

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย  
ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

An Action Research on Developing Learning Management in the topic of Conic  
Sections using Design Thinking Process to enhance  
Creative Problem Solving Competency of Students in Grade 10.

พันธยุทธ์ น้อยพินิจ<sup>1\*</sup> วรินทร์ สุภาพ<sup>1</sup> และ จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม<sup>2</sup>  
Panyuth Noipinit<sup>1\*</sup> Wanintom Supap<sup>1</sup> and Chakkrid Klineam<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

<sup>2</sup>ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

Department of Education Faculty of Education, Naresuan University

Department of Mathematics Faculty of Science, Naresuan University

\*Corresponding Author, E-mail: panyuth@gmail.com, โทร. 086-2014434

วันที่ส่งบทความ 5 มิถุนายน 2560 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 18 กรกฎาคม 2560

วันที่ตอบรับบทความ 18 กรกฎาคม 2560 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 2 มกราคม 2562

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้เข้าร่วมวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิชญ์โลก ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบจำนวน 4 แผนแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงานและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

ผลการวิจัย พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy) ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate) ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) และขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test) โดยมีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นให้นักเรียนสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหาการเลือกใช้ปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงและการออกแบบชิ้นงานที่ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เรียนให้มีความหลากหลายรวมถึงการกระตุ้นนักเรียนให้ทำกิจกรรมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอทั้งนี้เมื่อพิจารณาระดับความสามารถโดยรวมพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี

**คำสำคัญ:** กระบวนการคิดเชิงออกแบบ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ภาคตัดกรวย วิจัยปฏิบัติการ

## Abstract

This research aimed to study the learning approach through design thinking process in the topic of Conic Sections to enhance creative problem solving competency of students in grade 10. The participants consisted of 24 students in grade 10 of Princess Chulabhorn Science High School Phitsanulok in the second semester of 2016 academic year. The research methodology was the classroom action research comprising of 4 action spirals and take totally 12 hours in this study. The instruments used in the research were four lesson plans based on design thinking process in the topic of Conic Sections, reflective learning journals, activity sheets, work piece evaluation form, and creative problem solving competency test. Data were analyzed by content analysis and data credibility by triangulation method.

The results revealed that the learning approach through design thinking process in the topic of Conic Sections composed of 5 steps as follow: 1) empathy, 2) define, 3) ideate, 4) prototype, and 5) test. Furthermore, the teacher should emphasize on review students fundamental knowledge required for designing work piece and solving problems, selecting mathematical design challenges or problem situation in real life, designing work piece that lead students to apply various mathematical knowledge in Conic Sections, and encouraging students to regularly do activities. All this, most of students were in good level of creative problem solving competency.

**Keywords:** Design Thinking Process, Creative Problem Solving, Conic Sections, Action Research

## บทนำ

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในความสามารถที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะช่วยพัฒนาและส่งเสริมความสามารถของเด็กไทย และควรเริ่มปลูกฝังตั้งแต่วัยเรียน เนื่องจากทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นั้นเป็นทักษะที่สร้างบุคคลให้เป็นผู้มีปัญญาในการค้นคว้า การแก้ปัญหา และการผลิตงานเชิงสร้างสรรค์ รวมถึงสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือผลผลิตที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเพื่อเป็นรากฐานของการพัฒนาประเทศที่มั่นคงในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข, 2557) ในปัจจุบันนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จและไม่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เท่าที่ควรซึ่งพิจารณาได้จากผลการประเมินนักเรียนในระดับนานาชาติ ชื่อโครงการ Programme for International Student Assessment หรือ PISA ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development) หรือ OECD จากผลการประเมินของ PISA 2003 ที่เน้นการประเมินทักษะการแก้ปัญหาพบว่า มีนักเรียนไทยเพียง 3% เท่านั้นที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาอยู่ที่ระดับสูงสุด และมีนักเรียนไทยกว่า 41% ที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ถึงแม้ว่าจะมีนักเรียนไทยบางส่วนที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาที่สูง แต่ยังคงถือว่าต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD โดยประเทศไทยนั้นมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาอยู่ที่ 425 คะแนน (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2549) จากผลการประเมินของ PISA ในครั้งต่อมา ในปี ค.ศ. 2006 2009 และ 2012 ตามลำดับพบว่า ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาของนักเรียนมีแนวโน้มที่ดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนไทยที่มีระดับการ

แก้ปัญหาต่ำเป็นสัดส่วนที่สูง ซึ่งหมายความว่านักเรียนไทยนั้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ที่ระดับต่ำกว่ามาตรฐาน และนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับต่ำกว่ามาตรฐานเหล่านี้จัดได้ว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะประสบความยุ่งยากในชีวิตการทำงาน หรือการศึกษาต่อในระดับที่สูง และยังสะท้อนให้เห็นว่าประเทศไทยมีความล้มเหลวในด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนขาดการคิดที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาบริบทชั้นเรียนในภาพรวมขณะทำการเรียนการสอน เมื่อครูตั้งคำถามหรือปัญหาให้นักเรียนตอบ พบว่า คำตอบหรือแนวคิดที่นักเรียนแสดงออกมานั้นมักเป็นไปในแนวทางเดียวกัน ไม่ปรากฏความคิดที่หลากหลายและแปลกใหม่เท่าที่ควร อันเนื่องมาจากครูใช้วิธีสอนเชิงบรรยาย เน้นเนื้อหาจากบทเรียนมากเกินไป ไม่เน้นการฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559) จากสภาพการณ์ข้างต้นจึงแสดงให้เห็นถึงปัญหาการขาดความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนไทย

จากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีแนวทางจัดการเรียนรู้สำคัญที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนได้ นั่นคือ กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ (Creative Confidence) ของนักเรียนผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติที่มุ่งเน้นในเรื่องของการเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง (Empathy) การสนับสนุนให้ตัดสินใจลงมือกระทำ (Bias toward action = Build to think) และการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความคิดที่หลากหลาย (Idea Generation) ตลอดจนการส่งเสริมทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียน (Carrollet al.,2010) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (The Stanford d.school Bootcamp Bootleg [HPI], 2010) ดังนี้ขั้นที่ 1ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy) ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate) ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) และขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test) มีรายงานวิจัยของคณะทำงาน REDlab (Research in Education and Design Lab) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าการคิดเชิงออกแบบได้ถูกบูรณาการเข้าไปในเนื้อหาทางวิชาการและเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมเนื้อหาทางวิชาการที่เป็นสหวิทยาการได้อย่างกว้างขวาง (Carroll, Goldman, Britos, Koh, Royalty & Hornstein, 2010) ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบยังเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนรู้ที่สามารถสร้างประสบการณ์ที่หลากหลายและช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Kwek, 2011) จึงสามารถกล่าวได้ว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ว่าหมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของสิ่งประดิษฐ์ ชิ้นงานหรือกระบวนการ เรื่อง ภาคตัดกรวย

ภาคตัดกรวย เป็นบทเรียนหัวข้อหนึ่งที่สำคัญในรายวิชาคณิตศาสตร์ ว่าด้วยลักษณะและสมการของเส้นโค้งที่เกิดจากการตัดกรวยด้วยระนาบในลักษณะที่แตกต่างกัน ทำให้ได้เส้นโค้ง 4 ลักษณะได้แก่วงกลม พาราโบลา วงรี และไฮเพอร์โบลา ในบทเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้การนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอีกทั้งเรื่องภาคตัดกรวยมีความสำคัญและเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ขั้นสูง (กฤษดา นรินทร์, 2555) ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงได้ (Chen, 2013) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในปัจจุบันที่ยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือ ทำกิจกรรมในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเท่าที่ควร

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหาและมีความสนใจที่จะนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาประยุกต์ใช้ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย เพื่อพัฒนา

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนซึ่งเป็นวิจัยเชิงคุณภาพและดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ PAOR มีลักษณะเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกันทั้งหมด 4 วงจรปฏิบัติการ เนื่องจากการวิจัยในชั้นเรียนเป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่มีระเบียบแบบแผนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้อของนักเรียนและการสอนของครู (ชาตรี ฝ่ายคำตา และคณะ, 2559)

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **กระบวนการคิดเชิงออกแบบ** หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาหรือความต้องการของบุคคลผ่านบทสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหา แล้วสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหานั้นโดยอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy) ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate) ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) และขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test)

2. **ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของสิ่งประดิษฐ์ ชิ้นงานหรือกระบวนการ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยพิจารณาจากความสามารถด้านการแสดงพื้นฐานความรู้ หลักการและความคิดรวบยอดที่จำเป็น ด้านการแสดงแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา และด้านการประเมินแนวคิดที่เหมาะสม ซึ่งวัดได้จากใบกิจกรรมแบบประเมินชิ้นงานและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน

3. **การวิจัยปฏิบัติการ** หมายถึง การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนที่เป็นกระบวนการวิจัยสำหรับแสวงหาวิธีแก้ปัญหาด้านการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้วิจัย มีขั้นตอนการดำเนินงานเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติการ (Act) 3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ผู้เข้าร่วมวิจัย

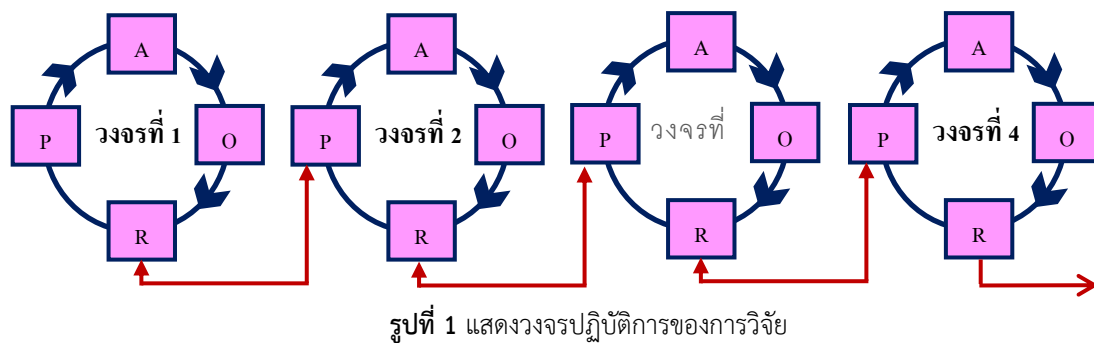
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิชณุโลกที่เรียนในรายวิชา ค30103 ความรู้พื้นฐานสำหรับแคลคูลัส 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 24 คน

#### ขอบเขตของการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคตัดกรวย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ตามหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2554 โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เรื่อง ได้แก่ วงกลม พาราโบลา วงรี และไฮเพอร์โบลาใช้เวลาในการวิจัยทั้งหมด 12 ชั่วโมง

### แผนงานและระยะเวลาทำการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Schmuck (2006) ดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน แต่ละวงจรประกอบด้วย ขั้นวางแผน (P) ขั้นปฏิบัติการ (A) ขั้นสังเกตการณ์ (O) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (R) ตามลำดับ ดำเนินการวิจัยทั้งหมด 4 วงจร โดยเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นนี้มาสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในขั้นวางแผนของวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบจำนวนวงจรปฏิบัติการที่กำหนดดังแสดงในรูปที่ 1



### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้สร้างปัญหาการออกแบบ (Design Challenge) หรือสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ภาคตัดกรวย ให้มีความน่าสนใจและมีแนวคิดที่แปลกใหม่ สำหรับรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้แสดงในตารางที่ 1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม

แผนที่	เนื้อหา	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้(ปัญหาการออกแบบ)	จำนวน (ชม.)
1	วงกลม	ออกแบบสวนรูปวงกลม (Circular Garden Design)	3
2	พาราโบลา	พาราโบลามันเขื่อนที่สวยงาม (Parabola in Beautiful Dam)	3
3	วงรี	ออกแบบสวนสนุกรูปวงรี (Elliptical Theme Park)	3
4	ไฮเพอร์โบลา	สี่แยกไฮเพอร์โบลา (Hyperbola Intersection)	3
<b>รวม</b>			<b>12</b>

2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เป็นแบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นครูผู้รับผิดชอบรายวิชา โดยบันทึกประเด็นปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการถัดไป

3) **ใบกิจกรรม**เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นสำหรับให้นักเรียนทำเป็นรายกลุ่ม มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 “ทบทวนความรู้ สู่อุปกรณ์ที่เลิศจิน” สำหรับทบทวนความรู้พื้นฐานในขั้นต้นแรกของกิจกรรมการเรียนรู้ ตอนที่ 2 “เขียนกราฟ ทราบสมการจากชิ้นงาน” ขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสร้างต้นแบบและตอนที่ 3 “รวมหัวคิดพิชิตปัญหา” เป็นสถานการณ์ปัญหาสืบเนื่องจากชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบ สำหรับให้นักเรียนทำหลังจากสร้างและนำเสนอชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว

4) **แบบประเมินชิ้นงาน** เป็นแบบประเมินชิ้นงานนักเรียนของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ มีองค์ประกอบการประเมิน 5 รายการ ได้แก่ ผลงานความคิดสร้างสรรค์การนำเสนอการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบและการประยุกต์ใช้ความรู้ พร้อมเกณฑ์การประเมินแบบบูรณาการ

5) **แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์** เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 4 สถานการณ์ ทั้งหมด 12 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามสืบเนื่องจากชิ้นงานและสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรม ตอนที่ 3 มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดภายใต้เงื่อนไขการใช้ตัวเลขที่เหมาะสมต่อการคำนวณ

ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษาและครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรมมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ สำหรับแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินชิ้นงาน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้ปรับให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของนักเรียนนำไปใช้ได้

#### **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

- 1) ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย
- 2) ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง ภาคตัดกรวย ในชั่วโมงปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง
- 3) ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะสังเกตและจดบันทึกการจัดการเรียนรู้อุบัติการณ์ในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และนักเรียนเขียนคำตอบหรือแสดงวิธีคิดลงในใบกิจกรรมแต่ละตอนตามที่ผู้วิจัยกำหนด
- 4) เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานและนำเสนอชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะให้คะแนนชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มลงในแบบประเมินชิ้นงาน
- 5) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้อุปกรณ์ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน

#### **การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินชิ้นงาน และใบกิจกรรม มาทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และนำข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนมาทำการวิเคราะห์เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบ 4 วงจรปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยจัดระเบียบข้อมูล ให้รหัส จัดหมวดหมู่ และหาข้อสรุปให้ทราบถึงผลการดำเนินการปรับปรุง

และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพแบบสามเส้า (Triangulation) โดยการใช้แหล่งข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง (Resource Triangulation) จากผู้วิจัย ผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้และอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินการว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินชิ้นงาน โดยวิเคราะห์ตามเกณฑ์รายด้านของการประเมินชิ้นงาน นอกจากนี้ยังได้รวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรมและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน มาทำการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาในการจัดกลุ่มคำตอบและวิธีคิดที่หลากหลายของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง และปรับปรุงโดยนับจำนวนนักเรียนและเปรียบเทียบค่าเป็นร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ

## ผลการศึกษา

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 หลังจากผู้วิจัยทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นเรียบร้อยแล้ว พบว่านักเรียนบางกลุ่มยังไม่สนใจในการทำกิจกรรมช่วงเริ่มต้น ผู้วิจัยจึงกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการเตรียมภาพและวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับภาคตัดกรวยในชีวิตประจำวัน และเพิ่มระดับความน่าสนใจของสื่อการเรียนรู้ดังกล่าวให้มากยิ่งขึ้นในวงจรปฏิบัติการต่อมา นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจรูปแบบการเขียนตอบในใบกิจกรรม Empathy Map ผู้วิจัยจึงปรับปรุงคำถามบางข้อ พร้อมทั้งอธิบายและยกตัวอย่างการเขียนตอบให้ชัดเจนสำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สถานการณ์ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ข้อความในบทสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องนั้นมีความยาวเกินไป ทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่ยอมอ่าน ผู้วิจัยจึงออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้กระชับมากยิ่งขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และมีการเน้นคำสำคัญของสถานการณ์ปัญหาในวงจรปฏิบัติการสุดท้าย ทำให้นักเรียนศึกษาข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนใช้เวลาในการทำแผนผังความคิดมากเกินไป เนื่องจากต้องใช้เวลาในการระบุประเด็นปัญหา สาเหตุและผลกระทบจากสถานการณ์ที่กำหนด ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนระบุเฉพาะประเด็นปัญหาของสถานการณ์เท่านั้น ส่วนสาเหตุและผลกระทบจะใช้วิธีการถามตอบในห้องเรียนเป็นรายกลุ่ม นอกจากนี้สำหรับในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนบางกลุ่มที่ขาดความมั่นใจในการเขียนประเด็นปัญหาเพราะเกรงว่าจะเขียนไม่ครบถ้วนหรือไม่เหมือนกับสมาชิกกลุ่มอื่น ด้วยเหตุนี้ในวงจรปฏิบัติการสุดท้าย ผู้วิจัยจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกกลุ่มแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประเด็นปัญหาซึ่งกันและกัน จนกระทั่งได้ประเด็นปัญหาที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงาน

### ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนออกแบบสवरูปวงกลมโดยไม่คำนึงถึงการนำความรู้เรื่องวงกลมมาประยุกต์ใช้อย่างลึกซึ้ง ทำให้นักเรียนบางกลุ่มออกแบบชิ้นงานเพียงให้มีส่วนประกอบของสवरูปวงกลมเท่านั้น ในวงจรปฏิบัติการต่อมา ผู้วิจัยจึงออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้เอื้อต่อการใช้ความรู้และเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานโดยใช้ความรู้เรื่องภาคตัดกรวยให้มากที่สุด นอกจากนี้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เมื่อนักเรียนร่วมกันระดมแนวคิดในการสร้างชิ้นงาน

เรียบร้อยแล้ว แต่ยังขาดการจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญของแนวคิด ดังนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยจึงเพิ่มข้อคำถามในใบกิจกรรมโดยประเด็นคำถามประกอบด้วย แนวทางการสร้างชิ้นงาน การจัดกลุ่มแนวคิดและจัดลำดับความสำคัญ การคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด และองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา แต่เนื่องจากการเขียนข้อมูลลงในใบกิจกรรมดังกล่าวไม่เอื้อต่อบรรยากาศของการระดมความคิด ด้วยเหตุนี้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนเขียนแนวคิดของตนเองลงในกระดาษโน้ต (Post-it) แล้วติดลงบนกระดานไวท์บอร์ดทำให้นักเรียนทุกคนสามารถมองเห็นข้อมูลและช่วยให้นักเรียนต่อยอดความคิดร่วมกันได้เป็นอย่างดี ตลอดจนส่งผลให้กิจกรรมการระดมแนวคิดในวงจรปฏิบัติการสุดท้ายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่าการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานให้กับนักเรียน ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการต่อมา ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ต้องการลงแบบบันทึกรายการวัสดุอุปกรณ์ พร้อมทั้งมีข้อมูลที่ระบุชัดเจนว่าผู้วิจัยสามารถจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้บ้าง ทั้งนี้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนทุกกลุ่มใช้เวลาในการสร้างชิ้นงานเกินเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยจึงแนะนำให้นักเรียนเตรียมองค์ประกอบย่อยของชิ้นงานมาให้เรียบร้อย ส่งผลให้การสร้างชิ้นงานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียน 3-4 กลุ่มทำชิ้นงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4 นักเรียนให้ความสำคัญกับการนำองค์ความรู้ใช้ในการสร้างชิ้นงานอย่างละเอียดลออมากยิ่งขึ้น แม้จะใช้เวลาเกินมา 15 นาที จนสามารถสร้างชิ้นงานได้เสร็จสมบูรณ์ดังแสดงตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในรูปที่ 2



① ออกแบบสวนรูปวงกลม



② พาราโบลบนเขื่อนที่สวยงาม



③ ออกแบบสวนสนุกรูปวงรี



④ สีแยกไฮเพอร์โบล่า

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียนจากปัญหาการออกแบบทั้งสิ้น

#### ขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test)

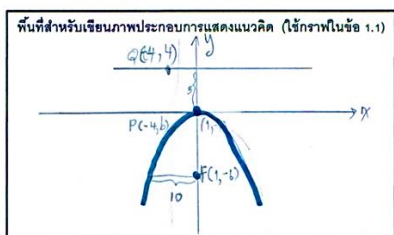
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ตัวแทนนักเรียนนิพากษ์และสะท้อนผลงานของนักเรียนกลุ่มอื่นที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การประเมินชิ้นงานที่กำหนด ผู้วิจัยจึงชี้แจงให้นักเรียนทราบเพื่อให้คะแนนตามความเป็นจริงและปราศจากอคติ ทำให้



