

**ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไอเซียงลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม  
GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม  
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

**สิทธิชัย พานิชย์วิไล**

**การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา**

**หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา**

**พฤษภาคม 2564**

**ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร**

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไอเซียมคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษาของมหาวิทยาลัยนเรศวร



.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2564

## ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระ สำเร็จสมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใน ตลอดระยะเวลาที่ทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่าง สูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ ตำแหน่ง ผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ขอบคุณ นางหยุดทัย เทพปิ่น ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนชาณุวิทยา และ ขอบคุณ ว่าที่ร้อยตรีอนุเทพ เทพปิ่น ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ รวมทั้ง เป็นผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้ง นี้สมบูรณ์ และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณ นางกนกกรัตน์ คงไทย ผู้อำนวยการโรงเรียนชาณุวิทยา จังหวัด กำแพงเพชร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการ เก็บข้อมูล รวมทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนชาณุวิทยา ที่ให้ความ ร่วมมือในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ ร่วมชั้นเรียนทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญ และคอยส่งเสริมสนับสนุนใน ทุก ๆ ด้านเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน และมอบวิชาความรู้ให้นิสิตเป็นอย่างดี และขอบใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแด่ ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

สิทธิชัย พานิชยวิไล

ชื่อเรื่อง	ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	สิทธิชัย พานิชย์วิไล
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563
คำสำคัญ	ทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ร่วมกับ GeoGebra ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วงกลม

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียน จำนวน 34 คน ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ 4 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แนวทางนี้ มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ ครูควรตรวจสอบความรู้จากประสบการณ์เดิมของนักเรียน และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความน่าเชื่อถือ ครูควรให้นักเรียนร่วมมือกันสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม Geogebra และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อเสนอแนะซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ พบว่าเมื่อผ่านการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด ตามลำดับ



**Title** MATH LABS BASED ON SOCIAL CONSTRUCTIVIST TOGETHER  
WITH GEOGEBRA TO ENHANCE MATHEMATICAL CREATIVE  
THINKING ON CIRCLE OF STUDENT IN GRADE 9

**Author** Sittichai Panichwilai

**Advisor** Assistant Professor Sirinapa Kijkuakul, Ph.D.

**Academic Paper** Independent Study M.Ed. in Mathematics Education,  
Naresuan University, 2020

**Keywords** Social constructivist together with GeoGebra  
Mathematical creative thinking  
Circle

#### ABSTRACT

This research aimed to study the learning management approach that focused on Math Labs based on social constructivism and integrated with GeoGebra to enhance Mathematical creative thinking of grade 9 students in Circle. The participants were 34 students. The research methodology was action research comprising of 4 spirals. The instruments used in the research were learning management plans, reflective learning journals, activity sheets, students' artifacts and mathematical creative thinking test. Data were analyzed by content analysis and triangulations. The results revealed that the learning management approach needed to focus as follows. The teacher should check prior knowledge from students' experiences and assign them to search information from variety and reliable sources, the teacher should encourage students to construct knowledge along with problem solving by using GeoGebra program in the way of cooperation and provide opportunities for students to exchange knowledge to each other. In addition, this research found that most students appeared to have development of generate diverse ideas, generate creative ideas and evaluate and improve ideas respectively.

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
คำถามการวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	6
ตัวแปรที่ศึกษา.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	13
ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์.....	26
โปรแกรม GeoGebra.....	33
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์.....	42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	62
3 วิธีดำเนินการวิจัย	67
รูปแบบการวิจัย.....	67
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	69
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	69
ขั้นตอนการสร้าและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้การวิจัย.....	69
การเก็บและรวบรวมข้อมูล.....	76
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	77

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	85
ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎี ไอเซียงลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีแนวทางจัดการเรียนรู้อย่างไร.....	85
ตอนที่ 2 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทาง คณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไอเซียงลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร.....	116
5 บทสรุป	145
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	145
ข้อเสนอแนะ.....	151
บรรณานุกรม.....	154
ภาคผนวก.....	164
ประวัติผู้วิจัย.....	200

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง.....	11
2 แสดงโครงสร้างรายวิชาพื้นฐานตามตัวชี้วัด ค 2.2 ม.3/3.....	11
3 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Greenstein (2012).	21
4 แสดงแนวทางการวัดแ่งมุมในองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ ขอบเขตลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ตามแนวคิด OECD (2019).....	23
5 แสดงรายละเอียดแต่ละเครื่องมือเบื้องต้น (Basic Tools).....	37
6 แสดงรายละเอียดแต่ละเครื่องมือการวัด (Measure).....	38
7 แสดงคำถามวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	69
8 แสดงการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตาม แนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม.....	72
9 แสดงการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์.....	78
10 แสดงรหัสและระดับคุณภาพตามความสอดคล้องพฤติกรรมความคิดสร้าง สรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	79
11 แสดงสรุปการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล.....	84
12 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงใน แต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	92
13 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงใน แต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	99
14 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงใน แต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	106
15 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงใน แต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	114

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ของ นักเรียน.....	118
17 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน....	143

## สารบัญภาพ

ตาราง	หน้า
1 ผังมโนทัศน์ เรื่อง วงกลม (Circle).....	12
2 แสดงแบบจำลองสมรรถนะสำคัญสำหรับการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ PISA.....	19
3 แสดงแบบจำลองความคิดสร้างสรรค์ 5 มิติ สำหรับการสังเกตความคิดสร้างสรรค์ในห้องเรียน.....	20
4 แสดงขอบเขตหัวข้อที่ใช้วัดและประเมินความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ.....	23
5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม GeoGebra.....	35
6 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรม GeoGebra.....	35
7 แสดงตัวอย่างในมุมมอง 3D Calculator ของโปรแกรม GeoGebra.....	36
8 แสดงตัวอย่างในมุมมอง Geometry ของโปรแกรม GeoGebra.....	36
9 แสดงแถบเครื่องมือเบื้องต้น (Basic Tools).....	37
10 แสดงแถบเครื่องมือการวัด (Measure).....	38
11 แสดงแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism).	44
12 แสดงแนวคิดทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivism).....	46
13 แสดงตำแหน่งรูปแบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง.....	48
14 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ของ Yager (1991).....	49
15 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีแอปพลิเคชัน Cloud.....	52
16 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง มุมที่จุด ศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(1).....	86
17 ตัวอย่างแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล NOTE (P.1) ของนักเรียน.....	88
18 นักเรียนปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในกิจกรรม Design & Plan (P.1).....	90

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ตาราง	หน้า
19 ตัวอย่างการออกแบบการสร้างอวนดักปลาแบบใหม่ ในแบบบันทึกการสร้าง ชิ้นงาน Design & Plan (P.1) จากกลุ่มไลน์ของห้องเรียน.....	91
20 ตัวอย่างการประเมินชิ้นงานและให้คะแนนตามข้อตกลง ในแบบสะท้อนผล การสร้างชิ้นงาน Reflect (P.1) ของนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2.....	91
21 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง มุมที่จุด ศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2).....	94
22 ตัวอย่างการแสดงผลภาพประกอบเหตุผลในการตอบคำถามของนักเรียน 3 คนซึ่ง มีแนวคิดสอดคล้องกับนักเรียน No.15.....	96
23 ตัวอย่างการออกแบบการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ในบันทึกการ สร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.2) ของนักเรียนกลุ่ม 11.....	97
24 ตัวอย่างการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ในกิจกรรม Design & Plan (P.2) ของนักเรียนกลุ่ม 11.....	98
25 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง คอร์ดของ วงกลม.....	101
26 ตัวอย่างแสดงขั้นตอนการหาตำแหน่งของตลาดสดได้อย่างหลากหลาย ในใบ กิจกรรมตลาดสด (P.3) ของนักเรียนกลุ่ม 5.....	103
27 ตัวอย่างแสดงวิธีการหาตำแหน่งของตลาดสดได้อย่างหลากหลาย ในใบ กิจกรรมตลาดสด (P.3) ของนักเรียนกลุ่ม 5.....	104
28 ตัวอย่างการออกแบบการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ ในแบบบันทึกการสร้าง ชิ้นงาน Design & Plan (P.3) ของนักเรียนกลุ่ม 8.....	105
29 นักเรียนปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในกิจกรรม Design & Plan (P.3).....	105
30 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง เส้นสัมผัส วงกลม.....	109

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ตาราง		หน้า
31	ตัวอย่างแสดงวิธีการหาตำแหน่งของสถานีรับสัญญาณได้อย่างหลากหลายใน ไปกิจกรรมดาวเทียม (P.4) ของนักเรียนกลุ่ม 9.....	112
32	ตัวอย่างการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ ในกิจกรรม Design & Plan (P.4) ของนักเรียนกลุ่ม 9.....	113
33	นักเรียนปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในกิจกรรม Design & Plan (P.4).....	113
34	ตัวอย่างการบันทึกปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมลงใน แบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.4) ของนักเรียน.....	114
35	แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่ หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	121
36	ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติการ Hand-On : G5 (P.1) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของ นักเรียน.....	122
37	แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิด สร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	122
38	ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.1) ในภารกิจที่ 2 และ 3 ของนักเรียน.....	123
39	ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.1) ที่แสดงความคิด สร้างสรรค์อยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน.....	124
40	แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและ ปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	124
41	ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.1) ในภารกิจที่ 2 และ 3 ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุง ความคิด ของนักเรียน.....	125



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ตาราง		หน้า
42	ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.1) ในสิ่งที่ต้องพัฒนา ข้อเสนอแนะ และการให้คะแนนในเขตของตนเอง ที่แสดงการประเมิน และปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน.....	126
43	แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่ หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	127
44	ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติการกิจกรรม Hand-On : G2 (P.2) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของ นักเรียน.....	128
45	แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิด สร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	128
46	ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.2) และชิ้นงานที่ แสดงความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน.....	129
47	แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุง ความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	130
48	ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.2) ในภารกิจที่ 3 ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ของนักเรียน.....	131
49	ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.2) ที่แสดงการ ประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 ทั้งสองลักษณะของ นักเรียน.....	131
50	แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่ หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	132
51	ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติการกิจกรรม Hand-On : G4 (P.3) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของ นักเรียน.....	133

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ตาราง	หน้า
52 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	133
53 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.3) ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน.....	134
54 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.3) ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ 2 และ 3 ในลักษณะที่ 1 และ 2 ตามลำดับ.....	135
55 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	135
56 ตัวอย่างชิ้นงานและแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.3) ในสิ่งที่ต้องพัฒนาและข้อเสนอแนะ ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดของนักเรียน.....	136
57 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.3) ที่แสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 และ 3 ในลักษณะที่ 1 และ 2 ตามลำดับ.....	137
58 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	137
59 ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติการ Hand-On : G1 (P.4) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน.....	138
60 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	139
61 ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.4) ในภารกิจที่ 2 และ 3 ของนักเรียน.....	140

