

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน  
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน  
ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา  
มิถุนายน 2562  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยย่นเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....  
(ดร.วรินทร์ สุภาพ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกุล)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

มิถุนายน 2562

## ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่าน ดร. วรินทร์ สุภาพ ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในตลอดระยะเวลาที่ทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ภัทริณี คงชู อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ สาขาคณิตศาสตร์ และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ และนายอนันต์ เดชขุนทด ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระรวมทั้งเป็นผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จนทำให้ค้นคว้าอิสระครั้งนี้ สมบูรณ์ และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณ นายบุญธรรม อ่อนจันทร์ ผู้อำนวยการโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร และนายประวิทย์ อินทรประสิทธิ์ รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการเก็บข้อมูล รวมทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติมิตร และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญ และคอยส่งเสริมสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่าน และขอใจเพื่อน นิสิตปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าอิสระด้วยตนเองฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนา การจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

อริสา แก้วทิพย์

ชื่อเรื่อง	การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงาน ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้ศึกษาค้นคว้า	อริสา แก้วทิพย์
ที่ปรึกษา	ดร.วรินทร์ สุภาพ
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2561
คำสำคัญ	ทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงาน โปรแกรม GeoGebra ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ภาคตัดกรวย

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ จัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัด การเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

**ผลการวิจัยพบว่า**

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้ และขั้นที่ 5 นำเสนอควบคู่การประเมิน มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ



เกี่ยวกับการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์ คือ รู้ที่มาของ หลักการ กฎ ทฤษฎี ความสัมพันธ์ แบบรูป ของความรู้ทางคณิตศาสตร์ และใช้เทคโนโลยี เช่นโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือสำหรับ ค้นคว้าหาคำตอบ และสามารถสร้างชิ้นงานผ่านโปรแกรมตามคำสั่งปฏิบัติการได้โดยมีขั้นตอนที่ ถูกต้อง ครบถ้วน ซึ่งการเรียนรู้จากการสร้างสรรค์ชิ้นงานนักเรียนควรแลกเปลี่ยน ผลงาน วิธีการ และข้อเสนอแนะ ผ่านการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ และร่วมกันประเมินผล

2. นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุดและความรู้เชิง ขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุดควบคู่กันเมื่อนักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์ดีแล้วนักเรียนจะมีความรู้ เชิงขั้นตอนดีได้ผ่านการแสดงออกจากการอธิบายขั้นตอนการสร้างชิ้นงานโดยให้เหตุผลถึงความรู้ เชิงมโนทัศน์ที่สอดคล้องที่นำมาใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ถูกต้องสมบูรณ์



**Title** AN ACTION RESEARCH ON DEVELOPMENT OF CONCEPTUAL KNOWLEDGE AND PROCEDURAL KNOWLEDGE THROUGH USE DYNAMIC SOFTWARE GEOGEBRA ON THE THEORY OF CONSTRUCTIONISM ON CONIC SECTION OF 9th GRADE STUDENTS

**Author** Arisa Kaewthip

**Advisor** Wanintorn Supap, Ph.D.

**Academic Paper** Independent Study M.Ed. in Mathematics, Naresuan University, 2018

**Keywords** Theory of Constructionism, GeoGebra Software, Conceptual Knowledge and Procedural Knowledge, Conic Section



This research aimed to study the learning approach through use dynamic software GeoGebra on the theory constructionism in the topic of conic section to enhance conceptual knowledge and procedural knowledge of 9th grade students, and to study the effects of using dynamic software GeoGebra on the theory constructionism in the topic of conic section to enhance the conceptual knowledge and procedural knowledge of 9th grade students. The participants were 30 students in 9th grade of Pichit Pitthayakhom school Pichit province in the second semester of 2018 academic year. The researcher used 4 operational research models in the classroom. Using a total of 12 hours. The instruments used in the research were four lesson plans based on conceptual knowledge and procedural knowledge in the topic of conic section, situation sheets, activity sheets, reflective learning journals, and conceptual knowledge and procedural knowledge test. Data were analyzed by content analysis and data creditability by triangulation method.

The results revealed that

1. The learning approach through management in accordance through use dynamic software GeoGebra on the theory constructionism in the topic of conic section composed of 5 steps as follow: 1) Sparking 2) Searching 3) Studying 4) Summarizing 5) Show and Sharing. Furthermore, There are issues that should be emphasized, including asking questions, encouraging students to be interested concerning the conceptual knowledge is the source of the principles, rules, the relationship theory, the form of mathematical knowledge. using technology such as the GeoGebra program as a tool for finding answers and able to create work pieces through the program according to the executable order, with complete and accurate steps, which learning from the creation of work pieces, students should exchange their work, methods and suggestions Through various forms of presentation and evaluation.

2. Most students have the highest level of conceptual knowledge and procedural knowledge at the same time. When students have good conceptual knowledge, students will have good procedural knowledge. Also through the expression of explaining the process of creating a piece of work by reasoning about the consistent conceptual knowledge used to solve the problem according to the correct steps.

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	6
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
หลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม (ฉบับปรับปรุง 2561).....	11
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra.....	14
ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน.....	31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
รูปแบบการวิจัย.....	41
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	43
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	43
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	52
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	52



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	55
ตอนที่ 1 แนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่าน ชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริม ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4.....	55
ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่าน ชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริม ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4.....	80
5 บทสรุป.....	96
สรุปผลการวิจัย.....	96
อภิปรายผลการวิจัย.....	98
ข้อเสนอแนะ.....	101
บรรณานุกรม.....	103
ภาคผนวก.....	108
ประวัติผู้วิจัย.....	142

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กับความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน.....	36
2 แสดงจุดมุ่งหมายของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	43
3 แสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา ชิ้นงานจากโปรแกรม GeoGebra และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	44
4 แสดงเกณฑ์การประเมินระดับความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน.....	49
5 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	61
6 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	67
7 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	72
8 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	78
9 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิง ขั้นตอนจากในกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 1 .....	80
10 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิง ขั้นตอนจากในกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	82
11 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิง ขั้นตอนจากในกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	84
12 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิง ขั้นตอนจากในกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	86
13 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับความรู้เชิงมโนทัศน์ที่รวบรวมได้จาก ชิ้นงาน.....	88

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
14 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับความรู้เชิงชั้นตอนที่รวบรวมได้จาก ชิ้นงาน.....	89
15 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงชั้นตอน จากข้อคำถาม " จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้ " .....	90
16 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงชั้นตอน จากข้อคำถาม " จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมพร้อมทั้งเขียน กราฟในแต่ละข้อต่อไปนี้ " .....	91
17 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงชั้นตอน จากข้อคำถาม " จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่กำหนดให้ ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียนกราฟ " .....	92
18 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงชั้นตอน จากข้อคำถาม " จงหาจุดยอด โฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกนพาราโบลา ความ ยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ " .....	94

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงเนื้อหา เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย.....	14
2 แสดงการเขียนขั้นตอนการสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่ม นักเรียน.....	81
3 แสดงชิ้นงานโดมิโนของกลุ่มนักเรียน.....	83
4 แสดงการเขียนขั้นตอนการสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่ม นักเรียน.....	85
5 แสดงการเขียนขั้นตอนการสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่ม นักเรียน.....	87
6 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ข้อคำถามที่ 1.....	91
7 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ข้อคำถามที่ 2.....	92
8 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ข้อคำถามที่ 3.....	93
9 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ข้อคำถามที่ 4.....	94



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านเศรษฐกิจการเมืองสังคม เทคโนโลยีและวัฒนธรรมการพัฒนาผู้เรียนซึ่งเป็นกำลังสำคัญของชาติไทยในอนาคตจึงต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่จะเป็นพื้นฐานของการเข้าสู่สภาพการเป็นเศรษฐกิจฐานความรู้ที่ทัดเทียมประเทศอื่น ๆ ในโลกและเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน การศึกษานับว่าเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนากำลังคนที่จะช่วยผลักดันประเทศให้ก้าวสู่เวทีโลกอย่างมั่นคง ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ในการจัดทำโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในสถานศึกษา สังกัด สพฐ. ตั้งแต่ปี 2550 โดยมีปรัชญาและวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพเพื่อเป็นฐานในการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมการเรียนรู้ตามความสนใจอย่างเต็มศักยภาพพร้อมทั้งปลูกฝังให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และมีความเป็นนักวิจัยอย่างลึกซึ้ง (สสวท., 2555)

คณิตศาสตร์ มีความสำคัญในการพัฒนาทักษะให้เกิดขึ้นกับนักเรียน คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตทั้งในแง่ของการพัฒนาสังคมและการพัฒนามนุษย์ ในแง่ของสังคมนั้นคณิตศาสตร์จะถูกใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการสร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมในสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพในแง่ของการพัฒนามนุษย์นั้นคณิตศาสตร์จะถูกใช้เป็นองค์ความรู้ที่ช่วยในการพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (อัมพร ม้าคนอง, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับแนวการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้พื้นฐานอย่างศักยภาพในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิดเป็นโครงสร้างที่มีเหตุผลการพิสูจน์ในทางคณิตศาสตร์เริ่มต้นด้วย อนิยาม สัจพจน์ นิยาม ทฤษฎีที่พิสูจน์แล้วทำให้เกิดความคิดที่เป็นกระบวนการเป็นรากฐานที่จะพิสูจน์เรื่องต่อไปและสามารถนำ

วิชาคณิตไปแก้ปัญหาในวิทยาการสาขาอื่น ๆ ทั้งด้านวิทยาศาสตร์วิศวกรรม เทคโนโลยีต่าง ๆ (ขมขนาด เชื้อสุวรรณทวี, 2554) จากความสำคัญของคณิตศาสตร์จะเห็นได้ว่าหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 กำหนดให้วิชาคณิตศาสตร์เป็น 1 ใน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยที่วิชาคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 3 สาระการเรียนรู้ได้แก่สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น (สสวท., 2560) ซึ่ง สาระทั้ง 3 สาระ เป็นความรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความ เกี่ยวข้องกันของสิ่งของที่ใช้อธิบายและให้ความหมายของกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเป็น ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอด ทฤษฎี และที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอนหรือวิธีการทาง คณิตศาสตร์ และ 2) ความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ (Procedural knowledge) เป็นความรู้ เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหาการใช้กฎกลวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคนอง, 2553)

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์เป็นสิ่งที่ต้องพัฒนาให้นักเรียนเกิดควบคู่ ไปกับความรู้เชิงขั้นตอนเพราะความรู้ทั้งสองเป็นของคู่กัน (อัมพร ม้าคนอง, 2553) มโนทัศน์ หรือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ คือ ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ได้ เรียนรู้โดยเป็นความเข้าใจที่สามารถสรุปได้ในรูปของความหมาย หรือบทนิยาม (Cooney, Davis and Henderson, 1975) อีกทั้งมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ยังเป็นความรู้ที่สำคัญในการเรียน คณิตศาสตร์ทั้งต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับสูง และต่อการนำคณิตศาสตร์ไปใช้การ แก้ปัญหา เพราะความรู้เชิงมโนทัศน์เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ หรือความ เกี่ยวข้องกันของ สิ่งของที่ใช้อธิบาย และให้ความหมายของกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเป็นความรู้เกี่ยวกับ ความคิดรวบยอด ทฤษฎีและที่มา หรือเหตุผลของขั้นตอน หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้า คนอง, 2553) ซึ่งการสอนให้นักเรียนได้เข้าใจและเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์จะช่วยลดปัญหาความ ผิดพลาดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้หากนักเรียนขาดความรู้เชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับ เนื้อหาย่อย นักเรียนจะเข้าใจเนื้อหาในระดับสูงได้ยาก (Kamii and Dominik, 1997; Zazkis and Campbell, 1996 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2547) อีกทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถ เรียนรู้ได้ด้วยการ "บอก" จะต้องเกิดจากประสบการณ์และการคิดอย่างมีประสบการณ์มากเท่าใด ความคิดรวบยอดก็จะเกิดได้ลึกซึ้งและชัดเจนยิ่งขึ้นและถ้ามีประสบการณ์หลาย ๆ อย่าง ไม่ซ้ำซาก อยู่แต่เพียงประสบการณ์เดิมเดิมซ้ำ ๆ กันเท่านั้น ก็จะทำให้การเกิดความคิดรวบยอดพัฒนาขึ้นไป ตามลำดับ (ขมขนาด เชื้อสุวรรณทวี, 2542)

เป้าหมายหลักในการเรียนคณิตศาสตร์คือการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์แต่ก็ยังมีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายนี้ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยยังด้อยความสามารถเกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและในการศึกษาต่ออย่างมีประสิทธิภาพ (สสวท., 2555) ซึ่งพิจารณาได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ของความรู้ทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2560 มีคะแนนเฉลี่ยดังต่อไปนี้ 20.48, 21.74, 26.59, 24.88, 26.30 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 30 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) ผลสอบนี้สะท้อนให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำและศักยภาพที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างจริงจัง ซึ่งสาเหตุที่คุณภาพของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยยังไม่น่าเป็นที่พอใจนั้น อาจมาจากการที่นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาไม่ดีพอหรือมีข้อผิดพลาดระหว่างทำข้อสอบซึ่งสอดคล้องกับคะแนนสอบวัดความถนัดทางคณิตศาสตร์ หรือ Professional and Academic Aptitude Test 1 (PAT 1) ซึ่งเป็นข้อสอบที่เน้นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมาแก้ปัญหาตามขั้นตอน พบว่านักเรียนยังมีคะแนนอยู่ในระดับต่ำโดยมีคะแนนเฉลี่ย 48.45 จากคะแนนเต็ม 300 (สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์, 2561) อีกทั้งนักเรียนยังขาดความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ถูกต้องและความรู้เชิงขั้นตอนที่จำเป็น (สสวท., 2555) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของอัมพร ม้าคนอง (2552) ที่กล่าวว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ไม่ดีพอทั้งในเรื่องของความรู้พื้นฐานการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทั้งนี้ เนื่องจากนักเรียนขาดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่ถูกต้องเมื่อพิจารณาถึงสาเหตุของปัญหาความรู้ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว อาจเป็นผลมาจากนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้เชิงขั้นตอนมากเกินไปทำให้นักเรียนมีการคิดคำนวณตามขั้นตอนอย่างไม่มี ความหมาย หรือกล่าวคือ เมื่อนักเรียนได้เห็นวิธีการที่กระทำให้เห็นเป็นตัวอย่างหนึ่งแล้วเปลี่ยนเพียงแค่เลียนแบบเทคนิควิธีการเหล่านั้นไม่ได้เกิดความรู้เชิงมโนทัศน์ขึ้น และขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนทำให้เกิดข้อจำกัดในการตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดและนำไปสู่การแก้คำตอบที่ไม่สมเหตุผล ทั้งนี้เป็นเพราะการเรียนการสอนทั่วไปผู้สอนมักสอนแต่ขั้นตอนหรือกระบวนการสอนโดยการบอกวิธีทำให้ตัวอย่าง และมุ่งให้นักเรียนทำตามตัวอย่างไม่ให้ออกส้นนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการฝึกคิดวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายและสร้างสรรค์ (สสวท., 2555)



จากงานวิจัยของ Slesnick (1982 อ้างในอิลลิสรา ชมชื่น, 2550) พบว่า ความรู้เชิงมโนทัศน์เป็นตัวส่งผลให้นักเรียนใช้กลวิธีทางคณิตศาสตร์สำหรับดำเนินการหารจำนวนเต็มได้ดีขึ้น และจากการศึกษาความรู้อินทรีย์และความรู้เชิงขั้นตอน โดยการสังเกตทักษะที่นักเรียนใช้เกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เชิงมโนทัศน์กับความรู้เชิงขั้นตอน ของรศอุบล ธรรมพานิชวงศ์ (2545) พบว่านักเรียนขาดความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ผลที่ตามมา คือ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะตามขั้นตอนที่เรียนมาเท่านั้น แสดงว่าถ้านักเรียนไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับกฎแล้ว นักเรียนมักจะสับสนหรือทำผิด และนำมโนทัศน์ไปใช้ได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของห้องเรียนผู้วิจัยจากการสังเกตของผู้วิจัยในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษ พบว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนนำมาแก้ปัญหานั้นเป็นเพียงขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ปัญหาที่เรียนรู้จากตัวอย่าง ซึ่งนักเรียนเรียนรู้จากการแก้ปัญหาตามที่ตนเองได้ฝึกหัดในแบบฝึกหัด หรือพิจารณาโจทย์ที่เป็นกราฟมาให้เท่านั้น ไม่สามารถพิจารณาปัญหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ด้วยตนเองได้ ซึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์นั้นนักเรียนได้เรียนรู้ก่อนหน้าแล้ว และจากการทำแบบทดสอบปลายภาคเรียนปีการศึกษา 2561 เมื่อข้อคำถามเป็นความสัมพันธ์ให้พิจารณาโดยใช้ความรู้เดิมที่นักเรียนเรียนผ่านมาแล้วนั้น นักเรียนส่วนมากไม่สามารถตอบคำถามในข้อนั้นได้ จึงสรุปได้ว่า นักเรียนของผู้วิจัยนั้นนักเรียนขาดความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เชิงมโนทัศน์กับความรู้เชิงขั้นตอน ดังนั้น การส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอนจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนทำให้นักเรียนเรียนรู้ขั้นต่อไปง่ายขึ้นและเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ขั้นสูงได้ดีขึ้น ช่วยให้นักเรียนมองเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ เป็นคนมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและมีพฤติกรรมในการคิดวิเคราะห์ในระดับสูง สามารถนำสมบัติและความเข้าใจต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนยังเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นสำหรับความสามารถในการแก้ปัญหาด้วย

ภาคตัดกรวยเป็นเนื้อหาหนึ่งในเรขาคณิตวิเคราะห์ ซึ่งมีเนื้อหาวิชาและสูตรต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเรียนรู้เป็นอย่างมากในเวลาเรียนที่จำกัด ลักษณะของกิจกรรมที่ครูผู้สอนส่วนใหญ่จะจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนปฏิบัติ ซึ่งยังเน้นให้นักเรียนท่องจำ สูตร บทนิยาม ทฤษฎีบทในหนังสือเรียนแล้วอธิบายที่มา ยกตัวอย่างสาธิตแก้โจทย์ปัญหา พร้อมทั้งบอกเทคนิควิธีการนำสิ่งที่นักเรียนท่องจำมาใช้ โดยไม่เปิดโอกาสให้ได้เรียนรู้อย่างแท้จริง โดยในเรื่องภาคตัดกรวยนั้น ลักษณะของกิจกรรมที่ผู้สอนจัดให้นักเรียน ได้แก่ ศึกษาบทนิยาม ซึ่งภาพประกอบคำอธิบายเป็น



ภาพหนึ่งประกอบใบความรู้ถึงที่มาต่าง ๆ ของสมการในเรื่องภาคตัดกรวย การเขียนกราฟบนกระดานไม่สมมาตรจริง ต้องใช้เวลามากในการเขียนกราฟซ้ำเดิมหลาย ๆ ครั้ง ทำให้เกิดความเบื่อหน่ายไม่เกิดแรงจูงใจ กิจกรรมที่นำเสนอเพื่อหาข้อสรุปในที่สุด ซึ่งนักเรียนต้องให้ครูบอกแทนการสำรวจ การสืบเสาะหาด้วยตนเอง แล้วนำข้อสรุปนั้นไปใช้อย่างไม่เข้าใจเงื่อนไขหรือผลที่ได้มา ข้อบกพร่องเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของนักเรียนในการเรียนเรื่องภาคตัดกรวยไม่เข้าใจเท่าที่ควร (รัศมีพรหมแสนบัง, 2559) ซึ่งผลการเรียนรู้ในเรื่องนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถเขียนสมการของภาคตัดกรวยเมื่อกำหนดกราฟให้ และสามารถเขียนกราฟเมื่อกำหนดสมการของภาคตัดกรวยมาให้ได้อีก ทั้งต้องนำมาโน้ตค้นเกี่ยวกับสมการและกราฟของภาคตัดกรวยไปแก้ปัญหาได้ (หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม, 2561) ซึ่งจากการวิเคราะห์เนื้อหาอันมีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหานักเรียนขาดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องหาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน (Constructionism) เน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ มุ่งเน้นการสอนอย่างเป็นธรรมชาติ ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง คิดอย่างมีเหตุผลและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (สุชิน เพ็ชรภักษ์, 2544) การจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นแนวคิดซึ่งคิดค้นขึ้นและพัฒนาโดย ศาสตราจารย์ซีมีวัวร์ เพเพิร์ต (Professor Seymour Papert) นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงแห่งสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) สหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1960 มีแนวคิดที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมมีการผสมผสานระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีเมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างผลผลิตที่มีความหมายกับนักเรียน การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมที่เปิดโอกาสให้ลงมือทำด้วยตนเอง โดยผ่านการสร้างชิ้นงานด้วยสื่อ วัสดุหรือเทคโนโลยี และอุปกรณ์ต่าง ๆ การได้นำเสนอความรู้ของตนเองออกมาเป็นรูปธรรมชัดเจนขึ้น และเกิดการสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่ต่อไป แนวคิดนี้มีสาระสำคัญคือ นักเรียนเป็นฝ่ายสร้างความรู้ขึ้นด้วยตนเองผ่านการกระทำหรือสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมา และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องยึดหลักการสำคัญ ประกอบด้วย การเชื่อมโยงสิ่งที่รู้แล้วกับสิ่งที่กำลังเรียน การให้โอกาสผู้เรียนจัดทำชิ้นงานที่ตนเองสนใจเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้และนำเสนอผลงานของตนเอง อย่างต่อเนื่อง (สุชิน เพ็ชรภักษ์, 2544) โดยเทคโนโลยีที่เหมาะสมนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้นคือ โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมฟรี (Freeware) มีคุณสมบัติ

ในการใช้งานทั้งด้านเรขาคณิต และพีชคณิต ความแตกต่างของโปรแกรมนี้กับโปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัตโปรแกรมอื่น คือ การสร้างกราฟภาคตัดกรวยได้เพียงการคลิกไม่ต้องใช้การสร้างฟังก์ชันให้เกิดความยุ่งยาก อีกทั้งยังสามารถแสดงสมการภาคตัดกรวยเป็นรูปทั่วไปหรือ สมการมาตรฐาน ของกราฟนั้น ๆ ได้อีกด้วย (อธิภูมิ พาสงค์, 2559) จากการศึกษางานวิจัยของโสภาพรรณ ชื่นทองคำ (2555) ที่จัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ 5S ตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด (Sparkling) ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า (Searching) ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying) ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้ (Summarizing) ขั้นที่ 5 นำเสนอควบคู่การประเมิน (Show and Sharing) โดยขั้นกระบวนการเรียนรู้นี้มีจุดเด่นในด้านการใช้สื่อเทคโนโลยีกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ เน้นกิจกรรมที่น่าสนใจชวนให้ค้นคว้า และนำพาผู้เรียนไปสู่การปฏิบัติการเรียนรู้ด้วยตนเองจนสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างเป็นระบบและมีการแลกเปลี่ยนผลงาน ความคิด วิธีการ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างชิ้นงานโดยเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เรียนรู้และสร้างประสบการณ์ร่วมกันพัฒนาทักษะ ปฏิบัติใช้โปรแกรม GeoGebra ในการค้นหาและสร้างสรรค์ผลงานวัดและประเมินผลที่หลากหลายวิธีการครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก และในงานวิจัยนี้จะดำเนินรูปแบบการวิจัยตามวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ดำเนินการเป็นวงจรเพื่อช่วยพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่จะช่วยพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ภาคตัดกรวย ความรู้พื้นฐานในการแก้ปัญหาระดับสูงขึ้นไป

#### คำถามของการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวทางอย่างไร
2. เมื่อจัดการเรียนการรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วนักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนอย่างไร

### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวยที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวย
2. ได้แนวทางในการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียน

### ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตออกเป็น 3 ด้านคือผู้เข้าร่วมวิจัยขอบเขตด้านเนื้อหาและขอบเขตด้านเวลาซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา ค31203 คณิตศาสตร์สำหรับห้องเรียนพิเศษในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 30 คน

#### 2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้นำเนื้อหารายวิชา ค31203 คณิตศาสตร์สำหรับห้องเรียนพิเศษซึ่งเป็นสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ตามหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม (ฉบับปรับปรุง 2561) เรื่อง ภาคตัดกรวยแบ่งออกเป็น 2 เรื่องดังนี้

เรื่องที่ 1 ภาคตัดกรวย (วงกลม)

เรื่องที่ 2 ภาคตัดกรวย (พาราโบลา)

#### 3. ขอบเขตด้านเวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมงเพื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวยที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สัปดาห์ละ 6 ชั่วโมงรวม 2 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561



## นิยามศัพท์เฉพาะ

การวิจัยครั้งนี้มีนิยามศัพท์เฉพาะ ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสร้งความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งต่าง ๆ อย่างลึกซึ้งซึ่งสามารถจัดระบบโครงสร้างความรู้ด้วยตนเอง และมีความสามารถในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี มีองค์ประกอบและขั้นตอน 5 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ จุดประกายความคิด (Spackling) สะกิดให้ค้นคว้า (searching) นำพาสู่การปฏิบัติ (studying) จัดองค์ความรู้ (Summarizing) นำเสนอควบคู่การประเมิน (Show and Sharing)

### 1.1. จุดประกายความคิด (Sparkling)

ครูใช้กิจกรรมวิธีการ หรือสื่อกระตุ้นนำเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหา

### 1.2. สะกิดให้ค้นคว้า (Searching)

ครูใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า ให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองโดยมีโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือ

### 1.3. นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying)

ครูสังเกตการทำงาน อภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองโดยวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra ทั้งเป็นกลุ่มเป็นรายบุคคลจนเกิดทักษะและเรียนรู้การแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

### 1.4. จัดองค์ความรู้ (Summarizing)

ครูอภิปราย ชักถาม และให้คำแนะนำในรายละเอียดของเนื้อหา ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้ และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้โดยสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra สรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

### 1.5. นำเสนอควบคู่การประเมิน (Show and Sharing)

ฝึกนักเรียนให้นำเสนอความรู้ ผลงานของตนเอง ด้วยเทคนิควิธีต่าง ๆ เช่น นิทรรศการ เกม การใช้คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ฝึกให้นักเรียนรู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิด วิธีการ และข้อเสนอแนะ โดยมีการประเมินผลงานตามสภาพจริงโดยนักเรียน เพื่อน และครู

2. ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 กลุ่มสาระ



การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2 เรื่อง ได้แก่ วงกลม และพาราโบลาโดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

### 2.1. ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual Knowledge)

เป็นความคิด ความเข้าใจ เกี่ยวกับความหมายหรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเพื่อใช้อธิบายหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### 2.2. ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural Knowledge)

เป็นความสามารถในการใช้กฎ ขั้นตอน การคำนวณหรือกระบวนการต่าง ๆ ในการอธิบายหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

ซึ่งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

#### 1. หลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม (ฉบับปรับปรุง 2561)

- 1.1 วิสัยทัศน์หลักการจุดหมายของหลักสูตรโรงเรียน
- 1.2 คำอธิบายรายวิชา ค31203
- 1.3 ผลการเรียนรู้รายวิชา ค31203
- 1.4 แผนภาพแสดงเนื้อหา เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย

#### 2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

- 2.1 แนวคิดทฤษฎีคอนทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน
- 2.2 ความหมายของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน
- 2.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน
- 2.4 การใช้เทคโนโลยีในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2.5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

#### โปรแกรม GeoGebra

#### 3. ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

- 3.1 ความหมายของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน
- 3.2 แนวทางการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์
- 3.3 แนวทางการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอน

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
- 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

หลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม (ฉบับปรับปรุง2561)

### 1. วิสัยทัศน์หลักการและจุดหมายของหลักสูตรโรงเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาบริบทของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมโดยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิสัยทัศน์ (Vision) หลักการ (Principles) จุดหมาย (Goals) และโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ของหลักสูตรโรงเรียนดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมพุทธศักราช 2561 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนา มุ่งฝึกฝนให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหา และสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ และเป็นเครื่องมือในการศึกษาศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นประโยชน์ในการดำรงชีวิต ทำให้เป็นคนที่มีสมบูรณ์ คิดเป็น แก้ปัญหาเป็น สามารถอยู่กับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

#### 1.2 หลักการ

หลักสูตรโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมพุทธศักราช 2561 มีหลักการสำคัญตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ดังนี้

1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติมีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กเยาวชนให้มีความรู้ทักษะเจตคติและคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชนที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาและให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบโรงเรียนครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายและสามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

### 1.3 จุดหมาย

หลักสูตรโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมพุทธศักราช 2561 ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดีมีปัญญา มีความสุขและมี ศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพจึงกำหนดจุดหมายให้เกิดกับผู้เรียนดังนี้

1.3.1 มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์เห็นคุณค่าของตนเองมี วินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือยึดหลักปรัชญาของ เศรษฐกิจพอเพียง

1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุนทรีย์และรักการออกกำลังกาย

1.3.4 มีความรักชาติมีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลกยึดมั่นใน วิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทยการอนุรักษ์และ พัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันใน สังคมอย่างมีความสุข

### 1.4 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ตามแนวทาง สสวท. และ สอวน. มี วัตถุประสงค์การจัดตั้งโครงการนี้เพื่อเร่งรัดพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษที่มี ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย เป็นการเพิ่ม ปริมาณนักวิทยาศาสตร์ ภายในประเทศให้มากขึ้น สามารถเพิ่มขีดความสามารถของประเทศไทยใน การแข่งขันกับนานาประเทศได้

จากการศึกษาวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมายและโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ของ หลักสูตรโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมสะท้อนให้เห็นถึงบริบทต่าง ๆ ของโรงเรียนกล่าว คือ โรงเรียน พิจิตรพิทยาคมมีการจัดการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มุ่งเน้นจัดการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากล สอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 และโลก ในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดีมีปัญญา มีความสุขและมีศักยภาพใน การศึกษาต่อและเป็นนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย และแข่งขันกับนานาประเทศได้



การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาสาระในราย วิชา ค31203 คณิตศาสตร์ซึ่งเป็นรายวิชาเพิ่มเติม สำหรับห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียน พิจิตรพิทยาคม (ฉบับปรับปรุง 2561) มีคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ดังหัวข้อต่อไปนี้

## 2. คำอธิบายรายวิชา ค31203

ศึกษา ฝึกทักษะ/กระบวนการในสาระต่อไปนี้

ฟังก์ชันความสัมพันธ์และฟังก์ชัน การบวก การลบ การคูณ การหารฟังก์ชัน ฟังก์ชัน ประกอบ ฟังก์ชันผกผัน

ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ฟังก์ชัน ลอการิทึม สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม

เรขาคณิตวิเคราะห์ จุดและเส้นตรง วงกลม พาราโบลา วงรี ไฮเพอร์โบลา

โดยจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้อง ให้ผู้เรียนได้ ศึกษาค้นคว้าโดยการปฏิบัติจริง ทดลอง สรุป รายงาน เพื่อพัฒนาทักษะ/กระบวนการในการคิด คำนวณ การแก้ปัญหา การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้ เหตุผล การคิดสร้างสรรค์ และนำประสบการณ์ด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการที่ได้ไปใช้ ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และใช้ในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นคุณค่าและมีเจตคติที่ดี ต่อคณิตศาสตร์ สามารถทำงานอย่างเป็นระบบ ระเบียบ มีความรับผิดชอบ มีความรอบคอบ มี วิจารณญาณ และมีความเชื่อมั่นในตนเอง

การวัดและประเมินผล ใช้วิธีการที่หลากหลายตามสภาพความเป็นจริงให้สอดคล้อง กับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการวัด

## 3. ผลการเรียนรู้รายวิชา ค31203

ผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในรายวิชา ค31203 คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมกำหนดไว้ 5 ผลการเรียนรู้ดังนี้

3.1 หาผลลัพธ์ของการบวก การลบ การคูณ การหารฟังก์ชัน หาฟังก์ชันประกอบและ ฟังก์ชันผกผัน

3.2 ใช้สมบัติของฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

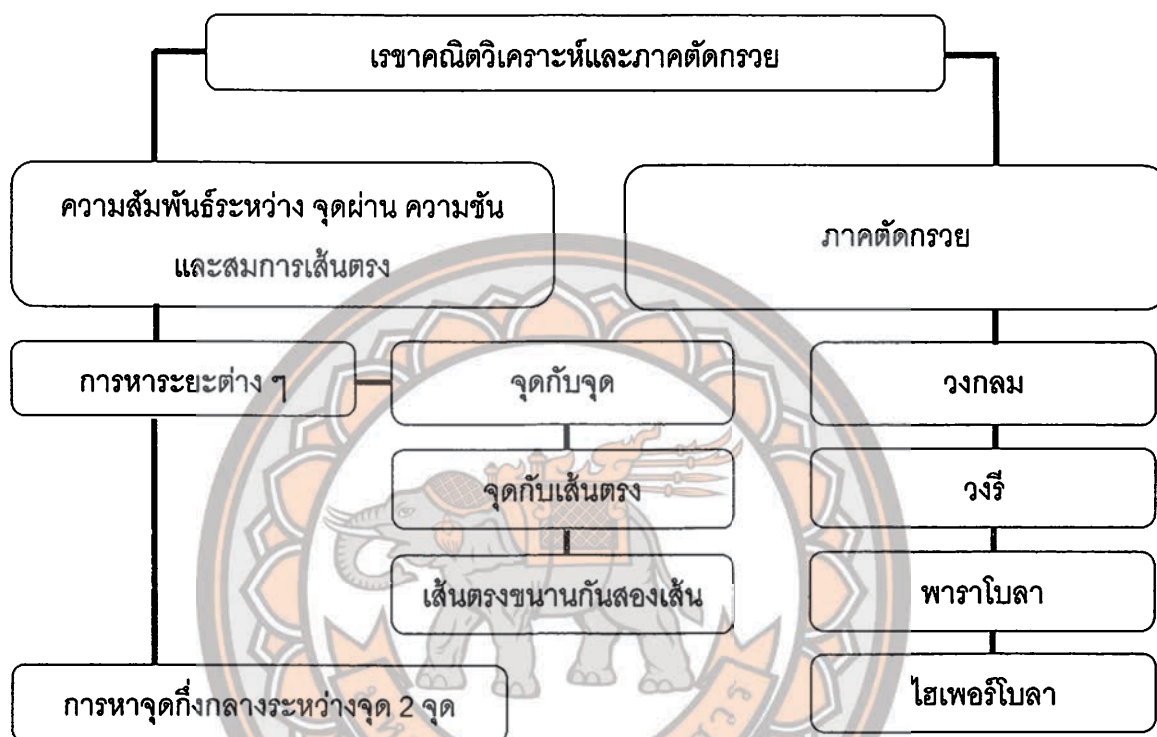
3.3 เข้าใจลักษณะกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม และ นำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3.4 แก่สมการเอกซ์โพเนนเชียลและสมการลอการิทึม และนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3.5 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา

โดยผลการเรียนรู้สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ได้แก่เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับ  
เรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา

#### 4. แผนภาพแสดงเนื้อหา เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย



ภาพ 1 แผนภาพแสดงเนื้อหา เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าความหมายกระบวนการและขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการดังกล่าวให้ชัดเจนขึ้นโดยมีหัวข้อที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