การวิพากษ์ดำเนินไปได้อย่างยุติธรรมในวงจรปฏิบัติการต่อมา อีกประการหนึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มทำใบกิจกรรมตอนที่ 3 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวความคิดการแก้สถานการณ์ปัญหา กับเพื่อนกลุ่มอื่น เนื่องจากเวลาในการจัดการเรียนรู้มีจำกัด ดังนั้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4 ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวความคิดกันระหว่างกลุ่มและเฉลยแนวคิดเพิ่มเติมให้นักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและเตรียมความพร้อมสำหรับการทำแบบทดสอบหลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบ 4 วงจรปฏิบัติการ โดยมีตัวอย่างการเขียนแสดงแนวคิดของนักเรียนในรูปที่ 3

แสดงวิธีการหาพิกัดที่เป็นไปได้สำหรับจัดตั้งเสาไฟบนถนนรูปโค้งพาราโบลา พร้อมทั้งหาวิธีของการส่องสว่างไปถึงสะพานแขวน

วิธีที่ 1



ใช้กำหนดสมการพาราโบลา  $(x-1)^2 = -20(y+1)$  แทนจุดบนเส้นโค้งพาราโบลา  $(-4, b)$  จะได้สมการ  $(-4-1)^2 = -20(b+1)$  โดยแก้สมการจะได้  $b = -\frac{9}{4}$

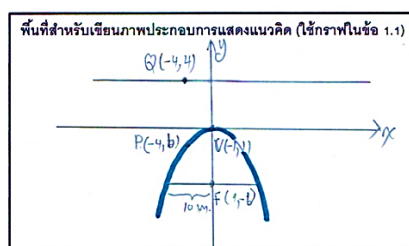
ดังนั้น พิกัดที่เป็นไปได้สำหรับจัดตั้งเสาไฟบนถนนรูปโค้งพาราโบลา คือ  $(-4, -\frac{9}{4})$

การส่องสว่างของเสาไฟไปถึงสะพานแขวน เท่ากับ  $|PQ| = \sqrt{(-4+1)^2 + (b-4)^2} = \sqrt{(-3)^2 + (-\frac{9}{4}-4)^2} = \frac{7}{4}$  หน่วย

ตอบ พิกัดที่เป็นไปได้สำหรับจัดตั้งเสาไฟบนถนนรูปโค้งพาราโบลา คือ  $(-4, -\frac{9}{4})$   
วิธีของการส่องสว่างไปถึงสะพานแขวน เท่ากับ  $\frac{7}{4}$  หน่วย

แสดงวิธีการหาพิกัดที่เป็นไปได้สำหรับจัดตั้งเสาไฟบนถนนรูปโค้งพาราโบลา พร้อมทั้งหาวิธีของการส่องสว่างไปถึงสะพานแขวน

วิธีที่ 2



สมมติสมการของวงกลมพาราโบลา  $(x-1)^2 = -20(y+1)$  แทนจุดบนเส้นโค้งพาราโบลา  $(-4, b)$  จะได้สมการ  $(-4-1)^2 = -20(b+1)$  โดยแก้สมการจะได้  $b = -\frac{9}{4}$

ดังนั้น พิกัดที่เป็นไปได้สำหรับจัดตั้งเสาไฟบนถนนรูปโค้งพาราโบลา คือ  $(-4, -\frac{9}{4})$

การส่องสว่างของเสาไฟไปถึงสะพานแขวน เท่ากับ  $|PQ| = |FP| = \sqrt{(1+3)^2 + (-\frac{9}{4}-1)^2} = \frac{7}{4}$  หน่วย

ตอบ พิกัดที่เป็นไปได้สำหรับจัดตั้งเสาไฟบนถนนรูปโค้งพาราโบลา คือ  $(-4, -\frac{9}{4})$   
วิธีของการส่องสว่างไปถึงสะพานแขวน เท่ากับ  $\frac{7}{4}$  หน่วย

**รูปที่ 3** ตัวอย่างการเขียนแสดงแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหาจากใบกิจกรรมตอนที่ 3

นอกจากแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบทั้ง 5 ขั้นตอนแล้ว ยังมีประเด็นที่ควรเน้นได้แก่ 1) การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นให้แก่ นักเรียนสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหา 2) การเลือกใช้ปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง 3) การออกแบบชิ้นงานที่ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เรียนอย่างหลากหลาย และ 4) การกระตุ้นนักเรียนให้ทำกิจกรรมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ

2. ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความ สามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

องค์ประกอบของความสามารถ ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความสามารถ (ร้อยละ)			
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	ปรับปรุง
ด้านการแสดงพื้นฐานความรู้ หลักการและความคิด รวบยอดที่จำเป็น	12 (50%)	7 (29.17%)	3 (12.5%)	2 (8.33%)
ด้านการแสดงแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหา	5 (20.83%)	10 (41.67%)	7 (29.17%)	2 (8.33%)
ด้านการประเมินแนวคิดที่เหมาะสม	8 (33.33%)	9 (37.50%)	4 (16.67%)	3 (12.5%)

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี กล่าวคือนักเรียนสามารถเขียนแสดงพื้นฐานความรู้ หลักการ และความคิดรวบยอดที่จำเป็นได้อย่างถูกต้อง นักเรียนสามารถเขียนแสดงแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหาได้ และนักเรียนสามารถประเมินและเลือกแนวคิดได้อย่างเหมาะสม แต่ไม่สามารถให้เหตุผลเชิงหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องได้