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ตาราง	หน้า
62 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.4) ที่ แสดงความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียน.....	140
63 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุง ความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 4.....	141
64 ตัวอย่างการออกแบบจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.4) ในภารกิจ 3 ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดของนักเรียน....	142
65 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.3) ที่แสดงการ ประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 ทั้งสองลักษณะของ นักเรียน.....	142
66 ตัวอย่างการคิดค้นและออกแบบชิ้นงานจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ครั้งที่ 1 และ 2 ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์.....	144

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสังคมโลกปัจจุบันและอนาคตล้วนมีความเกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวัน และการทำงานในอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่มนุษย์นำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตการทำงานเหล่านี้มันเป็นผลของความรู้คณิตศาสตร์ ผสมกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล จากการคิดวิเคราะห์ วิจัย และมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ คณิตศาสตร์จึงเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่คือเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge based Society) ดังนั้นเยาวชนทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้คณิตศาสตร์เพื่อนำไปคิดค้น และสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ หากประเทศใดมีบุคลากรที่มีศักยภาพเป็นจำนวนมากในด้านความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีแล้ว ก็จะเป็นเครื่องบ่งชี้สำคัญประการหนึ่งว่าประเทศนั้นมีความเจริญก้าวหน้ามากกว่าประเทศอื่น ๆ (อัมพร ม้าคนอง, 2558)

ความคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิดโดยอาศัยความรู้พื้นฐาน ผสมกับจินตนาการ และวิจรรณญาณในการพัฒนา คิดค้น สร้างองค์ความรู้ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานที่สูงกว่าความคิดพื้นฐาน ๆ เพียงเล็กน้อยไปจนถึงระดับสูงมาก จากรายงานดัชนีความสร้างสรรค์ของโลก The Global Creativity Index หรือ GCI ระบุว่า ประเทศไทยได้รับการจัดอันดับในรายงานว่าด้วยความคิดสร้างสรรค์ของโลก ฉบับปี ค.ศ. 2015 อยู่ในลำดับที่ 82 จากทั้งหมด 139 ประเทศ (สมบัติ กุสุมาวลี, 2558) สอดคล้องกับรายงานของ The Martin Prosperity Institute (MPI) ในหัวเรื่อง "ความคิดสร้างสรรค์กับความสำเร็จ" พบว่า ดัชนีความคิดสร้างสรรค์นานาชาติของประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 71 จาก 82 ประเทศที่ได้รับการประเมินในภูมิภาคเดียวกัน (ภัทร อภิวัฒน์กุล และณาคิน เหลืองนวล, 2558) และศูนย์วิจัยมหาวิทยาลัยกรุงเทพ หรือ กรุงเทพโพลล์ (2555) ได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนเรื่อง "ความคิดสร้างสรรค์กับการพัฒนาประเทศ" พบว่า ประชาชน ร้อยละ 98.0 เชื่อว่า ความคิดสร้างสรรค์มีประโยชน์ต่อการพัฒนา

ประเทศไทย โดยระบุว่า มหาวิทยาลัย โรงเรียน และครอบครัว ควรมีบทบาทในการส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์ให้เห็นเป็นรูปธรรม หากถามว่าประชาชนคนไทยขาดแคลนความคิดสร้างสรรค์หรือไม่ ประชาชนร้อยละ 66.2 ระบุว่า ขาดแคลน โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าคนไทยไม่ชอบคิดนอกกรอบ ชอบเลียนแบบคนอื่น และไม่ได้รับการสนับสนุนและต่อยอดทางความคิดจากภาคส่วนต่าง ๆ

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถพิเศษของสมองมนุษย์เฉพาะบุคคล ไม่สามารถมองเห็นเป็นภาพได้อย่างชัดเจน เช่นเดียวกับความคิดสร้างสรรค์ทั่ว ๆ ไป โดย Russell (1917 อ้างถึงใน Macleod, 1998) ได้กล่าวว่า เราจะต้องมีเวลาที่จะปลดปล่อยให้ความรู้สึกได้ซึมซับคณิตศาสตร์ ให้อ่อน ๆ พัฒนา ไม่ใช่สัมผัสแต่เพียงผิวเผิน ซึ่งคณิตศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมีการนำไปใช้โดยตรง เช่นเดียวกับคำกล่าวที่ว่า หากคำประพันธ์นั้นยังเกิดขึ้นเพื่อความสนุกสนานรื่นเริงใจแล้ว คณิตศาสตร์ก็ควรจะเป็นเช่นเดียวกันได้ คือ ความสนุกสนานรื่นเริงใจเช่นกัน และสรุปด้วยคำกล่าวที่ว่า คณิตศาสตร์ถ้ามองอย่างเป็นธรรมแล้วไม่เพียงเกี่ยวข้องกับความจริงเท่านั้น แต่ยังมีคามงดงามอย่างยิ่งอีกด้วย และมีนักการศึกษาอย่าง Romey (1970) ให้นิยามการสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการรวมกันของแนวคิดคณิตศาสตร์ กลวิธีหรือวิธีการแบบใหม่ และ จารุวรรณ ปะกัง (2551) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จะต้องมาควบคู่กับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝัน จึงจะทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์นั้น

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการพัฒนาเยาวชนของชาติ แต่ในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร พิจารณาได้จากผลการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนในโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย เทียบกับนานาชาติ (Trend in International Mathematics and Science) หรือ TIMSS เป็นโครงการที่สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา IEA ดำเนินร่วมกับประเทศสมาชิกเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยในปี ค.ศ. 2015 พบว่า ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ทั้งในด้านเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์อยู่ที่ 431 คะแนน ซึ่งมีคะแนนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2011 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 427 คะแนน เพียงเล็กน้อย แต่ก็ยังถือว่าต่ำกว่าค่ากลางของการประเมินอยู่ที่ 500 คะแนน โดยจัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถของนักเรียนอยู่ในระดับ 1 หรือ ระดับ

ต่ำ (โครงการ TIMSS ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 16)

เมื่อพิจารณาจากผลการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนในโครงการ Programme for International Student Assessment หรือ PISA ซึ่งเป็นโครงการประเมินความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะของผู้เรียนที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ OECD จากผลการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ.2003-2018 ของประเทศไทยในด้านคณิตศาสตร์ ยังพบว่า คะแนนยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอย่างต่อเนื่อง โดยล่าสุดผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย PISA 2018 พบว่า มีนักเรียนไทยเพียง 2.3% มีความสามารถด้านคณิตศาสตร์ในระดับสูง (ระดับ 5 และระดับ 6) ซึ่งหมายถึงนักเรียนสามารถสร้างกรอบความคิด สร้างข้อสรุปและสาระสำคัญของปัญหาบนฐานของข้อมูลจากการสำรวจ ตรวจสอบ สร้างหรือใช้ตัวแบบในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ แม้ว่าจะมีนักเรียนไทยบางส่วนที่มีระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ที่สูง แต่คะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ยังต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD คือ 489 คะแนน ซึ่งประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์อยู่ที่ 419 คะแนน จึงแสดงให้เห็นว่าผลการประเมิน PISA ไม่เพียงแต่ชี้ให้เห็นสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ต่ำเท่านั้น แต่ยังคงแฝงไปด้วยข้อบกพร่องของนักเรียนทางด้านความคิดสร้างสรรค์ในการหาคำตอบและการประเมินคำตอบที่เหมาะสมที่สุดผ่านการใช้คำอธิบายที่สมเหตุสมผล (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, น. 5)

จากประสบการณ์สอนและการสังเกตชั้นเรียนของผู้วิจัย เมื่อจัดการเรียนรู้ในเรื่องของวงกลม พบว่า นักเรียนไม่สามารถออกแบบหรือเขียนภาพสถานการณ์ที่แตกต่างกับทฤษฎีบทของวงกลมได้ สังเกตได้จากแบบฝึกหัดที่มอบหมายให้นักเรียนเขียนภาพตามจินตนาการของตนเองให้สอดคล้องกับทฤษฎีบทของวงกลมที่กำหนดให้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่เขียนภาพคล้ายคลึงกันและใกล้เคียงกับทฤษฎีบทของวงกลมนั้น ๆ โดยไม่ได้แสดงถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการกำหนดจุดหรือเส้นตรงตามสถานการณ์ที่แปลกใหม่ได้ สาเหตุของปัญหาดังกล่าวมาจาก การจัดการเรียนการสอนแบบเดิมที่เน้นการบรรยายทฤษฎีบททางคณิตศาสตร์และทำโจทย์ประยุกต์ไปตามที่ละขั้นตอนของครู ทำให้นักเรียนขาดการทำงานร่วมกัน ขาดการลงมือปฏิบัติในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และไม่ถูกฝึกฝนให้ใช้ความคิดในการวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงบนพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทของวงกลม

Constructivism ตามแนวคิดของ Piaget เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ผ่านการลงมือกระทำ และเชื่อว่าถ้าผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) หรือเรียกว่าเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ผู้เรียนจะต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structuring) ให้เข้าสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม (Assimilation) ได้แก่ การรับข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญา และการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) โดยการเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิม หรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่ จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาพสมดุล หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ หรือเกิดการเรียนรู้ตนเอง (Underhill, Balacheff, Conjrey, 1991)

อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ตามแนวคิดของ Piaget เป็นการเน้นการเรียนรู้ส่วนบุคคล ต่างจาก Vygotsky ที่ได้พัฒนาแนวคิด Social Constructivism ที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับบทบาทของภาษา สังคม และวัฒนธรรม ที่ใช้ในการพัฒนาองค์ความรู้ โดยเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นภายใต้บริบททางสังคม การจัดการเรียนรู้จึงควรเน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ พูดคุย อภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความรู้ร่วมกัน มีการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม เพื่อให้ นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่จากนักเรียนกลุ่มอื่น ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะมีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนความรู้ของตนเอง นอกจากนี้ ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับทฤษฎี โซเนอของพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) สามารถพัฒนาได้ โดยอาศัยครูทำหน้าที่ของการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) และจุดประกายความสนใจ ให้นักเรียนได้เรียนจากการลงมือปฏิบัติ เพื่อพัฒนาความสามารถของตัวเองได้อย่างเต็มที่ (วิจารณ์ พานิช, 2555, น. 134)

สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก หนึ่งในนั้นคือ โปรแกรม GeoGebra ซึ่งเป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีความน่าสนใจ สนุกสนาน และอยากที่จะเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี จุดเด่นของโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์เชิงพลวัตซึ่งรวมเรขาคณิต พีชคณิตและแคลคูลัสไว้ด้วยกัน สามารถใช้ในการสร้างชิ้นงานเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตได้ในภายหลัง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GeoGebra บูรณาการกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มพูนและพัฒนาศักยภาพของครูผู้สอน อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการค้นคว้าเพิ่มเติม และนำแนวคิดที่ได้ไปจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยให้ความคลาดเคลื่อนของผู้เรียนลดน้อยลง และสามารถลดระยะเวลาในการสร้าง

องค์ความรู้ ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งการแสดงออกด้วยภาพที่สามารถเคลื่อนไหวได้ จะส่งผลให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เกิดความคิดสร้างสรรค์และช่วยเสริมสร้างจินตนาการ (ชัยญา อุทิศ, 2557, น. 5) เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เป็นนามธรรมและเข้าใจยากสำหรับนักเรียน โปรแกรม GeoGebra จึงเป็นอีกกลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยให้การสอนคณิตศาสตร์เป็นรูปธรรม นักเรียนมีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนได้ดีขึ้น

#### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

#### คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร
2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร



## ขอบเขตการวิจัย

### 1. ด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ รายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน 6 เรื่อง วงกลม โดยเนื้อหาประกอบด้วย มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมและมุมในส่วโค้งของวงกลม คอร์ด และเส้นสัมผัสวงกลม

### 2. ด้านแหล่งข้อมูล

ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 34 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในอำเภอขามเฒ่าสุพรรณบุรี จังหวัดกำแพงเพชร

### 3. ด้านตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในเรื่อง วงกลม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (Hands-On) ในทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้เรียนจะร่วมกันสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ผ่านกระบวนการแบบกลุ่ม โดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปราย แลกเปลี่ยนและระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม ซึ่งครูจะทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนช่วยเหลือและจัดสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ มี 4 ขั้นตอนดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้จากการสืบค้น หาประสบการณ์จากในและนอกห้องเรียน จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-4 คน เพื่อให้ นักเรียนมีส่วนร่วมช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น โดยครูทำหน้าที่ส่งเสริมอยู่ข้างๆ ในขณะที่นักเรียนได้ลองกระทำหรือลงมือปฏิบัติ ได้รู้ถึงความผิดพลาดของตนเองเพื่อเรียนรู้จากความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่าการปลดปล่อยจากการควบคุมและส่งเสริมการสืบค้นของนักเรียน

#### ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง

เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ผ่านกระบวนการร่วมมือแบบกลุ่ม มีการมอบหมายและแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบในการทำงาน จากนั้นจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกัน

ศึกษา สํารวจ และตรวจสอบมโนทัศน์ในการสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น เรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น และมีการปรับความคิดของตนเอง การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การปรับตัว เพื่อที่จะแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน

### ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้

เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนให้สร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาพร้อมกับผู้อื่น ผ่านการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการออกแบบชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra นักเรียนจะได้รับรู้ถึงความคิดของผู้อื่นและนำเสนอความคิดของตนเองเป็นการระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้และประสบการณ์เดิมมาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนจะต้องวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงบนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถออกแบบวิธีการที่แปลกใหม่ มีความหลากหลาย แตกต่างกัน และอธิบายรายละเอียดของวิธีนั้น ๆ ได้ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสร้างและการจัดการข้อมูล

### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดจากการวิจารณ์และสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น โดยนักเรียนจะต้องทำการประเมินผลงาน และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่ต้องพัฒนา เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนา งานในครั้งต่อไป การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสื่อสารและการร่วมมือในสภาวะแวดล้อมแบบกระจายศูนย์

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่อาศัยความรู้ เนื้อหา บนหลักการทางคณิตศาสตร์ ผสมกับจินตนาการและวิจารณญาณ ซึ่งสามารถคิดได้หลากหลายทิศทาง หลากหลายแง่มุม เพื่อนำไปสร้างองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ แตกต่างไปจากเดิม ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ตามแนวคิดของ OECD (2019) ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับวงกลม และสร้างภาพโดยใช้วงกลมผสมผสานกับรูปร่างหรือเครื่องหมายต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน และ

ลักษณะที่ 2 การสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบของเครื่องมือ หรือวิธีการ เพื่อที่จะให้บรรลุผลสำเร็จ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่มีอยู่ หรือปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสมมติฐานหรือแนวคิดที่ได้จากการสังเกตและตรวจสอบทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับวงกลม ได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานเชิงศิลปะเกี่ยวกับวงกลม และสร้างภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อเกี่ยวกับเรื่องของวงกลมและบริบทนั้น ๆ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และลักษณะที่ 2 คือ การสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยคำนึงถึงกลยุทธ์ที่ถูกนำไปใช้ ส่งผลให้เกิดคุณค่าที่เกิดประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม และใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเกี่ยวกับวงกลม โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 คือ การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิดในบางส่วนของชิ้นงานเชิงศิลปะเกี่ยวกับวงกลม โดยที่ยังคงรักษาองค์ประกอบสำคัญและแรงบันดาลใจที่มีอยู่เดิม และปรับปรุงภาพหรือแบบจำลอง โดยยังสื่อถึงภาพรวมในส่วนสำคัญทุกส่วนเกี่ยวกับวงกลมที่มีอยู่เดิมและสอดคล้องกับบริบท ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และลักษณะที่ 2 คือ การสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาให้มีความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมยิ่งขึ้น และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการทดลองหรือการตรวจสอบโดยคำตอบนั้นยังคงถูกต้อง

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชิลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

- 1.1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
- 1.2 โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน
- 1.3 คำอธิบายรายวิชา ค 23102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน 6
- 1.4 ผังมโนทัศน์ เรื่อง วงกลม (Circle)

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

- 2.1 ธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์
- 2.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
- 2.3 การตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

3. ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์

- 3.1 การจัดห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน
- 3.2 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์

4. โปรแกรม GeoGebra

- 4.1 ความเป็นมาของโปรแกรม GeoGebra
- 4.2 การใช้งานโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้น
- 4.3 ตัวอย่างเครื่องมือของโปรแกรม GeoGebra
- 4.4 การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน
- 4.5 ข้อควรคำนึงและข้อจำกัดของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการ

เรียนการสอน

5. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีไฮเชิลคอนสตรัคติวิสต์

- 5.1 แนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

- 5.2 ความหมายของแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์
- 5.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์
- 5.4 บรรยากาศของห้องเรียนตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์
- 5.5 บทบาทของครูตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์
- 5.6 บทบาทของผู้เรียนตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์
- 5.7 แนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
  - 6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

**ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามมาตรฐานการเรียนรู้ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

**1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง**

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ แกนกลาง ดังตาราง 1

## ตาราง 1 แสดงสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระ	มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
สาระที่ 2 การวัดและ เรขาคณิต	ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูป เรขาคณิต สมบัติของรูป เรขาคณิต ความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิต และ ทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้	ค 2.2 ม.3/3 เข้าใจและ ใช้ทฤษฎีบทเกี่ยวกับ วงกลมในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์	วงกลม - วงกลม คอร์ด และเส้นสัมผัส - ทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม

### 2. โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโครงสร้างรายวิชาพื้นฐานตามตัวชี้วัด ค 2.2 ม.3/3 ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ดังตาราง 2

### ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาพื้นฐานตามตัวชี้วัด ค 2.2 ม.3/3

ชื่อหน่วย การเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
วงกลม	ค 2.2 ม.3/3	1) ทฤษฎีบทเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและ มุมในส่วนโค้งของวงกลม 2) ทฤษฎีบทเกี่ยวกับคอร์ดของวงกลม 3) ทฤษฎีบทเกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลม	15	13

### 3. คำอธิบายรายวิชา ค 23102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน 6

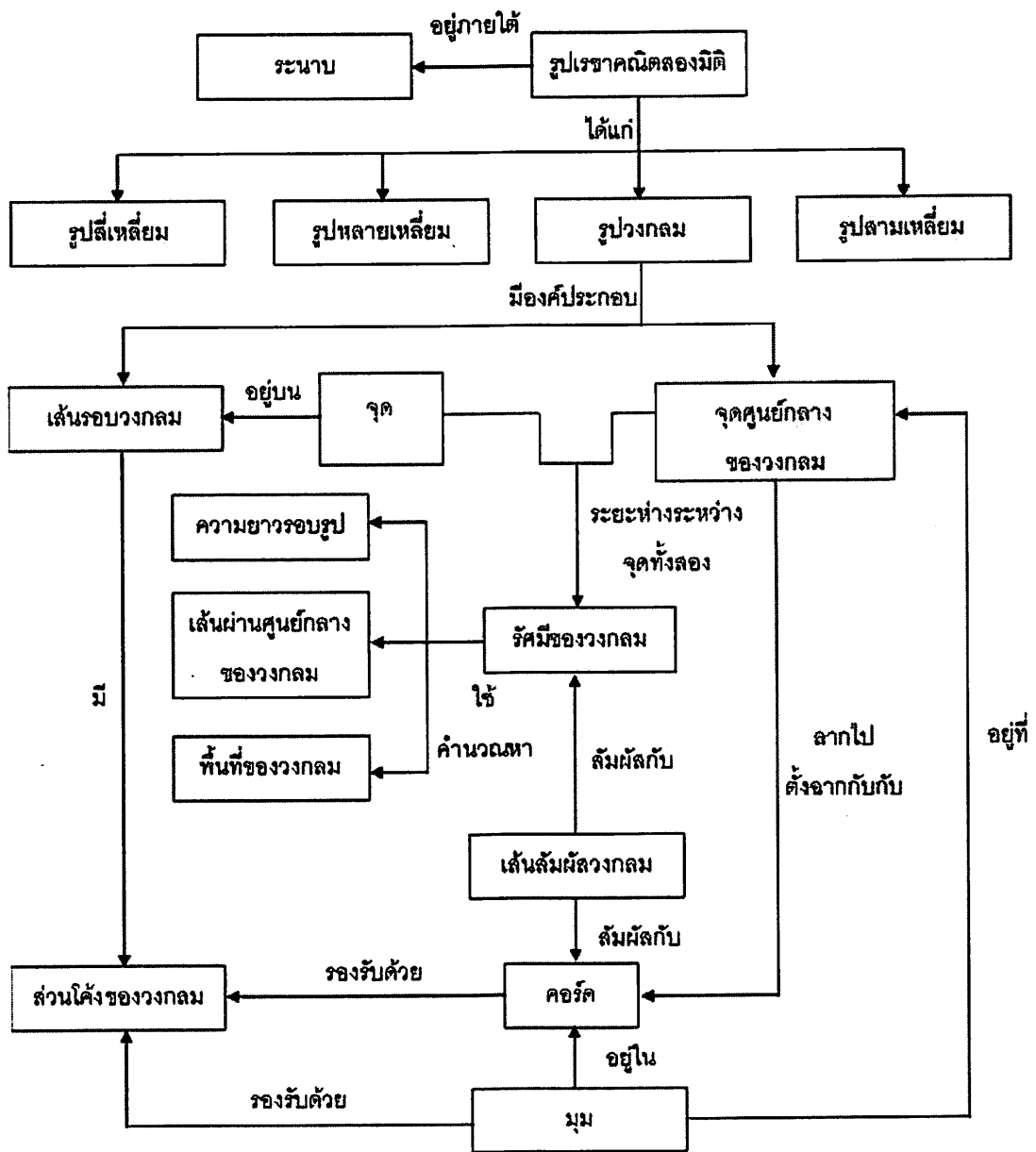
ศึกษาเกี่ยวกับระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร วงกลม การหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของพีระมิด กรวยและทรงกลม ความน่าจะเป็น และอัตราส่วนตรีโกณมิติ

โดยใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

เพื่อให้นักเรียนตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4. ผังมโนทัศน์ เรื่อง วงกลม (Circle)

จากการศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง โครงสร้างรายวิชาพื้นฐาน คำอธิบายรายวิชา ค 23102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน 6 และประสบการณ์จัดการเรียนการสอน เรื่อง วงกลม ของผู้วิจัย จึงสรุปเป็น ผังมโนทัศน์ เรื่อง วงกลม (Circle) ดังภาพ 1



ภาพที่ 1 ผังมโนทัศน์ เรื่อง วงกลม (Circle)

## ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวมชาติของความคิดสร้างสรรค์ เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจในเบื้องต้นก่อนที่จะทำการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของความคิดที่มีอยู่ในตัวของแต่ละบุคคลเป็นทักษะที่สร้างให้เกิดขึ้นได้ โดยนักการศึกษาและนักจิตวิทยาที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ หรือความคิดอเนกนัยได้มีทัศนะเกี่ยวกับเรื่องนี้แตกต่างกันออกไปตามพื้นฐานประสบการณ์และความเชื่อ

#### 1.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

Davis (1983 อ้างอิงใน กรมวิชาการ, 2544, น. 6-7) ได้รวบรวมทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของนักการศึกษาและนักจิตวิทยา โดยแบ่งกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

1) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เชิงจิตวิเคราะห์ นักจิตวิทยาทางจิตวิเคราะห์หลายคน เช่น ฟรอยด์ (Freud) และคริส (Kris) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นผลมาจากความขัดแย้งภายในจิตใต้สำนึกระหว่างแรงขับทางเพศ (Libido) กับความรู้สึกรับผิดชอบทางสังคม (Social Conscience) ส่วนคูโบ (Kubie) และรักส์ (Rugg) ซึ่งเป็นนักจิตวิเคราะห์แนวใหม่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์นั้นเกิดขึ้นระหว่างการรู้สติกับจิตใต้สำนึก ซึ่งอยู่ในขอบเขตของจิตส่วนที่เรียกว่า จิตก่อนสำนึก

2) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เชิงพฤติกรรมนิยม นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้มีแนวคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยเน้นที่ความสำคัญของการเสริมแรงการตอบสนองที่ถูกต้องกับสิ่งเร้าเฉพาะหรือสถานการณ์ นอกจากนี้ยังได้เน้นความสัมพันธ์ทางปัญญาคือการโยงความสัมพันธ์จากสิ่งเร้าหนึ่งไปยังสิ่งต่าง ๆ ทำให้เกิดความคิดใหม่หรือสิ่งใหม่เกิดขึ้น

3) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์เชิงมนุษยนิยม นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้มีแนวคิดว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มนุษย์มีติดตัวมาแต่กำเนิด ผู้ที่สามารถนำความคิดสร้างสรรค์ออกมาใช้ได้คือผู้ที่มีสัจจการแห่งตน คือรู้จักตนเอง พอใจตนเอง และใช้ตนเองเต็มตามศักยภาพของตน มนุษย์จะสามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ของตนออกมาได้อย่างเต็มที่นั้น ขึ้นอยู่กับการสร้างสภาวะ หรือ บรรยากาศที่เอื้ออำนวย และได้กล่าวถึงบรรยากาศที่สำคัญในการสร้างสรรค์ว่า ประกอบด้วย ความปลอดภัยในเชิงจิตวิทยา ความมั่นคงของจิตใจ ความปรารถนาที่จะเล่นกับความคิด และการเปิดกว้างที่จะรับประสบการณ์ใหม่



4) ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์โมเดลเอาตา (The Model AUTA) ทฤษฎีนี้เป็นรูปแบบของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นในตัวบุคคล โดยมีแนวคิดว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นมีอยู่ในมนุษย์ทุกคน และสามารถพัฒนาให้สูงขึ้นได้ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามรูปแบบ AUTA ประกอบด้วย

4.1) การตระหนัก (Awareness) คือตระหนักถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อตนเอง สังคม ทั้งในปัจจุบันและอนาคตและตระหนักถึงความคิดสร้างสรรค์ที่มีอยู่ในตนเองด้วย

4.2) ความเข้าใจ (Understanding) คือมีความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

4.3) เทคนิควิธี (Techniques) คือการรู้เทคนิควิธีในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทั้งที่เป็นเทคนิคส่วนบุคคลและเทคนิคที่เป็นมาตรฐาน

4.4) การตระหนักในความจริงของสิ่งต่าง ๆ (Actualization) คือการรู้จักหรือตระหนักในตนเอง พอใจในตนเอง และพยายามใช้ตนเองอย่างเต็มศักยภาพ รวมทั้งการเปิดกว้างรับประสบการณ์ต่าง ๆ โดยมีการปรับตัวได้อย่างเหมาะสม การตระหนักถึงเพื่อนมนุษย์ด้วยกัน การผลิตผลงานด้วยตนเอง และมีความคิดที่ยืดหยุ่นเข้ากับทุกรูปแบบของชีวิต

จากทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่มีอยู่ในบุคคลทุกคน และสามารถที่จะพัฒนาให้สูงขึ้นได้โดยอาศัยการเรียนรู้และการจัดบรรยากาศที่เอื้ออำนวย สำหรับความหมายของความคิดสร้างสรรค์นั้นได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

## 1.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1956, p. 128) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดแบบอบเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่ หลายมุม คิดได้กว้างไกล ซึ่งลักษณะความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่รวมทั้งการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้สำเร็จ

Osborn (1963, pp. 10-12) กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied Imagination) คือ เป็นจินตนาการที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาที่มนุษย์ประสบปัญหาอยู่ไม่ใช่เป็นจินตนาการที่ฟุ้งซ่านและเลื่อนลอยโดยทั่วไปความคิดจินตนาการจึงเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ในการที่จะนำไปสู่ผลผลิตที่มีความแปลกใหม่และเป็นประโยชน์

Torance (1973, p. 42) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการของความรูสึกที่ไวต่อการแยกแยะปัญหา ไวต่อการค้นพบวิธีการแก้ปัญหา ไวต่อการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสิ่งที่ขาดหายไป แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคำตอบ

Greenstein (2012, p. 75) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะความสามารถที่โดดเด่นและมีพลัง โดยใช้จินตนาการเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรคหรือผลิตสิ่งใหม่ หรือรูปแบบใหม่ หรือองค์ความรู้ใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสังคม

อัมพร ม้าคนอง (2553) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดระดับสูง หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการคิดออกนอกกรอบความคิดเดิมที่มีอยู่ซึ่งทำให้ได้แนวทางใหม่ ๆ ที่ไม่เคยเกิดขึ้นก่อน ซึ่งเป็นความคิดที่ถูกสร้างขึ้นใหม่โดยไม่มีกรอบการเรียนรู้แบบความคิดอื่น ๆ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556, น. 4) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นการสร้างสรรคสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม และใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เช่น กระติกน้ำร้อนสำหรับเดินทางที่มีระบบอุ่นในตัว ถือเป็นสิ่งใหม่ เป็นความริเริ่มใหม่ ๆ ให้ความรู้สึกละเอียดใหม่ ตื่นตาตื่นใจ ไม่เคยเห็นจากที่ใดมาก่อน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะกว่าสิ่งที่มีอยู่

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ดังกล่าว สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่มีลักษณะการคิดที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดเดิม สามารถคิดได้หลากหลายทิศทาง หลากหลายแง่มุม โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่ถูกต้องร่วมกับจินตนาการบนพื้นฐานที่เป็นไปได้ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ การคิดค้น สร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือการปรับปรุงงานต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่ ที่สามารถช่วยแก้ปัญหาหรือมีประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เกิดขึ้นได้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ผู้เรียนสามารถแสดงศักยภาพในด้านความคิดสร้างสรรค์ในการคิดแก้โจทย์ปัญหา และหลักการคิดคำนวณได้หลายวิธี การสร้างกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังนั้น นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

### 1.3 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Roy (1982, pp. 143-147) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่ซับซ้อน แต่ก็สามารถสังเกตได้โดยเขาใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ

- 1) ความสามารถในการสรุปเป็นหลักการโดยทั่วไป
- 2) ความสามารถในการตีความคำตอบ

### 3) ความสามารถในการค้นพบเนื้อหาที่สำคัญ

Lee, Hwang & Seo (2003) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถทางปัญญาที่ก่อให้เกิดการคิดที่แปลกใหม่ มีหลากหลายแนวคิด 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่เน้นการสร้างผลงานสิ่งใหม่ ๆ

Laycock (2005 as cited in Mehdi, 2012, pp. 285-291) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่พบได้หลากหลายด้านมองเห็นแบบรูปที่ต่างกันและเหมือนกันภายในโจทย์ มีแนวคำตอบหลายแนวและเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่จะจัดการกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย

ธัญวาทิต (2556) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถทางการคิดของนักเรียนที่คิดได้หลากหลาย หลายแง่ หลายมุม หลายทิศทาง คิดแปลกใหม่ ไม่ซ้ำผู้อื่น นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ โดยได้มีการจัดสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมา

กันตารัตน์ ษ์องย่า (2560) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่มและคิดละเอียดลออ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ต่าง ๆ

พงศกร วังศิลา (2561) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะการคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากเดิม มีวิธีการคิดได้หลากหลายทิศทาง หลากหลายแง่มุม ตลอดจนการคาดคะเนแนวทางในการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่มีอยู่และเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ทำให้เกิดสิ่งแปลกใหม่ที่เป็นประโยชน์

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่อาศัยความรู้ เนื้อหา บนหลักการทางคณิตศาสตร์ ผนวกกับจินตนาการและวิจารณญาณ ซึ่งสามารถคิดได้หลากหลายทิศทาง หลากหลายแง่มุม เพื่อนำไปสร้างองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ แตกต่างไปจากเดิมที่มีคุณค่า และเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