##### 1. แนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน

เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทางสติปัญญาที่พัฒนาขึ้นโดยศาสตราจารย์ซีมัวร์ เพเพิร์ต (Professor Seymour Papert) นักคณิตศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านปัญญาประดิษฐ์ ชาวอเมริกัน เป็นนักการศึกษาที่มีชื่อเสียงแห่งสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) สหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1960 โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทงสติปัญญาของจอห์น เพียเจต์ (Jean Piaget) นักจิตวิทยาชาวสวิตเซอร์แลนด์ ที่เชื่อว่าเด็กสามารถสร้างความรู้ขึ้นได้ด้วยตัวเอง

จากสมมติฐานที่มีการพัฒนาให้เกิดปัญญาที่เกิดจากการการซึมซับและกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ผู้เรียนจะเกิดความรู้เมื่อได้รับข้อมูลตลอดจนประสบการณ์ใหม่ไปผสมผสานกับความรู้เดิมจากสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ รวมถึงการถ่ายทอดความรู้ทางสังคมวัฒนธรรมก็จะมีผลเช่นกันซึ่งหากไม่สอดคล้องกันจะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น โดยอธิบายว่าในช่วงอายุวัยหนึ่ง ๆ ของเด็กไม่สามารถเรียนรู้เรื่องบางเรื่องได้เนื่องจากเรื่องบางเรื่องมีความซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ ต้องรอให้ถึงวัยที่เหมาะสมก่อน ซึ่งทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานก็ยึดหลักที่ว่า ผู้เรียนเป็นฝ่ายสร้างองค์ความรู้ขึ้นด้วยตนเอง มิใช่ได้มาจากครู เช่นเดียวกัน แต่มีข้อเพิ่มเติมว่าในการสร้างความรู้ นั้น ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือสร้างผลงานหรือสิ่งที่เป็นจริง เพื่อแสดงถึงการเรียนรู้ในสิ่งนั้น เปลี่ยนแปลงบทบาทของผู้เรียนจากที่รับความรู้จากครู ไปเป็นลงมือทำ สำรวจ ค้นคว้า และทดลองสร้างสิ่งใหม่ขึ้นตามความคิดและวิธีการของตนเองได้อย่างอิสระ ครูเปลี่ยนแปลงบทบาทจากผู้สอน ผู้ที่มีบทบาทจากผู้สอน ผู้ที่มีบทบาทอำนาจนิยมในชั้นเรียนไปเป็นผู้อำนวยความสะดวกในชั้นเรียน และร่วมเรียนรู้ไปกับผู้เรียน การให้อิสระแก่ผู้เรียน เป็นไปตามแนวคิดที่ว่า "การเรียนรู้ที่ดีกว่าไม่ได้เกิดมาจากการที่ครูค้นพบวิธีการสอนที่ดีกว่า แต่เกิดมาจากการที่ครูได้ให้โอกาสที่ดีกว่าแก่ผู้เรียนรู้ให้สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง" (Papert, 1993) นอกจากนี้ เพเพิร์ต ยังให้ความเห็นที่แตกต่างอีกว่า พัฒนาการทางความคิดและกระบวนการสร้างสมมูลนั้นไม่มีข้อกำหนดที่แน่นอนตามวัยอาจเกิดก่อนวัยได้หากบุคคลถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการสร้างความรู้จากสิ่งที่เรียนรู้ได้ยากให้กลายเป็นเรื่องที่ย่างและเป็นรูปธรรมมากขึ้น บุคคลสามารถใช้เครื่องมือเหล่านั้นเป็นสื่อสำหรับช่วยคิด ทดลองสร้างบางสิ่งบางอย่างขึ้นมาให้สัมผัสได้ และมีความหมายกับตนเองทำให้ได้รับความรู้ใหม่ขึ้นมาที่จะช่วยให้ผู้เรียนนำไปสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งเพเพิร์ตเชื่อว่า สาเหตุที่แท้จริงของการไม่สามารถเรียนรู้ที่นั้นเกิดจากการขาดแคลนวัสดุอุปกรณ์ที่จะช่วยให้สิ่งที่เรียนรู้ได้ยากนั้นกลายเป็นเรื่องง่ายและเป็นรูปธรรม โดยทั่วไปแล้วในสังคมอาจมีวัสดุอุปกรณ์อยู่แล้ว แต่ไม่ได้รับการส่งเสริมให้นำมาใช้ในการศึกษาอย่างมากพอ การมีวัสดุอุปกรณ์เหล่านั้นเป็นสื่อสำหรับช่วยคิดได้ โดยเด็กแต่ละคนสามารถใช้วัสดุเหล่านั้นทดลองสร้างสิ่งใหม่ขึ้นตามความคิดและวิธีการของตนเองได้อย่างอิสระ (สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2544)

เพเพิร์ตเชื่อว่า ความรู้เป็นสิ่งที่เด็กสามารถสร้างขึ้นได้อย่างกระตือรือร้น ดังนั้น การศึกษาที่ดีคือการเปิด โอกาสให้เด็กได้เข้าร่วมกิจกรรมสร้างสรรค์ต่าง ๆ เพื่อจุดประกายในกระบวนการสร้างความรู้ (Papert, 1993 อ้างถึงใน อุทิศ บำรุงชีพ, 2551) โดยเพเพิร์ต ได้กล่าวถึงถึงหลักสำคัญของการเรียนรู้ 3 ประการ คือ



1. การเรียนรู้เกิดจากการแก้ปัญหาจากการสำรวจและทดลองด้วยตนเอง การเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่ตนเองรู้อยู่ก่อนแล้ว

2. การนำความรู้เดิมไปใช้เพื่อสร้างสิ่งใหม่ ๆ ต่อไป เพเพิร์ตเชื่อว่าเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นวัสดุอุปกรณ์ชั้นเยี่ยมที่จะช่วยพัฒนาสติปัญญาของเด็กได้อย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีอย่างอื่นไม่สามารถทำได้ดีเท่า ผู้เรียนสามารถใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ เช่น การสร้างแบบจำลองของระบบที่เล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า หรือใหญ่จนเกินกว่าที่จะเห็นได้ทั้งหมดในเวลาเดียวกัน

3. การทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมสามารถแสดงออกมาเป็นรูปธรรม และใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมนั้นสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับนามธรรมต่อไป เพเพิร์ต เชื่อว่า คอมพิวเตอร์ยังสามารถใช้เพื่อช่วยปรับเปลี่ยนความคิดในการจำแนกหรือตัดสินใจต่าง ๆ ออกเป็นสองสิ่งที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ขาว-ดำ ถูก-ผิด มาเป็นการหาทางแก้ไขสิ่งที่ยังผิดพลาดให้สำเร็จ ล่วงรวมทั้งมีบทบาทสำคัญในแง่ของการบ่มเพาะวัฒนธรรมที่เน้นการคิดโดยสติปัญญาให้เกิดขึ้นในจิตใจของผู้เรียน ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้ใช้คอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีหรือเทคโนโลยีที่ทันสมัยต่าง ๆ ในกระบวนการเรียนรู้ตลอดเวลา แต่กระบวนการทำงานที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและสม่ำเสมอ จะช่วยให้เด็กสามารถพัฒนากระบวนการคิด และแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเองอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานตามแนวคิดของเพเพิร์ตต้องการใช้สิ่งที่เพียงเจตได้เรียนรู้เกี่ยวกับเด็กไว้เป็นพื้นฐานการเรียนรู้โดยการคิด เขาต้องการให้ทฤษฎีทางการเรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาที่เชื่อว่าผู้เรียน "เรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อลงมือทำและตัดสินใจเองว่าจะทำอะไร เมื่อไหร่ และอย่างไร" (Papert, 1999) ทำให้เราได้ทราบตามหลักทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานว่าเมื่อใดสร้างชิ้นงานขึ้นมาหนึ่งชิ้น เราจะได้สร้างความรู้ขึ้นมาในสมองของเรา ทฤษฎีนี้สอดคล้องกับทฤษฎีมนุษยนิยม (Humanism) โดยเน้นความเป็นอิสระของแต่ละบุคคล การเรียนรู้เป็นการพัฒนาตนเองไปสู่ความเจริญสูงสุดของตน (Self-actualization) เชื่อว่า มนุษย์ทุกคนเรียนรู้ได้ดีและต้องการพัฒนาศักยภาพ (Potentiality) ของตนไปเจริญสูงสุดซึ่งทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานได้สนับสนุนทฤษฎีมนุษยนิยมในโครงสร้างของการศึกษาด้านที่เรียกว่า มนุษย์ทุกคนสามารถเรียนรู้ได้โดยการศึกษาจากสถานที่จริง ประสบการณ์จริงจากระบบการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการเรียนการสอนที่ยังอ้างอิง (Instructionism) ผู้เรียนเรียนรู้แคในตำราไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานจริงได้ เรียนเพื่อหวังให้สอบผ่าน ได้เกรดเพื่อรับในประกาศนียบัตรซึ่งการเรียนในลักษณะนี้ สอดคล้องกับทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) ซึ่งผู้เรียนมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ถ้าไม่มีสิ่งเร้าหรือสาเหตุ พฤติกรรมก็จะไม่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะยังยึดครูเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ให้ครู



เป็นผู้บั่นควมรู้ยงเดียว บั่นควมรู้ที่เป็นทฤษฎีบนกระดาน ผู้เรียนจะไม่สามารถได้ตอบหรือแสดงความคิดของตนเองออกมา ผู้เรียนจะขาดทักษะในการลงมือปฏิบัติจริง หรือลงมือทำตามทีครหรือบทเรียนให้ทำ ทำให้ขาดความคิดริเริ่มสร้างสรรคใหม่ จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติตามมาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ะบบวนการจัดการเรียนศีกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองตามธรรมชาติเหมาะสมกับวัย และเต็มตามศักยภาพของผู้เรียน จะเห็นว่ามีความสอดคล้องกับทฤษฎีทางมนุษยวิทยาที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเอง และทฤษฎีทางการสอน ที่เชื่อว่าผู้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการปฏิบัติจริง (Learning by doing)

### 1.1. พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างสรรคควมรู้ผ่านซึ่นงาน

พื้นฐานด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างสรรคควมรู้ผ่านซึ่นงานเป็นพื้นฐานและหลักการที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรคควมรู้ผ่านซึ่นงานให้กับผู้เรียน มีดังนี้ (Papert, 1999; สุชิน เพ็ชรภักษ์, 2544; กมลวรรณ ดังธนากานนท์, 2548 และทีศนา แชมณี, 2547)

#### 1.1.1. พื้นฐานทางปรัชญาและจิตวิทยา

- การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ (Learning by doing) การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรคควมรู้ผ่านซึ่นงานเน้นให้ผู้เรียนได้สำรวจ ลงมือปฏิบัติ ทดลอง และทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ตลอดจนการมีปฏิสัมพันธ์ทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำให้ผู้เรียนเกิดควมรู้ความเข้าใจได้โดยตรงโดยไม่ได้ผ่านการถ่ายทอดจากครผู้สอน แต่ได้มาจากประสบการณ์ตรงของตนเอง

- การเรียนรู้ผ่านการทำโครงการ (Project-based learning) การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรคควมรู้ผ่านซึ่นงานผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่ม และสร้างโครงการตามที่ตนเองสนใจ เมื่อผู้เรียนได้สร้างโครงการตามที่ตนเองสนใจแล้ว ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากโครงการตามที่ตนเองสร้างขึ้นอย่างลึกซึ้งด้วย ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนมีความคิดและลงมือสร้างที่แตกต่างกันออกไป แม้ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมในห้องเรียนเดียวกันก็ตาม จึงเกิดควมหลากหลายทางความคิดและนำไปสู่การสร้างโครงการที่หลากหลายมากขึ้น

- การเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-centered learning) จากแนวคิดของทฤษฎีการสร้างสรรคควมรู้ผ่านซึ่นงานที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีลักษณะการจัด

กิจกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกทำกิจกรรมต่าง ๆ เองด้วย

- การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning) การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างสิ่งต่าง ๆ จากการเรียนรู้ และผู้เรียนยังสามารถใช้สิ่งที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นจุดเริ่มต้นของความคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่ซับซ้อนขึ้นได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เรียนได้พิจารณาความคิดใหม่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นมามีความถูกต้องสมบูรณ์แล้วหรือไม่ และถ้าหากยังไม่สมบูรณ์ควรมีการปรับแก้อย่างไร ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ในสิ่งนั้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ถือได้ว่าเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต

## 1.2. พื้นฐานความคิดเกี่ยวกับการศึกษา

ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเชื่อว่า การศึกษาไม่ใช่การเรียนการสอนที่สอนเฉพาะในห้องเรียน แต่ห้องเรียนเป็นเพียงสิ่งแวดล้อมหนึ่งในการเรียนรู้ ซึ่งไม่มีประสิทธิภาพที่เพียงพอต่อการส่งเสริมการเรียนรู้ การที่ผู้เรียนได้เข้าศึกษาในโรงเรียน ตามเนื้อหาที่เรียนนั้นครูกำหนดว่าถูกต้องแล้ว และหากพบว่ามีเนื้อหาใดที่ผิด ครูจะแก้ไขทันที ซึ่งการจัดการเรียนรู้เช่นนี้ไม่ได้เป็นการส่งเสริมกระบวนการสร้างความรู้โดยผู้เรียนเอง ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างไม่สมบูรณ์แต่ในทางตรงกันข้าม หากผู้เรียนได้มีการสำรวจ ทดลองเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งโดยธรรมชาติแล้วผู้เรียนจะสร้างทฤษฎีของตนเองขึ้นมาใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ อยู่เสมอ อาจจะถูกต้องหรือไม่ถูกต้องก็ตาม ผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการใช้ความคิด การได้ลองผิดลองถูก และการใช้ทักษะที่จำเป็นในการปรับปรุงทฤษฎีของตนเอง ตลอดจนสร้างทฤษฎีที่ถูกต้อง และผู้เรียนจะนำทฤษฎีของตนไปใช้เป็นบทเรียนในการสร้างความรู้ใหม่ของตนเอง ที่ลึกซึ้งต่อไป

## 2. ความหมายของทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน

ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานในภาษาอังกฤษคือคำว่า Constructionism และมีคำใช้ในภาษาไทยหลายคำได้แก่ ทฤษฎีสรรรคนิยม ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรคด้วยปัญญา ทฤษฎีการเรียนรู้คิดเองสร้างเอง ทฤษฎีปัญญานิยม ทฤษฎีบูรณาการความรู้ ฯลฯ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่าทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานตามความหมายจากพจนานุกรม

ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน เป็นทฤษฎีการศึกษาที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการจัดการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันที่มีเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่อดิจิทัลร่วมสมัยตลอดจนแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดพิจารณา การเรียนรู้จากการลองผิดลองถูก การปฏิบัติ หรือการสร้างสิ่งใหม่ให้มีความเป็นรูปธรรมด้วยการสร้างชิ้นงานหรือโครงการขึ้นมา ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้คำนิยามความหมายดังนี้

เพพิร์ต (Papert, 1990 อ้างถึงในปริญญา ทองสอน, ฉลอง ทับศรี และวิจิต สุรัตน์ เรืองชัย, 2549) ได้กล่าวไว้ว่าความรู้เกิดจากการสร้างขึ้นโดยตัวผู้เรียน การเรียนรู้ที่ดีไม่ได้เกิดจากวิธีการสอนที่ดี แต่เกิดจากการที่ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างองค์ความรู้ขึ้นเอง ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีจากการได้ลงมือกระทำ (Learning by doing) โดยมีเครื่องมือช่วยให้เกิดการเรียนรู้ ผู้เรียนจะสร้างชิ้นงานและความรู้จากการเชื่อมโยงประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้กับความรู้เดิม และนำความรู้ที่เกิดขึ้นนั้นไปสร้างสิ่งที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

ชัยอนันต์ สมุทวณิช (2542) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นแนวคิดที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ความรู้ไม่ใช่สิ่งที่จะถ่ายทอดกันที่มีการสร้างขึ้นด้วยตนเองตลอดเวลา และในการจัดการเรียนการสอนต้องมีเครื่องมือวัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น คอมพิวเตอร์ และวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ตามธรรมชาติ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน

สุชิน เพ็ชรรักษ์ (2544) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นฝ่ายสร้างความรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง มิใช่ได้มาจากครูและในการสร้างความรู้ นั้น ผู้เรียนจะต้องลงมือสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมา โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีซึ่งการสร้างสิ่งที่จะต้องได้ หรือสามารถมองเห็นได้จะมีผลทำให้ผู้เรียนต้องใช้ความคิดมีความกระตือรือร้น มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองอย่างจริงจัง

ทิตนา แคมมณี (2545) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ และนำความคิดของตนไปสร้างสรรคชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยให้ความคิดออกมาเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน เมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมา นั่นคือผู้เรียนสร้างความรู้ขึ้นในตัว และจะคงทนไม่ลืมง่าย

บุปผชาติ ทัพพิกรณ์ (2546) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยวัสดุ สื่อเทคโนโลยี บรรยากาศและสภาพแวดล้อมนั้นจะต้องมีความหลากหลาย (Diversity) มีทางเลือก (Choice) และมีความเป็นกันเอง (Congeniality)

พารณ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2545) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการเรียนรู้จากการปฏิบัติ โดยผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีนั้นเกิดจากการเรียนรู้ที่เด็กชอบมา让孩子ทำโดยบูรณาการวิชาการและเรื่องที่ต้องเรียนรู้ต่าง ๆ เข้าไป โดยใช้หลักการเรียนในลักษณะ Learner centered learning, Technology intergrated for lifelong leaning

ปริญญา ทองสอน, ฉลอง ทับศรี และวิจิต สุรัตน์ เรืองชัย (2549) ได้กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานแนวคิดให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้



ด้วยตนเองจากการปฏิบัติ (Learning by doing) ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่หลากหลาย และเหมาะสมกับผู้เรียน โดยผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกและสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ดี ตลอดจนผู้เรียนสามารถใช้สื่อและเทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ผลงานออกมาเป็นรูปธรรมจึงจะเกิดการเรียนรู้

ทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานเป็นทฤษฎีทางการศึกษาที่เข้ามาใช้ใน ประเทศไทยอย่างจริงจังนั้นเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 โดยมูลนิธิศึกษาพัฒนาโครงการนำร่องคือ โครงการประภาคารทางปัญญา (Lighthouse project) ซึ่งเป็นความร่วมมือในการจัดตั้งระหว่าง The media lab ของ MIT สหรัฐอเมริกา กับมูลนิธิศึกษาพัฒนา ของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทยจำกัด (มหาชน) โดยมี นายพารณ อิศรเสนา ณ อยุธยาเป็นประธานโครงการ ซึ่งได้มีใช้กันอย่างแพร่หลายแต่ไม่มากนัก

จากคำจำกัดความของนักการศึกษาที่ได้นำทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงาน ไปใช้นั้น ผู้วิจัยพอสรุปได้ว่า เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และในการสร้างความรู้นั้นมาจากการที่เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมา โดยอาศัย เทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยให้ความคิดออกมาเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน ผู้เรียนจึงจะเกิดการสร้างความรู้ขึ้นในตัวโดยมีผู้สอนเป็นผู้สนับสนุน อำนวยความสะดวกและสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ดี

### 3. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงาน

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานในการจัดการเรียนรู้ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2539 ศาสตราจารย์ซีมัวร์ เพเพิร์ต (Professor Seymour Papert) ได้เดินทางเข้ามาในประเทศไทย และได้ร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักวิชาการและผู้บริหารการศึกษา ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการทำทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานมาใช้ในประเทศไทย 3 ประการคือ (ไพโรจน์ ชินศิริประภา, 2550)

1. ควรจัดตั้งศูนย์การศึกษาการพัฒนการศึกษา เพื่อทำหน้าที่เสนอความคิดเห็น และจัดเวทีอภิปรายในเรื่องที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการศึกษาไทย
2. ควรพัฒนาโครงการนำร่องเพื่อเป็นตัวอย่างการดำเนินงาน
3. ประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้เรียนรู้และเตรียมตัวรับรูปแบบการศึกษาที่แตกต่างไปจากปัจจุบันเพื่อลดการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง

จึงได้มีการเริ่มใช้ทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานกันอย่างจริงจัง ในประเทศไทยโครงการประภาคารทางปัญญา (Lighthouse project) โดยมูลนิธิศึกษาพัฒนาซึ่งเป็นโครงการนำร่องทางเลือกใหม่ของการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นนักคิด นักสำรวจ นักทดลอง

และใช้สื่อเทคโนโลยี เพื่อแสดงความคิดและสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ และยังเป็น การพยายามเพื่อแก้ไข สิ่งที่เป็นจุดอ่อนของการศึกษาในปัจจุบันให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

มูลนิธิศึกษาพัฒนา (2554) กล่าวถึงการสร้างโอกาสให้กับผู้เรียนเกิดการสร้างสรรค์ ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานจำเป็นต้องประกอบด้วยสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ (Learning environment) หรือ บริบททางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความรู้ ซึ่งมีประเด็นหลัก 3 ประเด็น คือ

1. ทางเลือก (Choice) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีพลัง เมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมใน การสร้างผลผลิตที่มีความหมายต่อตนเอง ไม่มีใครสามารถสั่งการได้ว่าอะไรที่จะมีความหมาย สำหรับคนอื่นผู้เรียนควรมีทางเลือกในการสร้างที่จะริเริ่มงานของตนเอง ยิ่งผู้เรียนมีทางเลือกมาก เท่าใด เขาก็จะใส่ใจและชอบที่จะคิดค้นงานของเขาต่อไปมากเท่านั้น องค์ประกอบที่สำคัญของ แต่ละบุคคลและสิ่งที่เขาสนใจ จะทำให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่มีความหมาย มีความลึกซึ้ง อยู่ได้นานและทำให้เกิดเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วมากยิ่งขึ้น ซึ่งเพียเจต์ เรียก สิ่งนี้ว่าการกลืนกลายความรู้ (Assimilation of knowledge)

2. ความหลากหลาย (Diversity) สามารถจำแนกได้เป็น ความหลากหลายด้าน ทักษะและความหลากหลายด้านรูปแบบ

2.1 ความหลากหลายด้านทักษะ (Diversity of skills) ที่มีทักษะแตกต่างกันใน หลายระดับ เริ่มจากผู้เริ่มรู้ไปจนถึงผู้เชี่ยวชาญมาร่วมงานกัน ในบางครั้งยังหมายถึงการที่มี ผู้เรียนอายุ แตกต่างกันมาเรียนในชั้นเดียวกันด้วย ผู้เรียนที่มีประสบการณ์น้อยกว่า จะสามารถ เรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ และร่วมทำงานกับผู้อื่นที่มีทักษะแตกต่างกันออกไป ส่วนผู้เรียนที่มี ประสบการณ์มากกว่าสามารถปรับปรุงความรู้และทักษะของตนเอง เพื่อไปช่วยเหลือ แลกเปลี่ยน หรืออธิบายให้กับผู้อื่น ความสามารถนี้จะช่วยให้เกิดจินตนาการที่สร้างสรรค์กับทุกคน มีการหยิบ ยืมความคิดก่อให้เกิดการสร้างความรู้ใหม่ที่หลากหลายได้

2.2 ความหลากหลายด้านรูปแบบ (Diversity of style) ในการสร้างสิ่งใดสิ่ง หนึ่งขึ้นนั้นไม่ได้มีเพียงคนเดียวที่มีการทำที่ถูกต้องเท่านั้น บางคนอาจชอบที่จะวางแผนอย่างดีก่อน จึงลงมือทำตามแผนนั้น อาจมีการปรับปรุงแผนในขณะที่ทำ ขณะที่บางคนอาจชอบทำงานโดยไม่มี แผนการทำงานมาก่อน แต่ต้องการที่จะ “โต้ตอบ” (Dialog) เกี่ยวกับการสร้างของเขา โดยการลง มือทำทันทีแล้วหยุดมองสิ่งที่เขาสร้างขึ้นเพื่อตัดสินใจว่าควรแก้ไขปรับปรุงหรือทำอะไรต่อไป เรียก คนกลุ่มนี้ว่าคนที่ทำงานโดยไม่ยึดแบบแผนตายตัว (Tinkerers) ซึ่งคนทั้งสองกลุ่มนี้ ถือว่ามี ความสำคัญเท่ากันต้องให้อิสระ และการยอมรับนับถือในวิธีการทำงานอย่างเท่าเทียมกัน

2.3. ความเป็นกัลยาณมิตร (Congeniality) การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่สนุกสนานสบาย และมีความเป็นมิตร ระหว่างครูกับผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนรู้สึกเป็นอิสระ ไม่รู้สึกอึดอัดหรือกดดัน จะช่วยให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

กิจกรรมในห้องเรียนนั้นเน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติและการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม โดยประกอบด้วยกิจกรรมทั้ง 8 กิจกรรม ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนการเรียนรู้ (Planning)
2. การสร้างกระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative and team work)
3. การค้นหาข้อมูลที่สอดรับและสนับสนุนในหัวข้อที่นักเรียนสนใจ
4. การเชื่อมโยงหัวข้อการเรียนรู้เพื่อมองให้เห็นกระบวนการ กลไก และระบบ (Data linkage)
5. การจดบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ ทั้งเนื้อหาและเพื่อสะท้อนพฤติกรรม การเรียนของนักเรียน (Recording)
6. การฝึก (Practice) ทักษะการเรียนรู้ที่จำเป็นกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้แก่ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษ เป็นต้น
7. การประเมินตนเอง เพื่อพัฒนาชิ้นงานและพัฒนาพฤติกรรม การเรียนรู้ (Self-evaluation)

8. การนำเสนอ เพื่อสะท้อนกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาองค์ความรู้ของตนเอง

ธเนศ ขำเกิด (2548) กล่าวถึงวงจรการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ว่าเป็นการเรียนรู้จากการคิด (Thinking) ซึ่งเกิดจากประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน เชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ แล้วสร้างความรู้ (Constructing) ขึ้นมาด้วยตนเอง แต่การสร้างสรรค์ความรู้ที่สมบูรณ์จะต้องมีการสะท้อนความคิด หรือสะท้อนประสบการณ์ (Reflecting) การมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับบุคคลอื่นโดยมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นำไปสู่การปรับเปลี่ยนความคิดใหม่ (New thinking) แล้วสร้างความรู้ใหม่ (New constructing) สะท้อนความคิดใหม่ (New reflecting) เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น ความรู้จึงไม่หยุดนิ่ง จะเกิดการคิดค้นต่อไปอีก การสร้างสรรค์ความรู้จะเกี่ยวข้องกับการจัดการความรู้ (Knowledge management) ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้ข้อมูล (data) เกิดความหมายเป็นสารสนเทศ (Information) แล้วพัฒนาสู่ความรู้ (Knowledge) เพิ่มมูลค่าความรู้ให้ก้าวหน้าอย่างเป็นพลวัต ทุกฝ่ายต้องรับฟังความคิดเห็นของกันและกัน ยอมรับความคิดที่หลากหลาย ไม่ยึดมั่นในประสบการณ์



หรือความเชื่อเดิมของตนเองมีความพยายามสร้างความรู้ แม้จะไม่สำเร็จก็จะใช้ความผิดพลาดเป็นบทเรียน เป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ใช้ความหลากหลายและมุมมองที่แตกต่างกันนำไปสู่การเรียนรู้

วิธีการจัดการเรียนตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานเน้นให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้จากการสร้างสิ่งที่มีความหมายกับตนเอง ดังนั้น ครูจึงควรมีหลักในการสอนเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ดีแก่ผู้เรียนซึ่งขั้นตอนในการสอนตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานมีดังนี้ (จริญญา ไศลบาท, 2554)

1. การแนะนำตนเองเป็นการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้สอนและผู้เรียน หลังจากนั้นมีการพูดคุยเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องที่จะเรียน เป็นการแนะแนวทางและบอกเป้าหมายให้ผู้เรียนทราบ

2. ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง คือให้ผู้เรียนได้รับโอกาสลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง การให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัตินั้นอาจมีความแตกต่างกันบ้างในขั้นตอน โดยพิจารณาจากพื้นฐานของผู้เรียน ในกรณีที่ผู้เรียนได้ลองปฏิบัติด้วยตนเองสักระยะหนึ่ง แล้วจึงค่อยให้ผู้เรียนคิดหัวข้อที่อยากจะทำ หรือถ้าผู้เรียนมีพื้นความรู้มาแล้วก็ให้คิดหัวข้อที่อยากจะทำ และให้ลงมือปฏิบัติเลย

ขั้นตอนการปฏิบัติที่ผู้เรียนจะลงมือปฏิบัติกิจกรรมไปเรื่อย ๆ และมีการสอนเนื้อหาบ้างบางครั้ง โดยครูจะเป็นผู้พิจารณาว่าควรสอนเนื้อหาใด เช่น ครูสังเกตเห็นว่าการสร้างงานของผู้เรียนส่วนใหญ่ พบปัญหาบางอย่างคล้ายกัน และพิจารณาว่าปัญหานั้นเกิดจากผู้เรียนขาดทักษะบางอย่าง ครูจะสอนเนื้อหานั้นให้แก่ผู้เรียน ส่วนการสอนโดยทั่วไปครูจะใช้เทคนิคการสอนแบบ Interactive teaching คือการเข้าไปมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน สังเกตการณ์ทำงานของผู้เรียนแต่ละคนว่ามีปัญหาใด และพิจารณาว่าปัญหานั้นครูต้องเข้าไปสอน เพราะเป็นปัญหาที่ยากเกินไปสำหรับผู้เรียนหรือถ้าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะรับเนื้อหานั้นแล้ว ครูจะถ่ายทอดเนื้อหานั้นให้กับผู้เรียน ดังนั้นการถ่ายทอดเนื้อหาให้กับผู้เรียนแต่ละคนจะมีวิธีการที่ไม่เหมือนกัน บางคนแค่แนะนำ บางคนต้องทำให้ดู บางคนต้องช่วยกันคิดช่วยกันทำ ซึ่งครูต้องเข้าไปสัมผัสกับผู้เรียน และพิจารณาด้วยตนเอง

1. การนำเสนอผลงานในการให้ผู้เรียนสร้างงานนั้น ครูควรกำหนดระยะเวลาในการทำงานให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้าพอสมควรว่าจะต้องมีการนำเสนอผลงานเมื่อไหร่ เพื่อผู้เรียนจะได้วางแผนการทำงานให้เสร็จทันตามที่กำหนด

2. การพูดคุยถึงกระบวนการเรียนรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ ทั้งในทฤษฎีและทางปฏิบัติ นอกจากนั้นอาจมีการตอบปัญหาข้อสงสัย หรือพูดคุยแสดงความคิดเห็น ครูจะพยายามสรุป

ประเด็นเพื่อดึงความคิดของผู้เรียนให้ประจักษ์แก่ใจตนเองว่าได้เรียนรู้สิ่งใดด้วยตนเองไปแล้วบ้าง รวมทั้งพยายามชี้แนะเกี่ยวกับการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตจริงได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานจะเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ คือวิธีการสอนที่ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ ผู้เรียนจะได้รับโอกาสให้เลือกสร้างชิ้นงาน หรือปฏิบัติในสิ่งที่มีความหมายกับตนเองหรือที่ตนเองสนใจ ในช่วงแรกนั้นผู้สอนจะมีบทบาทมากในการสอนพื้นฐานที่จำเป็นกับผู้เรียนแต่เมื่อให้ผู้เรียนได้สร้างชิ้นงาน ผู้สอนจะลดบทบาทตัวเองลงเป็นผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้เรียน

โรงเรียนตรุณสิกษาลัยเป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผู้ริเริ่มคือ พารณ อิศรเสนา ณ อยุธยา ได้เชิญศาสตราจารย์เพเพิร์ต มาช่วยคิดและพัฒนาระบบการศึกษา ในการนำแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน มาใช้ในโรงเรียน โดยมีขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ (ไพโรจน์ ชินศิริประภา, 2550)

1. เลือกโครงการที่ตนเองสนใจ
2. ครูทำการศึกษาหัวข้อ พร้อมเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องทั้งความรู้หลักและความรู้เสริมตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ
3. ครูและนักเรียนวางแผนร่วมกัน นักเรียนนำเสนอแผนงานของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ
4. นักเรียน เรียนด้วยการลงมือทำ สิ่งสำคัญขั้นตอนนี้คือต้องมีการจดบันทึกและสรุปสิ่งที่เรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน
5. สรุปความรู้ รวบรวมและเก็บบันทึกผลงาน
6. นำเสนอผลงานจากการเรียนรู้
7. วิเคราะห์และประเมินผลงานโดนเพื่อน ครู และผู้ปกครอง
8. ต่อยอดองค์ความรู้ใหม่ต่อไป

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยทางการศึกษาหลายงานที่นำทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานมาประยุกต์ใช้ในการจัดการการสอน ยกตัวอย่างเช่น รินรดี พรวิริยะสกุล (2557) ได้นำแนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานมาพัฒนาเป็นกระบวนการ 5S (Best Practice 5 Steps to Constructionism) 5 ขั้นตอนตามแนวทฤษฎี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. จุดประกายความคิด (Sparkling) ครูใช้กิจกรรมวิธีการหรือสื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหา

2. สะกิดให้ค้นคว้า (searching) ใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า หาคำตอบด้วยตนเอง

3. นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying) ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งเป็นกลุ่มเป็นรายบุคคลจนเกิดทักษะและเรียนรู้การแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

4. จัดองค์ความรู้ (Summarizing) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้โดยสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

5. นำเสนอความรู้สู่การประเมิน (Show and Sharing) ฝึกนักเรียนให้วางแผนในการนำเสนอความรู้ผลงานของตนเองอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยเทคนิควิธีต่างๆ เช่น การแสดงละคร บทบาท สมมติ นิทรรศการ เกม การใช้คอมพิวเตอร์ฯ ฝึกนักเรียนให้รู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านผลงานความคิดวิธีการและข้อเสนอแนะ

นางสุรพร หลวงใหญ่ (2556) พัฒนาระบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานโรงเรียนเทศบาล 4 (บ้านเชียงราย) าระบบการเรียนรู้ 6 ชั้นตอน มาจากกระบวนการเรียนรู้ 8 ชั้นตอนของโรงเรียนดรุณสิกขาลัย ได้ปรับให้เข้ากับบริบทของโรงเรียน โดยกระบวนการเรียนรู้ 6 ชั้นตอน มีความหมายดังนี้

1. ระดมความคิด หมายถึง ผู้เรียนช่วยกันระดมความคิดเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน
2. พินิจแผนงาน หมายถึง การวางแผนร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับครู ครูกับครู ครูกับผู้ปกครอง เกี่ยวกับหัวข้อใหญ่และหัวข้อย่อยในเรื่องที่จะเรียน
3. สู่การเรียนรู้ หมายถึง ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้วิธีการที่หลากหลาย โดยผ่านกระบวนการคิด ลงมือทำ ตรวจสอบและนำผลไปปรับปรุง
4. ควบคุมแลกเปลี่ยน หมายถึง มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลทั่วไป เช่น เพื่อนพี่ ครูและผู้ปกครอง เพื่อฝึกการนำเสนอทำให้ผู้เรียนกล้าพูด กล้าคิด กล้าทำในสิ่งที่ถูกต้อง
5. หมั่นเพียรประเมิน หมายถึง การวัดและประเมินผลดำเนินการหลังจัดกิจกรรมแต่ละครั้ง โดยวางแผนการประเมินให้สอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัด
6. เเชิญโลกการเรียนรู้ใหม่ หมายถึง การเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนรู้แล้วสู่การเรียนรู้ใหม่อย่างต่อเนื่อง ไม่มีที่สิ้นสุดเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต

โสภภาพรรณ ชื่นทองคำ (2555) พัฒนาระบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานซึ่งมีขั้นตอนดังนี้



1. Searching (สืบค้นให้คิด) ครูใช้กิจกรรมวิธีการหรือสื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้เห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ

2. Serving (สะกิดให้ปฏิบัติ) ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งเป็นกลุ่มและรายบุคคลจนเกิดทักษะ

3. Solving Problem (ฝึกหัดแก้ปัญหา) มุ่งเน้นให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติมาใช้ในการแก้ปัญหาจนสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

4. Showing (ใช้ปัญญานำเสนอ) ฝึกนักเรียนให้วางแผนในการนำเสนอความรู้ผลงานของตนเองอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยเทคนิควิธีต่าง ๆ เช่น บทบาทสมมติ นิทรรศการ เกมคณิตศาสตร์ การใช้คอมพิวเตอร์ ฯลฯ

5. Sharing (เจอผลพัฒนา) ฝึกนักเรียนให้รู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านผลงาน ความคิด วิธีการ และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาของอินทรีา ลิมวิวัฒนา (2557) ได้นำแนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานมาพัฒนาขั้นตอนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวทางกระบวนการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาเพื่อส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน มีองค์ประกอบและขั้นตอน 6 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ กระตุ้นให้คิด พินิจเนื้อหา ใช้ปัญญาสร้างสรรค์ บันทึกความรู้สู่การนำเสนอ เจอการประเมินผลของผู้เรียนจึงได้วิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานสรุปเป็นแนวกิจกรรมการเรียนการสอน

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างชิ้นงาน โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งต่างๆอย่างลึกซึ้งสามารถจัดระบบโครงสร้างความรู้ด้วยตนเองและมีความสามารถในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้กิจกรรมการสอนของตามกระบวนการของรินรดี พรวิริยะสกุล (2557) โดยมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ จุดประกายความคิด (Sparkling) สะกิดให้ค้นคว้า (Searching) นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying) จัดองค์ความรู้ (Summarizing) นำเสนอขอรับการประเมิน (Show and Sharing) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีลักษณะใกล้เคียงกับบริบทการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย

#### 4. การใช้เทคโนโลยีในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การใช้เทคโนโลยีมีความสำคัญ และจำเป็นสำหรับผู้เรียนและผู้สอน ในศตวรรษที่ 21 ผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา ควรบูรณาการและใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ ในปัจจุบัน และจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถปฏิบัติงานได้ หลากหลายตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงพ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้เน้นการใช้เทคโนโลยีทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียน โดยบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้และเน้นให้เกิดทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์ (2545) กล่าวว่า การใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้จะเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลตามเป้าหมายที่วางไว้ ช่วยให้การเรียนการสอนมีความหมายมากขึ้น ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ด้วยตนเอง อีกทั้งช่วยเพิ่มโอกาสทางการศึกษาของนักเรียนให้กว้างขึ้น

วัชรสันต์ อินธิสาร (2547) กล่าวว่า การนำเทคโนโลยีไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่วยในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนากระบวนการเรียนการสอนได้โดยตรงตามมาตรฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนยิ่งขึ้น เป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ อีกทั้งยังสามารถบูรณาการวิธีการสอนรูปแบบต่าง ๆ กับเทคโนโลยีเข้าด้วยกันได้อีกด้วย เช่น การสาธิตในห้องเรียน การใช้เวลานอกห้องเรียน หรือการสืบเสาะความรู้ในห้องเรียนร่วมกัน

พิสุทธิ ยงทางเรือ (2559) กล่าวว่า การนำเทคโนโลยีช่วยในการจัดการเรียนการสอนจะเป็นเครื่องมือที่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลตามเป้าหมายที่วางไว้ สำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และนำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนการสอน จะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมเป็นรูปธรรมง่ายยิ่งขึ้น การนำเทคโนโลยีมาเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกันในห้องเรียน ผ่านการสาธิตของครูผู้สอน อีกทั้งนักเรียนยังมีแนวทางในการนำเทคโนโลยีไปใช้ในการศึกษาต่อไปในระดับที่สูงขึ้นได้อีกด้วย

คู่มือการใช้หลักสูตรคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย ฉบับปรับปรุง ของ สสวท. (2560) ได้ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดังนี้

1. ใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการศึกษานี้อาหาทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งมากขึ้น และเน้นการนำไปประยุกต์ในชีวิตจริง ดังนั้นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการ เรียนการสอนจะช่วยลดเวลา ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และเพิ่มเวลาในการ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของการเรียน เช่นสถิติ เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณและมีการใช้ ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นจำนวนมาก หากผู้สอนนำเทคโนโลยีมาประกอบการ เรียนรู้ เช่น Spreadsheet หรือ GeoGebra จะช่วยลดเวลา ในการใช้เทคโนโลยีผู้สอนจัดการศึกษาโดยบูรณาการและใช้เทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันและจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถปฏิบัติงานได้หลากหลายตลอดจนสามารถ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพการคำนวณ และลดขั้นตอนการคำนวณ ทำให้ผู้เรียนมี เวลาใน การคิดวิเคราะห์ พิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบและมุ่งเน้น การนำค่าสถิติไปใช้ ในการแปลความหมายของข้อมูลได้มากขึ้น ฟังก์ชันและกราฟการคำนวณเกี่ยวกับฟังก์ชัน และการ เขียนกราฟด้วยมือนั้นใช้เวลาค่อนข้างมากและไม่ใช่ว่าจุดเน้นของ การเรียน หากผู้สอนใช้เทคโนโลยี ช่วยในการเขียนกราฟ เขียนตาราง เขียนรูปภาพต่าง ๆ เช่น The Geometer's Sketchpad (GSP) หรือ GeoGebra จะทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นไปที่การทำ ความเข้าใจ กับแนวคิดและ หลักการทางคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ ตั้งข้อสังเกตและคาดการณ์

2. ใช้เทคโนโลยีเป็นแหล่งการเรียนรู้ในโลกการศึกษาปัจจุบันมีแหล่งข้อมูลที่เป็น ประโยชน์สำหรับการเรียนการสอนมากมาย ไม่ได้เฉพาะห้องเรียนเท่านั้น เท่านั้น ผู้เรียนสามารถ ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ทั้งที่เกี่ยวกับเนื้อหาและ การประยุกต์ได้ในอินเทอร์เน็ตหรือแหล่งเรียนรู้ อื่นเช่นเว็บไซต์ต่างๆ สารานุกรมออนไลน์หรือหนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) เป็นต้น ซึ่ง ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาข้อมูลได้อย่างรวดเร็วดังนั้นผู้สอนควรนำ เทคโนโลยีเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ ในการจัดการเรียนการสอน โดยเปิดโอกาส ให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และนำข้อมูลที่ได้อา มาใช้ประโยชน์โดยผ่าน กระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล

3. ใช้เทคโนโลยีในการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารจะทำให้ การสอน คณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นประโยชน์ในการพัฒนา ทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ของผู้เรียน ทั้งในห้องเรียนและ นอกห้องเรียน เช่น การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการ นำเสนอข้อมูล ส่งงาน ส่งการบ้าน หรือเป็นช่องทาง การสอนแบบไม่เป็นทางการนอกห้องเรียนเป็น กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์



จากการศึกษาการใช้เทคโนโลยีในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยบูรณาการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้เป็นการศึกษาเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งมากขึ้นโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพในการเรียนคณิตศาสตร์เป็นรูปธรรม โดยจะนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้เนื้อหาเรื่องภาคตัดกรวย โดยให้ผู้เรียนใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสร้างกราฟเพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานของแต่ละกิจกรรม

#### 5. การใช้โปรแกรม GeoGebra

GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์เชิงพลวัตซึ่งรวมเรขาคณิต พีชคณิต สถิติและแคลคูลัสไว้ด้วยกัน เหมาะสำหรับการใช้ในโรงเรียนและสถาบันการศึกษาต่าง ๆ โปรแกรมนี้จัดเป็นระบบเรขาคณิตแบบโต้ตอบที่ผู้ใช้งานสามารถสร้างชิ้นงาน ด้วยจุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง เวกเตอร์ รูปหลายเหลี่ยม ภาคตัดกรวย และ ฟังก์ชัน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตได้ในภายหลัง นอกจากนี้สามารถใส่ สมการ และจุดพิกัดได้โดยตรง ดังนั้นโปรแกรม GeoGebra จึงมีความสามารถ ที่จะจัดการกับตัวแปรที่เกี่ยวกับจำนวน เวกเตอร์ และจุด อีกทั้งยังสามารถ ใช้หาอนุพันธ์ ปริพันธ์ของฟังก์ชัน และการบิเอนค่าส่งต่าง ๆ (สสวท., 2560)

โปรแกรม GeoGebra ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนเป็นโปรแกรมที่สามารถเปลี่ยนฟังก์ชันปรับแต่งค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างเป็นรูปธรรม ทำให้ผู้เรียนมีความสุข สนุกสนานในการเรียนรู้ สามารถคิดวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ปรากฏได้อย่างสมเหตุสมผล (สมเกียรติ พานู, 2558) อีกทั้งโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งาน มีสีสันสวยงาม เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งการนำโปรแกรม GeoGebra ไปให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพกราฟของสมการเชิงเส้น และกราฟระบบสมการเชิงเส้นได้อย่างถูกต้องทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่สำคัญของกำหนดการเชิงเส้นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น (ปิยะวุฒิ ศรีชนะ, 2556) และโปรแกรม GeoGebra มีคุณสมบัติเด่นของโปรแกรม Geogebra สามารถเคลื่อนไหว พลิก หมุน ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น สามารถช่วยในการสร้างรูปเรขาคณิตในมิติต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเรขาคณิตได้ง่าย (วราภา วงษานนท์, 2557)

จากการศึกษาโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้เป็นเครื่องมือหรือสื่อในการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถเคลื่อนไหว พลิก หมุน หรือเปลี่ยน

ค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้ผู้เรียนสามารถสังเกตในสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างสมการและกราฟได้อย่างชัดเจน โดยจะนำไปโปรแกรม GeoGebra มาใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานกับการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างสมการและกราฟในภาคตัดกรวย

จากศึกษาข้างต้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการสร้างชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งต่างๆอย่างลึกซึ้งสามารถจัดระบบโครงสร้างความรู้ด้วยตนเองและมีความสามารถในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี มีองค์ประกอบและขั้นตอน 5 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ จุดประกายความคิด (Sparkling) สะกิดให้ค้นคว้า (Searching) นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying) จัดองค์ความรู้ (Summarizing) นำเสนอควบคุมการประเมิน (Show and Sharing)

#### 1.1. จุดประกายความคิด (Sparkling)

ครูใช้กิจกรรมวิธีการ หรือสื่อกระตุ้นนำเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหา

#### 1.2. สะกิดให้ค้นคว้า (Searching)

ครูใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า ให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองโดยมีโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือ

#### 1.3. นำพาสู่การปฏิบัติ (Studying)

ครูสังเกตการทำงาน อภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra ทั้งเป็นกลุ่มเป็นรายบุคคลจนเกิดทักษะและเรียนรู้การแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

#### 1.4. จัดองค์ความรู้ (Summarizing)

ครูอภิปราย ชักถาม และให้คำแนะนำในรายละเอียดของเนื้อหา ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้โดยสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra สรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

### 1.5. นำเสนอควบคู่การประเมิน (Show and Sharing)

ฝึกนักเรียนให้นำเสนอความรู้ผลงานของตนเองด้วยเทคนิควิธีต่างๆ เช่น นิทรรศการ เกม การใช้คอมพิวเตอร์ฯลฯ ฝึกนักเรียนให้รู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านผลงาน ความคิดวิธีการและข้อเสนอแนะ โดยประเมินผลงานตามสภาพจริงโดยนักเรียน เพื่อน และครู

#### ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

เนื่องจากคณิตศาสตร์นั้นเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ศาสตร์อื่น ๆ โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากแต่เนื่องจากเนื้อหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้นมีลักษณะเป็นนามธรรมดังนั้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างดีผู้สอนคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีเช่นกันโดยคณิตศาสตร์นั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษามโนทัศน์และสมบัติของสิ่งที่เป็นนามธรรมความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบรูปแบบการอ้างอิงข้อมูลไปใช้ในการสร้างและการใช้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ความเข้าใจลึกซึ้งเกี่ยวกับนิยามตัวอย่างแย้งการใช้สมมุติฐานหลักฐานการพิสูจน์การสร้างคำถามการทำนายการประเมินข้อโต้แย้งและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับความรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ของผู้สอนและมีผลต่อความสามารถในการทำคณิตศาสตร์ (Doing Mathematics) ของผู้สอน (อัมพร ม้าคะนอง, 2545) ดังนั้นผู้สอนคณิตศาสตร์จึงควรศึกษาเนื้อหาที่เพียงพอ

#### 1. ความหมายของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

นักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องได้แบบประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

Rittle-John & Alibali (1999) ได้อธิบายถึงประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) หมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในเรื่องต่างๆ ที่ชัดเจนและไม่ชัดเจน
2. ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural knowledge) หมายถึง การปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยอริโซนา (The University of Arizona : online) ได้ อธิบายถึงประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้



1. ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) คือ ความเชื่อมโยงของความรู้ เป็นการเชื่อมโยงในความสัมพันธ์และความเข้าใจสามารถเรียนรู้ได้ การคิดและสะท้อนกลับ ตัวอย่าง เช่น การยกกำลังการถอดรากฟังก์ชัน เป็นต้น

2. ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural knowledge) คือ ความรู้เกี่ยวกับกฎเกณฑ์ โครงสร้างและกระบวนการ

น้อมศรี เคท (2547) ได้อธิบายถึงประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้เชิงมโนทัศน์ เป็นความรู้เกี่ยวกับหลักการความสัมพันธ์ และแบบรูป
2. ความรู้เชิงขั้นตอน เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับการจดจำสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาตอบ

อัมพร ม้าคนอง (2553) ได้อธิบายถึงประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับความหมายและโครงสร้างของคณิตศาสตร์ เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องกันสิ่งที่ใช้อธิบายและให้ความหมายของกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเป็นความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทฤษฎีและที่มาหรือเหตุผลของขั้นตอนหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

2. ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ การระบุปัญหาการใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่นการคำนวณพื้นที่ โดยใช้สูตรการหาปริมาตรหรือการหารากที่สองของจำนวน

จากความหมายและการแบ่งประเภทของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) เป็นความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายหรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงในที่ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเพื่อใช้อธิบายหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural knowledge) เป็นความสามารถในการใช้กฎขั้นตอนการคำนวณหรือกระบวนการต่าง ๆ ในการอธิบายหรือแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

## 2. แนวทางการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์

การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในวิชาคณิตศาสตร์นิยมใช้วิธีอุปนัย คือการให้เห็นหรือศึกษาจากตัวอย่างมาก ๆ แล้วสรุป (อัมพร ม้าคนอง, 2553) ซึ่งมีลำดับขั้นการสอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ให้นักเรียนสังเกตจากตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อจำแนกความแตกต่างและหาลักษณะร่วม

ขั้นที่ 2 สรุปลักษณะร่วม

ขั้นที่ 3 ทดสอบ นำไปใช้

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2530) ได้เสนอรายละเอียดกระบวนการสอนให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยกระบวนการ ดังนี้

1.2.1 เริ่มจากการรับรู้ (perception) ให้นักเรียนสังเกตเพื่อหาข้อมูลจากสิ่งที่ต้องการจะสร้างมโนทัศน์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การดู การสัมผัส เป็นต้น

1.2.2 การพิจารณาข้อแตกต่าง (differentiation) ให้นักเรียนพิจารณาหาความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างของข้อมูลหรือสิ่งที่เรียนให้ละเอียดมากขึ้น

1.2.3 การแยกแยะ (abstraction) คือการสามารถแยกแยะสิ่งที่เรียนออกจากสิ่งอื่น

1.2.4 การรวมเข้าด้วยกัน (induction) คือการสรุปรวบยอดหรือหารูปแบบทั่วไปของเรื่องที่เรียนเพื่อสร้างเป็นหน่วยความคิด เป็นการกำหนดและหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้พิจารณาแล้ว ผลที่ได้ออกมาอาจกำหนดเป็นสัญลักษณ์ สิ่งที่ได้จากการพิจารณาคูณสมบัติซึ่งมีลักษณะเฉพาะ

1.2.5 การอุปนัย (induction) เป็นกระบวนการสร้างมโนทัศน์อีกขั้นหนึ่ง คือการเอาสิ่งที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่นบ้างในรูปประโยค ถ้า.....แล้ว.....

โดยมีแนวทางการวัดและประเมินผลความรู้เชิงมโนทัศน์จากพฤติกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยครูจำเป็นต้องรู้ว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ที่เรียนไปหรือไม่ ดังนั้นครูจึงต้องศึกษาพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน ซึ่งนาตยา ปิลาธธานนท์ (2542) ได้จำแนกพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียน พฤติกรรมดังกล่าวประกอบด้วย

- สามารถระบุ เรียกชื่อของมโนทัศน์
- สามารถสังเกต คัดเลือก จำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง และที่ไม่ใช่ตัวอย่างของ

มโนทัศน์ได้

- สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์ ด้วยการแสดงความสัมพันธ์ของรูปแบบแผนผัง การจัดกระทำ และนำเสนอมโนทัศน์ด้วยวิธีการต่าง ๆ
- การสังเกตเห็น อธิบาย และใช้เครื่องหมาย สัญลักษณ์และรูปแบบในการนำเสนอมโนทัศน์
- การจำแนกและใช้หลักการทั่วไป รู้และใช้ข้อเท็จจริงและบทนิยาม
- สามารถอธิบาย สรุปความหมาย ความรู้ และความเข้าใจมโนทัศน์ด้วยภาษาของตนเอง
- เปรียบเทียบ บอกข้อแตกต่าง และผสมผสานมโนทัศน์และหลักการทั่วไปที่สัมพันธ์กันเพื่อพัฒนาขยายความเข้าใจ
- การอธิบายข้อสรุปทั่วไปและความสัมพันธ์ของการสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

จากแนวทางการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าความรู้เชิงมโนทัศน์นั้นนิยมใช้วิธีอุปนัยเพื่อสร้างองค์ความรู้โดยมีกระบวนการ รับรู้ พิจารณา แยกแยะ และเอาสิ่งที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่น โดยวัดและประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยการสังเกตพฤติกรรม การระบุ เรียกชื่อ แสดงความสัมพันธ์ของรูปแบบ แผนผัง การจัดกระทำและนำเสนอมโนทัศน์ด้วยวิธีต่าง ๆ

### 3. แนวทางการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอน

Hiebert (1989 อ้างถึงใน อัมพร มาคนอง, 2546) ได้เสนอขั้นตอนการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นการพัฒนาความหมายสำหรับสัญลักษณ์

เป็นขั้นของการเชื่อมโยงระหว่างสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนพบเป็นประจำกับแนวคิดหรือวัตถุที่สัญลักษณ์นั้นถูกใช้แทน ในทางคณิตศาสตร์จะใช้สัญลักษณ์สองประเภทใหญ่ ๆ คือ ตัวเลข เช่น 1 , 2.4 ,  $\frac{1}{2}$  และเครื่องหมายแสดงการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น + , - ,  $\times$  ,  $\div$  เป็นต้น

#### ขั้นที่ 2 ขั้นพัฒนาความหมายสำหรับกฎและการดำเนินการ

เป็นขั้นของการพัฒนาความหมายของสิ่งที่จะกลายเป็นกฎหรือขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น ประโยคสัญลักษณ์  $65 - 27 = 38$  นั้น แทนการหัก 27 ออกจาก 65 โดยหัก 10 ออกจาก 60 และหัก 7 ออกจาก 5 แต่หัก 7 ออกจาก 5 ไม่ได้ จึงใช้วิธีใหม่คือแบ่ง 60 ออกเป็น 50 กับ 10 แล้วให้ 10 กับ 5 รวมเป็น 15 ซึ่งจะทำให้สามารถหักได้ โดยหัก 20 ออกจาก 50



และหัก 7 ออกจาก 15 ซึ่งจะเหลือ 30 และ 8 ตามลำดับ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็น 38 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์แสดงแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

$$\begin{aligned} 65-27 &= (60-20) + (5-7) \\ &= (50-20) + (10+5-7) \\ &= 30 + (15-7) \\ &= 30 + 8 \\ &= 38 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 3 ขั้นตรวจสอบความเป็นเหตุเป็นผล

เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถคาดคะเนคำตอบที่ใกล้เคียงความจริงได้ จากการใช้ความหมายในขั้นที่หนึ่ง เช่น หากนักเรียนทราบความหมายของ  $4 \div \left(\frac{2}{3}\right)$  หมายถึงจำนวนของ  $\left(\frac{2}{3}\right)$  ที่รวมกันแล้วได้ 4 นักเรียนจะสามารถคาดคะเนได้ว่าคำตอบที่ได้ต้องมากกว่า 4 เพราะ  $\left(\frac{2}{3}\right)$  มีค่าไม่ถึง 1 คำตอบจึงอาจเป็น 5 หรือ 6 หรือ 7

การพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจความหมายเนื้อหาคณิตศาสตร์มากกว่าการจำขั้นตอนวิธีการคิดคำนวณไปใช้ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง ซึ่ง Usiskin (1998 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2543) หลักการพื้นฐานสำหรับการสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ คือ

1. เทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงความสำคัญของขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์บางอย่างมีความสำคัญมากขึ้น บางอย่างมีความสำคัญน้อยลงแต่มีขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์บางอย่างที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความสำคัญ

2. สำหรับปัญหาใด ๆ ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับกระบวนการ 3 ชนิด คือ ชนิดที่คิดได้ด้วยสมอง ชนิดที่ทำได้ด้วยปากกาและดินสอ และชนิดที่ทำได้โดยการช่วยเหลือของครู

3. ไม่ว่าครูคิดว่ากำลังสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์อะไร จะมีนักเรียนบางคนที่ทำโดยวิธีที่แตกต่างออกไป

4. การจะใช้ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ ครูควรเตรียมตัวและหาวิธีที่จะดำเนินการสอนขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์นั้นอย่างเหมาะสม

การเรียนรู้ขั้นตอนใหม่จะทำให้สามารถใช้ขั้นตอนกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนมีความคล่องแคล่วขึ้น ดังนั้นครูจึงควรจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนให้นักเรียนมีความชำนาญในขั้นตอนและมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งกับขั้นตอนดังกล่าว ซึ่งจะทำให้นักเรียนบรรลุผลด้านความรู้เชิงขั้นตอนและนำความรู้และความเข้าใจไปใช้ในเวลาที่ต่าง ๆ ได้ (Watson, 2002)

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กับความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน	โปรแกรม GeoGebra	ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน
ขั้นตอนที่ 1 จุดประกายความคิด	-	ความรู้เชิงมโนทัศน์ ความรู้เชิงขั้นตอน
ขั้นตอนที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า	เครื่องมือหาคำตอบ	ความรู้เชิงมโนทัศน์ ความรู้เชิงขั้นตอน
ขั้นตอนที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ	เครื่องมือเรียนรู้	ความรู้เชิงมโนทัศน์ ความรู้เชิงขั้นตอน
ขั้นตอนที่ 4 จัดองค์ความรู้	เครื่องมือสร้างชิ้นงาน	ความรู้เชิงมโนทัศน์ ความรู้เชิงขั้นตอน
ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอควบคุมการประเมิน	-	ความรู้เชิงมโนทัศน์ ความรู้เชิงขั้นตอน

จากตาราง 1 ข้างต้น แสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กับความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นจุดประกายความคิด เป็นขั้นตอนการครูใช้กิจกรรมวิธีการหรือสื่อกระตุ้น นำเข้าสู่บทเรียนซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสะกิดให้ค้นคว้า เป็นขั้นตอนการครูใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า ให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองโดยมีโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือไปสู่ความรู้ความเข้าใจความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นจุดประกายความคิด เป็นขั้นตอนการครูใช้กิจกรรมวิธีการหรือสื่อกระตุ้น นำเข้าสู่บทเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสะกิดให้ค้นคว้า เป็นขั้นตอนการครูใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่ น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า ให้นักเรียนหาคำตอบด้วยตนเองโดยมีโปรแกรม GeoGebra เป็น เครื่องมือนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นนำพาสู่การปฏิบัติ เป็นขั้นที่ครูสังเกตการทำงาน อภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้ นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองโดยวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้ จากโปรแกรม GeoGebra ทั้งเป็นกลุ่มเป็นรายบุคคลจนเกิดทักษะและเรียนรู้การแก้ไขปัญหาด้วย ตนเองนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นจัดองค์ความรู้เป็นอภิปราย ชักถาม และให้คำแนะนำในรายละเอียดของ เนื้อหา ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ โดยสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra สรุปเป็นองค์ความรู้ ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

และขั้นตอนที่ 5 ขั้นนำเสนอควบคุมการประเมินเป็นการฝึกนักเรียนให้นำเสนอความรู้ ผลงานของตนเองด้วยเทคนิควิธีต่างๆ เช่น นิทรรศการ เกม การใช้คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ฝึกนักเรียนให้ รู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านผลงานความคิดวิธีการและข้อเสนอแนะ โดยประเมินผลงานตาม สภาพจริงโดยนักเรียน เพื่อน และครู

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

##### 1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

วรรณิกา ชาญพิชญาพรวัฒน์, ภูมิพงศ์ จอมหงส์พิพัฒน์ และ เพลินพิศ ธรรมรัตน์ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นฐานร่วมกับแนวคิดคอนสตรัคชันนิสซึมเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 64 คนใช้ วิธีการสุ่มแบบกลุ่มเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยชลบุรี จำนวน 64 คนโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่มเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยแบบทดสอบแบบ วัดและแบบสอบถามสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ค่าเฉลี่ยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ การทดสอบที่ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ สำคัญ 5 ประการคือ 1. หลักการมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการนำเสนอประเด็นปัญหากระตุ้น



ให้แสวงหาความรู้โดยเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เรียนรู้และสร้างประสบการณ์ร่วมกัน พัฒนาทักษะปฏิบัติใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ในการค้นหาและสร้างสรรค์ผลงานวัดและประเมินผล ที่หลากหลายวิธีการครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก 2. จุดมุ่งหมายเพื่อเสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเสริมสร้างความสามารถในการใช้สารสนเทศ 3. เนื้อหาที่ใช้คือสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 4. กระบวนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอนได้แก่ (1) สร้างประสบการณ์ร่วมกัน (2) ผึกคิดวิเคราะห์ (3) เชื่อมโยงความรู้ (4) สร้างองค์ความรู้ (5) ปฏิบัติการประยุกต์ใช้ความรู้ (6) สะท้อนผลการเรียนรู้ และ 5. การวัดผลและประเมินผลใช้วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงทำการวัดก่อนเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียน 2) ผลการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นพบว่า 2.1) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2.2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2.3) ความสามารถในการใช้สารสนเทศหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมและ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก

อินทิรา ลิ้มวิวัฒนา และ ไพโรจน์ เบาใจ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวทางการกระบวนการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาเพื่อสร้างเสริมความรู้ทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ เปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนอนุบาลชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ รูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบทดสอบวัดสมรรถนะของผู้เรียนด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้รูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวทางการกระบวนการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา เพื่อสร้างเสริมสมรรถนะของผู้เรียนด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพ 2) สมรรถนะของผู้เรียนด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด

โสภณ ผลประพฤติ (2557) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงการบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง วิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงการบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วย

ตนเอง 2) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง 3) ศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้มี 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 9 ท่าน และกลุ่มที่ 2 คือ นักศึกษาชั้นที่ 1 ปีการศึกษา 2556 สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 30 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบสมมติฐานด้วย t-test แบบ one group ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ประกอบด้วยกระบวนการเรียนการสอน 4 ระยะคือ ระยะที่ 1 เตรียมความพร้อม ระยะที่ 2 เสนอประเด็นการศึกษารายบุคคลและจัดกลุ่มสนใจระยะที่ 3 จัดทำโครงงานบนเครือข่าย ซึ่งมี 5 ขั้นตอน คือ (1) การกำหนดประเด็นการศึกษา (2) การเขียนเค้าโครงโครงการ (3) การปฏิบัติงานโครงการ (4) การเขียนรายงานโครงการ (5) การเตรียมการนำเสนอผลงานโครงการและระยะที่ 4 การนำเสนอผลงานโครงการและประเมินผล 2) ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง พบว่าผู้เรียนถึงร้อยละ 83.33 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีมาก ผู้เรียนมีการพัฒนาความสามารถในการทำโครงงานบนเครือข่ายในระดับมากทุกด้าน และ 3) ผู้เรียนมีความคิดเห็นว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงในระดับมาก

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Zulnaid and Zakaria (2012) ได้ศึกษาเรื่องผลของการใช้ GeoGebra ที่มีต่อความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ GeoGebra ต่อมโนทัศน์และการดำเนินการ การศึกษานี้ศึกษากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 124 คน จาก นักเรียนในอินโดนีเซียกลุ่มทดลองทั้งหมด 60 คน และกลุ่มควบคุม 64 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันกลุ่มทดลองมีความรู้เชิงมโนทัศน์และขั้นตอนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลของการศึกษานี้จะทำให้ผู้บริหารโรงเรียนและครูมีโอกาสใช้โปรแกรม GeoGebra ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ กระทรวงศึกษาธิการคาดว่าจะจัดให้มีการฝึกอบรมครูเพื่อพัฒนาทักษะในการใช้ GeoGebra

Yilmaz, Furkan and Kutluca (2012) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของโปรแกรม GeoGebra ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการสอนวิชาตรีโกณมิติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ โปรแกรม GeoGebra ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการสอนวิชาตรีโกณมิติ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 51 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยโปรแกรม GeoGebra ในวิธีการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามรูปแบบการสอนแบบทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ รวบรวมข้อมูลหลังจาก 5 สัปดาห์ของการทดลองแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างผลฤทธิ์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในเรื่องตรีโกณมิติ โดยกลุ่มที่สอนด้วยโปรแกรม GeoGebra สูงกว่า การสอนตามรูปแบบการสอนแบบรูปแบบการสอนแบบทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยได้ พบว่า ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เป็นทฤษฎีให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และจากวิจัยต่างประเทศการใช้เทคโนโลยี โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือ ดังนั้นแนวคิดในการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนโดยการใช้แนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานมาเป็นกระบวนการในการจัดการเรียนรู้และร่วมกับการใช้ โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือในการค้นคว้า และสร้างชิ้นงานที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนและนักเรียนเกิดการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม



### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Schmuck, R. (2006) ซึ่งดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกันแต่ละวงจรประกอบด้วยขั้นวางแผน(Plan)ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ตามลำดับ โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยทั้งหมด 4 วงจรปฏิบัติการเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติของแต่ละวงจรผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นนี้มาสรุปเป็นแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นวางแผนของวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบจำนวนวงจรปฏิบัติการที่กำหนดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1. สรรวจสภาพปัญหาในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ควรได้รับการแก้ไขโดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผู้เรียนและสังเกตความสามารถในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนและทำการวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและสาเหตุ
2. ศึกษาหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร (ฉบับปรับปรุง 2561) และเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์และเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในชั้นเรียน
3. วางแผนและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวยจำนวน 4 แผนแบบ

สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปกิจกรรมและแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4. เตรียมการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ได้แก่จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลและประเมินผล

#### ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยโดยผู้วิจัยจะดำเนินการในวงจรปฏิบัติการละหนึ่งแผนการจัดการเรียนรู้และจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้หรือ 4 วงจรปฏิบัติการ

#### ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ระหว่างการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตคือครูประจำการซึ่งจะทำการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้พร้อมทั้งมีการบันทึกเทปการจัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องบันทึกวิดีโอเพื่อใช้ประกอบการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและทำการประเมินชิ้นงานของนักเรียนพร้อมกับการมอบหมายให้นักเรียนทำใบกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยกับผู้ร่วมสังเกตการณ์และเทปบันทึกการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้และนำผลจากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาสะท้อนผลเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยผู้วิจัยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้และวิเคราะห์ผลเพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแบบวงจรโดยการทำซ้ำไปจนครบทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้หรือ 4 วงจรปฏิบัติการ

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้หรือ 4 วงจรปฏิบัติการแล้วนักเรียนจะทำแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เพื่อวัดและประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยในลำดับต่อไป

### ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 30 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัยที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัยในแต่ละข้อ แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงจุดมุ่งหมายของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัย	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
1. เพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนว ทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอนสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4	1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการ สร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra 2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนว ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการ สร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวยเพื่อพัฒนา ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	1. ใบกิจกรรม 2. แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียน

1. การศึกษาแนวทางแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย เพื่อพัฒนาความรู้เชิง มโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัย ดังนี้

1.1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงาน ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยได้ สร้างปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ภาคตัดกรวย ให้มีความน่าสนใจมีแนวคิดที่แปลกใหม่ และสอดคล้องกับวัยของนักเรียนรวมทั้งหมด 12 ชั่วโมงโดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้



ทั้งหมด 2 สัปดาห์ โดยมีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ดังนี้

1.1.1 ศึกษาหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร (ฉบับปรับปรุง 2561) โดยศึกษาเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล วิธีการสอน สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้ เป็นต้น

1.1.2 ศึกษาคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และแนวทางการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.1.3 ศึกษาเนื้อหาเรื่อง ภาคตัดกรวย จากหนังสือเรียน คู่มือการจัดการเรียนรู้ และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

1.1.4 ศึกษาแนวคิด และหลักการเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

1.1.5 ศึกษาความหมาย องค์ประกอบ การส่งเสริมความสามารถ และการประเมินผลที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1.6 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวยจำนวน 4 โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมงแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา ชิ้นงานจากโปรแกรม GeoGebra และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

วงจรปฏิบัติการ ที่	แผนการจัดการ การเรียนรู้ ที่	เนื้อหา	ชิ้นงาน	เวลาที่ใช้
1	1	วงกลม	สร้างกราฟในโปรแกรม GeoGebra	3 ชม.
2	2	วงกลม	โดมิโนความสัมพันธ์ของกราฟวงกลม	3 ชม.
3	3	พาราโบลา	สร้างกราฟในโปรแกรม GeoGebra	3 ชม.
4	4	พาราโบลา	สร้างกราฟในโปรแกรม GeoGebra	3 ชม.