### อภิปรายผลการศึกษา

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

การใช้ภาพและวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับภาคตัดกรวยในชีวิตประจำวันช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหาจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความสนใจและสามารถนำเอาแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน และแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดิษฐ์ ละออปกษิณ (2558) ที่พบว่า การนำสื่อการเรียนรู้สารคดีบทนำคณิตศาสตร์ ประกอบการนำเข้าสู่บทเรียนหรือนำเสนอก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ เห็นถึงประโยชน์ของเนื้อหาที่จะได้เรียน ตลอดจนเห็นคุณค่าและบทประยุกต์ของสาระคณิตศาสตร์ในเรื่องนั้น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สร้างปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหาที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกฤษดา นรินทร์ (2555) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในโลกจริง เพราะจะช่วยให้ นักเรียนมองเห็นประโยชน์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

#### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับประเด็นปัญหาทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง โดยประเด็นปัญหาที่กลุ่มของนักเรียน นิยามขึ้นมาต้องเป็นปัญหาที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงานและสามารถนำองค์ความรู้เรื่องภาคตัดกรวยมาช่วยในการ ออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับ HPI (2010) ที่กล่าวว่า การนิยามปัญหาเป็นการสังเคราะห์ข้อค้นพบในการ เข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง (Empathy Findings) โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกของบุคคล และเพื่อจัดการ กับสถานการณ์ปัญหาที่สามารถลงมือปฏิบัติได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การฝึกให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาหรือตั้งคำถาม ทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนมีเป้าหมายในการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสร้างสรรค์ สอดคล้อง

กับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ข) ที่กล่าวว่า การตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของตัวนักเรียนเอง

### ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate)

การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อการระดมความคิด โดยการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับการเขียนในแนวตั้ง (Vertical writing space) และอุปกรณ์อื่นที่จำเป็น ได้แก่ กระดานไวท์บอร์ด เครื่องเขียน และกระดาษโน้ตหลากสีสำหรับกิจกรรมการสร้างความคิดตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ จะช่วยให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มได้ระดมสมองและแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ตามศักยภาพของนักเรียนแต่ละคนและสามารถต่อยอดความคิดของสมาชิกภายในกลุ่มได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลต่อความหลากหลายของแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานตามข้อมูลที่ปรากฏในบทสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสอดคล้องกับ HPI (2010) ที่กล่าวว่า เป้าหมายของการสร้างความคิด คือ การสำรวจวิธีการคิดแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมากและมีความหลากหลาย ซึ่งการสร้างความคิดนั้นเปรียบเสมือนเชื้อเพลิงสำหรับการสร้างต้นแบบและขับเคลื่อนการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธงชัย พรหมเลิศ และชาญณรงค์ เฮียงราช (2557) ที่กล่าวว่า การใช้เทคนิคระดมสมองเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนได้ระดมความคิด แสดงความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาให้มากที่สุดโดยนำเสนอได้อย่างเสรี ส่งผลให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดหรือองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype)

การสร้างชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการแรก นักเรียนบางกลุ่มมักออกแบบชิ้นงานโดยไม่คำนึงถึงการนำความรู้เรื่องภาคตัดกรวยมาประยุกต์ใช้อย่างลึกซึ้งเท่าที่ควรกล่าวคือ นักเรียนใช้ลักษณะรูปทรงของภาคตัดกรวยมาออกแบบชิ้นงานเท่านั้น โดยปราศจากการนำองค์ประกอบและสมบัติที่สำคัญของภาคตัดกรวยมาบูรณาการในการออกแบบชิ้นงานทั้งนี้อาจเกิดจากข้อจำกัดด้านเนื้อหาหรือการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น การออกแบบสถานการณ์ปัญหาต้องเอื้อต่อการใช้ความรู้ได้อย่างสร้างสรรค์และเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานโดยใช้ความรู้เรื่องภาคตัดกรวยที่เรียนให้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่แท้จริงในบทนิยามและสมบัติสำคัญของภาคตัดกรวยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim, Kwek, Meltzer and Wang (2013) ที่กล่าวว่า หลักสูตรที่ยึดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามหลักการคิดเชิงออกแบบผ่านการศึกษาเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ช่วยสนับสนุนนักเรียนให้เกิดความเข้าใจที่คงทนของความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เรียน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen (2013) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการทำความเข้าใจปัญหาที่ครูกำหนดให้และนำความรู้ที่เรียนไปลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหานั้นจะช่วยให้ นักเรียนสามารถบูรณาการและประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนได้เป็นอย่างดี

### ขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test)

การนำเสนอผลงานของนักเรียนจะมุ่งเน้นให้นักเรียนอธิบายลักษณะหรือจุดเด่นของชิ้นงานที่สัมพันธ์กับองค์ความรู้เรื่องภาคตัดกรวยที่หลากหลาย โดยการนำเสนอผลงานทางคณิตศาสตร์จะใช้การอธิบายและสื่อสารด้วยการติดป้ายสมการของภาคตัดกรวยกำกับไว้บนชิ้นงาน รวมถึงอาศัยชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นช่วยในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก) ที่กล่าวว่า การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอจะมีประสิทธิภาพได้ต้องมีจุดมุ่งหมาย เนื้อหาของแนวคิดหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และรูปแบบของการสื่อความหมายหรือการนำเสนอที่ชัดเจน

2. ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนแสดงพื้นฐานความรู้ หลักการและความคิดรวบยอดที่จำเป็นอยู่ในระดับดีมาก กล่าวคือ นักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้ถูกต้อง โดยมีจุดผิดไม่เกิน 3 จุด ระบุตัวเลขได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งระบุเหตุผลได้ถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในขั้นทำความเข้าใจปัญหาของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ผู้วิจัยได้ทบทวนความรู้พื้นฐานที่สำคัญ และให้นักเรียนทำใบกิจกรรมตอนที่ 1 เพื่อตรวจสอบและสะท้อนผลความรู้พื้นฐานของนักเรียน ซึ่งการมีพื้นฐานความรู้ที่ดีจะส่งผลต่อการประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบชิ้นงานและการแก้ปัญหานอกจากนี้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงแนวคิดที่หลากหลายในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถเขียนแสดงแนวคิดที่หลากหลายได้ 3-4 วิธี และเป็นแนวคิดที่แตกต่างกัน เนื่องจากในขั้นสร้างความคิดและขั้นสร้างต้นแบบ ผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาภายในกลุ่ม จนกระทั่งทำให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดการออกแบบหรือวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและน่าสนใจ ทั้งนี้สถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมตอนที่ 3 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนจะเป็นสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันและสืบเนื่องมาจากการสร้างชิ้นงาน ส่งผลให้นักเรียนสามารถจินตนาการภาพจากชิ้นงานที่แฝงไปด้วยความรู้เรื่องภาคตัดกรวยในการออกแบบ ตลอดจนสามารถถ่ายทอดกระบวนการออกแบบลงสู่การเขียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา อีกทั้งผู้วิจัยพยายามใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้ตลอดกระบวนการจัดกิจกรรม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวคิดของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2013) ที่กล่าวว่า หลักสูตรที่ยึดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามหลักการคิดเชิงออกแบบผ่านการศึกษาเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา การคิดยืดหยุ่น และการนำเสนอผลลัพธ์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen (2013) ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ในการสอนเรื่องภาคตัดกรวย ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะความเชี่ยวชาญในการร่วมกันแก้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถประเมินแนวคิดได้อย่างเหมาะสมอยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถประเมินและตัดสินใจเลือกแนวคิด พร้อมทั้งให้เหตุผลเชิงหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง เนื่องจากในขั้นสร้างความคิดและขั้นสร้างต้นแบบของกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ นักเรียนได้ฝึกการระดมสมองหาแนวทางการสร้างชิ้นงาน และนำแนวทางการสร้างชิ้นงานมาจัดกลุ่มความคิดและจัดลำดับความสำคัญ จนกระทั่งได้แนวทางการสร้างชิ้นงานที่ดีที่สุด และสามารถออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ในชิ้นงานเพิ่มเติมได้ระหว่างการสร้างชิ้นงานนอกจากนี้ในขั้นทดสอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำใบกิจกรรมตอนที่ 3 ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และประเมินแนวคิดของเพื่อนในกลุ่มและระหว่างกลุ่มทำให้นักเรียนมีทางเลือกในการประเมินแนวคิดที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถคิดหาแนวทางแก้ปัญหาและประเมินความเหมาะสมของแนวคิดที่ตนเองแสดงออกมาได้ดีมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้คำถามปลายเปิดในใบกิจกรรมและแบบทดสอบจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดที่หลากหลายและสามารถพิจารณาเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาสอดคล้องกับงานวิจัยของ สาลีณี เรืองจ้อย (2554) ที่กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดทำให้นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสหาคำตอบที่อาจไม่เหมือนใคร เป็นคำตอบเฉพาะของตนเอง และด้วยสถานการณ์เช่นนี้จะช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนต้องการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และเปรียบเทียบคำตอบของตนกับเพื่อน ทำ

ให้ได้วิธีการที่แปลกใหม่หรือบูรณาการวิธีการแก้ปัญหาของตนกับเพื่อนจนกระทั่งได้แนวคิดที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันสร้างความคิดที่หลากหลายในการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้น ผู้วิจัยควรเตรียมสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้มีความท้าทาย น่าสนใจ และแปลกใหม่สำหรับนักเรียน
2. การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบอาจใช้เวลามากในการทำกิจกรรม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนด ดังนั้น สิ่งประดิษฐ์ ชิ้นงานหรือกระบวนการที่มอบหมายให้นักเรียนออกแบบควรมีขนาดหรือภาระงานที่เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
3. การแก้ปัญหาด้านการจัดการเรียนรู้ที่ใช้อยู่แบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้วิจัยควรดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการอย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้และช่วยให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้อันเกิดจากความร่วมมือและการสะท้อนผลร่วมกัน ดังนั้น การวิจัยปฏิบัติการจึงเป็นกระบวนการวิจัยที่เหมาะสมในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของครูและแก้ปัญหาในชั้นเรียน

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่บูรณาการความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย เช่น การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นต้น เนื่องด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบดังกล่าวมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและระดมแนวคิดที่หลากหลาย