## 2. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของความคิดสร้างสรรค์ที่มีอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล โดยทั่วไปเมื่อก้าวถึงความคิดสร้างสรรค์มักจะเข้าใจและมุ่งเน้นไปที่ความคิดริเริ่ม ซึ่งแท้จริงแล้วความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยลักษณะความคิดอื่น ๆ อีกด้วย

Guilford (1967, pp. 145-151) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ดังนี้

1) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม

2) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1) ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำ อย่างคล่องแคล่ว

2.2) ความคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำ ที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3) ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expression Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4) ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของสิ่งของที่มีลักษณะเป็นวงกลมให้ได้มากที่สุด ภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาที

3) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิด แบ่งออกเป็น

3.1) ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) หมายถึง ความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างของคนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของฝาท่อระบายน้ำที่มีลักษณะเป็นวงกลมมีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่ยืดหยุ่นสามารถจัดกลุ่มได้หลายทิศทางหรือหลายด้าน เช่น 1) เพื่อป้องกันฝาท่อตกลงไปในท่อ

เหตุผลก็คือฝาจะไม่มีทางตกลงไปได้ หรือมีโอกาสตกลงไปยากมาก เพราะวงกลมมีจุดศูนย์กลาง มีเส้นรอบวง และมีรัศมีซึ่งก็คือระยะห่างจากจุดศูนย์กลางไปยังเส้นรอบวงนั้นจะเท่า ๆ กัน 2) รูปวงกลมสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายเพียงแค่หมุนหรือกลิ้งไปบนพื้นแทนการยกหนัก ๆ 3) รูปวงกลมสามารถปิดท่อได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยไม่ต้องหมุนหาเหลี่ยมหามุมดังเช่นฝารูปสี่เหลี่ยม 4) รูปวงกลมเป็นรูปร่างที่ทนต่อแรงกดดันรอบข้างได้ดี 5) รูปวงกลมใช้พื้นที่น้อยกว่ารูปอื่น ๆ ทำให้ประหยัดต้นทุนในการผลิต ฯลฯ ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดสร้างสรรค์จะคิดได้เพียงทิศทางเดียวคือ เพื่อป้องกันฝาท่อตกลงไปในท่อ เท่านั้น

3.2) ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึงความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา ผู้ที่มีความยืดหยุ่นจะคิดดัดแปลงได้ไม่ซ้ำกัน

4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

Greenstein (2012, p. 75) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ประการ ดังนี้

1) ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) หมายถึง การถามคำถาม การสืบเสาะหาความรู้ การค้นหาความหมายของสิ่งต่าง ๆ ในมุมมองที่แตกต่าง และที่ลึกลงไป ทำให้เกิดการสำรวจ ตรวจสอบ ซึ่งเป็นพฤติกรรมเริ่มต้นของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ที่จะทำให้เกิดแรงผลักดันที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ

2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิด หาคำตอบที่ถูกต้องได้หลายทาง หลายรูปแบบ และสามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาถ้ามีความจำเป็น

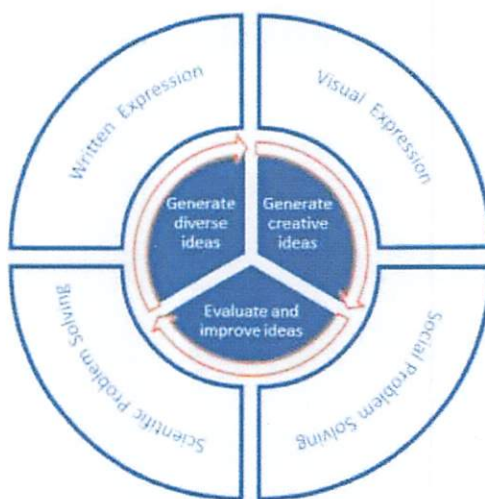
3) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง แนวคิดที่ล้ำยุค แปลกใหม่ เป็นเอกลักษณ์หรือ ไม่ธรรมดาแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น มีลักษณะเฉพาะในแบบของตนเอง ที่ไม่ได้เกิดจากการลอกเลียนแบบ

4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความชัดเจนและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หรือเพิ่มเติมจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว

5) ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถทางการคิดของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างถูกต้องรวดเร็วและต่อเนื่อง และได้คำตอบมาก ๆ ในเวลาที่จำกัด

6) จินตนาการ (Imagination) หมายถึง การสร้างภาพในสมอง หรือนึกคิดเป็นภาพ เป็นความฉลาดในการคิดที่แตกต่างไปจากเดิม หรือแตกต่างไปจากความเป็นจริง เพื่อคิดค้นแนวคิดหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ

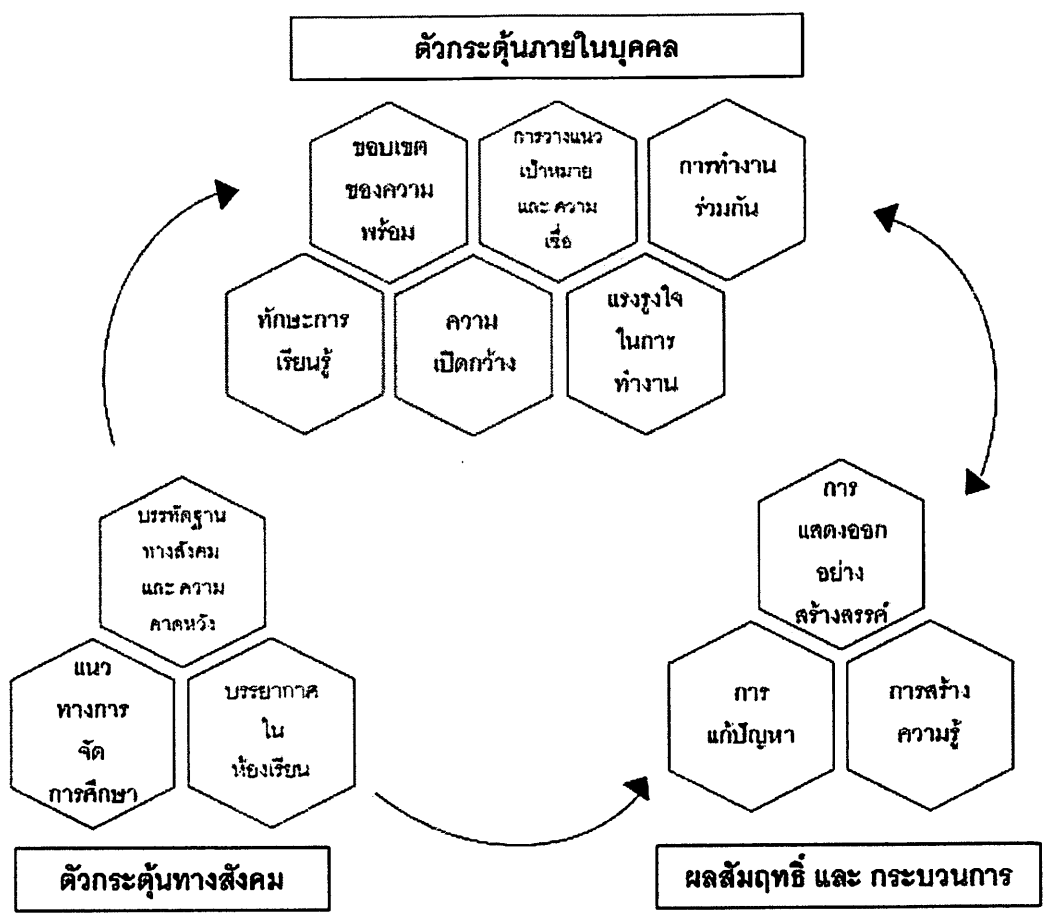
OECD (2019, p. 23) ได้กำหนดแบบจำลองสมรรถนะสำคัญสำหรับการทดสอบ PISA ตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย (Generate diverse ideas) 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (Generate creative ideas) และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด (Evaluate and improve ideas) โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ (Written and Visual Expression) และ 2) การสร้างความรู้ความคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (Social and Scientific Problem Solving) ดังภาพ 2



ภาพ 2 แสดงแบบจำลองสมรรถนะสำคัญสำหรับการทดสอบ PISA ตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

ที่มา: OECD, 2019

OECD (2019, p. 11) ได้เสนอแบบจำลองความคิดสร้างสรรค์ 5 มิติ สำหรับการสังเกตความคิดสร้างสรรค์ในห้องเรียน รวมถึงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสำคัญต่าง ๆ ดังภาพ 3



ภาพ 3 แสดงแบบจำลองความคิดสร้างสรรค์ 5 มิติ สำหรับการสังเกตความคิดสร้างสรรค์ในห้องเรียน

ที่มา: OECD, 2019

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ พบว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิด OECD (2019) มีความเหมาะสมกับขอบเขตการวิจัยในสถานการณ์ที่เป็นปัจจุบันซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ดังกล่าวได้ถูกพัฒนาและสังเคราะห์ขึ้นจากแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีความชัดเจน สามารถสังเกตพฤติกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม จึงเห็นควรนำไปประยุกต์ใช้เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยมาทำการวิเคราะห์และแปลผลเป็นเชิงคุณภาพได้

### 3. การตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะที่ซับซ้อนของมนุษย์ ซึ่งค่อนข้างวัดได้ยากเมื่อเทียบกับการวัดแบบอื่น ๆ ได้มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านสนใจศึกษาการวัดความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

Balka (1974, p. 98) ศึกษาเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) ความสามารถในการตั้งสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะเหตุผลและผลจากประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

2) ความสามารถในการกำหนดรูปแบบจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

3) ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวิธีการคิด เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

4) ความสามารถในการประเมินปัญหา ตลอดจนคาดคะเนถึงผลที่จะเกิดขึ้น

5) ความสามารถในการค้นหาสิ่งที่ขาดหายไปจากสถานการณ์คณิตศาสตร์

6) ความสามารถในการจัดการปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นปัญหาย่อยที่เจาะจงได้

Greenstein (2012, p. 75) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยความคิด 6 ลักษณะ ดังตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Greenstein (2012)