จากตาราง 3 เป็นเนื้อหาและชิ้นงานสำหรับแผนการจัดการที่ผู้วิจัยสร้างโดยผู้วิจัยใบกิจกรรมประกอบด้วยโจทย์ข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนค้นพบมโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสมการและกราฟวงกลมและความสัมพันธ์ของสมการกราฟพาราโบลาซึ่งเมื่อนักเรียนสามารถทราบถึงความสัมพันธ์แล้วผู้วิจัยจึงให้นักเรียนนำมาสร้างชิ้นงานซึ่งเป็นการใช้ความรู้เชิงขั้นตอนในการหาคำตอบและนำเสนอออกมาเป็นกิจกรรมกลุ่ม

1.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน(อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ที่ปรึกษาภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในโรงเรียน จำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ)

เพื่อพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดผลและประเมินผล

โดยผู้วิจัยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแบบของลิเคิร์ท (Likert) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นในแบบประเมิน มีเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

หลังจากนั้นนำผลการประเมินความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละด้านที่ประเมิน แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมาย (รัตนะ บัวสนธ์, 2556) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
-----------------------------	--

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมิน คือ ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พบว่า มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.27 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.13 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แสดงในภาคผนวก ข

1.1.8. ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ตามประเด็นต่อไปนี้

- 1) ปรับการกระตุ้นความคิดนักเรียนให้เกี่ยวกับชีวิตประจำวันเพื่อให้สอดคล้องกับการนำไปโปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการสร้างภาคตัดกรวย
- 2) ปรับวิธีอธิบายการใช้โปรแกรม GeoGebra โดยให้นักเรียนสร้างด้วยตนเองอย่างมีลำดับและค้นหาความรู้เชิงมโนทัศน์ด้วยตนเอง
- 3) ปรับใบกิจกรรมโดยให้เขียนอธิบายจากคำสั่งที่ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานในแต่ละกิจกรรม

1.1.9. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ต่อไป

1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะบันทึกประเด็นปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการถัดไปโดยมีขั้นตอนการสร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ดังนี้



### 1.2.1 กำหนดขอบเขตการบันทึกการสะท้อนผลการเรียนรู้

1.2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยมีลักษณะเป็นแบบเขียนบันทึกประเด็นตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จุดประกายความคิด ครูมีการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ ความสงสัย ครูอาจใช้คำถาม หรือพูดถึงเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในเวลานั้น หรือเป็นเรื่องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า ครูนำเสนอผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนให้ผู้เรียนเข้าใจผลการเรียนรู้ว่ามีขอบเขตเพียงใด ต้องวางแผนอย่างไรให้ครอบคลุม นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนว่าจะค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ใด ต้องใช้วัสดุใดในการสร้างความรู้ อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและสรุปแผนงานของกลุ่มตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ ครูคอยสังเกตการณ์ทำงานอภิปรายเป็นระยะ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติตามแผนงานที่วางไว้ เพื่อสร้างเป็นชิ้นงานหรือผลงานออกมาเป็นรูปธรรม

ขั้นตอนที่ 4 จัดองค์ความรู้ ครูคอยอภิปรายซักถามและให้คำแนะนำในรายละเอียดของเนื้อหาที่เรียน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานหรือผลงานที่ได้จากการลงมือปฏิบัติตามแผนงานที่วางไว้หน้าชั้นเรียน

ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอควบคุมการประเมิน ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ในเนื้อหาที่เรียน และกิจกรรมทั้งหมดที่ได้เรียนรู้ ประเมินผลงานตามสภาพจริงโดยนักเรียน เพื่อน และครู

1.2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์จำนวน 1 ท่าน(อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ที่ปรึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ)

เพื่อพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของประเด็นการสะท้อนผลตาม  
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1.2.4 ปรับปรุงแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของ  
ผู้เชี่ยวชาญ

1. ปรับการสังเกตการจัดการเรียนรู้เป็น 2 ส่วน สังเกตพฤติกรรมครู และ  
พฤติกรรมนักเรียน

2. ปรับการเขียนแผนให้มีลำดับขั้นการสอนให้สอดคล้องกับแบบประเมิน

1.2.5 สร้างแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการ  
บันทึกข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งต่อไป

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการ  
วิเคราะห์การจัดการเรียนรู้ในกรณีที่เกิดและการสะท้อนผลไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

2. ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน  
ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และ  
ความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

2.1 ใบกิจกรรมเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นสำหรับให้  
นักเรียนทำเป็นรายกลุ่มและมีขั้นตอนในการสร้างใบกิจกรรม ดังนี้

2.1.1 ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง ภาคตัดกรวย เพื่อ  
ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และใบกิจกรรมสำหรับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จากนั้นทำการ  
วิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อสร้างเป็นกรอบแนวคิดซึ่งนำไปสู่การสร้างข้อคำถามนำไปสู่การสร้าง  
องค์ความรู้

2.1.2 ออกแบบและสร้างใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับองค์ประกอบรายด้านของ  
ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียน ได้แก่ 1. ความรู้เชิงมโนทัศน์ 2. ความรู้เชิง  
ขั้นตอนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบบูรณาการตามระดับคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์ของ  
นักเรียน 4 ระดับ ที่ปรับปรุงจากงานเกณฑ์การให้คะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และ  
การดำเนินการความรู้เชิงขั้นตอนแบบอัตนัยซึ่งพิจารณาคำตอบและการอธิบายคำตอบ อัมพร ม้า  
คนอง (2552) ที่เน้นการให้นักเรียนสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ  
และจำแนกความรู้ทั้ง 2 ด้านโดยรวมของนักเรียนเป็น 4 ระดับจากค่าเฉลี่ยรายข้อ ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงระดับความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

ความรู้ทางคณิตศาสตร์	ระดับ คะแนน	ความรู้ที่แสดงออก
ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge)	3 (มากที่สุด)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ถูกต้องอย่างสมบูรณ์
	2 (มาก)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์
	1 (ปานกลาง)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน
	0 (น้อย)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ
ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural knowledge)	3 (มากที่สุด)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องอย่างสมบูรณ์
	2 (มาก)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์
	1 (ปานกลาง)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน
	0 (น้อย)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ



### 2.1.3 นำใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ที่ปรึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนจำนวน 1 ท่าน (ครูประจำการ)

เพื่อพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของใบกิจกรรม

### 2.1.4 ปรับปรุงใบกิจกรรมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1) ปรับความชัดเจนของคำสั่งการปฏิบัติงานในการสร้างชิ้นงาน  
 2) ปรับตัวอย่างของใบกิจกรรมให้ไม่จำกัดความคิดโดยให้มีความหลากหลายไม่ชี้นำแนวทางการคิด  
 3) ปรับขนาดของตารางกราฟเพื่อความสะดวกและสมมาตรของกราฟที่เกิดขึ้น

2.1.5 นำใบกิจกรรมไปใช้วิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์จากการเขียนตอบและการแสดงแนวคิดในความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนเป็นกลุ่ม

2.2 แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องภาคตัดกรวย เป็นข้อสอบอัตนัยรวมทั้งหมด 4 ข้อมีคำถามย่อย 5 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อโดยผู้วิจัยสร้างขึ้นให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และมีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบดังนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารและวิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนเพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวที่สอดคล้องกับวิชาคณิตศาสตร์เรื่องภาคตัดกรวย วัดและประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ แสดงเกณฑ์การให้คะแนนดังตาราง 3 และ 4

2.2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วกำหนดแนวทางในการสร้างข้อคำถามในแบบทดสอบ

2.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนเรื่องภาคตัดกรวยโดยใช้เกณฑ์การประเมินและเกณฑ์การให้คะแนนเช่นเดียวกับใบกิจกรรม

2.2.4 นำแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในโรงเรียน จำนวน 1 ท่าน (ครูวิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ)

เพื่อพิจารณาและประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อคำถามแต่ละข้อ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา (ไพศาล วรคำ, 2552) ดังนี้

คะแนน +1 ถ้าเห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน -1 ถ้าไม่เห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

พิจารณาข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป มาสร้างแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน จำนวน 4 ข้อ โดยมี 5 คำถามย่อย โดยผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1 ทุกข้อ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ค

2.2.5 ปรับปรุงแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ตามประเด็นต่อไปนี้

1) ปรับแก้คำถามให้สามารถวัดความรู้เชิงมโนทัศน์ให้ครบถ้วนสามารถวัดได้โดยไม่ใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์เดิม เท่านั้น

2) ปรับแก้คำถามให้สามารถวัดความรู้ขั้นให้ครบถ้วนสามารถวัดได้โดยใช้ความรู้เชิงขั้นตอนที่มีความหลากหลาย หรือแตกต่างกันได้

2.2.6 นำแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ไปใช้วิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน จากการเขียนตอบและแสดงวิธีคิดในการแก้ปัญหาของ

นักเรียนเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยแบ่งการทำแบบทดสอบออกเป็น 4 ข้อ ใช้เวลาทำข้อละ 30 นาที รวมเวลา 2 ชั่วโมง เนื่องจากมีบางข้อที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการแสดงวิธีคิดเพื่อแก้ปัญหา หรือหาคำตอบที่หลากหลาย

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ประเมินผลและชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวยที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนในชั่วโมงปกติของโรงเรียนโดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง
3. ระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันศึกษาข้อมูลในปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดระดมแนวคิดที่หลากหลายและลงมือแก้โจทย์ปัญหาในขณะที่ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะสังเกตและจดบันทึกการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
4. เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำตอบหรือแสดงวิธีคิดลงในใบกิจกรรมแต่ละตอนเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะจัดระดับคำตอบของใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็น 4 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย ดังตาราง 4 และ 5
5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดมาสะท้อนผลเพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป
6. หลังเสร็จสิ้นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้หรือ 4 วงจรปฏิบัติการผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนเป็นรายบุคคลซึ่งมีทั้งหมด 1 ชุดโดยใช้เวลาในการทดสอบชุดละ 2 ชั่วโมง
7. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. การศึกษาแนวทางการทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวยอย่างไร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้วิจัยผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้และอาจารย์ที่ปรึกษาโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการและวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดอีกครั้งเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การจัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความ

1.2 การจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูลเพื่อนำผลการวิเคราะห์และตีความไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป

1.3 การแสดงข้อมูลเป็นการนำข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันมาจัดกลุ่มให้เป็นหมวดหมู่เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.4 การรายงานผลการวิจัยใน 4 ขั้นตอนได้แก่

1.4.1 ชั้นวางแผนเป็นการรายงานรายละเอียดที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.4.2 ชั้นปฏิบัติการเป็นการรายงานขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

1.4.3 ชั้นสังเกตการณ์เป็นการรายงานผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากการจัดระเบียบข้อมูล

1.4.4 ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติเป็นการรายงานแนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้ดียิ่งขึ้น

1.5 การตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสามเส้า (Triangulation) โดยนำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินการจัดการเรียนรู้ว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่อย่างไร

2. การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องภาคตัดกรวย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมและแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้เข้าร่วมวิจัยโดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามชนิดของเครื่องมือในการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผู้วิจัยทำการตรวจคำตอบและวิธีคิดคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้อตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้กำหนดไว้

2.2 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ในการจัดกลุ่มคำตอบและวิธีคิดที่หลากหลายของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย ตามลำดับ โดยนับจำนวนนักเรียนและเปรียบเทียบค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความรู้

เมื่อดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสามเส้า (Triangulation) มาวิเคราะห์และสรุปผลการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ อย่างไร



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยปฏิบัติการเพื่อเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 1 แนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่าน ชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งเป็นวิจัยเชิงคุณภาพและดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละหนึ่งวงจรปฏิบัติการ รวมจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ แต่ละวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้น สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง สำหรับแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### วงจรปฏิบัติการที่ 1 วงกลม

##### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

##### 1. การเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร รายวิชา ค31204 คณิตศาสตร์สำหรับห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ประกอบด้วย 2 เรื่อง



ได้แก่ วงกลม และพาราโบลา โดยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่อง วงกลมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 และเรื่องพาราโบลาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เป็นเนื้อหาที่มีมโนทัศน์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสมการกับกราฟซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จุดประกายความคิด

ขั้นตอนที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า

ขั้นตอนที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 4 จัดองค์ความรู้

ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอควบคุมการประเมิน

โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงกลม เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อศึกษาการสร้างกราฟวงกลมและสมการที่เกิดขึ้นระหว่างคู่อันดับบนกราฟโดยมีรูปสมการทั่วไปโดยมีใบงาน เกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ โดยนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องระยะทางระหว่างจุด เส้น เพื่อหารัศมีซึ่งสามารถพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนแล้วพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์เรื่องวงกลมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป  $x^2+y^2=r^2$  ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(0,0)$  และรัศมียาว  $r$  หน่วยสมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และมีรัศมียาว  $r$  หน่วย มีรูปแบบมาตรฐานของสมการวงกลม คือ  $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$  และเป็นกิจกรรมกลุ่มโดยให้นักเรียนสร้างกราฟวงกลมจากโจทย์ที่กำหนดให้โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้างนั้น ๆ แล้วให้นักเรียนนำเสนอเป็นกลุ่มผ่านการสร้างชิ้นงาน คือ การสร้างกราฟจากโจทย์ที่กำหนดให้ผ่านโปรแกรม GeoGebra จากใบกิจกรรม ซึ่งนักเรียนต้องอธิบายขั้นตอนการสร้างในการนำเสนอ

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงกลม เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อศึกษาความสัมพันธ์รูปแบบทั่วไปของสมการวงกลม คือความรู้เชิงมโนทัศน์ คือ  $x^2+y^2+Dx+Ey+F=0$  เมื่อ  $D, E$  และ  $F$  เป็นค่าคงตัว กับสมการมาตรฐานที่เรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องสมการกำลังสองสมบูรณ์ เพื่อจัดรูปให้ได้สมการรูปแบบมาตรฐาน ซึ่งสามารถพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนแล้วพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์เรื่องวงกลม เกี่ยวกับความสัมพันธ์ ของรูปแบบมาตรฐานและรูปแบบทั่วไปและกราฟจากกิจกรรม

กลุ่มโดยให้นักเรียนสร้างสมการรูปทั่วไปและส่วนประกอบของวงกลมโดยผ่านการสร้างชิ้นงาน คือ เป็นการสร้างโดมิโน จำนวน 40 ตัวและนำมาทดลองเล่นจริง

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พาราโบลา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อศึกษาความสัมพันธ์รูปแบบทั่วไปของสมการพาราโบลา จุดยอดอยู่ที่จุด  $(0,0)$  จุดโฟกัสอยู่ที่จุด  $(c,0)$  และโคเรกตริกซ์ คือ เส้นตรง  $x=-c$  มีแกน X เป็นแกน สมมาตร จะมีสมการเป็น  $y^2=4cx$  ซึ่งเป็นความรู้เชิงมโนทัศน์โดยให้นักเรียนค้นหาความสัมพันธ์รูปทั่วไปเป็นรายบุคคลและให้นักเรียนทำงานกลุ่มโดยสร้างพาราโบลาโดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ ของพาราโบลาโดยผ่านการสร้างชิ้นงานคือ การสร้างกราฟจากโจทย์ที่กำหนดให้ผ่านโปรแกรม GeoGebra จากใบกิจกรรม ซึ่งนักเรียนต้องอธิบายขั้นตอนการสร้างในการนำเสนอ

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พาราโบลา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อศึกษาความสัมพันธ์รูปแบบทั่วไปของสมการพาราโบลา จุดยอดอยู่ที่จุด  $(h,k)$  จุดโฟกัสอยู่ที่จุด  $(h+c,k)$  และโคเรกตริกซ์ คือ เส้นตรง  $x = h-c$  มีแกนสมมาตรขนานกับแกน X คือเส้นตรง  $y=k$  จะมีสมการเป็น  $(y-k)^2 = 4c(x-h)$  จุดยอดอยู่ที่จุด  $(h,k)$  จุดโฟกัสอยู่ที่จุด  $(h,k+c)$  และโคเรกตริกซ์ คือ เส้นตรง  $y = k-c$  มีแกน สมมาตรขนานกับแกน Y คือเส้นตรง  $x=h$  จะมีสมการเป็น  $(x-h)^2 = 4c(y-k)$  โดยให้นักเรียนค้นหาความสัมพันธ์รูปทั่วไปเป็นรายบุคคลและให้นักเรียนทำงานกลุ่มโดยผ่านการสร้างชิ้นงานคือ การสร้างกราฟจากโจทย์ที่กำหนดให้ผ่านโปรแกรม GeoGebra จากใบกิจกรรม ซึ่งนักเรียนต้องอธิบายขั้นตอนการสร้างในการนำเสนอ

## 2. การเตรียมเอกสาร

ผู้วิจัยจัดเตรียมเอกสารโดยจำแนกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เอกสารสำหรับผู้วิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการเรียนรู้ แบบประเมินใบกิจกรรม พร้อมเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ส่วนที่ 2 เอกสารสำหรับผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และส่วนที่ 3 เอกสารสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยหรือนักเรียน ประกอบด้วย ใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียน

สำหรับเอกสารที่เป็นใบกิจกรรม ผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่โดยการสร้างชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน

## 3. การเตรียมสถานที่หรือห้องเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จะเป็นกิจกรรมเดี่ยวและกลุ่ม 4-5 คน ซึ่งจะใช้นักเรียนจะนำเสนอ

ผลงาน อาจเตรียมเครื่องฉายที่บแสง กระดานแม่เหล็ก และไมโครโฟนไว้พร้อมสำหรับอำนวยความสะดวกให้นักเรียนตามความเหมาะสม

## ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Action)

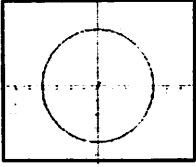
ขั้นปฏิบัติการเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 จุดประกายความคิด ขั้นตอนที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า ขั้นตอนที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ ขั้นตอนที่ 4 จัดองค์ความรู้ ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอควบคุมการประเมินผู้วิจัยจะดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้

### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยใช้คำถามโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอรูปวงกลมและใช้การถาม - ตอบ กระตุ้นเพื่อเป็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการเป็นรูปวงกลม และให้นักเรียนสรุปส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรม

### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่องวงกลม ให้นักเรียนทุกคนครุ่นนำเสนอผลการเรียนรู้เรื่องวงกลม โดยให้นักเรียนวางแผนค้นคว้าทำใบกิจกรรมโดยนักเรียนต้องรู้ส่วนต่าง ๆ ของวงกลม และความสัมพันธ์ระหว่างสมการวงกลมกับกราฟรูปวงกลม จากโปรแกรม GeoGebra ว่าเป็นอย่างไรมีใบกิจกรรมแนะแนวทางให้นักเรียนสร้างกราฟด้วยตนเองก่อนแล้วผู้วิจัยจึงแนะนำโปรแกรม GeoGebra ในส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้น

คำถาม	สร้างกราฟด้วยตนเอง	รูปกราฟจากโปรแกรม Geogebra
1. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด $(0,0)$ รัศมียาว 4 หน่วย	รูปกราฟเกิดจากนักเรียนวาดด้วยตนเอง และลองเขียนสมการก่อนใช้โปรแกรม	 <p>สมการ <math>x^2 + y^2 = 16</math></p>

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยสังเกตการทำงาน และอภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองนักเรียนเขียนกราฟที่เห็นลงในใบกิจกรรมของรูปกราฟจากโปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องสมการ ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบกิจกรรมที่ 1.1 และให้



นักเรียนซักถามข้อสงสัย ที่ยังไม่เข้าใจ หากนักเรียนทุกคนไม่สงสัย หรือผู้วิจัยตอบคำถามทุกคนเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนทุกคนลองทำตามที่ได้เรียนผ่านมา ในขั้นตอนต่อไป

#### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน 6 กลุ่มและแจกใบกิจกรรมที่ 1.2 เพื่อหาองค์ความรู้ใหม่เป็นรายกลุ่ม ซึ่งแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแต่ละข้อร่วมกันเพื่อหาข้อสรุป เกี่ยวกับกรณีที่เลื่อนจุดศูนย์กลางไปบนระนาบในจุดภาคที่ 1-4 พร้อมทั้งบอกสมการที่ค้นหาได้ในหน้าต่างมุมมองพีชคณิตบนโปรแกรม GeoGebra และอภิปรายร่วมกัน หลังจากนั้นสร้างชิ้นงานตามคำสั่งในใบงาน ที่ 1.3 โดยผู้วิจัยเป็นผู้ให้คำปรึกษา

#### 5. นำเสนอควบคุมการประเมิน

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน บนโปรแกรม GeoGebra โดยครูสุ่มเรียกนักเรียนจำนวน 6 คน (ตัวแทนกลุ่มละ 1 คน) นำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้น โดยนักเรียนอธิบายเป็นขั้นตอนการสร้างกราฟตามคำสั่งของแต่ละกลุ่มโดยผู้วิจัยเป็นผู้คอยให้คำปรึกษา

#### ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ขั้นสังเกตการณ์เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ (ครูประจำการ) และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำใบกิจกรรมของนักเรียน โดยแสดงถึงสภาพบรรยากาศในชั้นเรียน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยจำแนกตามขั้นตอนดังนี้

##### 1. จุดประกายความคิด

เมื่อผู้วิจัยตั้งคำถามพร้อมทั้งแสดงการสร้างกราฟวงกลมนักเรียนเกิดความสนใจจากคำถามกระตุ้นด้านความรู้เชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับนิยามวงกลมโดยการที่นักเรียนพูดอธิบายส่วนประกอบของวงกลมว่าวงกลมเกิดจากจุดที่มีระยะห่างเท่ากันโดยการใส่รัศมีซึ่งก็คือระยะทางที่ต้องการในโปรแกรมจากคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra นั้น ซึ่งรวมถึงความรู้เชิงขั้นตอนอีกด้วยในคำกล่าวข้างต้นแต่นักเรียนคุ้นชินกับการเรียนแบบนิรนัยจากการตั้งคำถามกับผู้วิจัยว่า "เรียนเรื่องสมการวงกลมใช่หรือไม่ สมการว่าอย่างไร และต้องเขียนสมการกับวาดวงกลมตามโจทย์ปัญหาใช่หรือไม่"

## 2. สะกิดให้ค้นคว้า

เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนใช้โปรแกรมโดยมีใบกิจกรรมที่ 1.1 ให้นักเรียน นักเรียนสนใจการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสร้างวงกลมจากใบกิจกรรมที่ 1.1 ด้วยตนเองซึ่งนักเรียนใช้สมาร์ตโฟนในการสร้างด้วยตนเองแต่บางคนให้เพื่อนวาดแล้วแลกเปลี่ยนกราฟที่สร้าง โดยนักเรียนมีคำถามที่ว่า "เราสามารถนำรูปที่กราฟมาติดในใบกิจกรรมได้หรือไม่ เนื่องจากการวาดกราฟนั้นไม่สามารถสื่อถึงรูปที่สร้างได้จากโปรแกรม" นั้นหมายความว่านักเรียนสร้างกราฟวงกลมตามที่โปรแกรมแสดงไม่ได้

## 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างสมการและเขียนความสัมพันธ์ตามที่โปรแกรมได้แสดงในใบงาน ที่ 1.1 นั้นนักเรียนสร้างองค์ความรู้ที่ว่าการสัมพันธ์ของวงกลมเป็นอย่างไรและอะไรที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งนักเรียนจดบันทึกกราฟและสามารถสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับกราฟที่สร้างได้ และสังเคราะห์ได้ความรู้เชิงมโนทัศน์ คือ สมการที่เกิดขึ้นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกราฟวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่  $(0,0)$  และมีรัศมี  $r$  ได้ สมการทั่วไปของวงกลม  $x^2+y^2=r^2$  ซึ่งเมื่อเกิดการอภิปรายนักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้แต่นักเรียนบางคนกล่าวว่า "เรารู้แล้วว่าสมการเป็นกำลังสองของ  $x$  และ  $y$  บวกกันแล้วจะเท่ากับรัศมีกำลังสอง" เพราะมีความรู้เดิมจากการศึกษาล่วงหน้าซึ่งไม่ได้เกิดจากใบกิจกรรม

## 4. จัดองค์ความรู้

เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนทำกิจกรรม 1.2 กลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมการเลื่อนจุดขนานจุดศูนย์กลางไปยังจุดภาคต่าง ๆ นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างรัศมีที่เท่ากันแล้วนักเรียนสามารถสังเคราะห์เป็นความรู้เชิงมโนทัศน์ได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่  $(h,k)$  ได้ และจากการให้นักเรียนสร้างชิ้นงานบนโปรแกรม GeoGebra ตามคำสั่งนั้น นักเรียนแบ่งหน้าที่สำหรับผู้ที่จะใช้โปรแกรม ผู้ที่หาส่วนต่าง ๆ ซึ่งเมื่อทำเตรียมการนำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียนนั้นนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการสร้างกับเพื่อนในกลุ่มได้จากการสังเกตของผู้วิจัย โดยมีขั้นตอนที่แตกต่างกันบ้างเป็นบางกลุ่ม

## 5. นำเสนอควบคุมการประเมิน

เมื่อผู้วิจัยมอบหมายชิ้นงานให้นักเรียนเกี่ยวกับโจทย์ที่กำหนดให้เพื่อสร้างกราฟในโปรแกรม GeoGebra เพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้เชิงมโนทัศน์จากการหารัศมี และจุดศูนย์กลางเพื่อมาแสดงสมการที่ได้จากการสร้างองค์ความรู้เรื่องความสัมพันธ์ของวงกลมนั้น การนำเสนอของนักเรียนได้แสดงการมีความรู้เชิงขั้นตอนจากการอธิบายขั้นตอนการสร้างจากการเริ่มหารัศมีอย่างไร ยกตัวอย่างการนำเสนอการสร้างวงกลมในข้อที่ 3 ว่าการหาจุดศูนย์กลางจาก

ความรู้เรื่องระยะห่างระหว่าง 2 จุด และอธิบายการสร้างสมการแล้วใช้กฎของจำนวนจริงหาค่าตัวแปรที่เป็นค่าระยะห่างเป็นรัศมีได้โดย 6 กลุ่มอธิบายขั้นตอนครบถ้วนแต่แตกต่างกันตรงลำดับขั้นซึ่งหาส่วนใดก่อนก็สามารถอธิบายได้เป็นชิ้นงานที่ถูกต้องเช่นเดียวกันแต่มีบางกลุ่มใช้เวลาานพอสมควร

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ตาราง 5 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
จุดประกายความคิด	นักเรียนยังคุ้นชินกับการเรียนรู้แบบนิรนัย คือ ท่องจำมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนจากตำราและทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนเพื่อนำไปใช้ในการหาคำตอบ	ผู้วิจัยควรชี้แนะให้เห็นถึงการได้มาซึ่งมโนทัศน์โดยการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ก่อนที่จะเป็นสูตร กฎหรือแบบรูปที่นักเรียนนำมาใช้ในรูปสมการทั่วไป
สะกิดให้ค้นคว้า	นักเรียนบางคนใช้คำสั่งโปรแกรม GeoGebra ไม่ได้ จึงแลกเปลี่ยนคำตอบกับเพื่อนและไม่ใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกันในกิจกรรม	ผู้วิจัยควรชี้แนะให้เพื่อนสอนเพื่อนและผู้วิจัยช่วยแนะนำโดยการตั้งคำถามนำและเข้าสู่แนวทางปฏิบัติ เช่น คำสั่งวงกลมต้องรู้อะไร (รัศมี) จนนำไปสู่การสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ได้
นำพาสู่การปฏิบัติ	นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ทันทีโดยไม่ใช้โปรแกรม GeoGebra และไม่เกิดจากการอุปนัยสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์จากใบกิจกรรม	ผู้วิจัยควรให้แสดงข้อมูลโดยโปรแกรม GeoGebra โดยการซักถาม หรือหาสิ่งเร้าที่เน้นการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อให้ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้โดยการนำเสนอขั้นตอนการสร้างมโนทัศน์



ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
จัดองค์ความรู้	นักเรียนบางกลุ่มให้เพียงคนเดียว รับผิดชอบสร้างชิ้นงานโดย โปรแกรม GeoGebra	ผู้วิจัยควรค้นหากิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนทุกคนในกลุ่มเรียนรู้ทุก ขั้นตอนในการสร้างชิ้นงาน
นำเสนอควบคู่การ ประเมิน	นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถ อธิบายชิ้นงานที่เกิดจากการสร้าง กราฟของตนในโปรแกรมได้ นักเรียนบางกลุ่มใช้การสาธิต สร้างชิ้นงานในการนำเสนอได้แต่ เขียนขั้นตอนการสร้างกับการ นำเสนอที่ไม่สอดคล้องกัน	ผู้วิจัยควรตั้งคำถามนำเพื่อเป็น แนวทางให้กับนักเรียนเพื่อสร้าง ลำดับขั้นอธิบายชิ้นงานหน้าชั้น ผู้วิจัยควรแสดงเกณฑ์การประเมิน ถึงความถูกต้องของลำดับขั้นกับ การนำเสนอที่สอดคล้องกันเพื่อให้ นักเรียนได้วางแผนวิธีการนำเสนอ ชิ้นงาน
	การนำเสนอของนักเรียนใช้ เวลานานจึงไม่สามารถนำเสนอ ได้ครบทุกกลุ่ม	ผู้วิจัยควรเลือกการสร้างชิ้นงานของ นักเรียนกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน เพื่อเป็นตัวแทนนำเสนอและร่วมกัน อภิปรายกับกลุ่มที่มีขั้นตอนการ สร้างที่เหมือนกัน

จากตาราง 5 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้จัดการเรียนรู้ตาม  
แนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra แนวทางการปรับปรุง  
แก้ไขปัญหาที่พบในแต่ละขั้นตอนสำหรับพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2  
ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### วงจรปฏิบัติการที่ 2 วงกลม

จากผลการสะท้อนการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุง  
และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้  
ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน  
โดยมีรายละเอียดดังนี้

## ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยได้ปรับประเด็นการกระตุ้นโดยใช้คำถามที่เกี่ยวกับการสร้าง นิยาม กฎ และทฤษฎี ของความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่องที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การวัดความยาวจากไม้บรรทัดที่หัก เพื่อนำไปสู่มโนทัศน์เรื่องระยะห่างระหว่างจุด เกิดเป็นสูตรการหาที่ว่า  $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$  เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการได้มาซึ่งความรู้เชิงมโนทัศน์จึงจะสามารถนำไปแก้ปัญหามีขั้นตอนได้และนำมโนทัศน์เรื่องความสัมพันธ์เรื่องวงกลมเป็นคำถามกระตุ้นเพื่อเข้าสู่บทเรียนโดยเชื่อมการใช้งานโปรแกรม GeoGebra

### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยได้ปรับใบกิจกรรมให้นักเรียนสามารถใช้โปรแกรม GeoGebra อย่างง่าย เป็นเพียงการเปลี่ยนรูปการแสดงผลการสองลักษณะคือ สมการรูปทั่วไป และสมการรูปมาตรฐาน เพียงแค่คลิกขวาเลือกรูปแบบสมการ ให้นักเรียนเห็นว่าการใช้โปรแกรม GeoGebra ง่ายและสะดวกในการตรวจสอบการแก้สมการกำลังสอง

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยปรับใบกิจกรรมที่มีการคำนวณสมการกำลังสองที่ยากขึ้นเพื่อมุ่งให้นักเรียนใช้โปรแกรมแสดงรูปสมการทั่วไปเพื่อค้นหาคำตอบหาความสัมพันธ์ของสมการทั้งสองรูปแบบนั้น กล่าวคือส่งเสริมให้ใช้โปรแกรมเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการจัดรูปสมการจากความรู้กำลังสองสมบูรณ์

### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยใช้กิจกรรมประดิษฐ์ชิ้นงานโดมิโน 40 ชิ้น เพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันสร้างชิ้นงานเป็นกลุ่มไม่เป็นเพียงการใช้โปรแกรม แต่ต้องร่วมกันทำงานภายในกลุ่มที่มีความหลากหลาย

### 5. นำเสนอควบคุมการประเมิน

ผู้วิจัยปรับการนำเสนอให้เชื่อมโยงกับกิจกรรมเกมเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกเรียงลำดับชั้นการอธิบายที่มีลักษณะของการสร้าง กติกา ความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เมื่อชิ้นงานเป็นสิ่งประดิษฐ์จึงสร้างลำดับชั้นโดยที่ผู้วิจัยใช้คำถามเพียง ชิ้นงานโดมิโนใช้ความรู้ใดบ้างในการสร้างของนักเรียนเป็นกลุ่ม

## ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Action)

จากการวางแผนโดยนำผลการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับปรุง และพัฒนา การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพขึ้น โดยจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง วงกลม ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยกระตุ้นด้วยคำถามที่เกี่ยวกับความสามารถของโปรแกรม GeoGebra โดยให้นักเรียนดูยกตัวอย่างสมการที่เป็นวงกลมระหว่าง  $(x-3)^2+(y-3)^2=9$  จะเปลี่ยนเป็น  $x^2+y^2-6x-6y = -9$  แล้วตั้งคำถามว่า "นักเรียนคิดว่าสองสมการนี้เป็นสมการวงกลมหรือไม่ และโปรแกรม GeoGebra สามารถแสดงสมการได้หลายแบบหรือไม่" นักเรียนจะอยากใช้โปรแกรมเพื่อหาคำตอบ

### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยได้ใช้ใบกิจกรรมแนะแนวทางโดยให้นักเรียนสามารถจดบันทึกคำตอบที่ได้จากสมการในโปรแกรม GeoGebra แล้วนำมาวิเคราะห์เขียนขั้นตอนการจัดรูปเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่นักเรียนจะแสดงออกถึงความรู้เกี่ยวกับเรื่องจำนวนจริงเพื่อหารูปสมการแทนโดยให้นักเรียนที่สามารถจัดรูปสมการได้มาอธิบายขั้นตอนการจัดให้เพื่อนฟังในตัวอย่าง

สมการรูปมาตรฐาน	สมการรูปทั่วไป
$(x-2)^2 + (y-1)^2 = 4$	$x^2 + y^2 - 4x - 2y + 1 = 0$
<b>ขั้นตอนจัดรูปสมการ</b>	
จาก $(x-2)^2 + (y-1)^2 = 4$	
จะได้ว่า	$[x^2 - 2(2)x + 4] + [y^2 - 2(1)y + 1] = 4$
	$[x^2 - 4x + 4] + [y^2 - 2y + 1] = 4$
	$x^2 + y^2 - 4x - 2y + 5 - 4 = 0$
	$x^2 + y^2 - 4x - 2y + 1 = 0$

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยให้ชิ้นงานนักเรียนใช้โปรแกรม GeoGebra แสดงผลการแสดงรูปสมการมาตรฐาน และสมการรูปทั่วไปในการตรวจคำตอบหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยใช้ความรู้เดิมเพื่อให้เกิดความรู้เชิงมโนทัศน์ออกมาเป็นรูปธรรมจากการสร้างขั้นตอนการจัดรูปสมการกำลังสอง โดยเขียนแสดงในใบกิจกรรมที่ 2.1



#### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยเตรียมอุปกรณ์เพื่อให้นักเรียนสร้างชิ้นงานโดมิโน ซึ่งให้นักเรียนวางแผนการทำงานร่วมกันเพื่อจะได้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมเพื่อสร้างโดมิโนโดยครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา

#### 5. นำเสนอควบคู่การประเมิน

ผู้วิจัยให้นักเรียนแสดงผลงานและนำมาแข่งจริงเมื่อถึงตอนเล่นนักเรียนกลุ่มอื่นจึงมีหน้าที่เป็นกรรมการว่านักเรียนต่อความสัมพันธ์ถูกต้องหรือไม่หรือมีปัญหาใดให้นำเสนอและปรับแก้ไขต่อไป

#### ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ขั้นสังเกตการณ์เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ (ครูประจำการ) และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำใบกิจกรรมของนักเรียน โดยแสดงถึงสภาพบรรยากาศในชั้นเรียน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยจำแนกตามขั้นตอนดังนี้