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) มาในครั้งนี้นี้ จนสามารถดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### บรรณานุกรม

- กฤษดา นรินทร์. (2555). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่เน้นการเชื่อมโยงด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์สู่สถานการณ์ในโลกจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จินดิษฐ์ ละออปภิชิน. (2558). ผลของการใช้สารคดีบทนำคณิตศาสตร์ ที่มีต่อเจตคติและการเห็นคุณค่าของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 9(2), 37-50.
- ชาติรี ฝ่ายคำตา, และคณะ. (2559). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ธงชัย พรหมเลิศ, และชาญณรงค์ เฮียงราช. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และเทคนิคระดมสมองที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดขั้นสูงและใช้

- โปรแกรมสำรวจเชิงคณิตศาสตร์เรขาคณิตพลวัตเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้เรื่อง ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 37(4), 34-41.
- พิมพ์ดี เดชะคุปต์, และเพียว ยินดีสุข. (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. ม.ป.พ.: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ก). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ : 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ข). *ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพ เส้นทางสู่ความสำเร็จ*. กรุงเทพฯ : 3-คิว มีเดีย.
- สลินี เรืองจ้อย. (2554). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เรื่อง ลำดับและอนุกรม ที่มีต่อความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). *สภาวะการศึกษาไทย ปี 2557/2558 “จะปฏิรูปการศึกษาไทยให้ทันโลกในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างไร”*. กรุงเทพฯ : ผู้แต่ง.
- สุนีย์ คล้ายนิล, และคณะ. (2549). *สมรรถนะการแก้ปัญหาสำหรับโลกวันพรุ่งนี้*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- Carroll, M., Goldman, S., Britos, L., Koh, J., Royallty, A., & Hornstein, M. (2010). Destination, Imagination and the Fires within: Design Thinking in a Middle School Classroom. *The International Journal of Art and Design Education*, 29(1), 37-53. Retrieved October 10, 2016, from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1476-8070.2010.01632.x>
- Chen, WH. (2013). *Applying Problem-Based Learning Model and Creative Design to Conic Sections Teaching*. Retrieved October 10, 2016, from <http://www.naun.org/main/NAUN/educationinformation/c012008-099.pdf>
- Kim, J., Kwek, S.H., Meltzer, C., & Wong, P. (2013). Classroom Architect: Integrating Design Thinking and Math. In J. Beate & ed.al (Eds.), *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference for Design Education Researchers* (p.85-100). Norway: Oslo and Akershus University College of Applied Sciences.
- Kwek, S. H. (2011). *Innovation in the classroom: Design Thinking for 21<sup>st</sup> century Learning*. Retrieved October 10, 2016, from <https://web.stanford.edu/group/redlab/cgi-bin/materials/Kwek-Innovation%20In%20The%20Classroom.pdf>
- Schmuck, R. (2006). *Practical Action Research for Change*. California: Corwin Press.
- The Stanford d.school Bootcamp Bootleg. (2010). *D.school Bootcamp Bootleg : Institute of Design at Stanford*. Retrieved October 18, 2016, from [https://dschool.stanford.edu/wp-content/uploads/2011/03/BootcampBootleg\\_2010v2SLIM.pdf](https://dschool.stanford.edu/wp-content/uploads/2011/03/BootcampBootleg_2010v2SLIM.pdf)

### Translated Thai References

- Dachakupt, P., & Yindeesuk, P. (2014). *Learning Management in 21<sup>st</sup> century*. Bangkok : Chulalongkorn University Printing House.[in Thai]
- Faikhanta, C., et al. (2016). *Action Research in Science Classroom*. Bangkok: Institute of Academic Development.[in Thai]
- Klainin, S., et al. (2006). *Problem Solving Competency for Tomorrows World*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology.[in Thai]
- Laorpaksin, J. (2015). Effects of using introduction to mathematics documentaries on attitudes and value towards mathematics. *Journal of Education Research Faculty of Education, Srinakharinwirot University, 9 (2)*, 37-50. [in Thai]
- Narin, K. (2012). *Effects of using mathematics learning activities on conic sections connecting the mathematical contents to real-world situations on mathematics achievement, mathematical problem solving abilities and attitude towards* (Master's thesis). Chonburi : Burapha University. [in Thai]
- Office of the Education Council. (2016). *Thai Education in 2014/2015 "How to reform Thai education in the 21<sup>st</sup> century?"*. Bangkok: Author. [in Thai]
- Promlert, T., & Heingraj, C. (2014). The development of mathematics learning activities based on constructivist theory and brainstorming technique to enhance higher order thinking and using the Geometer's Sketchpad as a learning tool on Limit and Continuity of Function for Matthayomsuksa 6. *Journal of Education KhonKaen University, 37(4)*, 34-41. [in Thai]
- Ruangjui, S. (2011). *The effect of using open-ended problems of sequence and series on Matthayomsuksa V students' mathematical creativity* (Master's thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University. [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2011). *PISA 2009 Results: Reading, Mathematics, and Science*. Bangkok: Aroonkarpim. [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012a). *Mathematical Skills and Processes* (3<sup>rd</sup> ed.). Bangkok : 3-Qmedia. [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012b). *Professional Mathematics Teacher The road to success*. Bangkok: 3- Qmedia. [in Thai]