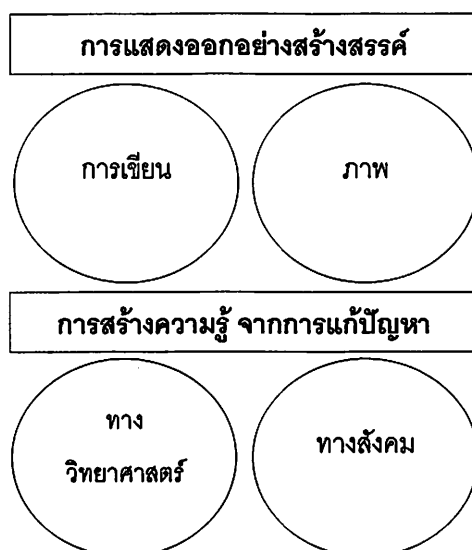
ทักษะ	ระดับเชี่ยวชาญ (4)	ระดับชำนาญ (3)	ระดับพื้นฐาน (2)	ระดับฝึกหัด (1)
ความอยากรู้ อยากเห็น	รู้สึกหลงใหลใน องค์ประกอบของ แนวคิดใหม่ ๆ และมี ความสนใจที่จะ ค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ	อยากรู้เกี่ยวกับสิ่ง ใหม่ ๆ บางอย่างและ มักยินดีที่จะสำรวจ แนวคิดใหม่ ๆ	หากได้รับการ ช่วยเหลือบางอย่าง จะสามารถทำการ สำรวจแนวคิดใหม่ ๆ ได้	แทบไม่เคยสงสัย เกี่ยวกับความคิด และสิ่งใหม่ ๆ
ความคิด คล่องแคล่ว	สามารถมอง ทางเลือกต่าง ๆ ได้ หลายวิธี และอธิบาย จุดประสงค์ของ ทางเลือกได้ หลากหลายแนวทาง	มักจะสามารถมอง ทางเลือกต่าง ๆ ได้ บางทางเลือก และ อธิบายจุดประสงค์ ของทางเลือกนั้นได้ บางแนวทาง	ถ้าหากทำงานกับ คนอื่น จะสามารถ มองเห็นทางเลือก หรือแนวทางที่ใหม่ ๆ ได้	มักจะมองเห็น ทางเลือกต่าง ๆ จากมุมมองของ ตนเองเท่านั้น



ตาราง 3 (ต่อ)

ทักษะ	ระดับเชี่ยวชาญ (4)	ระดับชำนาญ (3)	ระดับพื้นฐาน (2)	ระดับฝึกหัด (1)
ความคิดริเริ่ม	สามารถคิดค้นแนวคิดและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ในหัวข้อต่างๆ ได้ และสามารถทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่เป็นรูปธรรมได้	สามารถคิดค้นแนวคิดใหม่ๆ ได้ด้วยตนเอง และถ้าหากเป็นเรื่องง่ายจะสามารถใช้มันได้จริง	ถ้าหากได้รับคำแนะนำจะสามารถคิดค้นแนวคิดใหม่ได้	ต้องการความช่วยเหลือในการคิดค้นสิ่งใหม่
ความคิดละเอียดลออ	สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไข ปรับแต่งบางสิ่งต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเป็นเรื่องง่ายและสนุก	มักจะมีแนวทางการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ปรับแต่งบางสิ่งต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น	น้อยมากที่จะมีแนวทางการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ปรับแต่งบางสิ่งต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น	บางครั้งไม่สามารถคิดแนวทางการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ปรับแต่งสิ่งต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
ความคิดยืดหยุ่น	สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ และ เห็นความเป็นไปได้ในการเรียนรู้และใช้ชีวิต	สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในขณะที่สิ่งต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป และสังเกตเห็นศักยภาพบางอย่างที่จะเรียนรู้	บางครั้ง การปรับตัวเข้ากับสิ่งที่เปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยาก เมื่อมีคำแนะนำจากคนอื่น จะสามารถปรับตัวได้	ไม่มีประสิทธิภาพปรับตัวเข้ากับสิ่งที่เปลี่ยนแปลงเป็นเรื่องที่ยากที่จะคิดนอกกรอบ เนื่องจากคิดว่าตนเองเหมือนกับกรอบแนวคิดนั้น
จินตนาการ	สามารถเรียบเรียง ผสม ดัดแปลง หรือปรับเปลี่ยนแนวคิดเพื่อพัฒนาแนวคิดเดิม ให้เป็นเรื่องที่ยาก	สามารถเรียบเรียง ผสม ดัดแปลง หรือปรับเปลี่ยนได้เพียง 2-3 อย่าง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์	สามารถเรียบเรียง ผสม ดัดแปลง หรือปรับเปลี่ยนได้เพียง 1-2 อย่างเท่านั้น	เป็นเรื่องยากที่จะปรับแต่งสิ่งต่างๆ เพราะที่เห็นคือ สิ่งเหล่านั้นเป็นเหมือนที่เป็นอยู่แล้ว

OECD (2019, p. 20) ได้กำหนดขอบเขตหัวข้อที่ใช้วัดและประเมินความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ดังภาพ 4



ภาพ 4 แสดงขอบเขตหัวข้อที่ใช้วัดและประเมินความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ

ที่มา: OECD, 2019

ตาราง 4 แสดงแนวทางการวัดแ่งมุมในองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ขอบเขตลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ตามแนวคิด OECD (2019)

	การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์		การสร้างความรู้และการแก้ปัญหา	
	(การเขียนและภาพ)		(ทางวิทยาศาสตร์และสังคม)	
	การเขียน	ภาพ	สังคม	วิทยาศาสตร์
การสร้างความคิดที่หลากหลาย	นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิด/ตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราว อาทิ เช่น การเขียนการ์ตูน หรือการวาดภาพต่าง ๆ เป็นต้น ได้ อย่าง หลาก หลาย แตกต่างกัน	นักเรียนแสดงภาพผสมผสานร่วมกับรูปร่างอื่น ๆ อาทิเช่น การทำโลโก้ และการออกแบบ รวมถึงการนำเสนอออกมาในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ เช่น การทำอินโฟกราฟฟิก เป็นต้น ได้ อย่างหลากหลาย แตกต่างกัน	นักเรียนสามารถแก้ปัญหา สถานการณ์ในชีวิตจริง อาทิเช่น ปัญหา การขาดแคลนน้ำ เป็นต้น โดยพิจารณาถึงองค์ประกอบของเครื่องมือ หรือวิธีการ เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จได้อย่างหลากหลาย แตกต่างกัน	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หรือจากสมมติฐาน แนวคิดที่ได้จากการทดลอง สังเกต และตรวจสอบ อาทิเช่น การสังเกตพฤติกรรมก้าวร้าวของสัตว์ เป็นต้น ได้ อย่างหลากหลาย แตกต่างกัน

## ตาราง 4 (ต่อ)

	การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ (การเขียนและภาพ)		การสร้างความรู้และการแก้ปัญหา (ทางวิทยาศาสตร์และสังคม)	
	การเขียน	ภาพ	สังคม	วิทยาศาสตร์
การสร้าง ความคิด สร้างสรรค์	นักเรียนออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานเชิงศิลปะได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ	นักเรียนสามารถสร้างภาพหรือแบบจำลองที่สอดคล้องกับบริบทนั้น ๆ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ	นักเรียนสามารถแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยคำนึงถึงกลยุทธ์ที่ถูกนำไปใช้ ส่งผลให้เกิดคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา นั้น ๆ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ
การประเมิน และ ปรับปรุง ความคิด	นักเรียนสามารถปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิดในบางส่วนของชิ้นงานเชิงศิลปะ อาทิเช่น การเขียนภาพที่สื่อถึงแรงบันดาลใจของศิลปิน เป็นต้น โดยที่ยังคงรักษาองค์ประกอบสำคัญและแรงบันดาลใจที่มีอยู่เดิม ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น	นักเรียนสามารถปรับปรุงภาพหรือแบบจำลอง โดยยังสื่อถึงภาพรวมใน ส่วนสำคัญทุกส่วนที่มีอยู่เดิม ให้มีความชัดเจน และสอดคล้องกับบริบทยิ่งขึ้น	นักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะจากการแก้ปัญหา อาทิเช่น การลดปริมาณขยะในครัวเรือน เป็นต้น มาทำการปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์ที่มีอยู่เดิม ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ยิ่งขึ้น	นักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะจากการทดลอง อาทิเช่น การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ เป็นต้น มาทำการปรับปรุงแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่มีอยู่เดิม ให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ใบงานที่เป็นลักษณะของแบบบันทึกผลการเรียนรู้ควบคู่กับการสร้างชิ้นงาน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตาม

แนวคิด OECD (2019) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 สำคัญ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 สำคัญ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับวงกลม และสร้างภาพโดยใช้วงกลมผสมผสานกับรูปร่างหรือเครื่องหมายต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน และลักษณะที่ 2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบของเครื่องมือ หรือวิธีการ เพื่อที่จะให้บรรลุผลสำเร็จ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่มีอยู่ หรือปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสมมติฐานหรือแนวคิดที่ได้จากการสังเกตและตรวจสอบทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับวงกลม ได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 สำคัญ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานเชิงศิลปะเกี่ยวกับวงกลม และสร้างภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อเกี่ยวกับเรื่องของวงกลมและบริบทนั้น ๆ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และลักษณะที่ 2 คือ การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยคำนึงถึงกลยุทธ์ที่ถูกนำไปใช้ ส่งผลให้เกิดคุณค่าที่เกิดประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม และใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเกี่ยวกับวงกลม โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 สำคัญ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิดในบางส่วนของชิ้นงานเชิงศิลปะเกี่ยวกับวงกลม โดยที่ยังคงรักษาองค์ประกอบสำคัญและแรงบันดาลใจที่มีอยู่เดิม และปรับปรุงภาพหรือแบบจำลอง โดยยังสื่อถึงภาพรวมในวงสำคัญทุกส่วนเกี่ยวกับวงกลมที่มีอยู่เดิมและสอดคล้องกับบริบท ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และลักษณะที่ 2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาให้มีความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมยิ่งขึ้น และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการทดลองหรือการตรวจสอบโดยคำตอบนั้นยังคงถูกต้อง

## ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างบรรยากาศควบคู่ไปกับการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน มีรายละเอียดดังนี้

### 1. การจัดห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน

การจัดห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยครูพยายามสอนคณิตศาสตร์ให้มีวิธีการที่หลากหลาย ผ่านการจัดกิจกรรมและเกมต่าง ๆ ที่ถูกจัดเตรียมและออกแบบไว้ ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีความน่าสนใจและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

HBCSE-TIFR (2014) กล่าวว่า การจัดห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ควรจัดให้เป็นสถานที่ที่มีเกมชนิดต่าง ๆ หรือภาพปริศนา รวมถึงสื่อและอุปกรณ์สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยที่ครูและนักเรียนสามารถสำรวจ ค้นพบ และเรียนรู้ในโลกของคณิตศาสตร์ ทำให้เกิดพัฒนาการความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น ถึงแม้ว่าคณิตศาสตร์จะไม่ใช่วิทยาศาสตร์ในเชิงการทดลองเหมือนวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา แต่ก็สามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ แนวคิด และทักษะทางคณิตศาสตร์ได้เช่นกัน โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

1) การจัดห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้มีโอกาสในการค้นพบความรู้ผ่านการลงมือทำ และได้เรียนรู้ที่จะจัดการกับปัญหาในขณะที่ทำกิจกรรมที่มีความหลากหลาย และเป็นรูปธรรม