##### 1. จุดประกายความคิด

เมื่อผู้วิจัยถามกระตุ้นด้วยการทำงานของโปรแกรม GeoGebra โดยยกตัวอย่างความสัมพันธ์ของสมการ 2 สมการที่แสดงผลจากการใช้โปรแกรม GeoGebra นักเรียนให้ความสนใจและเปิดโปรแกรมเพื่อปฏิบัติการสร้างหรือหาคำสั่งเพื่อแสดงผลสมการในรูปแบบ ต่าง ๆ อย่างสนใจ สามารถกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงการเรียนรู้ที่สามารถสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์ด้วยตนเองจากประโยคที่นักเรียนพูดว่า " สมการทั้งสองสมการเป็นสมการวงกลม แสดงว่าเราต้องหาแบบรูปในการมองแน่ ๆ เพราะสร้างวงกลมจากโปรแกรม GeoGebra แล้วได้รูปเดียวกัน"

##### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมที่ 2.1 กับนักเรียนทุกคนค้นคว้าทำใบกิจกรรมโดยให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสมการวงกลมทั้ง 2 รูปแบบ จากโปรแกรม GeoGebra ว่าเป็นอย่างไรและให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาพิจารณาความสัมพันธ์แล้วนั้น นักเรียนร่วมมือกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เพราะลักษณะการใช้งานเกี่ยวกับสมการและสมการเป็นความรู้เชิงมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม กับความที่นักเรียนชอบการแก้สมการกำลังสองสมบูรณ์ นักเรียนจึงแสดงความคิดเห็นว่า โปรแกรม GeoGebra เหมือนเครื่องคิดเลขที่ใช้งานเกี่ยวกับสมการหรือความสัมพันธ์

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยสังเกตการทำใบกิจกรรมที่ 2.1 นักเรียนสามารถจัดรูปสมการโดยใช้กำลังสองได้ทุกคนซึ่งนักเรียนมีความคล่องแคล่ว ว่องไว ต่างกันในเรื่องของ การจัดรูปสมการ หรือ ขั้นตอนในการคำนวณ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ใช้ โปรแกรม GeoGebra สำหรับการตรวจสอบ คำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ แต่มีบางคนใช้แสดงคำตอบก่อนแล้วจึงค้นคว้าหาขั้นตอนในการจัดรูปสมการทั้ง 2 รูปแบบนี้

### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยสังเกตนักเรียนเป็นระยะโดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน 6 กลุ่ม และวางแผนแบ่งหน้าที่การทำกิจกรรมสร้างโดมิโนตามแบบของตนนักเรียนต้องวางแผนให้สามารถต่อกันได้ทั้งหมด 40 ชิ้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ช่วยในการสร้างได้ ซึ่งนักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับรูปแบบสมการวงกลมโดยสร้างความสัมพันธ์ที่หลากหลาย เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสมการทั่วไปและสมการมาตรฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างจุดศูนย์กลางและรัศมีกับสมการรูปมาตรฐาน ถูกต้องสามารถต่อความสัมพันธ์ได้แต่ด้วยนักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ได้หลากหลายซึ่งไม่คำนึงถึงหลักการว่าโดมิโนในด้านหลายด้านต้องสามารถต่อกันได้หรือซ้ำกันได้เพื่อผู้เล่นจะสามารถเลือกต่อให้หมดก่อนตามกติกาที่วางไว้ นักเรียนบางกลุ่มสร้างแล้วไม่สามารถเล่นได้จริงเพราะสร้างความสัมพันธ์แสดงผลเพียงคู่ต่อคู่ถ้าไม่หยาบได้ความสัมพันธ์ที่เหมือนกันนักเรียนจะวางตัวโดมิโนไม่ได้จนกว่าจะหยาบความสัมพันธ์ที่ตรงกันมาต่อได้จึงเกิดปัญหาเกี่ยวกับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานแต่ไม่ได้ส่งผลต่อความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่องความสัมพันธ์ที่เป็นสมการวงกลมและความรู้เชิงขั้นตอนในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

### 5. นำเสนอควบคู่การประเมิน

ผู้วิจัยและนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโดมิโนและแลกเปลี่ยนให้เพื่อนต่างกลุ่มและนำมาอภิปรายผลถึงโจทย์ที่นำมาสร้างโดมิโน โดยนักเรียนอธิบายว่าการสร้างมีความสัมพันธ์ทั้งหมดที่รูปแบบ ก็ความสัมพันธ์ แล้วขั้นตอนการสร้างโดมิโนมีการผิดพลาดและเกิดการ เล่นจริงไม่ได้ดังนั้นจึงปรับเหลือเพียง 4 ความสัมพันธ์ จากการสร้างโดมิโนทั้งหมด 40 ชิ้น ซึ่งนักเรียนมี ปัญหาที่ใกล้เคียงกันจึงนำเสนอเพียงกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรมติการที่ 2

ตาราง 6 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัด  
การเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
จุดประกายความคิด	-	-
สะกิดให้ค้นคว้า	นักเรียนใช้โปรแกรม GeoGebra จากสมาร์ทโฟนแล้วกราฟที่แสดง ไม่สมมาตรเป็นลักษณะของกราฟ เป็นรูปวงรี หรือส่วนประกอบของ กราฟไม่ปรากฏทุกส่วน	ผู้วิจัยควรอธิบายว่าให้ นักเรียนสังเกตตารางระยะ ระหว่างแกน $x$ และ $y$ ขนาด ไม่เท่ากัน ดังนั้น ถ้าใช้คำสั่ง ถูกต้อง นั่นคือรูปที่ถูกต้องที่ แสดงออกมา หรือพยายามตั้ง ค่าให้ระยะระหว่างให้เท่ากัน
นำเข้าสู่การปฏิบัติ	นักเรียนใช้เวลาที่แตกต่างกันบาง คนเร็ว บางคนช้า เพราะเป็นการ ใช้ความรู้เชิงขั้นตอนจากความรู้ เชิงมโนทัศน์เพิ่มเติม เรื่อง การ ดำเนินการของจำนวนจริง โดย นักเรียนมักแสดงขั้นตอนไม่ ครบถ้วนมีการตัดทอนบางส่วน ของขั้นตอนออก	ผู้วิจัยควรทบทวนความรู้เดิม ก่อนเริ่มเข้าสู่กิจกรรมและเพิ่ม จำนวนข้อของกิจกรรมโดย เรียงลำดับความง่ายไปจนถึง ความยากที่ซับซ้อนขึ้น
จัดองค์ความรู้	นักเรียนวางแผนและศึกษาการใช้ อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานเป็น เวลานาน	ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนวางแผนการสร้างชิ้นงานและ นำไปสร้างเวลาว่างแทนการ สร้างชิ้นงานในชั่วโมงเรียน
นำเสนอควบคุมการ ประเมิน	นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้นำเสนอ หน้าชั้นเรียน เนื่องจากเวลาไม่ เพียงพอ	ผู้วิจัยควรให้ตัวแทนกลุ่มที่มี แนวคิดเดียวกัน และตัวแทน กลุ่มที่มีแนวคิดต่างจากกลุ่ม อื่นออกมานำเสนอ

จากตาราง 6 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้จัดการเรียนรู้ตาม แนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra แนวทางการปรับปรุง



แก้ไข้ปัญหาที่พบในแต่ละขั้นตอนสำหรับพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### วงจรปฏิบัติการที่ 3 พาราโบลา

จากผลการสะท้อนการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อส่งเสริมความรูเชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พาราโบลากับสมการรูปทั่วไป เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับประเด็นคำถามในแต่ละขั้นตอนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งพยายามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหา จนเกิดความรู้เชิงขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบโดยให้นักเรียนสร้างชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ดังนี้

##### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยได้เพิ่มคำถามกระตุ้นคิดเกี่ยวกับพาราโบลาในชีวิตประจำวัน เช่น พาราโบลาในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่นักเรียนรู้จักคืออะไร ส่วนใดที่แสดงว่าเป็นพาราโบลา แล้วจากนั้นนำเข้าสู่การใช้โปรแกรม GeoGebra ถ้านักเรียนจะสร้างกราฟพาราโบลานักเรียนจะสร้างอะไรบ้าง

##### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยได้ปรับการแสดงกราฟโดยโปรแกรม GeoGebra จากสมาร์ทโฟนและแสดงกราฟจากคอมพิวเตอร์แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการแสดงผลของข้อมูลว่ามีส่วนใดที่ควรระวัง

##### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมก่อนเริ่มการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์เรื่องพาราโบลาโดยทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างจุดสองจุดและระยะห่างระหว่างจุดกับเส้น เพราะความรู้เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่คือการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เท่ากันจนเกิดเป็นพาราโบลาแล้วจึงเริ่มสร้างพาราโบลาในโปรแกรม GeoGebra

##### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมให้นักเรียนสร้างชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แทนการสร้างงานประดิษฐ์เนื่องจากใช้เวลาน้อยแต่สามารถอธิบายการสร้างที่เกิดจากการแก้ปัญหาได้

### 5. นำเสนอควบคู่การประเมิน

ผู้วิจัยปรับกิจกรรมนำเสนอกลุ่มที่มีขั้นตอนการสร้างเหมือนกันนำเสนอโดยการสุ่มและอภิปรายผลร่วมกันซึ่งการอภิปรายจะมีความแตกต่างบางส่วนจึงให้นักเรียนยกประเด็นในส่วนนั้นไม่ต้องเริ่มแสดงการสร้างตั้งแต่เริ่มต้น

#### ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Action)

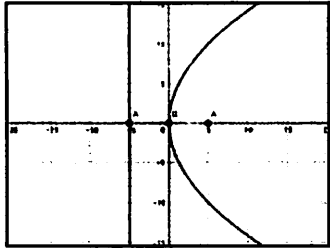
จากการวางแผนโดยนำผลการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับปรุงและพัฒนา การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพขึ้น โดยจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พาราโบลา ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

#### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยใช้คำถามโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอรูปพาราโบลาและใช้การถาม - ตอบ กระตุ้นเพื่อเป็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการเป็นรูปพาราโบลา และให้นักเรียนสรุปส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรม

#### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมที่ 3.1 ให้กับนักเรียนทุกคน ผู้วิจัยนำเสนอกราฟโดยโปรแกรม GeoGebra จากสมาร์ทโฟนและแสดงกราฟจากคอมพิวเตอร์ โดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างกราฟพาราโบลาเพื่อวางแผนทำใบกิจกรรม โดยมีขั้นตอนการหาคำตอบดังนี้

คำถาม	สร้างกราฟด้วยตนเอง	รูปกราฟจากโปรแกรม Geogebra
1. พาราโบลามีจุดยอดอยู่ที่ (0,0) มีโฟกัสอยู่ที่ (5,0)	รูปกราฟเกิดจากนักเรียนวาดด้วยตนเอง และลองเขียนสมการก่อนใช้โปรแกรม	 <p>สมการ <math>y^2 - 20x = 0</math></p>

#### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยสังเกตการทำใบกิจกรรม พร้อมทั้งทบทวนความรู้เดิม เรื่องระยะห่างจากการแสดงผลบนโปรแกรม GeoGebra และสังเกตการทำงาน of นักเรียน ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติ

เรียนรู้ด้วยตนเองนักเรียนเขียนกราฟที่เห็นลงในใบกิจกรรมแสดงกราฟจากโปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องสมการ ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบใบกิจกรรมที่ 3.1 ข้อ 1 และให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ที่ยังไม่เข้าใจ หากนักเรียนทุกคนไม่สงสัย หรือผู้วิจัยตอบคำถามทุกคนเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนทุกคนลองทำตามที่ได้เรียนผ่านมา ในขั้นตอนต่อไป

#### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยแจกใบกิจกรรม 3.2 สังเกตนักเรียนเป็นระยะจากการให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน 6 กลุ่ม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแต่ละข้อร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปครุสนทนากับนักเรียนแต่ละกลุ่ม ดังนี้

สมการพาราโบลา	จัดรูปสมการ
$y^2 = 20x$	จะได้ $y^2 = 4(5)x$
ส่วนต่าง ๆ ของพาราโบลา	
1. จุดยอดอยู่ที่ (0,0)	
2. แกนพาราโบลาคือแกน X	
3. $c = 5$ เป็นกราฟพาราโบลาเปิดทางขวา ดังนั้น จุดไฟกัสอยู่ที่ (5,0)	
4. ไดรเรกทริกซ์คือเส้นตรง $x = -5$	
5. ลาดัสเรกตัมยาวเท่ากับ $ 4(5)  = 20$	

จากนั้นแจกคำสั่งจากใบกิจกรรม 3.3 ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานผ่านโปรแกรม GeoGebra แล้ววางแผนการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ

#### 5. นำเสนอควบคุมการประเมิน

ผู้วิจัยและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายชิ้นงานที่ได้ โดยครูสุ่มเรียกนักเรียนจำนวน 6 คน (ตัวแทนกลุ่มละ 4 คนอธิบายขั้นตอนการคิด) การสร้างชิ้นงานแล้วครูช่วยพิจารณาขั้นตอนที่เหมือนแล้วให้ตัวแทนที่เหมือนร่วมกันอภิปรายระหว่างนำเสนอชิ้นงานที่ละลำดับขั้นตอนที่นักเรียนแสดงกราฟที่สร้างขึ้น

##### ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ขั้นสังเกตการณ์เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ (ครูประจำการ) และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำใบกิจกรรมของนักเรียน โดยแสดงถึงสภาพบรรยากาศในชั้นเรียน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยจำแนกตามขั้นตอนดังนี้



### 1. จุดประกายความคิด

จากการสังเกตนักเรียนแต่ละคนเรียนรู้และสนใจที่จะใช้โปรแกรม GeoGebra ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างกราฟกับสมการ นักเรียนสนใจที่จะหาขั้นตอนหรือส่วนประกอบที่สำคัญที่นำมาสร้างเป็นสมการของพาราโบลา โดยนักเรียนเริ่มจากการสร้างเส้นตรง จุด แล้วใช้คำสั่งสะท้อนจุด หรือสร้างจุดที่มีระยะห่างเท่ากัน ซึ่งเกิดจากการลองผิดลองถูก เนื่องจากนักเรียนได้บอกกับผู้วิจัยว่า "นิยามของพาราโบลา คือ เซตของจุดที่มีระยะห่างระหว่างเส้นตรงและจุด ๆ หนึ่ง ที่เรียกว่าโฟกัส" แต่นักเรียนสนใจที่จะนำมาสร้างในโปรแกรมจึงทดลองสร้างจากคำสั่งที่ปรากฏบนโปรแกรม แต่ยังไม่สามารถสร้างได้

### 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมที่ 3.1 ให้กับนักเรียนทุกคน ผู้วิจัยนำเสนอการใช้โปรแกรม GeoGebra สร้างกราฟพาราโบลาตามนิยาม ที่ใช้จุดหนึ่งจุด เส้นตรงหนึ่งเส้น สามารถสร้างได้ แต่อธิบายต่อว่าจากใบกิจกรรมให้คำสั่งเป็นจุดยอดนักเรียนจะสร้างอย่างไร ซึ่งนักเรียนจึงพยายามสร้างจุดยอดแล้ววัดระยะห่างจากจุดยอดที่เท่ากันเพื่อสร้างเส้นตรงแล้วจึงใช้คำสั่ง การที่นักเรียนที่ค้นคว้าล่วงหน้ามาไว้แล้วนั้น ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจแล้ววางแผนค้นคว้าทำใบกิจกรรมโดยนักเรียนต้องรู้ส่วนต่าง ๆ ของพาราโบลา และความสัมพันธ์ระหว่างสมการพาราโบลากับกราฟ จากโปรแกรม GeoGebra

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และอภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองจากโปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องสมการ นักเรียนเกิดการสับสนในการสร้างเส้นตรงที่มีระยะห่างกับจุดว่าควรสร้างด้านใด เนื่องจากระยะห่างที่เท่ากันนั้นสามารถสร้างได้ทั้ง 4 ด้าน ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนสังเกตลักษณะกราฟและรูปแบบสมการว่ามีความต่างกันถึง 4 แบบเช่นเดียวกัน ดังนั้นนักเรียนจึงพยายามสร้างผิดถูกแล้วเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องจุดบันทึกในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนจึงสร้างองค์ความรู้โดยการอุปนัยได้รูปแบบสมการพาราโบลาได้เป็นความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่องนี้

### 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและสังเกตการสนทนาภายในกลุ่มนักเรียนจากการใช้โปรแกรมจัดรูปสมการ วิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของพาราโบลานักเรียนสามารถหาคำตอบได้รวดเร็ว และถูกต้อง เพราะโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือที่นักเรียนนำมาช่วยในการสร้างสมการรูปทั่วไปได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงสามารถสร้างชิ้นงานจากคำสั่งในใบกิจกรรม 3.3 ได้ทันเวลาและเขียนขั้นตอนเพื่อเตรียมนำเสนอ โดยนักเรียนอธิบายว่า นักเรียนสร้างชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้นเกิดจาก

การความเข้าใจในส่วนต่าง ๆ ของกราฟที่ต้องการสร้างดังนั้น นักเรียนต้องเข้าใจเกี่ยวกับนิยามของ กราฟนั้น ๆ ซึ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องเริ่มจากขั้นตอนของเพื่อนกลุ่มอื่นก็สามารถสร้าง ชีงงานได้ แต่ขั้นตอนที่นำความรู้มาใช้นั้นขั้นตอนที่แตกต่างกันได้ แต่ขั้นตอนนั้นต้องครบถ้วน ซึ่ง คำกล่าวนี้เป็นช่วงการเตรียมการนำเสนอชิ้นงานเพื่อหาตัวแทนนำเสนอของแต่ละกลุ่ม

### 5. นำเสนอควบคุมการประเมิน

นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนการสร้างชิ้นงานที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra ที่ได้แล้วตรวจสอบขั้นตอนการสร้างของแต่ละกลุ่มซึ่งกลุ่มของนักเรียนที่มีขั้นตอนการสร้างที่ เหมือนกันร่วมกันอภิปรายซึ่งจะมีขั้นตอนที่แตกต่างกันเพียง 2 รูปแบบเสมอ แต่ขั้นตอนทุกขั้นตอน ปรากฏครบเหมือนกันทุกขั้นตอน ดังนั้นนักเรียนกลุ่มที่เหมือนกันร่วมกันนำเสนอความคิดของตนเอง การหาจุดไฟกัสของพาราโบลาแบบใช้การหาจุดกึ่งกลางสามารถหาได้รวดเร็วกว่าแสดงถึงการ เชื่อมโยงความรู้เก่าได้ดี แล้วนักเรียนจึงร่วมสรุปและยอมรับวิธีที่เร็ว และง่ายที่สุดเพื่อที่จะนำไปใช้ ซึ่งการนำเสนอนี้ใช้เวลาอันน้อยลงอย่างมาก

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3

ตาราง 7 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัด การเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
จุดประกายความคิด	-	-
สะกิดให้ค้นคว้า	นักเรียนไม่สามารถหาวิธีสร้าง เรขาคณิตวิเคราะห์ที่เป็นส่วนหนึ่ง ในการสร้างกราฟของภาคตัด กรวยได้	ผู้วิจัยควรทบทวนความรู้ในรูป ของนิยามให้เชื่อมโยงต่อการ นำมาปฏิบัติโดยสร้างจาก คำสั่งในโปรแกรม GeoGebra
นำพาสู่การปฏิบัติ	-	-
จัดองค์ความรู้	-	-

ตาราง 7 (ต่อ)

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
นำเสนอควบคู่การประเมิน	นักเรียนเปลี่ยนรูปแบบนำเสนอเป็นการโต้แย้งเกี่ยวกับขั้นตอนที่ดีที่สุดสำหรับการสร้าง	ผู้วิจัยควรให้คำชี้แจงว่าขั้นตอนบางขั้นตอนสามารถทำได้ บางขั้นตอนมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถทำได้ ถ้านักเรียนสรุปว่าดีที่สุดสำหรับขั้นตอนนี้เป็นเพียงดีที่สุดสำหรับการสร้างชิ้นงานจากกิจกรรมที่ผู้วิจัยนำมาให้ฝึกเท่านั้น

จากตาราง 7 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้จัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่พบในแต่ละขั้นตอนสำหรับพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### วงจรปฏิบัติการที่ 4 พาราโบลา

จากผลการสะท้อนการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อส่งเสริมความรู้อย่างเต็มในทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พาราโบลาที่มีจุดยอดไม่เป็นจุดกำเนิดกับสมการรูปทั่วไป เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับประเด็นคำถามในแต่ละขั้นตอนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งพยายามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหา จนเกิดความรู้เชิงขั้นตอนที่ได้มาซึ่งคำตอบโดยให้นักเรียนสร้างชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ดังนี้

##### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยได้พัฒนาคำถามกระตุ้นที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดโดยให้นักเรียนนำเสนอว่าโปรแกรม GeoGebra สามารถใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพาราโบลาได้อย่างไรอีกบ้าง



## 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยได้พัฒนาความซับซ้อนของตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนอยากค้นคว้าโดยการเปลี่ยนจุดยอดเป็นคู่อันดับต่าง ๆ จากเดิมที่จุดยอดเป็นจุดกำเนิดเสมอ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงและอธิบายเป็นขั้นตอนของการค้นคว้าความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่อง สมการพาราโบลา

## 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมก่อนเริ่มการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์เรื่องพาราโบลาโดย ทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการเลื่อนแกนทางขนาน เพราะความรู้เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่คือการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเลื่อนแกนทางขนานของจุดยอด แล้วจึงเริ่มสร้างชิ้นงานพาราโบลาในโปรแกรม GeoGebra

## 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตัดสินใจเลือกแนวคิดและขั้นตอนการสร้างที่ดีที่สุดของนักเรียนมาอธิบายขั้นตอนความรู้ในขั้นต่อไป

## 5. นำเสนอควบคู่การประเมิน

ผู้วิจัยพัฒนาการนำเสนอของนักเรียนจากชิ้นงานของนักเรียนโดยให้อิสระและรูปแบบการนำเสนอของแต่ละกลุ่มหรือถ้ามีขั้นตอนการสร้างที่เหมือนกันให้นักเรียนคิดวิธีนำเสนอชิ้นงานของตนเอง เช่น การสรรหาขั้นตอนที่ดีที่สุด โดยให้นักเรียนเป็นผู้เสนอ

### ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Action)

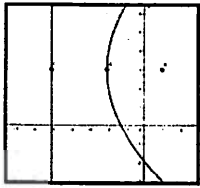
จากการวางแผนโดยนำผลการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาปรับปรุง และพัฒนา การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพขึ้น โดยจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พาราโบลา ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ต่อไปนี้

### 1. จุดประกายความคิด

ผู้วิจัยใช้คำถามโดยให้นักเรียนเสนอการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสร้างกราฟพาราโบลากระตุ้น เพื่อเป็นแนวทางในการแสวงหาความรู้นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการเป็นรูปพาราโบลา และให้นักเรียนสรุปส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรมและใช้  $(h,k)$  แทนจุดยอด และ  $c$  แทนระยะของโฟกัส

## 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมที่ 4.1 ให้กับนักเรียนทุกคน โดยให้นักเรียนวางแผนค้นคว้าทำใบกิจกรรม โดยมีขั้นตอนการหาคำตอบ ดังนี้

คำถาม	สร้างกราฟด้วยตนเอง	รูปกราฟจากโปรแกรม Geogebra
1. พาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่ (-2,3) มีโฟกัสอยู่ที่ (1,3)	รูปกราฟเกิดจากนักเรียนวาดด้วยตนเอง และลองเขียนสมการก่อนใช้โปรแกรม	 <p>สมการ <math>y^2 - 12x - 6y = 0</math></p>

## 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยสังเกตการทำงาน อภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองนักเรียนเขียนกราฟที่เห็นลงในใบกิจกรรมของรูปกราฟจากโปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องสมการ ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบกิจกรรมที่ 4.1 ข้อที่ 1 และให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย ที่ยังไม่เข้าใจ หากนักเรียนทุกคนไม่สงสัย หรือผู้วิจัยตอบคำถามทุกคนเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนทุกคนลองทำตามที่ได้เรียนผ่านมา ในขั้นตอนต่อไป

## 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยแจกใบกิจกรรม 4.2 สังเกตนักเรียนเป็นระยะจากการให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน 6 กลุ่ม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแต่ละข้อร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปครุสนทนากับนักเรียนแต่ละกลุ่ม ดังนี้

สมการพาราโบลา  $y^2 - 6y - 20x + 109 = 0$

ขั้นตอนจัดรูปสมการโดยใช้ความรู้สมการกำลัง 2 สมบูรณ์

$$y^2 - 6y - 20x + 109 = 0$$

$$(y^2 - 6y + 9) - 9 - 20x + 109 = 0$$

$$(y - 3)^2 - 20x + 100 = 0$$

$$(y - 3)^2 = 4(5x - 25)$$

ส่วนต่าง ๆ ของพาราโบลา

จุดยอดอยู่ที่ .....(5,3)..... แกนพาราโบลาคือ..... $y = 3$ .....

$c = \dots\dots 5 \dots\dots$  เป็นกราฟพาราโบลา.....เปิดทางขวา.... ดังนั้น จุดโฟกัสอยู่ที่.....(10,3)....

ไดเรกทริกซ์คือเส้นตรง ..... $x = 0$ ..... ลาดัสเรกต์มียาวเท่ากับ .....20.....

<b>สมการพาราโบลา</b>	<b>จัดรูปสมการ</b>
$y^2 = 20x$	จะได้ $y^2 = 4(5)x$

ส่วนต่าง ๆ ของพาราโบลา

1. จุดยอดอยู่ที่ (0,0)
2. แกนพาราโบลาคือแกน X
3.  $c = 5$  เป็นกราฟพาราโบลาเปิดทางขวา ดังนั้น จุดโฟกัสอยู่ที่ (5,0)
4. ไดเรกทริกซ์คือเส้นตรง  $x = -5$
5. ลาดัสเรกต์มียาวเท่ากับ  $|4(5)| = 20$

จากนั้นแจกใบกิจกรรม 4.3 โดยมีคำสั่ง ให้นักเรียนสร้างชิ้นงานผ่านโปรแกรม GeoGebra แล้ววางแผนการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ

#### 5. นำเสนอควบคุมการประเมิน

ผู้วิจัยและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายชิ้นงานที่ได้ โดยครูสุ่มเรียก นักเรียนจำนวน 6 คน (ตัวแทนกลุ่มละ 4 คนอธิบายขั้นตอนการคิด) การสร้างชิ้นงานแล้วครูช่วยพิจารณาขั้นตอนที่เหมือนแล้วให้ตัวแทนที่เหมือนร่วมกันอภิปรายระหว่างนำเสนอชิ้นงานทีละลำดับขั้นตอนที่นักเรียนแสดงกราฟที่สร้างขึ้น

#### ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ขั้นสังเกตการณ์เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนว ทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ (ครูประจำการ) และ เก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำใบกิจกรรมของนักเรียน โดยแสดงถึงสภาพบรรยากาศในชั้นเรียน รวมถึงปัญหาและอุปสรรคจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยจำแนกตามขั้นตอนดังนี้

#### 1. จุดประกายความคิด

จากการสังเกตนักเรียนได้เสนอการสร้างพาราโบลาจากการสะท้อนจุดเป็นการ สร้างรูปภาพโดยมีจุดยอดเดียวกันกลายเป็นรูปดอกไม้ซึ่งนักเรียนยังใช้จุดกำเนิดเป็นจุดยอด



เช่นเดิม ดังนั้นผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นต่อว่าถ้าย้ายจุดยอดจากรูปที่นักเรียนสร้างแล้วเพื่อนอยากทราบสมการที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างไรนักเรียนจะอธิบายเพื่อนอย่างไร นักเรียนเกิดข้อสงสัยว่าต้องมีการเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

## 2. สะกิดให้ค้นคว้า

ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมที่ 4.1 ให้กับนักเรียนทุกคน ซึ่งนักเรียนทราบทันทีว่าเป็นกิจกรรมการหารูปแบบของสมการพาราโบลาที่มีจุดยอดที่เกิดจากการเลื่อนแกนทางขนานเพราะกิจกรรมการสร้างองค์ความรู้ที่นักเรียนสามารถค้นหาความสัมพันธ์ได้เป็นอย่างดีแล้ว จากคำกล่าวของนักเรียนที่ว่า "ใบกิจกรรมสรุปรูปแบบการสร้างความสัมพันธ์ของกราฟพาราโบลาแต่เปลี่ยนจาก คู่อันดับ ศูนย์ ศูนย์ เป็น คู่อันดับ  $h$   $k$ "

## 3. นำพาสู่การปฏิบัติ

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และอภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองจากโปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนเดิมคำตอบในช่องสมการนักเรียนได้แลกเปลี่ยนและอธิบายขั้นตอนการแก้สมการและการวิเคราะห์ รูปแบบสมการเพื่อเติมคำตอบในส่วนต่าง ๆ ของพาราโบลาได้อย่างเป็นขั้นตอน โดยที่นักเรียนอธิบายโดยเริ่มจากการจัดรูปสมการโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับแสดงสมการรูปทั่วไป จากนั้นจึงอุปนัยได้รูปสมการทั่วไปของพาราโบลาได้

## 4. จัดองค์ความรู้

ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมนักเรียนทำงานกลุ่มพบว่านักเรียนทุกกลุ่มจะมีคนตั้งคำถามจากใบกิจกรรมและจะมีคนตอบปัญหาพร้อมทั้งสมาชิกกลุ่มจะเห็นด้วยกับข้อเสนอหรือแย้งข้อเสนอนั้นแล้วแสดงขั้นตอนอีกขั้นตอนพร้อมทั้งให้เหตุผลอธิบายแล้วลงข้อสรุปแล้วนำข้อสรุปไปสร้างชิ้นงาน ยกตัวอย่าง การตั้งคำถามเพื่อนว่า "แกนพาราโบลาคืออะไร" คำตอบของสมาชิกจะได้ว่า "ดูจากรูปสมการว่าเป็นกราฟพาราโบลาเปิดทางขวา ดังนั้นแกนพาราโบลา คือ แกน  $x$  เพราะแกน  $x$  เป็นแกนที่ผ่านจุดโฟกัสและจุดยอดของกราฟพาราโบลา" และมีคนเห็นด้วยพร้อมทั้งจดบันทึกและสร้างชิ้นงาน จากคำสั่งในใบกิจกรรม 4.3 ได้ทันเวลาและเขียนขั้นตอนเพื่อเตรียมนำเสนอ โดยนักเรียนอธิบายว่า นักเรียนสร้างชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้นเกิดจากการความเข้าใจในส่วนต่าง ๆ ของกราฟที่ต้องการสร้างดังนั้น นักเรียนต้องเข้าใจเกี่ยวกับนิยามของกราฟนั้น ๆ ซึ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องเริ่มจากขั้นตอนของเพื่อนกลุ่มอื่นก็สามารถสร้างชิ้นงานได้ แต่ขั้นตอนที่นำความรู้มาใช้ในส่วนที่แตกต่างกันได้ แต่ขั้นตอนนั้นต้องครบถ้วน ซึ่งคำกล่าวนี้เป็นช่วงการเตรียมการนำเสนอชิ้นงานเพื่อหาตัวแทนนำเสนอของแต่ละกลุ่ม

### 5. นำเสนอควบคู่การประเมิน

นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนการสร้างชิ้นงานที่ได้จากโปรแกรม GeoGebra ที่ได้แล้วตรวจสอบขั้นตอนการสร้างของแต่ละกลุ่มซึ่งกลุ่มของนักเรียนที่มีขั้นตอนการสร้างที่เหมือนกันร่วมกันอภิปรายซึ่งนักเรียนเสนอการตรวจสอบขั้นตอนว่ามีครบทุกขั้นตอนหรือไม่ถึงแม้ว่าจะเรียงลำดับขั้นตอนการสร้างที่แตกต่างก็ตาม โดยนักเรียนให้เหตุผลว่าขั้นตอนเริ่มแตกต่างกันอย่างไร แต่เมื่อมีครบทุกขั้นตอนและสามารถแสดงการคิดที่ถูกต้องได้มาซึ่งคำตอบที่เหมือนกันสามารถบอกได้ว่าการสร้างชิ้นงานตามคำสั่งนั้นถูกต้องด้วย โดยการนำเสนอนักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องและประเมินชิ้นงานของตนเอง และกลุ่มเพื่อนได้และไม่ตัดสินว่ากลุ่มใดมีขั้นตอนไม่ถูกต้อง

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยพบปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 4

ตาราง 8 สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 4

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
จุดประกายความคิด	-	-
สะกิดให้ค้นคว้า	-	-
นำพาสู่การปฏิบัติ	นักเรียนศึกษาความรู้เชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับรูปสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่ $(h,k)$ เพื่อนำมาทำใบกิจกรรมดั่งนั้น จึงเขียนสมการรูปมาตรฐานได้ทันที	ผู้วิจัยควรปรับใบกิจกรรมเปลี่ยนวิธีการสร้างองค์ความรู้เพื่อให้เกิดความรู้เชิงมโนทัศน์ในรูปแบบอื่น ๆ ที่หลากหลาย
จัดองค์ความรู้	-	-
นำเสนอควบคู่การประเมิน	-	-

เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย แล้วพบว่า มีประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ ดังต่อไปนี้

### ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด

ครูควรใช้คำถามกระตุ้นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงแล้วแสดงให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของที่มาแล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ของความรู้เชิงมโนทัศน์ ที่แสดงถึง หลักการ ทฤษฎี ความสัมพันธ์ หรือแบบรูป โดยใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่ยกตัวอย่างของการนำไปใช้แก้ปัญหาซึ่งนักเรียนจะนำไปใช้ได้อย่างมีขั้นตอน

### ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า

ครูนำเสนอโปรแกรม GeoGebra ที่สามารถเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ซึ่งมีหน้าที่รับคำสั่งแล้วแสดงผลเพื่อค้นหาองค์ความรู้ จากการทดลองในคำสั่งต่าง ๆ เพื่อเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ นักเรียนสามารถมองเห็นแบบรูปที่เกิดจากการทำซ้ำ โดยโปรแกรม GeoGebra ได้ อีกทั้งยังต้องใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนในการใช้งานจึงทำให้นักเรียนเกิดความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งสองด้านพร้อมกับการค้นคว้าอีกด้วย

### ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ

ครูควรให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยมีใบกิจกรรมเป็นเครื่องมือ ลักษณะเป็นการสร้างแบบรูป รูปสมการทั่วไปเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ได้มาจากการสังเกต วิเคราะห์โดยเป็นกิจกรรมเดี่ยวและใช้เทคโนโลยีโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือที่แสดงถึงความถูกต้อง เพื่อให้นักเรียนค้นคว้า นักเรียนแต่ละคนปฏิบัติเร็วและช้าต่างกัน นักเรียนจึงต้องเตรียมข้อสรุปเพื่ออภิปรายกับเพื่อนต่อไป

### ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้

ครูควรให้นักเรียนนำความรู้ข้อสรุปที่ได้จากความรู้ใหม่มาสร้างชิ้นงานเพื่อเห็นถึงความรู้เชิงขั้นตอนที่แตกต่าง และหลากหลายจากความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่ต้องปรากฏขึ้นพร้อมกัน

