตามภาพร่างในส่วน ขนาดหรือวัสดุ	ไม่ระบุขนาดและ วัสดุ ไม่อธิบาย วิธีการสร้าง และ สร้างชิ้นงานไม่ตรง ตามภาพร่าง

การวิเคราะห์วิดีโอ ผู้วิจัยถอดวิดีโอ ด้วยการบันทึกคำพูดที่นักเรียนได้นำเสนอในแต่ละกลุ่ม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เทียบตามเกณฑ์ ดังตาราง 2 และทำการสรุปข้อมูล โดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายถึงการพัฒนาความคิดละเอียดลออในการอธิบายวิธีการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียน โดยใช้แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ และการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ใบกิจกรรมของนักเรียนและวิดีโอการนำเสนอ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน

1. จินตนาการ ผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้
2. ขั้นปฏิบัติและสังเกต ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้เตรียมไว้ โดยสรุปในแต่ละขั้นตอน ตามรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ ครูใช้คำถามที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย เช่น จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของสถานการณ์นี้คืออะไร เพื่อให้ นักเรียนได้ระบุปัญหาของตนเอง แล้วเสนอปัญหาในกลุ่ม จากนั้นแต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหา โดยเขียนไว้บนกระดานหน้าห้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนต้องศึกษา ค้นคว้า ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปแก้ปัญหา ครูใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนต่อจากขั้นที่ 1 เช่น จากปัญหาที่นักเรียนระบุ นักเรียนคิดว่ามีหัวข้อความรู้ใดบ้างที่สามารถนำไปแก้ปัญหา เพื่อให้ นักเรียนได้ระบุหัวข้อความรู้ด้วยตนเอง หลังจากนั้นแต่ละกลุ่มศึกษาหัวข้อความรู้อย่างละเอียด พร้อมเขียนสรุปเป็นแผนผังความคิด

ขั้นที่ 3 วางแผน ในขั้นนี้นักเรียนต้องวางแผนและออกแบบชิ้นงาน เพื่อนำไปพัฒนาการแก้ปัญหา โดยต้องคิดและวาดภาพร่างให้ได้มากที่สุด在规定时间内ที่กำหนด คิดและวาดภาพร่างให้ได้หลากหลาย คิดและวาดภาพร่างให้แปลกใหม่ คิดและกำหนดรายละเอียดของภาพร่างให้ครบถ้วน พร้อมอธิบายถึงวิธีสร้าง หลังจากนั้นให้แต่ละกลุ่มนำเสนอภาพวาดพร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้างชิ้นงานนั้น

ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน ในขั้นนี้นักเรียนต้องสร้างชิ้นงานตามภาพร่างที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ นักเรียนสร้างชิ้นงานตามแบบ หลังจากนั้นนำเสนอชิ้นงานที่สร้าง

ขั้นที่ 5 ทดสอบและปรับปรุง ในขั้นนี้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงาน ทำการปรับปรุงแก้ไขเมื่อชิ้นงานที่สร้างเกิดปัญหาระหว่างการทดสอบ โดยเทียบกับเงื่อนไขที่มี หลังจากนั้นทำการบันทึกในสิ่งที่ได้ปรับปรุงแก้ไขพร้อมทั้งนำเสนอสิ่งที่ได้ปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เห็นถึงพัฒนาการของการสร้างชิ้นงาน

3. ขั้นตอนผล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ จึงได้สรุปผลการสะท้อนในแต่ละขั้นตอนของ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560)

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์การแก้ปัญหา นักเรียนนำเสนอหัวข้อความรู้หน้าชั้นเรียน (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2560) แล้วครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปหัวข้อความรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560)

ขั้นที่ 3 วางแผน ก่อนที่นักเรียนจะวางแผนและออกแบบ ครูหารูปภาพที่มีรูปแบบที่หลากหลายหรือวิดีโอที่เกี่ยวกับการสร้างชิ้นงานมาให้นักเรียนดู (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2560) และครูให้นักเรียนวาดภาพชิ้นงานนั้นที่นักเรียนเคยเห็นมาก่อน เพื่อให้นักเรียนได้เห็นถึงชิ้นงานที่มีคนทำมาก่อน จะทำให้นักเรียนได้คิดว่าจะทำอย่างไรให้คิดได้หลากหลาย แปลกใหม่ (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560)

ขั้นที่ 4 สร้างสรรค์ชิ้นงาน ให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่สร้างเทียบกับภาพร่าง เพื่อจะได้รู้่านักเรียนมีการแก้ไขอะไรบ้างระหว่างสร้างชิ้นงาน พร้อมอธิบายเหตุผลที่ทำให้การเปลี่ยนแปลง (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2560)