2) การสร้างและขยายขอบเขตการเรียนรู้ โดยสนับสนุนให้เกิดการสร้างความร่วมมือซึ่งกันและกัน ซึ่งนักเรียนมีความเป็นอิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้สามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น

3) การจัดเสริมประสบการณ์พื้นฐานและเตรียมพื้นที่สำหรับการเรียนรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ ให้มีความเชื่อมโยงและเหมาะสม

4) การส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการใช้กฎและเงื่อนไขต่าง ๆ โดยที่กฎและเงื่อนไขของเกมต่าง ๆ นั้นมีโอกาสในการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้กฎและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

5) การให้เวลาในการทำกิจกรรมที่มากพออย่างเหมาะสม เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้หลาย ๆ ครั้ง ทำให้นักเรียนสามารถพิจารณาและทบทวนโจทย์ปัญหารวมถึงวิธีการหาคำตอบ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการรู้คิดของนักเรียน

6) การสร้างความสนใจและความมั่นใจต่อการเรียนรู้ในการปฏิบัติกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

7) การส่งเสริมให้มีความหลากหลายในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน

สมภวิล ไซติคณาพิศ (2549) กล่าวว่า การจัดห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ ควรให้เป็นแหล่งเรียนรู้สำคัญ ที่จะช่วยเสริมสร้างพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ การคิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหา เน้นให้ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนด้วยตนเองตามศักยภาพ สามารถสืบค้นข้อมูลด้วยระบบอินเทอร์เน็ต ใช้โปรแกรม Paint , The Geometry Sketehpad, CAI, CD - Rom ฯลฯ โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนมีความเป็นเลิศทางคณิตศาสตร์ ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา ความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ และการคิดสร้างสรรค์

จากความหมายของการจัดห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่า การจัดห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ ควรจัดให้เป็นสถานที่ที่มีความพร้อมต่อการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติ โดยครูส่งเสริมให้นักเรียนมีการสืบค้น สืบค้น และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับผู้อื่น ผ่านกิจกรรม สื่ออุปกรณ์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดพัฒนาการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ยิ่งขึ้น

## 2. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์

ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ผ่านงานและกิจกรรมที่ถูกต้องแบบโดยครู ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบ Active Learning และงานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

### 2.1 การเรียนการสอนแบบ Active Learning

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของการเรียนการสอนแบบ Active Learning ไว้ดังนี้

Vega (2012) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบ Active Learning เป็นวิธีการสอนซึ่งตั้งอยู่บนหลักการที่ว่าผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุด ด้วยการสร้างประสบการณ์และแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง ผู้เรียนสามารถเลือกสิ่งที่เรียนรู้ได้โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก และคอยให้คำแนะนำและผู้เรียนส่วนใหญ่จะทำงานคนเดียวหรือทำงานเป็นกลุ่ม

Warren (2016, p. 34) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบ Active Learning เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองและเรียนรู้แนวคิดขณะที่กำลังทำโครงการไปด้วย ซึ่งสิ่งนี้ได้เปลี่ยนความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและครูไปอย่างมาก โดยนักเรียนจะควบคุม

และเป็นเจ้าของในการเรียนรู้มากขึ้น ในขณะที่ครูจะกลายเป็นผู้อำนวยการความสะดวก โดยการบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ที่จะใช้เวลายาวนานขึ้น และครอบคลุมหลายมาตรฐานตามหลักสูตร

มนตรี ศิริจันทร์ชื่น (2554, น. 29) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบ Active Learning เป็นกระบวนการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องได้มีโอกาสลงมือกระทำมากกว่าการฟังหรืออ่านเพียงอย่างเดียว โดยเป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ตอบโต้วิเคราะห์ปัญหา อีกทั้งให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดขั้นสูง ในการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ซึ่งผู้เรียนจะเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับความรู้ ไปสู่การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้

สถาพร พุทธิพิฏกุล (2558) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบ Active Learning เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างสรรค์ทางปัญญา (Constructivism) ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่มีครูผู้สอนเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้นโดยกระบวนการคิดขั้นสูง กล่าวคือ ผู้เรียนมีการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าจากสิ่งที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของการจัดการเรียนการสอนและตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนแบบ Active Learning ไว้ดังนี้

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2553, น. 12) กล่าวว่า ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ได้แก่

- 1) เป็นการเรียนการสอนที่พัฒนาศักยภาพทางสมอง ได้แก่ การคิด การแก้ปัญหา การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้
- 2) เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้
- 3) ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้และจัดระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง
- 4) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน มีการสร้างองค์ความรู้ การสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน และร่วมมือกันมากกว่าการแข่งขัน
- 5) ผู้เรียนได้เรียนรู้ความรับผิดชอบร่วมกัน การมีวินัยในการทำงาน และการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ
- 6) เป็นกระบวนการสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนอ่าน พุด ฟัง คิด
- 7) เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเน้นทักษะการคิดขั้นสูง

8) เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนบูรณาการข้อมูลข่าวสาร สารสนเทศและหลักการสู่การสร้างความคิดรวบยอด

9) ผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง

10) ความรู้เกิดจากประสบการณ์ การสร้างองค์ความรู้ และการสรุปทบทวนของผู้เรียน

กฤษฎณะ สุวรรณภูมิ (2557, น. 22) กล่าวว่า กลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนแบบ Active Learning ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

- 1) กิจกรรมรายบุคคล (Individual Activities)
- 2) กิจกรรมเป็นคู่ (Paired Activities)
- 3) กิจกรรมแบบไม่เป็นทางการ (Informal Small Group)
- 4) โครงการที่ให้ผู้เรียนทำร่วมกัน (Cooperative Student Projects)

กมลวรรณ สุภากุล (2562) กล่าวว่า Active Learning เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เด็ก ๆ ได้ลงมือทำและได้ใช้ความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เขาได้กระทำลงไป เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้สมมติฐานพื้นฐาน 2 ประการคือ

- 1) การเรียนรู้เป็นความพยายามโดยธรรมชาติของมนุษย์
- 2) แต่ละบุคคลมีแนวทางในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไป โดยผู้เรียนจะถูกเปลี่ยนแปลงบทบาทจากผู้รับความรู้ ไปสู่การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้

โดยมีตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนแบบ Active Learning ดังนี้

1) Active Reading เป็นวิธีที่ให้แต่ละคนอ่านบทความแล้วแลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้อ่านกับเพื่อน นำมาเขียนแผนผังมโนทัศน์ (Concept Map) ลงในกระดาษโปสเตอร์ เพื่อทำกิจกรรม Walk Gallery ต่อไป

2) Brainstorming กำหนดหัวข้อและเวลา จากนั้นแบ่งกลุ่มผู้เรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของกลุ่ม แล้วทุกคนนำเสนอแนวคิดของตนและบันทึกทุกแนวคิดที่มีผู้นำเสนอ

3) Agree & Disagree Statement ผู้สอนตั้งคำถาม โดยมีตัวเลือกให้ผู้เรียนว่าเห็นด้วยหรือไม่ อย่างไร เช่น อาจใช้ไม่ป้องกันที่มีสี 2 ด้านต่างกันเป็นอุปกรณ์ช่วยตอบ แล้วเลือกผู้ตอบในแต่ละกลุ่มให้อธิบาย หลังจากนั้นจึงอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นเรียน



4) Carousel กำหนดหัวข้อเรื่อง แล้วแบ่งเป็นหัวข้อย่อยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน แบ่งกลุ่มผู้เรียนให้ได้จำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนหัวข้อย่อย จากนั้นเขียนหัวข้อย่อย ๆ ลงบนกระดาษโปสเตอร์แล้วติดไว้รอบ ๆ ห้อง แต่ละกลุ่มระดมความคิดและเขียนลงในกระดาษโปสเตอร์เมื่อครบ 2-3 นาทีเปลี่ยนไประดมความคิดหน้าโปสเตอร์ถัดไป โดยอ่านแนวคิดของกลุ่มก่อนหน้า ถ้าเห็นด้วยให้ใส่เครื่องหมายถูกและเพิ่มสิ่งที่คิดเห็นแตกต่าง จากนั้นสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน

5) Concept Map ลักษณะคล้ายการเขียน Mind Map แต่การเขียนแผนผังมโนทัศน์จะแสดงแนวคิดและใช้คำเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด

6) Gallery Walk กำหนดหัวข้อเรื่อง เขียนแนวคิด วิธีการ ลงบนกระดาษโปสเตอร์แล้วติดไว้รอบ ๆ ห้อง เพื่อให้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างการเดินชมผลงาน

7) ผู้สอนเลือกเนื้อหาที่แบ่งเป็นส่วนๆ 3-4 ชิ้น แบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มๆ โดยมีสมาชิกในกลุ่มเท่าๆ กันกับเนื้อหา (Home group) สมาชิกแต่ละคนเลือกเนื้อหาที่ตนสนใจแล้วไปร่วมกับสมาชิกจากกลุ่มอื่น (Expert group) เพื่อศึกษา ทำความเข้าใจหรือหาคำตอบร่วมกันในกลุ่ม จากนั้นกลับไปสอนที่กลุ่มเดิมของตนจนครบถ้วน

8) Problem/Project-based Learning หรือ Case Study ใช้เรื่องจริงหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชน บ้าน โรงเรียน หรือที่เกิดขึ้นกับบุคคลใด บุคคลหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการบูรณาการความรู้ที่ได้เรียนกับประสบการณ์ตรง หรือสืบเสาะหาความรู้เพิ่มเติม

9) Role Playing การแสดงบทบาทสมมติเป็นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกการแสดงออกตามสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อเป็นประสบการณ์ที่จะนำไปแก้ไขปัญหาและสถานการณ์จริงในชีวิต ผู้เรียนได้เรียนรู้การแสดงออก ฝึกวางแผนการทำงานร่วมกัน เข้าใจความรู้สึกและพฤติกรรมทั้งของตนเองและของผู้อื่น เช่น การทำกิจกรรม "คุกกี้คาเฟ่" ผู้สอนจะกำหนดบทบาทแล้วเขียนไว้ในกระดาษ ให้ผู้เรียน 6 คน จับฉลากเลือกว่าจะแสดงบทบาทใด โดยไม่ให้ปรึกษากัน แล้วให้แสดงบทบาทสมมติตามบทบาทที่ตนเองได้รับ หลังจากนั้นจะตั้งคำถามและให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นว่า ผู้แสดงแต่ละคนทำหน้าที่อะไร และทำหน้าที่นั้นได้ดีหรือไม่ มีจุดใดต้องแก้ไขหรือปรับปรุง เป็นต้น

10) Think – Pair – Share ผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบด้วยตนเอง หลังจากนั้นจึงอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันกับเพื่อนในชั้นเรียน