### ขั้นที่ 5 นำเสนอควบคู่การประเมิน

ครูควรให้นักเรียนอธิบาย นำเสนอขั้นตอนในรูปแบบต่าง ๆ ไม่เพียงแต่เขียนในใบกิจกรรม เพราะการตรวจใบกิจกรรมของครูอาจเป็นการเข้าใจของครูไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่นักเรียนจะสื่อความหมายอีกทั้งยังสามารถประเมินและซักถามเพิ่มเติมได้ทันทีเพื่อให้ครบถ้วนต่อความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียน



ตอนที่ 2 ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอน โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นักเรียนจะได้เรียนรู้การสร้างองค์ความรู้และทำใบกิจกรรมโดยการสร้างสรค์ผ่านชิ้นงานเป็นกลุ่ม หลังจากที่ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 4 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนจะได้ทำแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนเป็นรายบุคคล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนโดยใช้จากชิ้นงานที่สร้างจากคำสั่งในใบกิจกรรม และแบบประเมินใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยพิจารณาจากข้อคำถามในใบกิจกรรมที่วัดระดับความรู้เชิงขั้นตอนและรู้เชิงมโนทัศน์ มีรายละเอียดจำแนกตามวงจรปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

#### 1.1 วงจรปฏิบัติการที่ 1

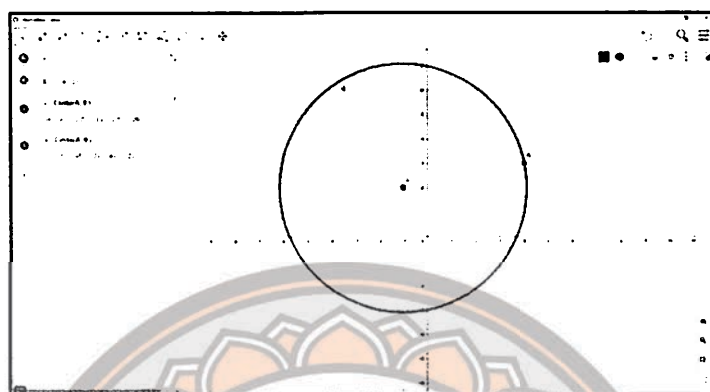
ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนในใบกิจกรรมที่ 1.3 โดยนักเรียนสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังตาราง

ตาราง 9 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนจากใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	2 (33.33)	2 (33.33)	2 (33.33)	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	2 (33.33)	3 (50.00)	1(16.67)	-

จากข้อมูลในตาราง 9 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง จำนวน

ระดับละ 2 กลุ่มและความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมาก จำนวน 3 กลุ่ม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังภาพ 1



1. จงหาความชันที่สั้นที่สุดซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(-1, 2)$  และผ่านจุด  $(4, 3)$

วิธีตอบครับ

1. หา  $(h, k) = (-1, 2)$

2. หา  $r$

$$\sqrt{(-1-4)^2 + (2-3)^2} = \sqrt{25+1} = \sqrt{26}$$

3. หา  $r$

$$\text{สมการ } (x+1)^2 + (y-2)^2 = 26$$

4. หามโนทัศน์โปรแกรม

ภาพ 2 แสดงการเขียนขั้นตอนการสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่มนักเรียน

จากภาพที่ 2 นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์โดยบอก กฎ ทฤษฎี ความสัมพันธ์ของสมการวงกลมได้จากการใช้องค์ความรู้ความสัมพันธ์ระหว่างจุดศูนย์กลาง และรัศมี โดยมีความรู้เชิงขั้นตอนที่อธิบายการหาจุดศูนย์กลาง และรัศมี นำไปสู่การปฏิบัติสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียนจากใบกิจกรรม ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ประกอบด้วย ใบกิจกรรมที่ 1.1-1.3 เน้นการสร้างองค์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนในแต่ละด้านแสดงดังภาพที่ 1 พบว่า นักเรียนแต่ละคนทำความเข้าใจการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อสร้างกราฟวงกลม หรือนำส่วนประกอบของวงกลมมาสร้างวงได้หลายรูปแบบโดยมีขั้นตอนที่ต่างกันแต่สามารถสร้างกราฟวงกลม รวมทั้งสามารถระบุขั้นตอนการสร้างและวิธีแก้ปัญหาได้ ส่งผลให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้

ความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(0,0)$  และ  $(h,k)$  พร้อมทั้งเขียนกราฟได้ โดยการสร้างองค์ความรู้จากการปฏิบัติได้จริงโดยการเขียนสมการวงกลมในใบกิจกรรม โดยความรู้เชิงขั้นตอน คือนักเรียนอธิบายขั้นตอนการสร้างได้ถูกต้องจากการนำเสนอการสร้างวงกลมโดยโปรแกรม GeoGebra ในใบกิจกรรมที่ 1.3 ดังภาพ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาตามขั้นตอน โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1.หาส่วนประกอบที่ใช้สร้างวงกลม เช่น รัศมีและเส้นผ่านศูนย์กลาง 2. พิจารณาว่าควรเริ่มสร้างจากส่วนใดและเลือกคำสั่งใด นักเรียนบางกลุ่มเลือกใช้สร้างจากคำสั่งโดยใช้ วงกลมจากจุดศูนย์กลางถึงจุดใดบนวงกลม แต่นักเรียนอีกกลุ่มใช้ขั้นตอนการคำนวณสมการแล้วนำมากรอกในส่วนของสมการ นั้นหมายความว่า นักเรียนมีขั้นตอนการสร้างจากส่วนประกอบคำสั่งของโปรแกรม GeoGebra ระหว่างกราฟวงกลม และอีกขั้นตอนคือการนำความสัมพันธ์ระหว่างสมการและกราฟมาใช้ เนื่องจากนักเรียนบางส่วนสะท้อนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนพบว่านักเรียนบางมีความรู้พื้นฐานเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ที่เป็นอย่างดีแล้วจึงสามารถหาความสัมพันธ์จากตำรามาตอบใบกิจกรรมไม่ได้เกิดจากการทดลองทำซ้ำดูตัวอย่างแล้วสามารถคิดสรุปองค์ความรู้ได้เองเกี่ยวกับความรู้เชิงมโนทัศน์ เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสมการวงกลมและกราฟได้ แต่ใบกิจกรรมสามารถนำไปสู่การได้มาซึ่งมโนทัศน์ที่ว่าสมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และรัศมียาว  $r$  หน่วย คือ  $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$  เรียกสมการนี้ว่า รูปแบบมาตรฐานของสมการวงกลมเพื่อสร้างมโนทัศน์ที่เกิดจากการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน

## 1.2 วงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานโดมิโน ดังตาราง

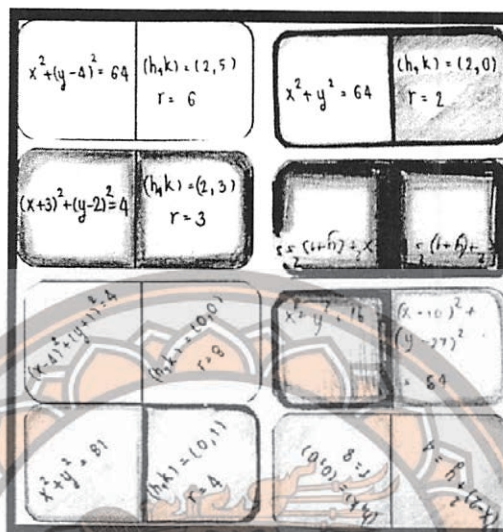
ตาราง 10 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากในกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 2

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	4 (66.67)	2 (33.33)	-	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	3 (50.00)	2 (33.33)	1(16.67)	-

จากข้อมูลในตาราง 10 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 4 กลุ่มและความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 กลุ่ม ระดับ มาก จำนวน 2 กลุ่ม และ ปานกลาง 1 กลุ่มทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการสร้างชิ้นงานโดมิโนจากความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังภาพ 2



กลุ่ม และ ปานกลาง 1 กลุ่มทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการสร้างชิ้นงานโดมิโนจากความรู้อิงเชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน ดังภาพ 2



ภาพ 3 แสดงชิ้นงานโดมิโนของกลุ่มนักเรียน

จากภาพที่ 3 เป็นการสร้างชิ้นงานโดมิโนโดยเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการหาความสัมพันธ์โดยใช้มโนทัศน์จุดศูนย์กลางและรัศมี สร้างความสัมพันธ์โดยแต่ละกลุ่มจะมีความสัมพันธ์ประมาณ 4-5 แบบเพื่อสร้างและสร้างได้หลากหลาย เช่น จุดศูนย์กลาง (2,3) โดยสัญลักษณ์ (h,k) รัศมี 8 โดยสัญลักษณ์ r แสดงถึงความรู้เชิงมโนทัศน์กับการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และความสัมพันธ์เป็นสมการได้ 2 รูปแบบ คือ  $(x-2)^2 + (y-3)^2 = 8^2$  และ  $x^2 + y^2 - 4x - 6y - 77 = 0$  อยู่ในระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียนจากใบกิจกรรม ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ประกอบด้วย ใบกิจกรรมที่ 2.1-1.2 เน้นการสร้างองค์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนในแต่ละด้าน พบว่า นักเรียนแต่ละคนทำความเข้าใจการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อสร้างกราฟวงกลม หรือนำส่วนประกอบของวงกลมมาสร้างวงได้หลายรูปแบบโดยมีขั้นตอนที่ต่างกันโดยนำมาสร้างเป็น โดมิโน โดยใช้ความรู้เรื่องกราฟวงกลม ทั้งสามารถระบุขั้นตอนการสร้างและวิธีแก้เล่นกติกาก็ได้ ส่งผลให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน ตามลำดับ สำหรับความรู้เชิงมโนทัศน์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อมีจุดศูนย์กลางตามที่ตนเองกำหนดพร้อมทั้งเขียนสมการทั้งในรูปแบบสมการทั่วไป และสมการรูปมาตรฐานได้ ซึ่งในการสร้างองค์ความรู้จากการปฏิบัติได้

ส่วนประกอบที่ใช้สร้างวงกลม เช่น รัศมีและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตนกำหนด 2.พิจารณาว่าควรเริ่มสร้างจำนวนชุดที่มีความสัมพันธ์กัน นักเรียนบางกลุ่มเลือกใช้สร้างจากสมการรูปทั่วไป การคิดที่มีการลำดับความสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์ส่วนประกอบกับสมการรูปทั่วไป หรือสมการรูปทั่วไปและสมการรูปมาตรฐาน เนื่องจากนักเรียนบางส่วนสะท้อนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนพบว่านักเรียนบางคนมีไม่เข้าใจการนำมาสร้างต้องการกติกายที่ตายตัวเรื่องความสัมพันธ์ว่าควรชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์เพียง 2 สิ่งว่าด้วยลำดับชั้นต้องสัมพันธ์จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงกลมไปจนถึงความสัมพันธ์ในรูปสมการมาตรฐาน นั่นคือแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนที่นักเรียนคิดเกี่ยวกับการสร้างชิ้นงานด้วยความรู้เชิงมโนทัศน์ เกี่ยวกับสมการวงกลมและกราฟอย่างชัดเจน

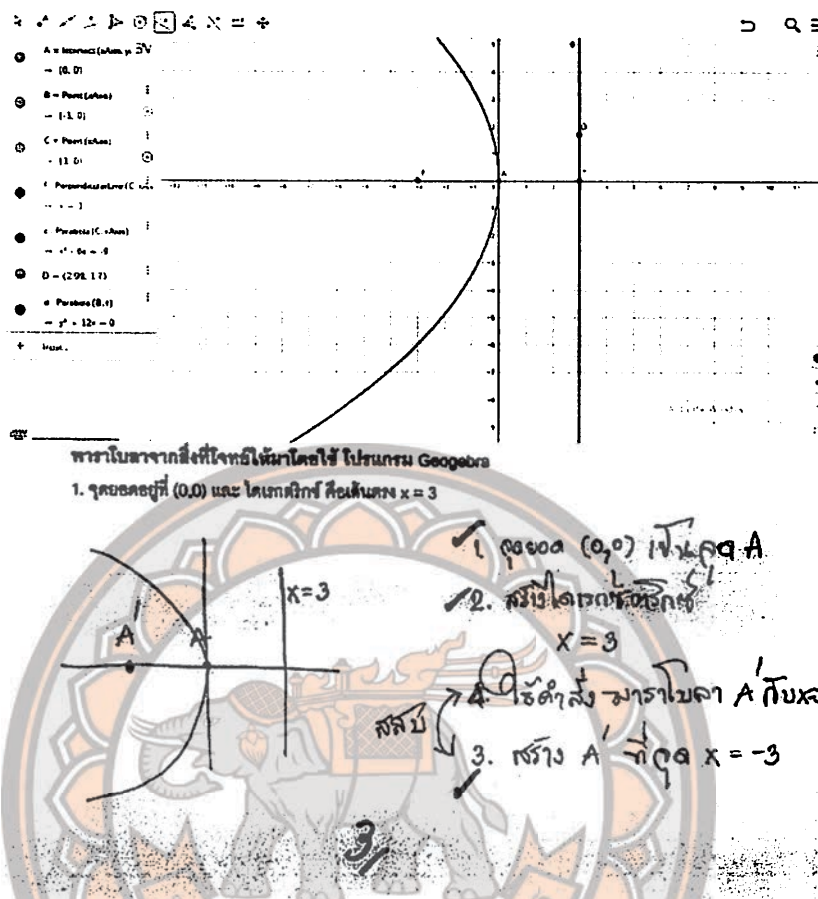
### 1.3 วงจรปฏิบัติการที่ 3

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนในใบกิจกรรมที่ 3.3 โดยนักเรียนสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังตาราง

ตาราง 11 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 3

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	5 (83.33)	1 (16.67)	-	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	4 (66.67)	2 (33.33)	-	-

จากข้อมูลในตาราง 11 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 5 กลุ่มคิดเป็นร้อยละ 83.33 และความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 4 กลุ่ม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังภาพ 3



ภาพ 4 แสดงการเขียนขั้นตอนการสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่มนักเรียน

จากภาพที่ 4 นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์โดยบอก กฎ ทฤษฎี ความสัมพันธ์ของสมการพาราโบลาได้จากการใช้องค์ความรู้ความสัมพันธ์ระหว่างจุดยอด และเส้นไคเรกตริกซ์ โดยมีความรู้เชิงขั้นตอนที่อธิบายการหาจุดยอด และเส้นไคเรกตริกซ์ นำไปสู่การปฏิบัติสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียนจากใบกิจกรรม ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ประกอบด้วย ใบกิจกรรมที่ 3.1-3.3 เน้นการสร้างองค์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนในแต่ละด้าน พบว่า นักเรียนแต่ละคนทำความเข้าใจการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อสร้างกราฟพาราโบลา หรือนำส่วนประกอบของพาราโบลามาสร้างวงได้หลายรูปแบบโดยมีขั้นตอนที่ต่างกันแต่สามารถสร้างกราฟพาราโบลา รวมทั้งสามารถระบุขั้นตอนการสร้างและวิธีแก้ปัญหาได้ ส่งผลให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอนตามลำดับ สำหรับความรู้เชิงมโนทัศน์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นพาราโบลาเมื่อที่มีจุดยอดอยู่ที่จุด (0,0) และ (h,k) พร้อมทั้งเขียนกราฟได้ โดยการสร้าง



องค์ความรู้จากการปฏิบัติได้จริงโดยการเขียนสมการพาราโบลาในใบกิจกรรมโดยความรู้เชิงขั้นตอน คือนักเรียนอธิบายขั้นตอนการสร้างได้ถูกต้องจากการนำเสนอการสร้างวงกลมโดยโปรแกรม GeoGebra ในใบกิจกรรมที่ 3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาตามขั้นตอน โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1.หาส่วนประกอบที่ใช้สร้างพาราโบลา ค่า c เช่น จุดยอด จุดโฟกัส เส้นไคเรตริกซ์ 2. พิจารณาว่าควรเริ่มสร้างจากส่วนใดและเลือกคำสั่งใด นักเรียนบางกลุ่มเลือกใช้สร้างจากคำสั่งโดยใช้ พาราโบลาระหว่างเส้นไคเรตริกซ์กับจุดตามนิยามที่นักเรียนสร้างองค์ความรู้ในใบกิจกรรมที่ 3.1 ซึ่งนักเรียนทุกคนใช้ขั้นตอนเดียวกันนี้เนื่องจากเป็นนิยามของพาราโบลาที่ พาราโบลาเกิดจากเซตของจุดใด ๆ ที่มีระยะห่างระหว่างเส้นและจุดเท่ากันเสมอ นักเรียนมีขั้นตอนการสร้างจากส่วนประกอบคำสั่งของโปรแกรม GeoGebra ระหว่างกราฟพาราโบลา เนื่องจากนักเรียนบางส่วนสะท้อนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนพบว่านักเรียนบางมีความรู้พื้นฐานเรื่องพาราโบลาเกี่ยวกับทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างสมการพาราโบลาและกราฟพาราโบลาแต่ไม่ได้ลงมือสร้างใช้ความจำเท่านั้นแต่การได้นำมาสร้างชิ้นงานผ่านโปรแกรม GeoGebra ได้สร้างองค์ความรู้ที่สามารถอธิบายผู้อื่นได้เป็นขั้นตอนว่าการเกิดกราฟพาราโบลาเป็นอย่างไร จากคำพูดของนักเรียนที่ว่า “จุดใด ๆ บนพาราโบลา ระยะทางระหว่างเส้นต้องตั้งฉากเสมอแล้วจุดนั้นระยะที่มายังจุดก็ต้องเท่ากันอีกด้วย”

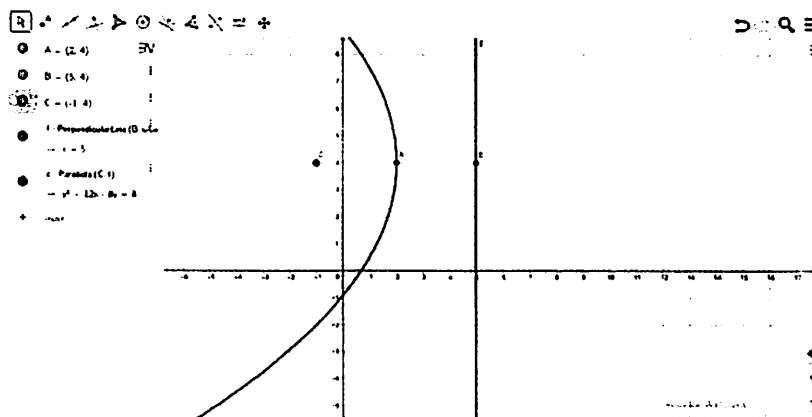
#### 1.4 วงจรปฏิบัติการที่ 4

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนในใบกิจกรรมที่ 4.3 โดยนักเรียนสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ดังตาราง

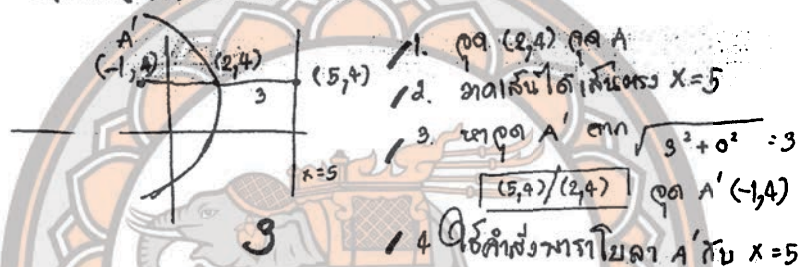
ตาราง 12 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 4

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	5 (83.33)	1 (16.67)	-	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	6 (100)	-	-	-

จากข้อมูลในตาราง 12 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 5 กลุ่มและความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 6 กลุ่มทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังภาพ



พาราโบลาจากสิ่งทีเจอทำให้มาโดยใช้ โปรแกรม Geogebra  
 1. จุดโฟกัสอยู่ที่ (2,4) และ ไดรเรกทริกซ์ คือเส้นตรง  $x = 5$



ภาพ 5 แสดงการเขียนขั้นตอนการสร้างกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่มนักเรียน

จากภาพที่ 5 นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์โดยบอก กฎ ทฤษฎี ความสัมพันธ์ของสมการพาราโบลาได้จากการใช้องค์ความรู้ความสัมพันธ์ระหว่างจุดยอด และเส้นไดเรกทริกซ์ โดยมีความรู้เชิงขั้นตอนที่อธิบายการหาจุดยอด และเส้นไดเรกทริกซ์ นำไปสู่การปฏิบัติสร้างชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ชิ้นงานของนักเรียนจากใบกิจกรรม ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ประกอบด้วย ใบกิจกรรมที่ 4.1- 4.3 เน้นการสร้างองค์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนในแต่ละด้าน พบว่า นักเรียนแต่ละคนทำความเข้าใจการใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อสร้างกราฟพาราโบลา หรือนำส่วนประกอบของพาราโบลามาสร้างได้หลายรูปแบบโดยมีขั้นตอนที่ต่างกันแต่เมื่อนักเรียนตรวจสอบระหว่างกลุ่มนักเรียนมีขั้นตอนทุกขั้นเหมือนกันเพียงแต่ลำดับขั้นตอนสร้างแตกต่างกัน รวมทั้งสามารถระบุขั้นตอนการสร้างและวิธีแก้ปัญหาได้ ส่งผลให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการสร้างความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน ตามลำดับ สำหรับความรู้เชิงมโนทัศน์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นพาราโบลาเมื่อที่มีจุดยอดอยู่ที่จุด (h,k) พร้อมทั้งเขียนกราฟได้ โดยการสร้างองค์ความรู้จากการปฏิบัติได้จริง โดยการเขียนสมการพาราโบลาในใบกิจกรรมโดยความรู้เชิงขั้นตอน คือนักเรียนอธิบายขั้นตอนการ

สร้างได้ถูกต้องจากการนำเสนอการสร้างวงกลมโดยโปรแกรม GeoGebra ในใบกิจกรรมที่ 4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาตามขั้นตอน โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1.หาส่วนประกอบที่ใช้สร้างพาราโบลา ค่า  $c$  เช่น จุดยอดที่เกิดจากการเลื่อนแกนขนาน จุดโฟกัส เส้นไดเรกทริกซ์ 2. พิจารณาว่าควรเริ่มสร้างจากส่วนใดและเลือกคำสั่งใด นักเรียนบางกลุ่มเลือกใช้สร้างจากคำสั่งโดยใช้ พาราโบลาระหว่างเส้นไดเรกทริกซ์กับจุดตามนิยามที่นักเรียนสร้างองค์ความรู้ในใบกิจกรรมที่ 4.1 ซึ่งนักเรียนทุกคนใช้ขั้นตอนเดียวกันนี้เนื่องจากเป็นนิยามของพาราโบลาที่ พาราโบลาเกิดจากเซตของจุดใด ๆ ที่มีระยะห่างระหว่างเส้นและจุดเท่ากันเสมอ นักเรียนมีขั้นตอนการสร้างจากส่วนประกอบคำสั่งของโปรแกรม GeoGebra ระหว่างกราฟพาราโบลา เนื่องจากนักเรียนบางส่วนสะท้อนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนพบว่านักเรียนบางมีความรู้พื้นฐานเรื่องพาราโบลาเกี่ยวกับทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างสมการพาราโบลาแต่เมื่อพิจารณาเพื่อหาค่าที่แน่นอนจากการคำนวณโดยใช้ความรู้เดิมจากการเลื่อนแกนขนานโดยนักเรียนต้องหาคำตอบจากการคำนวณกำลังสองสมบูรณ์แล้วนำมาสร้างชิ้นงานผ่านโปรแกรม GeoGebra เพื่อแสดงความรู้ที่สามารถอธิบายผู้อื่นได้เป็นขั้นตอนว่ากราฟพาราโบลาสามารถป้อนสมการในโปรแกรม หรือสร้างรูปตามคำสั่งแบบพิจารณาที่ละขั้นตอนนั้นแสดงถึงความรู้เชิงมโนทัศน์และอธิบายเป็นขั้นตอนของการคิดที่ชัดเจน

ผู้วิจัยสรุปผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากใบกิจกรรมที่นักเรียนทำระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ดังตาราง

ตาราง 13 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับความรู้เชิงมโนทัศน์

วงจรปฏิบัติการที่	จำนวนกลุ่มนักเรียนจำแนกตามระดับ ของความรู้เชิงมโนทัศน์(ร้อยละ)			
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1	2 (33.33)	2 (33.33)	2 (33.33)	-
2	4 (66.67)	2 (33.33)	-	-
3	5 (83.33)	1 (16.67)	-	-
4	5 (83.33)	1 (16.67)	-	-

จากข้อมูลในตาราง 13 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์ของกลุ่มนักเรียนในการสร้างชิ้นงาน พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับมาก จำนวน 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33



และ ระดับปานกลาง จำนวน 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียน มีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 4 กลุ่ม จากระดับเดิมคือ มาก 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 66.67 และ มีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมาก จำนวน 2 กลุ่ม จากระดับเดิมคือ ปานกลาง 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 5 กลุ่ม จากระดับเดิมคือ มาก 1 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 83.33 ในระดับเดิมคือ ระดับปานกลาง จำนวน 1 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 16.67 และ ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนทุกกลุ่มมีการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมาก อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 5 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 83.33 ระดับปานกลาง จำนวน 1 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 16.67 เช่นเดิม ดังนั้น เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์ดีขึ้นตามวงจรปฏิบัติการ

ตาราง 14 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับความรู้เชิงขั้นตอน

วงจรปฏิบัติการที่	จำนวนกลุ่มนักเรียนจำแนกตามระดับ ของความรู้เชิงขั้นตอน(ร้อยละ)			
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1	2 (33.33)	3 (50.00)	1 (16.67)	-
2	3 (50.00)	2 (33.33)	1 (16.67)	-
3	4 (66.67)	2 (33.33)	-	-
4	6 (100)	-	-	-

จากข้อมูลในตาราง 14 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงขั้นตอนของกลุ่มนักเรียนในการสร้างชิ้นงาน พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 ระดับมาก จำนวน 3 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 50.00 และ ระดับปานกลาง จำนวน 1 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 16.67 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 3 กลุ่ม จากระดับเดิมคือ มาก 3 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 50.00 และ ระดับปานกลาง จำนวน 1 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 16.67 คงที่ในระดับเดิม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 4 กลุ่ม จากระดับเดิมคือ มาก 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 และระดับมากจำนวน 2 กลุ่ม จากระดับเดิมคือ ปานกลาง 1 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 และ ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนทุกกลุ่มมีการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมาก อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 100 ดังนั้น เมื่อ

พิจารณาโดยรวม พบว่า กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนที่ขึ้นตามวงจรปฏิบัติการ

2. ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

หลังการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ระดับความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนของนักเรียน จำแนกตามข้อคำถาม ดังนี้

### 2.1 ข้อคำถาม " จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้ "

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังตาราง

ตาราง 15 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน จากข้อคำถาม "จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้"

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	26 (86.67)	4 (13.33)	-	
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	20 (66.67)	10 (33.33)	-	

จากข้อมูลในตาราง 15 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนพบว่า นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 26 คน ระดับมาก 4 คนและความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 20 คน และมาก 10 คนทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนดังตัวอย่าง ข้อคำถาม " จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้ " จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (0,0) และ เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 20 หน่วย คำถามข้อนี้ ต้องการให้นักเรียนใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป  $x^2 + y^2 = r^2$  ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ (0,0) และรัศมียาว  $r$  และสมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และมีรัศมียาว  $r$  หน่วย มีรูปแบบมาตรฐานของสมการวงกลมคือ  $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$  และต้องการให้นักเรียนเขียนอธิบายความรู้เชิงขั้นตอนว่ามีขั้นตอนเป็นอย่างไร จากการตรวจแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายได้เป็นขั้นตอนครบถ้วนและชัดเจนแต่มีบางส่วนที่เขียนเฉพาะ

คำตอบสั้น ๆ เพื่อแสดงคำตอบเพียงอย่างเดียวไม่อธิบายขั้นตอนแต่ยังคงมีขั้นตอนที่ครบถ้วนซึ่งมีรายละเอียดดังภาพ

1.2. จุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(0,0)$  และเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 20 หน่วย  
 $(h,k) = (0,0)$  ,  $r = \frac{20}{2} = 10$   
 $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$   
 $x^2 + y^2 = 10^2$   
 $x^2 + y^2 = 100$  #

ภาพ 6 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

จากภาพ 6 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์จากการเขียนบรรทัดที่ 2 ที่เขียนรูปสมการมาตรฐานของวงกลมจัดรูปสมการในรูปสมการทั่วไป ซึ่งความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากการหารัศมีจากเส้นผ่านศูนย์กลางหารด้วย 2 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมากที่สุด

2.2 ข้อคำถาม "จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อต่อไปนี้"

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังตาราง

ตาราง 16 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน จากข้อคำถาม "จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อต่อไปนี้"

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	27 (90.00)	3 (10.00)	-	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	25 (83.33)	5 (16.67)	-	-

จากข้อมูลในตาราง 16 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนพบว่า นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 27 คน ระดับมาก 3 คนและความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 25 คน และมาก 5 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนดังตัวอย่าง ข้อ "จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อต่อไปนี้" สมการ  $x^2 + y^2 - 8x + 10y + 5 = 0$  คำถาม



ข้อนี้ ต้องการให้นักเรียนใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และมีรัศมียาว  $r$  หน่วย มีรูปแบบมาตรฐานของสมการวงกลมคือ  $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$  และต้องการให้นักเรียนเขียนอธิบายความรู้เชิงขั้นตอนว่ามีขั้นตอนเป็นการจัดรูปโดยใช้ความรู้เดิมในการจัดรูปกำลังสองสมบูรณ์ และพิจารณาในการหาส่วนต่างของวงกลมจากการตรวจแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายได้เป็นขั้นตอนครบถ้วนและชัดเจน เพื่อแสดงการคำนวณที่ครบถ้วนซึ่งมีรายละเอียดดังภาพ

2.3.  $x^2 + y^2 - 8x + 10y + 5 = 0$   
 $(x-4)^2 - 16 + (y-5)^2 - 25 = -5$   
 $(x-4)^2 + (y-5)^2 = 36$   
 $r = 6$   
 $(h, k) = (4, 5)$

ภาพ 7 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

จากภาพ 7 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์จากการเขียนรูปสมการมาตรฐานของวงกลมจากการจัดรูปสมการในรูปสมการทั่วไป ซึ่งความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากการใช้วิธีการจัดรูปสมการด้วยสมการกำลังสองสมบูรณ์แล้ววิเคราะห์หาคำถามจากสมการได้รัศมีและจุดศูนย์กลางอีกทั้งเขียนกราฟตามคำสั่งแต่ส่วนประกอบในกราฟไม่ครบถ้วนซึ่งจัดอยู่ในระดับมากที่สุด

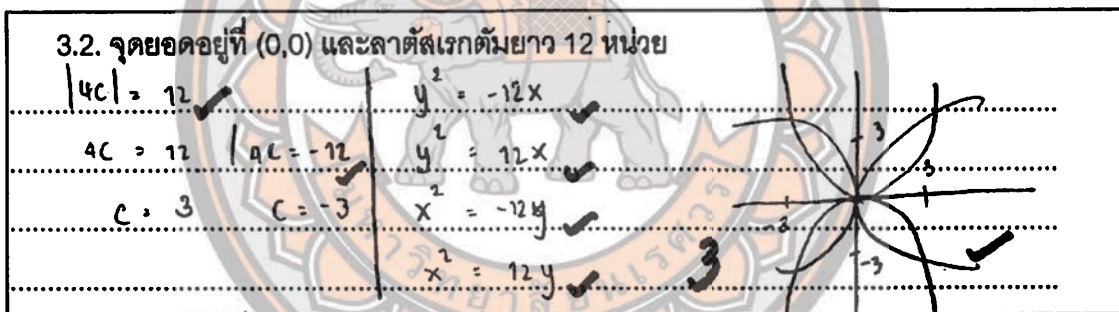
2.3 ข้อคำถาม "จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียนกราฟ"

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังตาราง

ตาราง 17 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน จากข้อคำถาม "จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียนกราฟ"

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	25 (83.33)	5 (16.67)	-	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	25 (83.33)	5 (16.67)	-	-

จากข้อมูลในตาราง 17 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน พบว่า นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 25 คน ระดับมาก 5 คน และความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 25 คน และมาก 5 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนดังตัวอย่าง "จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียนกราฟ" จุดยอดอยู่ที่ (0,0) และลาตัสเรกตัมยาว 12 หน่วย คำถามข้อนี้ ต้องการให้นักเรียนใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป ซึ่งมีกราฟเป็นพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และมีระยะจากจากจุดโฟกัสถึงจุดยอด  $c$  หน่วย มีรูปแบบมาตรฐานของสมการพาราโบลาคือ  $(x-h)^2=4c(y-k)$  และต้องการให้นักเรียนเขียนอธิบายความรู้เชิงขั้นตอนว่ามีขั้นตอนเป็นการหา  $(h,k)$  และ  $c$  เพื่อแทนค่าในสมการจากการตรวจแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายได้เป็นขั้นตอนครบถ้วนและชัดเจน เพื่อแสดงการคำนวณที่ครบถ้วนซึ่งมีรายละเอียดดังภาพ



ภาพ 8 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

จากภาพ 8 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์จากการเขียนรูปสมการมาตรฐานของพาราโบลาจากการแทนค่าในรูปสมการทั่วไป ซึ่งความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากการใช้วิธีการหาค่า  $c$  ได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 2 ค่าแล้วแทนค่าลงในรูปสมการที่สามารถเป็นได้ทั้งหมดทั้ง 4 สมการจากโจทย์และวาดกราฟเพื่อตอบคำถามถูกต้องครบถ้วน ซึ่งจัดอยู่ในระดับมากที่สุด

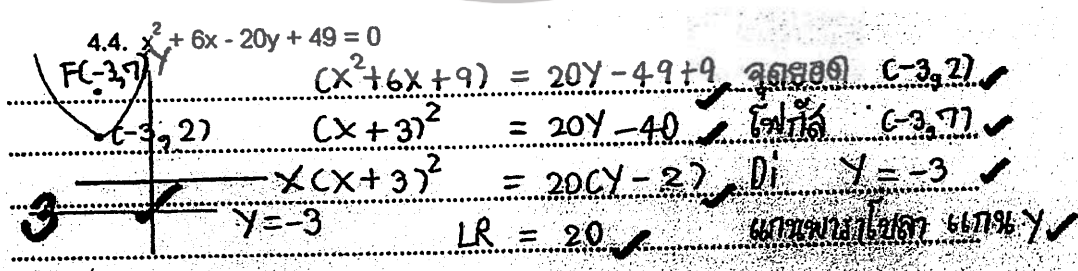
2.4 ข้อคำถาม "จงหาจุดยอด โฟกัส ไตเรกตริกซ์ แกนพาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ "

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนจากแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ดังตาราง

ตาราง 18 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน จากข้อคำถาม "จงหาจุดยอด ไฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกนพาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ "

ความรู้คณิตศาสตร์	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย
1. ความรู้เชิงมโนทัศน์	28 (93.33)	2 (6.67)	-	-
2. ความรู้เชิงขั้นตอน	29 (96.67)	1 (3.33)	-	-