ขั้นที่ 5 ทดสอบและปรับปรุง ครูเน้นย้ำเกี่ยวกับการบันทึกสิ่งที่ได้จากการทดสอบและปรับปรุงแก้ไข (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2560) และการกำหนดเวลาในการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม (แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2560)

ตอนที่ 2 การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ประกอบด้วย วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อย เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างลูกข่างที่สามารถหมุนได้นานที่สุด วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่แบบหมุน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างล้อรถที่สามารถลื่นได้เร็วที่สุด และวงจร

ปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง โหมดเต็มเชิงมุมและอัตราการเปลี่ยนแปลงโหมดเต็มเชิงมุม เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างม้าหมุนที่สามารถหมุนด้วยความปลอดภัยและสนุกมากที่สุด ซึ่งจะแสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้าน ดังตาราง 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ใน 3 วงจรปฏิบัติการ

กลุ่มที่	องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์	ความคิดคล่องแคล่ว			ความคิดยืดหยุ่น			ความคิดริเริ่ม			ความคิดละเอียดลออ		
		วงจรปฏิบัติการที่			วงจรปฏิบัติการที่			วงจรปฏิบัติการที่			วงจรปฏิบัติการที่		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1		4	3	3	3	2	4	2	2	2	4	2	3
2		4	4	3	2	2	4	2	3	2	4	2	3
3		4	3	3	1	1	4	2	2	4	4	2	3
4		4	4	3	2	4	4	2	3	3	4	3	3
5		4	3	3	1	1	4	2	3	3	4	2	3
6		4	3	4	2	1	4	2	2	3	4	2	3
เฉลี่ย		4	3.33	3.17	1.83	1.83	4	2	2.5	2.83	4	2.17	3

จากตารางที่ 2 เป็นการแสดงผลการประเมินกลุ่มนักเรียนตามระดับความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละด้าน จากการเก็บข้อมูลแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งวัดจากการวาดภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ด้านความคิดคล่องแคล่ว ในด้านนี้นักเรียนจะต้องคิดและวาดภาพอย่างรวดเร็ว ภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งในแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ผู้วิจัยได้สร้างตารางไว้ 6 ช่อง เพื่อให้นักเรียนวาดภาพร่างให้ได้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที พบว่า ผลการพัฒนาด้านนี้ลดลง ตามลำดับ เนื่องจากลูกช่างที่นักเรียนวาดนั้น ง่าย ไม่มีความซับซ้อน จึงทำให้คิดได้รวดเร็ว ครั้งต่อมาลัทธิที่นักเรียนวาดมีความยาก จึงทำให้วาดภาพได้น้อยกว่าครั้งแรก และครั้งสุดท้ายม้าหมุนที่นักเรียนวาดมีรายละเอียดมาก นักเรียนไม่สามารถวาดภาพร่างออกมาได้มากและเร็ว ภายในเวลาที่กำหนด จึงทำให้ได้ภาพวาดน้อยที่สุด

ด้านความคิดยืดหยุ่น ในด้านนี้นักเรียนจะต้องคิดและวาดภาพได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งในใบกิจกรรมผู้วิจัยได้สร้างตารางไว้ 6 ช่อง เพื่อที่จะให้นักเรียนวาดภาพร่างให้ได้หลากหลายมากที่สุด พบว่า ผลการพัฒนาด้านนี้เพิ่มขึ้น ตามลำดับ เนื่องจากนักเรียนวาดภาพร่างลูกช่างได้แค่แบบวงกลมแบบเดียว เนื่องจากนักเรียนเคยเห็นแค่แบบวงกลม จึงไม่คิดที่จะวาดภาพร่างแบบอื่นออกมา และครั้งต่อมานักเรียนวาดภาพร่างลัทธิแค่แบบวงกลม นักเรียนคงคิดว่าไม่มีลัทธิที่เป็นรูปแบบอื่นได้แล้ว แต่ครั้งสุดท้าย

นักเรียนวาดภาพร่างม้าหมุนได้หลากหลาย ทั้งแบบสองชั้น ชั้นเดียว มีที่กัน มีที่นั่ง แบบล้อมรอบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคิดยืดหยุ่น