จากข้อมูลในตาราง 18 เมื่อพิจารณาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน พบว่า นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์อยู่ในระดับมากที่สุดจำนวน 28 คน ระดับมาก 2 คนและความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 29 คน และมาก 1 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการเขียนตอบที่ชี้ให้เห็นความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนดังตัวอย่าง "จงหาจุดยอด ไฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกนพาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ "  $x^2+6x-20y+49 = 0$  คำถามข้อนี้ ต้องการให้นักเรียนใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป ซึ่งมีกราฟเป็นพาราโบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และมีระยะจากจากจุดไฟกัสถึงจุดยอด  $c$  หน่วย มีรูปแบบมาตรฐานของสมการพาราโบลา คือ  $(x-h)^2=4c(y-k)$  และต้องการให้นักเรียนเขียนอธิบายความรู้เชิงขั้นตอนว่ามีขั้นตอนเป็นการจัดรูปโดยใช้ความรู้เรื่องสมการกำลังสอง กำลังสองสมบูรณ์ แล้ววิเคราะห์ค่าในสมการเพื่อหาส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์ต้องการ จากการตรวจแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายได้เป็นขั้นตอนครบถ้วนและชัดเจน เพื่อแสดงการคำนวณที่ครบถ้วนซึ่งมีรายละเอียดดังภาพ



ภาพที่ 9 แสดงคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน

จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์จากการเขียนรูปสมการมาตรฐานของพาราโบลาจากการนักเรียนเขียนอธิบายความรู้เชิงขั้นตอนว่ามีขั้นตอนเป็นการจัดรูปโดยใช้ความรู้เรื่องสมการกำลังสอง กำลังสองสมบูรณ์ แล้ววิเคราะห์ค่าในสมการเพื่อหาส่วนต่าง ๆ



ที่โจทย์ต้องการ ซึ่งความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากการใช้วิธีการวาดกราฟเพื่อพิจารณาว่าเป็น พาราโบลาหงายเพราะมีค่า  $c = 5$  แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าเพื่อหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 4 คำตอบที่โจทย์ต้องการ ซึ่งจัดอยู่ในระดับมากที่สุด

ดังนั้น ผลการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการ สร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ภาพรวมพบว่า ใน ระหว่างการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มนักเรียนมีการพัฒนาระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอนขึ้นตามลำดับของแผนการจัดการเรียนรู้ และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความรู้เชิง มโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนเป็นรายบุคคลหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียน ส่วนใหญ่มีระดับความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุดและไม่มีนักเรียน คนใดอยู่ในระดับปานกลาง และน้อย แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทาง เดียวกัน



## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนด้วยการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาผลการพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนสำหรับนักเรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จำนวน 30 คน ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ วงกลม และพาราโบลา โดยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องวงกลมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 และเรื่องพาราโบลาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เป็นเนื้อหาที่มีมโนทัศน์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสมการกับกราฟซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน จุดประกายความคิด สกัดให้ค้นคว้า นำพาสู่การปฏิบัติ จัดองค์ความรู้ นำเสนอควบคู่การประเมิน โดยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ช่วยพัฒนาความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวยทั้ง 4 วงจรมีประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ ดังต่อไปนี้

### ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด

ครูควรนำเสนอกิจกรรมสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้นักเรียนแต่ละคนต้องการอยากทราบความรู้เชิงมโนทัศน์ทันทีเพื่อนำไปแก้โจทย์ปัญหาเพื่อทำแบบทดสอบตามการเรียนแบบบรรยายดั้งเดิม แต่เมื่อครูกระตุ้นความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีแสดงความรู้เชิงมโนทัศน์ในรูปแบบการสร้างสรรค์ชิ้นงานนักเรียนจึงพยายามเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนในลักษณะที่แปลกไปจากเดิม นักเรียนสามารถตอบคำถาม หาส่วนประกอบเรียนรู้การใช้คำสั่ง ในส่วนของโปรแกรม GeoGebra ได้

### ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า

ครูควรนำเสนอโปรแกรม GeoGebra ให้นักเรียนใช้คำสั่งสร้างกราฟวงกลมเพื่อค้นหาสมการของกราฟวงกลมนั้น ๆ แล้วนักเรียนสามารถบอกได้ว่าคำสั่งนั้นนักเรียนต้องรู้ส่วนประกอบหลักคือรัศมีความรู้เชิงมโนทัศน์นักเรียนสามารถสร้างได้จากการนำรัศมีมาพิจารณาสมการวงกลม และได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองนั้นนักเรียนบางคนสามารถเขียนความรู้เชิงมโนทัศน์ของเรื่องนั้นได้ทันที เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์ของวงกลมมาแล้วครูจึงได้ปรับกิจกรรมให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ที่ต้องนำความรู้ไปใช้สร้างชิ้นงานโดยโปรแกรม GeoGebra ได้เป็นอย่างดีและมีลำดับขั้นตอน

### ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ

ครูควรให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยมีใบกิจกรรมเป็นเครื่องมือลักษณะเป็นการสร้างแบบรูป รูปสมการทั่วไปเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ได้มาจากการสังเกตวิเคราะห์โดยเป็นกิจกรรมเดี่ยวและใช้เทคโนโลยีโปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือที่แสดงถึงความถูกต้อง เพื่อให้ นักเรียนค้นคว้า นักเรียนแต่ละคนปฏิบัติเร็วและช้าต่างกัน นักเรียนจึงต้องเตรียมข้อสรุปเพื่ออภิปรายกับเพื่อนต่อไป

### ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้

ครูควรให้นักเรียนนำความรู้ข้อสรุปที่ได้จากความรู้ใหม่มาสร้างชิ้นงานเพื่อเห็นถึงความรู้เชิงขั้นตอนที่แตกต่าง และหลากหลายจากความรู้เชิงมโนทัศน์ที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่ต้องปรากฏขึ้นพร้อมกัน

### ขั้นที่ 5 นำเสนอควบคุมการประเมิน

ครูควรให้นักเรียนอธิบาย นำเสนอ ขั้นตอนในรูปแบบต่าง ๆ ไม่เพียงแต่เขียนใบกิจกรรมเพราะการตรวจใบกิจกรรมของครูอาจเป็นการเข้าใจของครูไม่เป็นไปตามขั้นตอนที่นักเรียน



จะสื่อความหมายอีกทั้งยังสามารถประเมินและซักถามเพิ่มเติมได้ทันทีเพื่อให้ครบถ้วนต่อความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียน

2. ผลการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. การวิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากการสร้างชิ้นงานตามคำสั่งใบกิจกรรมที่นักเรียนทำในระหว่างการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นว่าจำนวนกลุ่มนักเรียนที่จำแนกตามระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนดีขึ้นจากระดับปานกลางเป็นระดับมาก และระดับมากที่สุด ตามลำดับของวงจรปฏิบัติการ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรมพบว่าคำสั่งในใบกิจกรรมการสร้างโดมิโนนักเรียนนำความรู้เชิงมโนทัศน์ไปใช้มากกว่าความรู้เชิงขั้นตอน กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถอธิบายลำดับการสร้างที่เลือกความสัมพันธ์สมการที่ง่ายโดยมีขั้นตอนเพียงเล็กน้อยเพื่อนำมาสร้างโดมิโน เนื่องจากนักเรียนต้องการโดมิโนที่ง่ายต่อการเชื่อมความสัมพันธ์จึงอาศัยเพียงความรู้ความจำเพื่อมาสร้างชิ้นงานเพื่อให้นักเรียนสร้างชิ้นงานให้เสร็จเท่านั้น ซึ่งชิ้นงานที่สร้างโดยโปรแกรม GeoGebra สามารถให้นักเรียนใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์อย่างมีขั้นตอนดีขึ้น

2. การวิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนที่นักเรียนทำหลังการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนอยู่ในระดับมากที่สุด และมาก ตามลำดับ และไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในระดับปานกลาง และน้อย

#### อภิปรายผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ทำให้เข้าใจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนและแก้ปัญหา ตลอดจนการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัยโดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นผู้วิจัยและผู้สังเกตการณ์การจัดการเรียนรู้จะสังเกตพฤติกรรม

การจัดการเรียนรู้และบันทึกข้อมูลเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และนำผลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จนครบทั้งสี่วงจรปฏิบัติการ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra แต่ละขั้นตอนมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องดังนี้

### ขั้นที่ 1 จุดประกายความคิด

การกระตุ้นคิด โดยใช้กิจกรรมวิธีการหรือสื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย โสภา พรพรรณ ชื่นทองคำ (2555) ที่กล่าวว่า ครูใช้กิจกรรมวิธีการหรือสื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแนวทางในการแสวงหาความรู้ไปสู่ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ โดยเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถนำมาใช้เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพเป็นรูปธรรม เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของกราฟสอดคล้องกับ อินทิตรา ลิ้มวิวัฒนา (2557) ที่กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra มีความสามารถที่จะจัดการกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับจำนวน เวกเตอร์ และจุด อีกทั้งยังสามารถ ใช้หาอนุพันธ์ ปริพันธ์ของฟังก์ชัน และการบิอนค่าสิ่งต่าง ๆ

### ขั้นที่ 2 สะกิดให้ค้นคว้า

การใช้กิจกรรมคำถามสามารถทำให้นักเรียนสร้างพฤติกรรม การค้นคว้า ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หลักการ กฎ ความสัมพันธ์ จากหัวข้อเพื่อหาข้อมูล สอดคล้องกับ รินรดี พรวิริยะสกุล (2557) ที่กล่าวว่า ใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจชวนให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า หาคำตอบด้วยตนเอง โดยมีเครื่องมือ เทคโนโลยี ที่เป็นเครื่องมือสำหรับกิจกรรมค้นคว้าเพื่อทำความเข้าใจความรู้ทางคณิตศาสตร์นี้คือ โปรแกรม GeoGebra สอดคล้องกับ สสวท. (2560) กล่าวว่า GeoGebra จะทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นไปที่การทำทำความเข้าใจ กับแนวคิดและหลักการทางคณิตศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจ ตั้งข้อสังเกตและคาดการณ์

### ขั้นที่ 3 นำพาสู่การปฏิบัติ

การใช้กิจกรรมโดยจดบันทึก หาความสัมพันธ์ ทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งเป็นกลุ่มเป็นรายบุคคลจนเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์แล้วนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นตอนสอดคล้องกับ ไพโรจน์ ชินศิริประภา (2550) ที่กล่าวว่า นักเรียนเรียนด้วยการลงมือทำสิ่งสำคัญคือต้องมีการจดบันทึกและสรุปสิ่งที่เรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนโดยเครื่องมือที่สามารถนำมาสร้างการฝึกปฏิบัติใช้สร้างองค์ความรู้เพื่อหาความรู้ นั่นคือ โปรแกรม GeoGebra สอดคล้องกับ ปิยะวุฒิ ศรีชนะ (2556) ที่กล่าวว่าโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งาน มีสีสันสวยงาม เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้

นักเรียนสามารถมองเห็นภาพกราฟ อสมการเชิงเส้น และกราฟระบบอสมการเชิงเส้นได้อย่างถูกต้องทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่สำคัญของความรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

#### ขั้นที่ 4 จัดองค์ความรู้

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยผ่านกระบวนการคิด ลงมือทำ ตรวจสอบและนำผลไปปรับปรุงสามารถทำให้นักเรียนมีความรู้เชิงมโนทัศน์และนำความรู้นั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับ วินรดี พรวิริยะสกุล (2557) ที่กล่าวว่า ควรมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้โดยสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ โดยเครื่องมือที่เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานนั้น คือโปรแกรม GeoGebra จะช่วยลดเวลาใน ของการใช้เทคโนโลยี สอดคล้องกับ สสวท. (2560) ที่กล่าวว่าควรจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ สามารถปฏิบัติงานได้หลากหลายตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพการคำนวณ และลดขั้นตอนการคำนวณ ทำให้นักเรียนมีเวลาใน การคิดวิเคราะห์ พิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ

#### ขั้นที่ 5 นำเสนอควบคุมการประเมิน

การฝึกให้นักเรียนให้รู้จักการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ ในด้านผลงาน ความคิด วิธีการ และข้อเสนอแนะสามารถแสดงถึงการความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ซึ่งให้นักเรียนวางแผนในการนำเสนอความรู้ผลงานของตนเองอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยเทคนิควิธีต่างๆ สอดคล้องกับ อินทิรา ลิ้มวิวัฒนา และ ไพโรจน์ เบาใจ (2557) ที่กล่าวว่า กิจกรรมการนำเสนอ เป็นกิจกรรมเพื่อสะท้อนกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาองค์ความรู้ของตนเองของนักเรียน โดยเมื่อนักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีนำเสนอผลงานเป็นการแลกเปลี่ยนที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ สสวท. (2560) ที่กล่าวว่า การใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารจะทำให้ การสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นประโยชน์ในการพัฒนา ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

2. ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวิเคราะห์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนจากการใช้เครื่องมือทั้งสองชนิด ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการจัดการเรียนรู้ของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนดังนี้



ความรู้เชิงมโนทัศน์ดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการสร้างชิ้นงาน เนื่องจากชั้นนำพาสู่การปฏิบัติ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือที่จะทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนทำความเข้าใจ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มและภายในชั้นเรียน จนเกิดองค์ความรู้ใหม่ ส่งผลให้ความรู้เชิงมโนทัศน์ของนักเรียนมีพัฒนาการที่ดี และพบว่าความรู้เชิงมโนทัศน์ของนักเรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ วรรณิกา ชาญพิชญญาพรวัฒน์ (2559) และ Ziden, Zakaria and Othman (2012). ที่กล่าวว่า การสอนโดยเทคโนโลยี จะทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจ กับแนวคิดและหลักการทางคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ ตั้งข้อสังเกตและคาดการณ์

2. ความรู้เชิงขั้นตอนนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เชิงขั้นตอนจากการทำแบบทดสอบตั้งแต่ระดับมากขึ้นไป และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปัญหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ และลดลงเกี่ยวกับการแก้ปัญหา จากโจทย์ที่ให้ข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากขึ้นซึ่งต้องใช้มโนทัศน์จากความรู้เดิมจึงส่งผลให้นักเรียนบางคนไม่สามารถหากฎวิธีและขั้นตอนเพื่อหาคำตอบทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนขึ้นนั้นได้ เมื่อเทียบกับปัญหาเพียงใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ในเรื่องที่กำลังศึกษาอยู่ อย่างไรก็ตามในชั้นจัดองค์ความรู้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้การสร้างชิ้นงานจากโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนดังกล่าวและสะท้อนผลหลังตรวจชิ้นงานในแต่ละครั้ง ทำให้นักเรียนอธิบายกฎวิธีและขั้นตอนได้ตรงประเด็น จึงส่งผลต่อพัฒนาการทางความรู้เชิงขั้นตอนที่อยู่ในระดับมากขึ้นไป สอดคล้องกับวินรดี พรวิริยะสกุล (2557) และ Zengin, Furkan and Kutluca (2012) ที่กล่าวว่า GeoGebra สามารถที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นพัฒนาความรู้เชิงขั้นตอนได้

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.1 ครูควรตั้งค่าเบื้องต้นโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนแต่ละคนเพื่อให้แสดงผลในทิศทางเดียวกัน

1.2 ครูผู้สอนควรออกแบบใบกิจกรรมในส่วนของข้อคำสั่งเพื่อสร้างชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ด้วยขั้นตอนที่หลากหลาย ทำทนาย และ ซับซ้อน เพื่อให้เรียนรู้แนวคิดที่มีขั้นตอนที่หลากหลาย

## 2. เสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาความสามารถในการสร้าง กราฟ 2 มิติ 3 มิติ จากเทคโนโลยีทางคณิตศาสตร์ เช่น โปรแกรม GeoGebra โปรแกรม GSP ฯลฯ
2. ควรศึกษาความสัมพันธ์ของความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนของความรู้ทางคณิตศาสตร์



## บรรณานุกรม

- กมลวรรณ ตังธนภานนท์. (2551). กลยุทธ์การพัฒนาและการขับเคลื่อนการพัฒนาคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของนักเรียนโดยใช้เครือข่ายวิจัยการศึกษา: ภาคกลางตอนล่างกลุ่ม 2 และกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- จริญญา ไศลบาท. (2554). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านเขาหินตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism). วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2554). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชัยอนันต์ สมุทวณิช (2542). การคิดแบบสร้างสรรค์และการทำแผนที่ทางความคิด. กรุงเทพมหานคร: วชิราวุธวิทยาลัย.
- ทิตนา แชมมณี. (2545). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แชมมณี. (2547). ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธเนศ ขำเกิด. (2548). การสร้างสรรค์ความรู้ตามทฤษฎี Constructionism. วารสารเทคโนโลยี (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น). ปีที่ 31 ฉบับที่ 176. ธ.ค.47-ม.ค.48.
- นาดยา ปิลันธนานนท์. (2545). จากมาตรฐานสู่ชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- น้อยศรี เคท. (2547). คุณภาพหลากหลายที่ได้จากการเรียนรู้คณิตศาสตร์. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- บุปผชาติ ทัพทิกกรณ์ และคณะ. (2544). ความรู้เกี่ยวกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- ปริญญา ทองสอน ฉลอง ทับศรี และวิจิต สุรัตน์เรืองชัย. (2549). การพัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้อตามแนวปฏิรูปโดยใช้ทฤษฎี Constructionism สำหรับโรงเรียนในจังหวัดระยอง. รายงานการวิจัย. ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.



- ปิยะวุฒิ ศรีชนะ. (2556). ชุดการเรียนรู้การสอนเรื่องกำหนดการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาบัณฑิต สาขา วิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พารณ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2548). คุณภาพชีวิตในสังคมฐานความรู้ (Knowledge Based Society) ด้วยทฤษฎีการสร้างสรรคด้วยปัญญา (Constructionism) ตอนที่1 ใน นิตยสารคน. กรุงเทพมหานคร: สมาคมการจัดการงานบุคคลแห่งประเทศไทย.
- พิสุทธิ ยงทางเรือ. (2559). ผลการเรียนรู้โดยใช้แนวความคิดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยโปรแกรมจีโอจีบร้า เรื่อง ภาคตัดกรวย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี การสอน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ไพโรจน์ ชินศิริประภา. (2550). สนุก สุขใจ ได้ปัญญา. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิไทยคม.
- รสอุบล ธรรมพานิชวงศ์. (2545). ผลของการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์และการดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพมหานคร .ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชามัธยมศึกษาจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- รัศมี พรหมแสนปง. (2552). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ GSP สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, กรุงเทพมหานคร.
- รินรดี พรวิริยะสกุล (2557). การวิจัยและพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวความคิด การศึกษาผ่านการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการออกแบบการเรียน การสอนของนักศึกษาครู. ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิตภาควิชาหลักสูตรและการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรสันต์ อินธิสาร. (2547). ผลของการพัฒนามโนทัศน์ทางเรขาคณิต และเจตคติต่อการ เรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- วราภา วงษานนท์. (2557). การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ ปัญหาเรื่องรูปเรขาคณิตสามมิติและปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya .วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

- วรรณิกา ชาณูพิชญาพรวัฒน์, ภูมิพงศ์ จอมหงส์พิพัฒน์ และเพลินพิศ ธรรมรัตน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นฐานร่วมกับแนวคิดคอนสตรัคชันนิสซึมเพื่อเสริมสร้างทักษะกระบวนการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). เอกสารโครงสร้างหลักสูตรห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์มาตรฐานสากล ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพุทธศักราช 2555 ฉบับปรับปรุง. มปป.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555 ก). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: 3-คิวมีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พ.ย. 2561. เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th>.
- สัมพันธ์ พันธุ์พุกษ์. (2561). ผลออกแล้ว GAT – PAT คะแนนเฉลี่ยไม่ถึงครึ่ง เติลนิวออนไลน์. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 256. เข้าถึงได้จาก <https://www.msn.com/th-th/news/national>.
- สมเกียรติ พาบุ. (2558). การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- โสภณ ผลประพฤติ. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบโครงงานบนเครือข่ายตามแนวทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/กรุงเทพฯ.
- โสภภาพรรณ ชื่นทองคำ.(2550). การใช้กระบวนการ 5 s ตามทฤษฎี Constructionism พัฒนาการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์. ผลงานทางวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษภาคเหนือตอนบน.
- สุชิน เพ็ชรักษ์. (2544). รายงานการวิจัยเรื่องกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สถาบัน เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาแห่งชาติสทศ.

- อธิภูมิ พาสงศ์. (2559). การใช้โปรแกรม GeoGebraประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MATเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ วท.ม.สาขาวิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีการสอน. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- อลิสรา ชมชื่น. (2550). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยการบูรณาการทฤษฎีการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์การสื่อสาร และการให้เหตุผล เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคนอง. (2547). คณิตศาสตร์: ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อการพัฒนา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคนอง. (2552). รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ และคำถามระดับสูง. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- อัมพร ม้าคนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์. (2545). เทคโนโลยีการศึกษาหลักการและแนวคิดสู่ปฏิบัติ. สงขลา. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- อินทรีรา ลิ้มวิวัฒนา และ ไพโรจน์ เบาใจ. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวทางกระบวนการสร้างสรรค์ด้วยปัญญาเพื่อสร้างเสริมความรู้ทางคณิตศาสตร์. ปรินญาวิทยาสาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยบูรพา.
- อุทิศ บำรุงชีพ. (2551). รูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บ ตามแนวคอนสตรัคชันนิซึม เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*. Basic Books. New York: Harper Collins Publishers, Inc.
- Papert, S. (1999). Introduction: What is Logo? And Who Need It? In *Logo Philosophy and Implementation*. LCSI.



- Zengin,Y., Furkan,H. and Kutluca,T. (2012). The effect of dynamic mathematics software geogebra on student achievement in teaching of trigonometry. Journal of Procedial and Behavioral Sciences, Vol. 13, 2012, pp.183-187.
- Ziden, A., Zakaria, F, and Othman, A. (2012). Effectiveness of AutoCAD 3D Software as a Learning Support Tool. Journal of Engineering Education, Vol. 7, No. 2, 2012, pp.4-12.





ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย หัวข้อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ด้วยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์

ดร.ภัทรีณี คงชู

อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ สาขาคณิตศาสตร์ และสถิติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา

ดร.วรินทร์ สุภาพ

อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น  
ในโรงเรียน

นายอนัน เดชขุนทด

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร



ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย

ตาราง 19 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย

รายการ	ระดับความคิดเห็น				ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับผล การเรียนรู้	4.00	4.00	4.33	4.00	4.17	0.19	มาก
1.2 สอดคล้องกับ สาระสำคัญ	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	มาก
1.3 ครอบคลุมด้าน ความรู้เชิง มโนทัศน์	4.00	4.00	4.33	4.00	4.08	0.17	มาก
1.4 ครอบคลุมด้าน ความรู้เชิงขั้นตอน	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	0.00	มาก
1.5 ครอบคลุมด้าน ทักษะกระบวนการ	4.33	4.33	4.33	4.33	4.42	0.17	มาก
1.6 ครอบคลุมด้าน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	3.67	4.00	3.67	3.67	4.00	0.47	มาก
	ค่าเฉลี่ย				4.07	0.11	มาก

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการ	ระดับความคิดเห็น				ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4			
<b>1.2. ด้านสาระการเรียนรู้</b>							
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	4.33	4.67	4.67	4.50	0.19	มากที่สุด
2.2 มีความถูกต้อง	4.33	4.33	4.33	4.33	4.42	0.17	มาก
2.3 เหมาะสมกับเวลา	3.67	4.33	4.33	4.33	4.17	0.33	มาก
	ค่าเฉลี่ย				4.36	0.23	มาก
<b>3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับแนวทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	0.00	มาก
3.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	0.00	มาก
3.3 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	0.00	มาก
3.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.33	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	มาก
	ค่าเฉลี่ย				4.25	0.00	มาก

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการ	ระดับความคิดเห็น				ผลการประเมิน		
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
<b>4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้</b>							
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	4.33	4.67	4.67	4.50	0.19	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.33	4.33	4.33	4.33	4.42	0.17	มาก
4.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย				44.44	0.17	มาก
<b>5. ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	4.67	4.33	4.33	4.42	0.17	มาก
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.00	4.33	4.00	4.00	4.08	0.17	มาก
5.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.00	4.33	4.00	4.33	4.25	0.17	มาก
5.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน	4.00	4.33	4.00	4.33	4.25	0.17	มาก
	ค่าเฉลี่ย				4.25	0.17	มาก
	ค่าเฉลี่ยทุกด้าน				4.27	0.13	มาก



**ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี  
การสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra  
เรื่อง ภาคตัดกรวย  
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วงกลม  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง แบบประเมินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค้ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

เรื่อง วงกลมฉบับนี้ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมิน  
เพื่อพิจารณาความเหมาะสมตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้  
โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน  
ซึ่งระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<b>1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ					
1.3 ครอบคลุมด้านความรู้เชิงมโนทัศน์					
1.4 ครอบคลุมด้านความรู้เชิงขั้นตอน					
1.5 ครอบคลุมด้านทักษะกระบวนการ					
1.6 ครอบคลุมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
<b>2. ด้านสาระการเรียนรู้</b>					
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2.2 มีความถูกต้อง					
2.3 เหมาะสมกับเวลา					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<b>3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
3.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับแนวทฤษฎีการ สร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม Geogebra					
3.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้เชิงมโนทัศน์และ ความรู้เชิงขั้นตอน					
3.3 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา					
3.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน					
<b>4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้</b>					
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
4.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
<b>5. ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้</b>					
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
5.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม					
5.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน					

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....  
 .....

ลงชื่อ ..... ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ....

ภาคผนวก ค แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโน

ทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน เรื่อง ภาคตัดกรวย

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโน

ทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน เรื่อง ภาคตัดกรวย

ที่	รายการ	ข้อสอบ บข้อที่	ระดับความคิดเห็น			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	จงหาสมการวงกลม ที่มี สมบัติดังต่อไปนี้	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมี ของวงกลมพร้อมทั้งเขียน กราฟในแต่ละข้อต่อไปนี้	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	หาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่กำหนดให้ ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียน กราฟ	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	จงหาจุดยอด โฟกัส ไดเรกทริกซ์ แกนพาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จาก สมการพาราโบลาใน แต่ละข้อต่อไปนี้	1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ค่า IOC มากกว่า 0.6 ขึ้นไป ถือว่าแบบทดสอบวัดวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิง  
ขั้นตอน เรื่อง ภาคตัดกรวย มีความตรงเชิงเนื้อหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้สามารถ  
นำไปใช้ได้



ตัวอย่างแบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์  
และความรู้เชิงขั้นตอน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ภาคตัดกรวย  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง แบบประเมินแบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน  
เรื่อง ภาคตัดกรวย ฉบับนี้ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมิน  
เพื่อพิจารณาความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยทุกจุดประสงค์การเรียนรู้วัด  
ความรู้เชิงมโนทัศน์ควบคู่กับความรู้เชิงขั้นตอนทุกข้อ  
โดยใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

คะแนน +1 ถ้าเห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน -1 ถ้าไม่เห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ การเรียนรู้	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1. บอกความสัมพันธ์ที่มี กราฟเป็นวงกลมเมื่อมี จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (0,0)	จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติ ดังต่อไปนี้ จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (0,0) และรัศมียาว 3 หน่วย				
	จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติ ดังต่อไปนี้ จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (0,0) และเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 20 หน่วย				
2. บอกความสัมพันธ์ที่มี กราฟเป็นวงกลมเมื่อมี จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (h,k)	จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติ ดังต่อไปนี้ จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (-1,2) และวงกลมผ่านจุด (4,3)				
	จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติ ดังต่อไปนี้ จุดศูนย์กลางอยู่ที่ (3,-4) และเส้นรอบวงยาว $12\pi$ หน่วย				
	จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติ ดังต่อไปนี้ รัศมี 2 หน่วย และวงกลม สัมผัสกับเส้นตรง $y = 5$ ที่จุด (3,5)				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
3. หาส่วนต่าง ๆ ของ วงกลมเมื่อกำหนด ความสัมพันธ์ของกราฟ วงกลมให้ได้	จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของ วงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อ ต่อไปนี่ $x^2 + y^2 - 64 = 0$				
	จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของ วงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อ ต่อไปนี่ $x^2 + y^2 + 6y - 7 = 0$				
	จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของ วงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อ ต่อไปนี่ $x^2 + y^2 - 8x + 10y + 5 = 0$				
4. เขียนสมการวงกลม เมื่อกำหนดความสัมพันธ์ ของกราฟวงกลมให้ได้	จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของ วงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อ ต่อไปนี่ $4x^2 + 4y^2 + 12x - 16y - 11 = 0$				
	จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของ วงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อ ต่อไปนี่ $x^2 + y^2 - 2x + 8y + 16 = 0$				
	จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่ กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียน กราฟ จุดยอดอยู่ที่ (0,0) และโฟกัสอยู่ที่ (6,0)				
5. บอกความสัมพันธ์ที่มี กราฟเป็นพาราโบลาที่ เมื่อมีจุดยอดอยู่ที่ (0,0) พร้อมทั้งเขียน กราฟได้	จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่ กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียน กราฟจุดยอดอยู่ที่ (0,0) และลาตัสแรก ตัวยาว 12 หน่วย				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
6. บอกความสัมพันธ์ที่มี กราฟเป็นพาราโบลาที่ เมื่อมีจุดยอดอยู่ที่ (h,k) พร้อมทั้งเขียน กราฟได้	จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่ กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียน กราฟ จุดยอดอยู่ที่ (1,2) และโฟกัสอยู่ ที่ (5,2)				
	จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่ กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียน กราฟ โฟกัสอยู่ที่ (1,3) และ ไดเรกทริกซ์ คือ เส้นตรง $y = -3$				
	จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่ กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียน กราฟจุดยอดอยู่จุดกำเนิดแกน พาราโบลาอยู่บนเส้นตรง $y=0$ และ ระยะระหว่างโฟกัสกับไดเรกทริกซ์ เท่ากับ 8 หน่วย				
7. หาส่วนต่าง ๆ ของ พาราโบลาเมื่อกำหนด ความสัมพันธ์ของ พาราโบลาให้ได้	จงหาจุดยอด โฟกัส ไดเรกทริกซ์ แกน พาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จากสมการ พาราโบลาในแต่ละข้อต่อไปนี้ $y^2 - 8x = 0$				
	จงหาจุดยอด โฟกัส ไดเรกทริกซ์ แกน พาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จากสมการ พาราโบลาในแต่ละข้อต่อไปนี้ $x^2 + 12y = 0$				



จุดประสงค์ การเรียนรู้	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
7. หาส่วนต่าง ๆ ของ พาราโบลาเมื่อกำหนด ความสัมพันธ์ของ พาราโบลาให้ได้	จงหาจุดยอด โฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกน พาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จากสมการ พาราโบลาในแต่ละข้อต่อไปนี้ $y^2 - 2y - 16x + 33 = 0$				
	จงหาจุดยอด โฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกน พาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จากสมการ พาราโบลาในแต่ละข้อต่อไปนี้ $x^2 + 6x - 20y + 49 = 0$				
	จงหาจุดยอด โฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกน พาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จากสมการ พาราโบลาในแต่ละข้อต่อไปนี้ $x^2 + 10y + 5y + 30 = 0$				

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้เชี่ยวชาญ  
(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ....

## ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน
2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
3. ใบกิจกรรม
4. แบบประเมินใบกิจกรรม
5. แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์ และความรู้เชิงขั้นตอน



### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

รายวิชา คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 31203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่ 3 เรขาคณิตวิเคราะห์ เรื่อง ภาคตัดกรวย เวลา 12 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงกลม เวลา 3 ชั่วโมง ครูผู้สอน นางสาวอริสา แก้วทิพย์

#### สาระสำคัญ

วงกลม (circle) คือ เซตของจุดทุกจุดบนระนาบซึ่งอยู่ห่างจากจุดคงที่จุดหนึ่งบนระนาบ เป็นระยะเท่ากันจุดคงที่นี้เรียกว่า จุดศูนย์กลางของวงกลม และระยะทางที่เท่ากัน เรียกว่า รัศมีของวงกลม

ความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป  $x^2 + y^2 = r^2$  ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(0,0)$  และรัศมียาว  $r$  หน่วย เรียกสมการนี้ว่า สมการของวงกลม

สมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และมีรัศมียาว  $r$  หน่วย มีรูปแบบมาตรฐานของสมการวงกลมคือ  $(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$

#### ผลการเรียนรู้

บอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อกำหนดส่วนต่าง ๆ ของวงกลมให้ได้

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(0,0)$  พร้อมทั้งเขียนกราฟได้
2. บอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  พร้อมทั้งเขียนกราฟได้
3. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมายได้
4. นำความรู้และทักษะการใช้เทคโนโลยีประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ได้
5. นำเสนอชิ้นงานได้อย่างชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์

#### ชิ้นงาน/ภาระงาน

##### ชิ้นงาน

ใบกิจกรรมที่ 1.1 –1.2 (ชิ้นงานเดี่ยว)

ใบกิจกรรมที่ 1.3 (ชิ้นงานกลุ่ม)

##### ภาระงาน

นำเสนอชิ้นงานจากใบกิจกรรมที่ 1.3 (ภาระงานกลุ่ม)



## การวัดและการประเมินผล

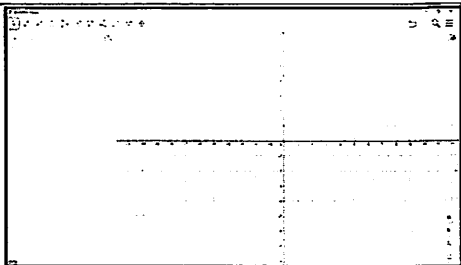
จุดประสงค์	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. บอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) พร้อมทั้งเขียนกราฟได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1.1	ใบกิจกรรม และแบบประเมินใบกิจกรรม 1.1	ผ่านเกณฑ์อย่างน้อย 70% ขึ้นไป
2. บอกความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นวงกลมเมื่อที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (h,k) พร้อมทั้งเขียนกราฟได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1.2	ใบกิจกรรม และแบบประเมินใบกิจกรรม 1.2	ผ่านเกณฑ์อย่างน้อย 70% ขึ้นไป
3. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
4. นำความรู้และทักษะการใช้เทคโนโลยีประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ได้	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
5. นำเสนอชิ้นงานใบกิจกรรมที่ 1.3 ได้อย่างชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

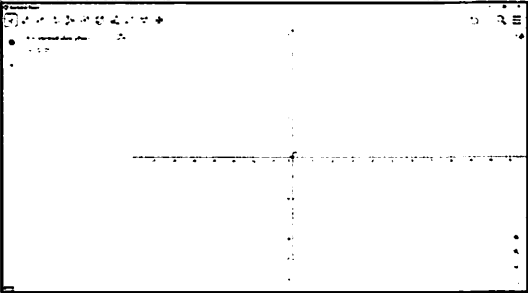
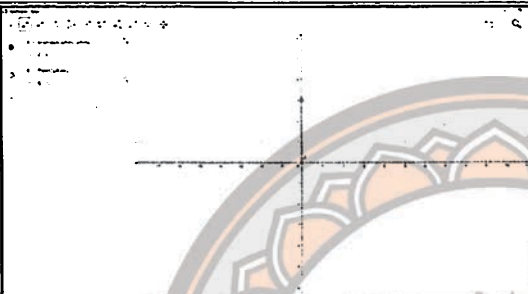
## กิจกรรมการเรียนรู้/กระบวนการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra  
ชั่วโมงที่ 1

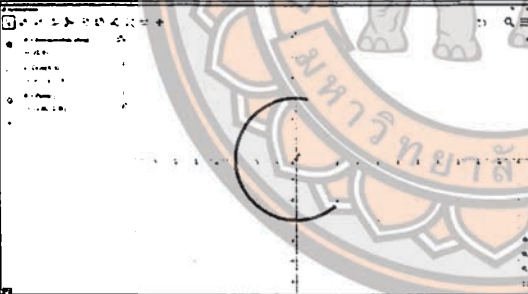
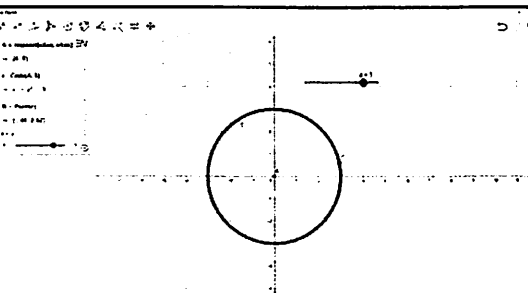
## 1. จุดประกายความคิด (Sparking)

1.1 ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับความรู้เรื่องวงกลม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอรูปวงกลมและใช้การถาม - ตอบ กระตุ้น ดังนี้

รูปภาพจากโปรแกรม Geogebra	คำถาม
	1.บนจอภาพทางด้านซ้ายมือที่นักเรียนเห็นเรียกว่าอะไร (แนวคำตอบ : ระบบพิกัดฉาก แกนในแนวนอนคือแกน X และแนวในแกนตั้งคือแกน Y )

	<p>2. พิกัดของจุด A เป็นเท่าไร (แนวคำตอบ : พิกัดของจุด A คือ A(0,0))</p>
	<p>3. ระยะห่างระหว่างจุด A ถึง จุด B มีค่าเท่าใด (แนวคำตอบ : 3 หน่วย)</p>

1.2 ครูเลือกคำสั่งเคลื่อนไหวจุดและให้นักเรียนสังเกตภาพที่เกิดขึ้น ดังนี้

	<p>4. เมื่อจุด B เคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ระยะห่างระหว่างจุด A ถึงจุด B เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ (แนวคำตอบ : ไม่เปลี่ยนแปลง)</p> <p>5. เราเรียกระยะทางคงที่นี้เรียกว่าอะไร (แนวคำตอบ : รัศมี)</p> <p>6. เราเรียกจุด A ว่าอย่างไร (แนวคำตอบ : จุดศูนย์กลางของวงกลม)</p> <p>7. วงกลมบนจอภาพมีรัศมียาวเท่าไร (แนวคำตอบ : รัศมียาว 3 หน่วย)</p>
	<p>8. จากทางด้านซ้ายมือ นักเรียนจะสังเกตเห็นว่าสมการภาคตัดกรวยเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ : <math>x^2 + y^2 = 9</math>)</p> <p>9. เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมยาว</p>

	<p>เท่าไร</p> <p>(แนวคำตอบ : เส้นผ่านศูนย์กลางยาว 6 หน่วย หรือ <math>2r = 2(3) = 6</math>)</p> <p>10. การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่กำหนด (n) กับรูปวงกลมสัมพันธ์กันอย่างไร</p> <p>(แนวคำตอบ : เมื่อเลื่อน n ขึ้นทีละ 1 หน่วย สมการ <math>x^2 + y^2 = 9</math> ค่าของตัวเลข จะเปลี่ยนไปที่ละ <math>n^2</math> หน่วย )</p>
--	---

ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของวงกลมโดยครูคอยให้คำแนะนำ ซึ่งควรจะได้ว่า "วงกลม(Circle) คือเซตของจุดทั้งหมดในระนาบที่ห่างจากจุด ๆ หนึ่งที่ตรงอยู่กับที่เป็นระยะทางคงตัว จุดที่ตรงอยู่กับที่นี้เรียกว่า จุดศูนย์กลาง (Center) ของวงกลม และระยะทางคงตัวดังกล่าว เรียกว่า รัศมี (radius)

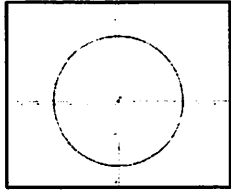
## 2. สะกิดให้ค้นคว้า (searching)

2.1 แจกใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่องวงกลม ให้กับนักเรียนทุกคนครุณาเสนอผลการเรียนรู้เรื่องวงกลม โดยให้นักเรียนวางแผนค้นคว้าทำใบกิจกรรมโดยนักเรียนต้องรู้ส่วนต่าง ๆ ของวงกลม และความสัมพันธ์ระหว่างสมการวงกลมกับกราฟรูปวงกลม จากโปรแกรม GeoGebra ว่าเป็นอย่างไร โดยมีใบกิจกรรมแนะแนวทาง

2.2 ให้นักเรียนสร้างกราฟด้วยตนเองก่อนแล้วครูจึงแนะนำโปรแกรม GeoGebra ในส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้นที่นักเรียนควรทราบก่อนดำเนินกิจกรรมการสอน

2.3 ครูดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยวิธีถาม - ตอบ ดังนี้ โจทย์ข้อที่ 1 วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) รัศมียาว 4 หน่วยจากโจทย์ข้อที่ 1 นักเรียนทราบอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ : จุดศูนย์กลางของวงกลม อยู่ที่จุด (0,0) และรัศมียาว 4 หน่วย)

คำถาม	สร้างกราฟด้วยตนเอง	รูปภาพจากโปรแกรม GeoGebra
1. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) รัศมียาว 4 หน่วย	รูปภาพเกิดจากนักเรียนวาดด้วยตนเอง และลองเขียนสมการก่อนใช้โปรแกรม	 <p>สมการ <math>x^2 + y^2 = 16</math></p>



## 2.4 ครูแนะนำการสร้างโจทย์ในโปรแกรม GeoGebra เพื่อค้นหาคำตอบ ดังนี้

ขั้นตอน	รูปภาพจากโปรแกรม GeoGebra
<p>1. กำหนดจุดศูนย์กลางวงกลม (0,0) ลงในช่อง คำนำเข้า กด Enter</p> <p>2. จากนั้นจะปรากฏจุดในหน้าต่างกราฟิก ทางด้านขวามือและหน้าต่างมุมมองพีชคณิต จะปรากฏพิกัดของจุดที่เราลง</p>	
<p>3.ไปที่แถบเครื่องมือ วงกลมจากจุดศูนย์กลางและรัศมี กดเลือกวงกลมจุดศูนย์กลางและรัศมี (อันที่ 2)</p>	
<p>4. นำเมาส์ไปวางที่จุด A และคลิกซ้ายหนึ่งครั้งจะปรากฏกล่องข้อความวงกลมจากจุดศูนย์กลางและรัศมี ให้เราใส่ค่ารัศมีที่ต้องการ</p>	
<p>5. ใส่ค่ารัศมีเท่ากับ 4 ลงในกล่องข้อความที่ปรากฏ จากนั้นกด Enter</p>	
<p>6. จะได้วงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) และมีรัศมียาว 4 หน่วยตามต้องการ</p>	

2.5 ครูให้นักเรียนเขียนกราฟที่เห็นลงในใบกิจกรรมของรูปภาพจากโปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องสมการ

2.6 ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบกิจกรรมที่ 1.1 ข้อที่ 1 และให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยที่ยังไม่เข้าใจ หากนักเรียนทุกคนไม่สงสัย หรือครูตอบคำถามทุกคนเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนทุกคนลองทำตามที่ได้เรียนผ่านมา ในขั้นตอนต่อไป

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ (studying)

3.1 ครูให้นักเรียนลองปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองในข้อที่เหลือโดยให้นักเรียนวาดกราฟด้วยตนเองก่อนทุกข้อ และครูคอยเดินดูขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม เพื่อให้คำแนะนำกับนักเรียนที่มีข้อสงสัย ขณะปฏิบัติกิจกรรม

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ผ่านมา โดยสรุปในภาพรวม ซึ่งควรจะได้ว่า "ความสัมพันธ์ระหว่าง  $x$  กับ  $y$  ที่มีสมการอยู่ในรูป  $x^2 + y^2 = r^2$  ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(0,0)$  และรัศมียาว  $r$  หน่วย เรียกสมการนี้ว่า สมการของวงกลม"

ชั่วโมงที่ 2

3.3 ครูให้นักเรียนสร้างวงกลมที่มีจุด  $(0,0)$  เป็นจุดศูนย์กลาง รัศมียาว 3 หน่วย ในโปรแกรม Geogebra จากนั้นให้นักเรียนลองเปลี่ยนจุดศูนย์กลางจากจุด  $(0,0)$  โดยจุดบนเส้นรอบวงของวงกลมยังคงเป็นจุดเดิม ในหน้าต่างโปรแกรม Geogebra นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้างที่เปลี่ยนแปลง (แนวคำตอบที่กักของจุดในหน้าต่างของมุมมองพีชคณิตเปลี่ยนไป และสมการภาคตัดกรวยก็เปลี่ยนไป) และเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ครูตั้งคำถามนำ ที่ควรจะได้คำตอบว่า จากสมการเดิมเมื่อจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(0,0)$  รัศมียาว 3 หน่วย สมการคือ  $x^2 + y^2 = 9$  แต่เมื่อเลื่อนจุดไปบนแกน X ทางด้านขวา 1 หน่วย พบว่าพิกัดจุดศูนย์กลางเป็น  $(1,0)$  สมการเปลี่ยนแปลงไปเป็น  $(x-1)^2 + y^2 = 9$  ถ้าเลื่อนไปทางซ้ายจากจุด  $(0,0)$  1 หน่วย พบว่าพิกัดจุดศูนย์กลางเป็น  $(-1,0)$  จะได้สมการเป็น  $(x+1)^2 + y^2 = 9$  ต่อมาเมื่อเลื่อนขึ้นบนแกน Y จากจุด  $(0,0)$  1 หน่วยจะได้สมการเป็น  $x^2 + (y-1)^2 = 9$  และเมื่อเลื่อนจุดศูนย์กลางลงล่าง จากจุด  $(0,0)$  พบว่าพิกัดจุดศูนย์กลางเป็น  $(0,-1)$  จะได้สมการเป็น  $x^2 + (y+1)^2 = 9$ )

### 4. จัดองค์ความรู้ (Summarizing)

4.1 แจกใบกิจกรรมที่ 1.2 ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม ด้วยตนเองและครูคอยเดินดูขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อให้คำแนะนำกับนักเรียนที่มีข้อสงสัย ขณะปฏิบัติกิจกรรม

4.2 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน 6 กลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแต่ละข้อร่วมกัน เพื่อหาข้อสรุป

4.3 ครูสนทนากับนักเรียนแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับกรณีที่เลื่อนจุดศูนย์กลางไปบนระนาบในจุดภาคที่ 1-4 ยกตัวอย่างวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่บนจุดภาคที่ 1- 4 คนละ 1 วงกลม พร้อมทั้งบอกสมการที่ค้นหาได้ในหน้าต่างมุมมองพีชคณิต

4.4 ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปคำตอบที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ผ่านมา โดยให้นักเรียน โดยครูสุ่มเรียกนักเรียนจำนวน 6 คน (ตัวแทนกลุ่มละ 1 คน) ดังนี้เมื่อกำหนดให้  $h, k$  และ  $r$  เป็นจำนวนจริงใด ๆ

จุดภาคที่ 1 จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  มีรัศมียาว  $r$  หน่วย จะได้สมการในรูป  
 $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$

จุดภาคที่ 2 จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(-h,k)$  มีรัศมียาว  $r$  หน่วย จะได้สมการในรูป  
 $(x+h)^2 + (y-k)^2 = r^2$

จุดภาคที่ 3 จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(-h,-k)$  มีรัศมียาว  $r$  หน่วย จะได้สมการในรูป  
 $(x+h)^2 + (y+k)^2 = r^2$

จุดภาคที่ 4 จุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,-k)$  มีรัศมียาว  $r$  หน่วย จะได้สมการในรูป  
 $(x-h)^2 + (y+k)^2 = r^2$

ครูแนะนำต่อว่า “สมการของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  และรัศมียาว  $r$  หน่วย  
 คือ  $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$  เรียกสมการนี้ว่า รูปแบบมาตรฐานของสมการวงกลม

### ชั่วโมงที่ 3

แจกใบกิจกรรมที่ 1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มประยุกต์ใช้ความรู้โดยสร้างชิ้นงานในโปรแกรม  
 Geogebraตามโจทย์โดยให้นักเรียนอธิบายเป็นขั้นตอนการสร้างกราฟตามโจทย์นั้น ๆ ของแต่ละ  
 กลุ่มโดยครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

### 5. นำเสนอตอบคู่การประเมิน (Show and Sharing)

ตรวจสอบความถูกต้องจากใบกิจกรรมที่ 1.1 และ 1.2 นักเรียนต้องได้คะแนนร้อยละ 70  
 ขึ้นไปจึงจะผ่านเกณฑ์ และตรวจสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยสังเกตจากการนำเสนอ  
 ชิ้นงานในจากใบกิจกรรมที่ 1.3 และชิ้นงานในโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียน

### สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1.1 -1.3
2. โปรแกรม GeoGebra
3. แบบทดสอบท้ายบทเรียน
4. หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กระทรวงศึกษาธิการฉบับ  
 ปรับปรุง พ.ศ. 2560



## แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

รายวิชา คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค31203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่ 3 เรขาคณิตวิเคราะห์ เรื่อง ภาคตัดกรวย เวลา 12 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงกลม เวลา 3 ชั่วโมง

ผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้  อาจารย์  ครูประจำการ  
 วิธีการสังเกต  โดยตรง  โดยเทปบันทึกภาพและเสียง  
 คำชี้แจง

กรุณาเขียนบรรยายสภาพปัญหาข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงจากการสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในครั้งนี้เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

### 1. จุดประกายความคิด (Spackling)

ครูใช้กิจกรรมวิธีการ หรือสื่อกระตุ้นนำเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น  
 แนวทางในการแสวงหาความรู้นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเนื้อหา

.....

.....

.....

### 2. สกิดให้ค้นคว้า (searching)

ครูใช้กิจกรรมหรือหัวข้อเรื่องราวที่น่าสนใจชวนให้ศึกษาค้นคว้า ให้นักเรียนหาคำตอบด้วย  
 ตนเองโดยมีโปรแกรม Geogebra เป็นเครื่องมือ

.....

.....

.....

### 3. นำพาสู่การปฏิบัติ (studying)

ครูสังเกตการทำงาน อภิปรายเป็นระยะ ฝึกให้นักเรียนได้ปฏิบัติเรียนรู้ด้วยตนเองโดย  
 วางแผนเพื่อสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม Geogebra ทั้งเป็นกลุ่ม  
 เป็นรายบุคคลจนเกิดทักษะและเรียนรู้การแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

.....

.....

.....

#### 4. จัดองค์ความรู้ (Summarizing)

ครูอภิปราย ชักถาม และให้คำแนะนำในรายละเอียดของเนื้อหา ให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจจากการเรียนรู้และฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้โดยสร้างชิ้นงานที่ได้จากหัวข้อที่น่าสนใจหรือที่ได้จากโปรแกรม Geogebra สรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ

.....

.....

.....

#### 5. นำเสนอความรู้คู่การประเมิน (Show and Sharing)

ฝึกนักเรียนให้นำเสนอความรู้ผลงานของตนเองด้วยเทคนิควิธีต่างๆ เช่น นิทรรศการ เกม การใช้คอมพิวเตอร์ฯ ฝึกนักเรียนให้รู้จักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในด้านผลงานความคิดวิธีการและข้อเสนอแนะ โดยประเมินผลงานตามสภาพจริงโดยนักเรียน เพื่อน และครู

.....

.....

.....

สรุปปัญหา/แนวทางในการแก้ไข

.....

.....

.....

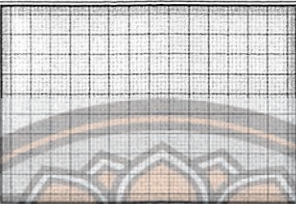
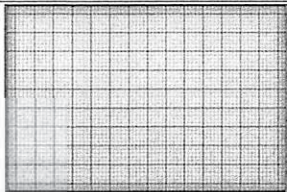
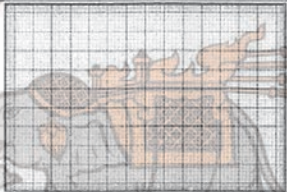
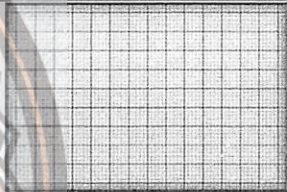

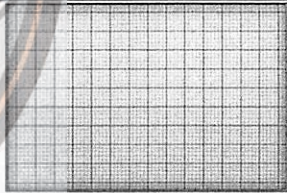
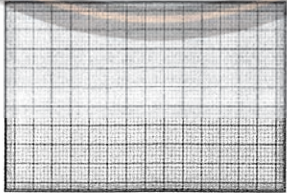
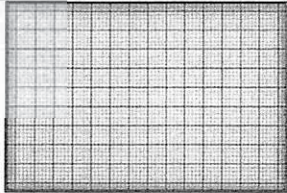
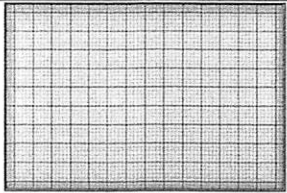
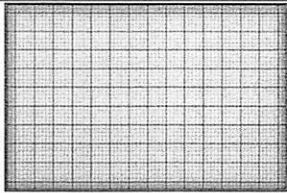
ลงชื่อ.....

(.....)

## ใบกิจกรรมที่ 1.1

### เรื่อง วงกลม

ให้นักเรียนวาดกราฟและเขียนสมการโดยสร้างด้วยตนเองก่อนลงมือใช้โปรแกรม

คำถาม	สร้างกราฟด้วยตนเอง และเขียนสมการ	รูปภาพจากโปรแกรม Geogebra
1. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ จุด(0,0) รัศมียาว 4 หน่วย	 สมการ	 สมการ
2. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) รัศมียาว 5 หน่วย	 สมการ	 สมการ
3. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) กราฟผ่านจุด (1,3)	 สมการ	 สมการ
4. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) กราฟผ่านจุด (-2,-1)	 สมการ	 สมการ
5. วงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) รัศมียาว r หน่วย	 สมการ	 สมการ

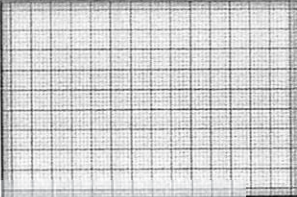
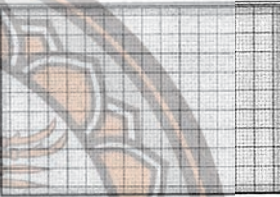
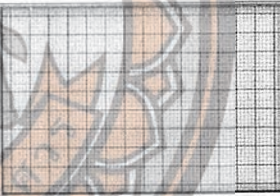
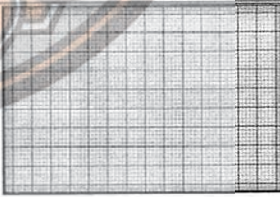
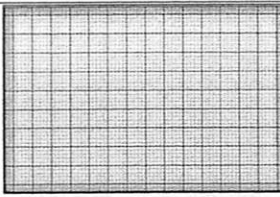
ดังนั้น สมการวงกลมในรูปมาตรฐานที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (0,0) มีรัศมียาว r หน่วย คือ

.....



### ใบกิจกรรมที่ 1.2

ให้นักเรียนสร้างวงกลมที่มีจุด  $(0,0)$  เป็นจุดศูนย์กลาง รัศมียาว ..... หน่วย

คำถาม	สร้างกราฟด้วยตนเอง และเขียนสมการ
1. ย้ายจุดศูนย์กลางไปยังจุดภาคที่ 1 นั่นคือจุด.....	 สมการ
2. ย้ายจุดศูนย์กลางไปยังจุดภาคที่ 2 นั่นคือจุด.....	 สมการ
3. ย้ายจุดศูนย์กลางไปยังจุดภาคที่ 3 นั่นคือจุด.....	 สมการ
4. ย้ายจุดศูนย์กลางไปยังจุดภาคที่ 4 นั่นคือจุด.....	 สมการ
5. ย้ายจุดศูนย์กลางไปยังจุด $(h,k)$ รัศมียาว $r$ หน่วย	 สมการ

ดังนั้น สมการวงกลมในรูปมาตรฐานที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด  $(h,k)$  มีรัศมียาว  $r$  หน่วย คือ

.....

ใบกิจกรรมที่ 1.3  
ชิ้นงานสมการวงกลมโดยโปรแกรม GeoGebra

ให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนการสร้างสมการและกราฟวงกลมจากสิ่งที่โจทย์ให้มา  
โดยใช้ โปรแกรม GeoGebra

1. จงหาความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่(-1, 2) และผ่านจุด(4, 3)

2. จงหาสมการวงกลมที่ผ่านจุด A(1,-2) และ B(4,3) และจุดศูนย์กลางอยู่บนแกน Y

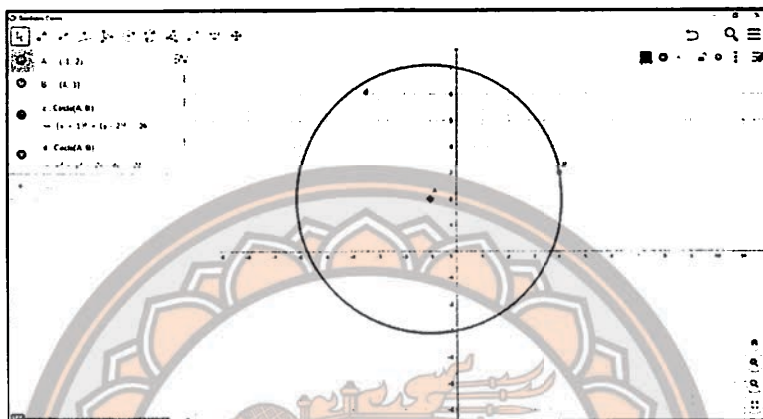
3. จงหาสมการวงกลมที่ผ่านจุด A(2,3) และ B(3,6) และจุดศูนย์กลางอยู่บนเส้นตรง

$$2x + y - 2 = 0$$

## เฉลย แนวทางการสร้างชิ้นงานสมการวงกลมโดยโปรแกรม GeoGebra

ให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนการสร้างสมการจากสิ่งที่โจทย์ให้มาโดยใช้ โปรแกรม Geogebra

1. จงหาความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นวงกลมมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่(-1, 2) และผ่านจุด(4, 3)



ความรู้เชิงขั้นตอนการสร้างสมการที่ 1 การสร้างสมการในโปรแกรม Geogebra

1. สร้างจุดศูนย์กลาง (-1, 2)
2. สร้างวงกลมในคำสั่งวงกลมแล้วลากวงกลมมาผ่านจุด (4, 3) และจะปรากฏสมการ

ด้านซ้ายทั้ง 2 รูปแบบดังรูป คือ  $(x+1)^2 + (y-2)^2 = 26$  และ  $x^2 + y^2 + 2x - 4y = 21$

ความรู้เชิงขั้นตอนการสร้างสมการที่ 2 การสร้างโดยใช้นิยาม  $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$  ต้องรู้ส่วนประกอบ การสร้างสมการวงกลม คือ

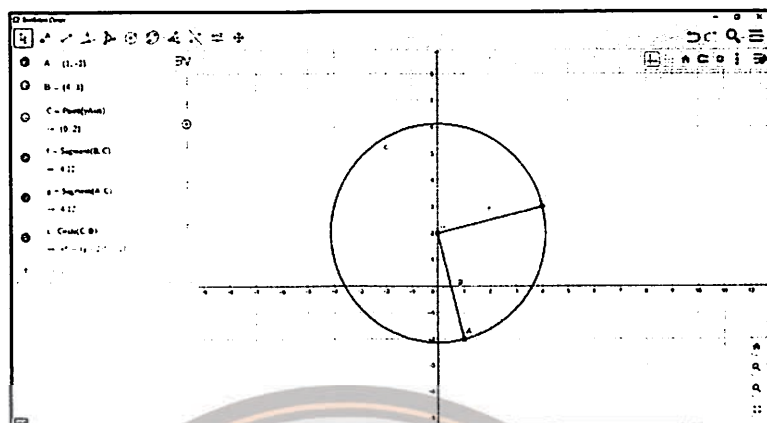
1. หาจุดศูนย์กลาง (h,k) = (-1, 2)
2. ใช้ความรู้ก่อนหน้าหาค่ารัศมีจากความรู้ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด คือจุดกึ่งกลาง(-1, 2) กับ

$$\text{จุด}(4, 3) \text{ ดังนั้น } r = \sqrt{(-1-4)^2 + (2-3)^2} = \sqrt{25+1} = \sqrt{26}$$

แทนค่าได้  $(x+1)^2 + (y-2)^2 = 26$  และจัดรูปได้  $x^2 + y^2 + 2x - 4y = 21$  แล้วจึงพิมพ์สมการที่ได้ใน โปรแกรม Geogebra และสร้างจุดศูนย์กลางที่ จุด(-1, 2)



2. จงหาสมการวงกลมที่ผ่านจุด A(1,-2) และ B(4,3) และจุดศูนย์กลางอยู่บนแกน Y



ความรู้เชิงขั้นตอนการสร้างสมการที่ 1 การสร้างสมการในโปรแกรม Geogebra

1. สร้างจุดศูนย์กลางที่อยู่บนแกน Y(0, y)
2. สร้างจุด A(1,-2) และ B(4,3)
3. ลากเส้นตรงจากจุดบนแกน Y ไปจุด A และจุดบนแกน Y ไปจุด B ทดลองเลื่อนจุดบนแกน Y ให้มีระยะห่างเท่ากันจะได้จุดศูนย์กลาง นั่นคือ (0,2)
4. สร้างวงกลมจากจุดศูนย์กลางที่ได้ผ่านจุด A และ B จะปรากฏสมการด้านซ้ายทั้ง 2 รูปแบบดังรูป คือ  $(x-0)^2 + (y-2)^2 = 17$  และ  $x^2 + y^2 - 4y = 13$

ความรู้เชิงขั้นตอนการสร้างสมการที่ 2 การสร้างโดยใช้นิยาม  $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$  ต้องรู้

ส่วนประกอบการสร้างสมการวงกลม คือ

กำหนดให้จุดศูนย์กลางเป็น C(0, y) และ A(1,-2) และ B(4,3)

1. หากจุดศูนย์กลางจากความรู้เรื่องระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดโดยนิยามวงกลมรัศมีจะต้องเท่ากันดังนั้น  $CA = CB$

จาก  $CA = CB$

จะได้  $\sqrt{y^2 + 4y + 5} = \sqrt{y^2 - 6y + 25}$

$$y^2 + 4y + 5 = y^2 - 6y + 25$$

$$y = 2$$

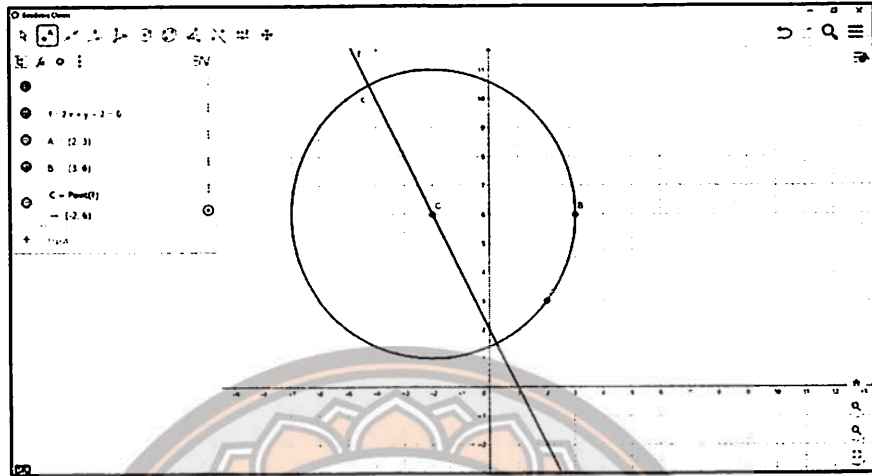
ดังนั้น จุดศูนย์กลางคือ (0,2)

2. หาค่ารัศมีจากความรู้ระยะห่างระหว่าง 2 จุด คือจุดกึ่งกลาง(0, 2) กับจุด A(1, -2)

$$\text{ดังนั้น } r = \sqrt{(0-1)^2 + (2+2)^2} = \sqrt{1+16} = \sqrt{17}$$

แทนค่าได้  $(x-0)^2 + (y+2)^2 = 17$  และจัดรูปได้  $x^2 + y^2 - 4y = 13$  แล้วจึงพิมพ์สมการที่ได้ในโปรแกรม Geogebra และสร้างจุดศูนย์กลางที่ จุด(-1, 2)

3.จงสร้างสมการวงกลมที่ผ่านจุด A(2,3) และ B(3,6) และจุดศูนย์กลางอยู่บนเส้นตรง  $2x+y-2=0$



ความรู้เชิงขั้นตอนการสร้างสมการ การสร้างโดยใช้นิยาม  $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$  ต้องรู้ส่วนประกอบ การสร้างสมการวงกลม คือ

กำหนดให้จุดศูนย์กลางเป็น C(h, k) และ A(2,3) และ B(3,6)

1. หาจุดศูนย์กลางจากความรู้เรื่องระยะห่างระหว่างจุด กับเส้นโดยนิยามวงกลมรัศมี

จะต้องเท่ากันดังนั้น  $CA = CB$

จาก  $CA = CB$

จะได้  $\sqrt{h^2 + k^2 - 4h - 6k + 13} = \sqrt{h^2 + k^2 - 6h - 12k + 45}$

$$h^2 + k^2 - 4h - 6k + 13 = h^2 + k^2 - 6h - 12k + 45$$

$$2h + 6k = 32 \dots\dots\dots(1)$$

จากโจทย์เห็นว่า C(h, k) จะต้องอยู่บนสมการ  $2x + y - 2 = 0$

$$2h + k - 2 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

(1) - (2) จะได้ว่า  $k = 6$

แทนค่า k ใน (1) จะได้  $h = -2$

ดังนั้น จุดศูนย์กลางคือ (-2,6)

2. หารัศมีจากความรู้ระยะห่างระหว่าง 2 จุด คือจุดกึ่งกลาง (-2, 6) กับจุด A(2, 3)

$$\text{ดังนั้น } r = \sqrt{(2+2)^2 + (3-6)^2} = \sqrt{16+9} = \sqrt{25} = 5$$

แทนค่าได้  $(x+2)^2 + (y-6)^2 = 25$  และจัดรูปได้  $x^2 + y^2 + 4x - 12y + 15 = 0$  แล้วจึงพิมพ์สมการที่ได้ใน

โปรแกรม Geogebra และสร้างจุดศูนย์กลางที่ จุด(-2, 6)อยู่บนเส้นตรง  $2x + y - 2 = 0$

เกณฑ์การให้คะแนนความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน ของนักเรียน

ความรู้ทางคณิตศาสตร์	ระดับ คะแนน	ความรู้ที่แสดงออก
ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge)	3 (มากที่สุด)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ถูกต้องอย่างสมบูรณ์
	2 (มาก)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์
	1 (ปานกลาง)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน
	0 (น้อย)	แสดงความรู้เกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และเหตุผลของขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ
	3 (มากที่สุด)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องอย่างสมบูรณ์
ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural knowledge)	2 (มาก)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์
	1 (ปานกลาง)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน
	0 (น้อย)	แสดงความรู้เกี่ยวกับการคำนวณการระบุปัญหา การใช้กฎวิธีและขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ



แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน  
เรื่อง ภาคตัดกรวย

ชื่อ-สกุล.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอนฉบับนี้ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ 5 ข้อย่อย รวมทั้งหมด 20 ข้อ
2. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
3. แบบทดสอบฉบับนี้มีคะแนนเต็มข้อละ 2 คะแนน รวมทั้งหมด 40 คะแนน
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบฉบับนี้ทุกข้อ ตอบคำถามและแสดงวิธีคิดได้อย่างอิสระ
5. หากพบปัญหาใด ๆ โปรดสอบถามครูผู้คุมสอบ



ชื่อ-สกุล.....ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....เลขที่.....

แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงขั้นตอน  
เรื่องวงกลมและพาราโบลา

1. จงหาสมการวงกลม ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้

1.1. จุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(0,0)$  และ รัศมียาว 3 หน่วย

.....

.....

.....

.....

1.2. จุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(0,0)$  และเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 20 หน่วย

.....

.....

.....

.....

1.3. จุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(-1,2)$  และวงกลมผ่านจุด  $(4,3)$

.....

.....

.....

.....

1.4. จุดศูนย์กลางอยู่ที่  $(3,-4)$  และเส้นรอบวงยาว  $12\pi$  หน่วย

.....

.....

.....

.....

1.5. รัศมี 2 หน่วย และวงกลมสัมผัสกับเส้นตรง  $y = 5$  ที่จุด  $(3,5)$

.....

.....

.....

.....

2. จงหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมพร้อมทั้งเขียนกราฟในแต่ละข้อต่อไปนี้

2.1.  $x^2 + y^2 - 64 = 0$

.....

.....

.....

2.2.  $x^2 + y^2 + 6y - 7 = 0$

.....

.....

.....

2.3.  $x^2 + y^2 - 8x + 10y + 5 = 0$

.....

.....

.....

2.4.  $4x^2 + 4y^2 + 12x - 16y - 11 = 0$

.....

.....

.....

2.5.  $x^2 + y^2 - 2x + 8y + 16 = 0$

.....

.....

.....



3. จงหาสมการของพาราโบลา จากสิ่งที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งเขียนกราฟ

3.1. จุดยอดอยู่ที่  $(0,0)$  และโฟกัสอยู่ที่  $(6,0)$

.....

.....

.....

3.2. จุดยอดอยู่ที่  $(0,0)$  และลาตัสเรกตัมยาว 12 หน่วย

.....

.....

.....

3.3. จุดยอดอยู่ที่  $(1,2)$  และโฟกัสอยู่ที่  $(5,2)$

.....

.....

.....

3.4. โฟกัสอยู่ที่  $(1,3)$  และไดเรกตริกซ์ คือ เส้นตรง  $y = -3$

.....

.....

.....

3.5. จุดยอดอยู่จุดกำเนิดแกนพาราโบลาอยู่บนเส้นตรง  $y=0$  และระยะระหว่างโฟกัสกับไดเรกตริกซ์เท่ากับ 8 หน่วย

.....

.....

.....

4. จงหาจุดยอด โฟกัส ไดรเรกตริกซ์ แกนพาราโบลา ความยาวของลาตัสเรกตัม พร้อมทั้งเขียนกราฟ จากสมการพาราโบลาในแต่ละข้อต่อไปนี้

4.1.  $y^2 - 8x = 0$

.....

.....

.....

.....

4.2.  $x^2 + 12y = 0$

.....

.....

.....

.....

4.3.  $y^2 - 2y - 16x + 33 = 0$

.....

.....

.....

.....

4.4.  $x^2 + 6x - 20y + 49 = 0$

.....

.....

.....

.....

4.5.  $x^2 + 10y + 5y + 30 = 0$

.....

.....

.....

.....





## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล อริสา แก้วทิพย์  
วัน เดือน ปี เกิด 8 เมษายน 2536  
ที่อยู่ปัจจุบัน 4/246 ถนนสระหลวง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง  
จังหวัดพิจิตร 66000  
ที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม ถนนพิจิตร - กำแพงเพชร  
ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 66000  
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู  
ประวัติการศึกษา ค.บ. คณิตศาสตร์  
พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยพระนครสวรรค์