ด้านความคิดริเริ่ม ในด้านนี้นักเรียนจะต้องคิดและวาดภาพให้ได้แปลกใหม่ เป็นรูปแบบที่ไม่ซ้ำกับรูปแบบทั่วไป พบว่า ผลการพัฒนาด้านนี้เพิ่มขึ้น ตามลำดับ เนื่องจากนักเรียนวาดภาพร่างลูกข่างและล้อรถได้ไม่ต่างจากแบบเดิม คือวาดแค่แบบวงกลม แต่ครั้งสุดท้ายนักเรียนวาดภาพร่างม้าหมุนได้แปลกใหม่จากเดิม ทั้งแบบสองชั้น ชั้นเดียวที่มีที่กัน มีที่นั่ง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่ม

ด้านความคิดละเอียดลออ ในด้านนี้นักเรียนจะต้องคิดและกำหนดรายละเอียดภาพ พร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้าง พบว่า ผลการพัฒนาด้านนี้ลดลง ตามลำดับ เนื่องจากภาพวาดที่นักเรียนวาดไม่ซับซ้อน ทำให้นักเรียนสามารถแสดงรายละเอียดของลูกข่างและอธิบายถึงวิธีการสร้างได้ ครั้งต่อมานักเรียนไม่ได้คำนึงถึงเพลาล้อรถ ทำให้นักเรียนไม่ได้ระบุขนาดและอธิบายถึงส่วนประกอบนั้น และครั้งสุดท้ายม้าหมุนที่นักเรียนวาดค่อนข้างละเอียด ทำให้นักเรียนระบุขนาดและวัสดุไม่ครบ จึงไม่สามารถอธิบายถึงวิธีการสร้างได้อย่างชัดเจน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ได้ข้อสรุปดังนี้ ในขั้นระบุปัญหา การสร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและมีข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่ชัดเจน การเน้นย้ำให้นักเรียนนำเสนอปัญหาในกลุ่มก่อนแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อหาข้อสรุปปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวคือปัญหาอะไร เพื่อให้เข้าใจตรงกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Morgan, Capraro and Capraro (2013) การระบุปัญหาเป็นสิ่งที่สำคัญ นักเรียนต้องเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขของปัญหาที่เจอในขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา การนำสื่อที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการสร้างชิ้นงานมาให้นักเรียนได้ดูเป็นแนวทางก่อนให้แต่ละกลุ่มเสนอหัวข้อความรู้ แล้วครูนำเสนอความรู้อีกครั้ง หลังจากนั้นค่อยให้นักเรียนเขียนสรุปความรู้ที่จะต้องใช้ทั้งหมดเป็นแผนผังความคิดซึ่งสอดคล้องกับ Morgan, Capraro and Capraro (2013) ที่ว่า การสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างครอบคลุมและเข้าใจ เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการการออกแบบและประเมินอย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นวางแผน นักเรียนคิดและออกแบบด้วยตนเอง แล้วนำเสนอความคิดภายในกลุ่ม หลังจากนั้นให้นำมาวาดเป็นภาพร่างของกลุ่มทั้ง 2 และ 3 มิติ พร้อมทั้งระบุขนาดและวัสดุที่ใช้ให้ละเอียด พร้อมนำเสนอภาพร่างและอธิบายถึงรายละเอียดเพื่อให้กลุ่มอื่นได้เห็นแนวทางจะได้ไม่สร้างชิ้นงานซ้ำกัน สอดคล้องกับ กัสสร ดิมา (2558) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ควรให้นักเรียนคำนึงถึงการวาดภาพร่างที่ถูกต้อง และอธิบายถึงวิธีการสร้างได้ครบตามองค์ประกอบนั้นๆ เพื่อให้ได้ชิ้นงานตาม

แบบที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน นักเรียนเลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างและสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่ออกแบบไว้ โดยมีการกำหนดเวลาในการสร้างที่ชัดเจน เพื่อให้ให้นักเรียนได้ตระหนักและสามารถสร้างชิ้นงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับ Stohlman, et al. (2012) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ควรจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ทางวิศวกรรม เพื่อให้นักเรียนได้เลือกใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านกระบวนการออกแบบ ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขแนวคิดของนักเรียน และในขั้นทดสอบและปรับปรุง นักเรียนต้องมีการจดบันทึกข้อมูลหรือผลทดสอบและประเมินชิ้นงาน พร้อมทั้งทำการรายงานผลที่เกิดขึ้น และหลังจากนั้นได้ทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานจากที่ค้นพบได้ในตอนทดสอบและประเมินชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด Morgan, Capraro and Capraro (2013) ได้กล่าวว่า การที่ได้ให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินการออกแบบชิ้นงานของตนเอง มีการซ่อมแซม ปรับปรุง หรือทำซ้ำ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงปัญหามากขึ้นและยังทราบถึงประสิทธิภาพของงานที่สร้างขึ้นมาด้วย

จากผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน จากการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม แต่มีพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ลดลงเรื่อยๆ ในด้านความคิดละเอียดลออและความคิดคล่องแคล่ว และผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นอีกว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ในขั้นวางแผนและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้คิดและวาดภาพร่างได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม กำหนดรายละเอียดของชิ้นงาน อธิบายถึงวิธีการสร้างชิ้นงาน และสร้างชิ้นงานตามแบบร่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสสร ดิมา (2558) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากนักเรียนเกิดการคิด จินตนาการ วางแผน ออกแบบ ตามแบบความชอบของผู้เรียน ได้ลงมือทำ ลองผิดลองถูกตลอดจนการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้ชิ้นงานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสามารถสร้างชิ้นงานขึ้นมาได้อย่างสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับ สิริินภา กิจเกื้อกูล (2557, หน้า 201) ที่ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานและมีทักษะในการออกแบบ คิดแก้ปัญหาตามสภาพจริง เน้นการลงมือปฏิบัติ ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เปิดโอกาสให้ได้คิดในสิ่งแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร

ข้อเสนอแนะ

1. ครูควรวางแผนกิจกรรมเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนและเตรียมอุปกรณ์ล่วงหน้า เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำกิจกรรม และควรเผื่อเวลาในการทำกิจกรรม เนื่องจากใช้เวลานานค่อนข้างนาน
2. ครูควรเลือกสถานการณ์ที่น่าสนใจและเกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยให้นักเรียนสนใจและมีความกระตือรือร้น ในระหว่างทำกิจกรรมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด จินตนาการอย่างสร้างสรรค์ ไม่คิดปิดกั้นความคิดของนักเรียน ควรมีบรรยากาศในการเรียนที่ผ่อนคลาย
3. ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาที่ผ่านมา ยังสามารถพัฒนาแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากการวาดภาพร่างของชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ชัคเชสมี.เอชลาธิป สมาหิตติ. (2557). *การจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) สำหรับเด็กปฐมวัย*. กรุงเทพฯ: สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.
- ชามาศ ดิษฐเจริญ และปริญญา หนันชัยบุตร. (2557, มกราคม). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์. *วารสารปัญญาวิวัฒน์*, 5(2), 205-216.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และ เพียว ยินดีสุข (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัตสร ติตมา. (2558, กันยายน). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารราชพฤกษ์*, 13(3), 71-76.
- มณฑาทิพย์ ไชยศักดิ์. (2552). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการบริหารการพยาบาล ใน บทความวิชาการการศึกษาต่อเนื่อง สาขาพยาบาลศาสตร์ เล่มที่ 8 การบริหารการพยาบาล*. กรุงเทพฯ: ศิริยอดการพิมพ์.
- วัชริน นวลผ่อง. (2553). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง งานประดิษฐ์จากภูมิปัญญาไทย วิชา งานประดิษฐ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, วิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.



- สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย. (2557). การจัดทำยุทธศาสตร์ปฏิรูปการศึกษาระดับพื้นฐานให้เกิดความ
รับผิดชอบ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์:
โรงพิมพ์จุลติการพิมพ์.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2557). Active Learning การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท.,
42(188), 4.
- สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท., 42(189), 7-8.
- อภิสิทธิ์ ชงไชย และคณะ. (2556). สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง *Science, Technology, Engineering, and
Mathematics Education: Preparing students for the 21st Century*. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2559,
จาก <http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/STEMEducation.pdf>.
- อารี พันธมณี. (2557). *ฝึกให้คิดเป็นคิดให้สร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไยไหม.
- Breiner, J.M., Johnson, C.C., Harkness, S.S. and Koehler, C.M. (2012). *What is STEM? A discussion
about conceptions of STEM in education and partnerships*. Retrieved June 18, 2016, from
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x/abstract>.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (2000). Participatory action research. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.),
Handbook of qualitative research (2nd ed., pp. 567–605). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Laura Greenstein. (2012). *Assessing 21st Century Skills: A Guide to Evaluating Mastery and Authentic
Learning*. California: Corwin Press, Inc.
- Morgan, J.R., Capraro, M.M. and Capraro, R.M. (2013). *STEM project-based learning: An integrated
science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Rotterdam: Sense.
- Roberts, A. (2013). STEM is here. Now what?. *Technology and Engineering Teacher*, 73(1), 22-27.
- Schachter, R. (2012). *A classroom of engineering: Teaching STEM in the younger grade*. Scholastic
Instructor. Retrieved June 9, 2014, from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ973521.pdf>.
- Stohlmann, M., Moore, T.J. and Roehrig, G.H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM
education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 28-34.