11) Predict – Observe – Explain จำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียนรู้ โดยผู้เรียนเขียนทำนายสิ่งที่น่าจะเกิดขึ้น สังเกตและบันทึกผล อธิบายสิ่งที่สังเกตได้อาจทำการทดลองสำรวจหรือค้นคว้าเพิ่มเติมได้ และนำเสนอผลงานกลุ่มหน้าชั้นเรียน เป็นต้น

12) Clarification Pause เมื่ออธิบายถึงประเด็นที่สำคัญ ผู้สอนควรให้เวลาผู้เรียนตกผลึกความคิด และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามหากต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม (ผู้สอนควรจะไปรอบ ๆ ห้อง เพราะผู้เรียนมักไม่กล้าถามหน้าชั้นเรียน)

13) Card Sorts ผู้สอนจัดเตรียมบัตรคำ/บัตรภาพไว้ให้ผู้เรียนจัดกลุ่มบัตรภาพนั้น ๆ และต้องอธิบายเกณฑ์ที่ใช้จัดกลุ่มให้เพื่อนและผู้สอนฟัง และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

14) Chain Note ผู้สอนเตรียมคำถาม/ข้อความที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องการไว้ โดยอาจพิมพ์ลงบนกระดาษ A4 แล้วให้ผู้เรียนแต่ละคนตอบคำถามหรือข้อความนั้น ๆ เพียง 1-2 ประโยค จากนั้นส่งต่อกระดาษแผ่นนั้นให้เพื่อนที่นั่งถัดไปเพื่อช่วยกันตอบคำถามนั้นให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สามารถใช้ก่อนเรียนหรือหลังเรียนได้และควรส่งกระดาษแผ่นนั้นกลับในทิศทางเดิม เพื่อให้ผู้ที่เขียนก่อนได้อ่านความเห็นทั้งหมดด้วย

15) Team – pair – solo เทคนิคการทำเป็นกลุ่ม ทำเป็นคู่ และทำคนเดียว เป็นเทคนิคที่ผู้สอนกำหนดปัญหาหรืองานให้แล้วให้นักเรียนทำงานร่วมกันทั้งกลุ่มจนงานสำเร็จ จากนั้นจะแยกทำงานเป็นคู่จนงานสำเร็จ สุดท้ายผู้เรียนแต่ละคนแยกมาทำเองจนสำเร็จได้ด้วยตนเอง

16) Students' Reflection เป็นการให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิด อาจจะทำให้ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในคาบเรียน เสนอแนะเกี่ยวกับการเรียน ตามคำถามที่ยังสงสัย หรือให้ผู้เรียนค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่เรียน เช่น

16.1) Know – Want – Learned เมื่อเริ่มต้นบทเรียน ให้ผู้เรียนเขียนสิ่งที่รู้ และสิ่งที่อยากรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน เมื่อจบบทเรียน ให้ผู้เรียนเขียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

16.2) Got – Need และ Exit Ticket เมื่อจบบทเรียน ให้ผู้เรียนเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ อาจเป็นการสรุปร่วมกันหน้าชั้นเรียน และวางแผนกิจกรรมการเรียนจากสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติม

16.3) Diary/ Journal Note เขียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ คำถามที่ยังสงสัย และความรู้ ความเข้าใจ

17) Simultaneous round table เทคนิคนี้เหมือนการเขียนรอบวง แตกต่างกันที่เน้นให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มเขียนคำตอบพร้อมกัน และให้ตอบพร้อมกัน

## 2.2 งานทางคณิตศาสตร์ (Math Tasks)

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของงานทางคณิตศาสตร์ (Math Tasks) ไว้ดังนี้

Henningsen and Stein (1997) กล่าวว่า งานทางคณิตศาสตร์ เป็นงานที่ถูกออกแบบโดยครู เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมีลักษณะเป็นกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่สามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหาและข้อสงสัยก่อนจะลงมือแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของตนเองมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถือเป็นวัฏกรรมหนึ่งที่เป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยแบ่งงานทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

งานในลักษณะที่ 1 เป็นงานแบบการใช้ความรู้ความจำ

งานในลักษณะที่ 2 เป็นงานแบบอาศัยการใช้ขั้นตอนวิธีดำเนินการแต่ไม่มีการเชื่อมโยง

งานในลักษณะที่ 3 เป็นงานแบบอาศัยการใช้ขั้นตอน วิธีดำเนินการและมีการเชื่อมโยง

งานในลักษณะที่ 4 เป็นงานแบบการใช้ความคิดขั้นสูงที่เน้นการลงมือทำและใช้ความรู้ ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งงานในลักษณะที่ 1 และ 2 ถือเป็นงานทางคณิตศาสตร์ที่ใช้การรู้คิดในระดับต่ำในการแก้ปัญหา และ งานในลักษณะที่ 3 และ 4 ถือเป็นงานทางคณิตศาสตร์ที่ใช้การรู้คิดในระดับสูงในการแก้ปัญหา

วรรณิสรา เมืองโคตร (2560, น. 8) กล่าวว่า งานทางคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่ถูกออกแบบโดยครูที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์และมอบหมายให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดปัญหาและความสงสัยก่อนลงมือแก้ปัญหา เป็นการกระตุ้นการคิด ทักษะและการเข้าร่วมกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของงานทางคณิตศาสตร์ (Math Tasks) ไว้ดังนี้

Cai & Lester (2010) กล่าวว่า งานทางคณิตศาสตร์ที่ทำท้าทายความสามารถของนักเรียนนั้น จะนำไปสู่การเพิ่มพูนความรู้และพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน สามารถกระตุ้นความเข้าใจ ความคิดรวบยอด รวมไปถึงกระตุ้นความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร และการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเป็นสิ่งที่สามารถดึงความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน ซึ่งงานทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ คือ สิ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดความ

สงสัย อยากที่จะลงมือแก้ปัญหา และทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

National Council of Teachers of Mathematics (2014, pp. 23-24) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้งานทางคณิตศาสตร์ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง สามารถสร้างองค์ความรู้และค้นหาวิธีที่หลากหลายที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยงานทางคณิตศาสตร์จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนได้

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ มี 2 ประเด็นสำคัญที่มีความสอดคล้องและเหมาะสม ได้แก่ ประเด็นที่ 1 คือ รูปแบบการเรียนการสอนแบบ Active Learning และประเด็นที่ 2 คือ งานทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่ 3 และ 4 หรืองานที่ใช้การรู้คิดในระดับสูง โดยดำเนินการควบคู่กันไประหว่างทั้ง 2 ประเด็นตลอดการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถสำรวจ ค้นคว้ารวมถึงใช้แนวคิดในการสร้างองค์ความรู้ร่วมกับผู้อื่น ภายใต้การเตรียมห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ที่มีความพร้อมต่อการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ (Hand-On) ผ่านกิจกรรม สื่ออุปกรณ์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ

### โปรแกรม GeoGebra

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเป็นมาของโปรแกรม GeoGebra เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจในเบื้องต้นก่อนที่จะทำการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. ความเป็นมาของโปรแกรม GeoGebra

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความเป็นมาของโปรแกรม GeoGebra ไว้ดังนี้

พงศักดิ์ วุฒิสันต์ (2556, น. 13-16) กล่าวว่า ในตั้งแต่ปี ค.ศ. 2006 เป็นต้นมา โปรแกรม GeoGebra ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง Hohenwarter ได้ฝึกอบรมครูที่มหาวิทยาลัยฟลอริดา โดยกองทุนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แห่งชาติ มีครูในระดับมัธยมใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสอนคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีเครื่องมือในการทำงานง่ายและสามารถสร้างสื่อการสอนที่เป็นพลวัตได้ ต่อมาปี ค.ศ. 2007 Michael Borcherds ชาวอังกฤษได้นำทีมงานพัฒนาต่อมาจนเป็นที่นิยมแพร่หลายไปทั่วโลก ซึ่งโปรแกรม GeoGebra ได้ถูกแปลงจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่าง ๆ หลายภาษา สถาบันต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้ให้การสนับสนุนอย่างมาก จนปัจจุบันโปรแกรม GeoGebra ได้ถูกพัฒนาจนเป็น version 4 และยังมีได้หยุดเพียงเท่านั้น คณะผู้พัฒนาโปรแกรมได้พัฒนาต่อจนสามารถพัฒนาโปรแกรม GeoGebra 3D โกลล์สำเร็จ

เมธาสิทธิ์ ธีบุญตันศรีกุล (2558) โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นพลวัต (Dynamic) ยืดหยุ่นสูง อีกทั้งยังเป็นฟรีแวร์ จึงสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงลิขสิทธิ์ คำว่า GeoGebra มาจากคำว่า Geometric ผสมกับคำว่า Algebra นั่นคือ โปรแกรมนี้มีคุณสมบัติในการทำงานทั้งด้านเรขาคณิตและพีชคณิต ความแตกต่างของโปรแกรมนี้นับกับโปรแกรมคณิตศาสตร์พลวัตอื่นคือ สามารถสร้างกราฟ ภาคตัดกรวยได้เพียงการคลิก ไม่ต้องใช้การสร้างฟังก์ชันให้เกิดความยุ่งยาก อีกทั้งยังสามารถแสดงสมการภาคตัดกรวย เป็นรูปทั่วไปหรือสมการมาตรฐานของกราฟนั้น ๆ ได้อีกด้วย โปรแกรม GeoGebra ถูกพัฒนาขึ้นจากการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัย Salzburg ประเทศออสเตรียของ Markus Hohenwarter ในปี ค.ศ. 2001 ต่อมาในปี ค.ศ. 2007 Michael Borcherds ได้พัฒนาต่อจนเป็นที่นิยมแพร่หลายไปทั่วโลก ได้รับการแปลเป็นภาษาต่าง ๆ และได้รับการสนับสนุนจากสถาบันการศึกษาหลายแห่งทั่วโลก ปัจจุบันโปรแกรม GeoGebra ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็น version 5 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างสื่อสามมิติเป็นเอกลักษณ์พิเศษที่เพิ่มเข้ามาอีกอย่างหนึ่งของโปรแกรมคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจของโปรแกรมนี

## 2. การใช้งานโปรแกรม GeoGebra เบื้องต้น

จากคู่มือการใช้งานโปรแกรม GeoGebra หลักสูตรอบรมครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป GeoGebra (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) มีรายละเอียดดังนี้

1) การดาวน์โหลด โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรม Open source ซึ่งใช้งานได้ฟรี ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดที่ <https://www.geogebra.org/download>

2) การติดตั้งโปรแกรม GeoGebra มีขั้นตอนดังนี้

2.1) สร้างโฟลเดอร์ใหม่ชื่อว่า GeoGebra\_Introduction บนหน้า Desktop เพื่อสะดวกในการค้นหาโปรแกรม

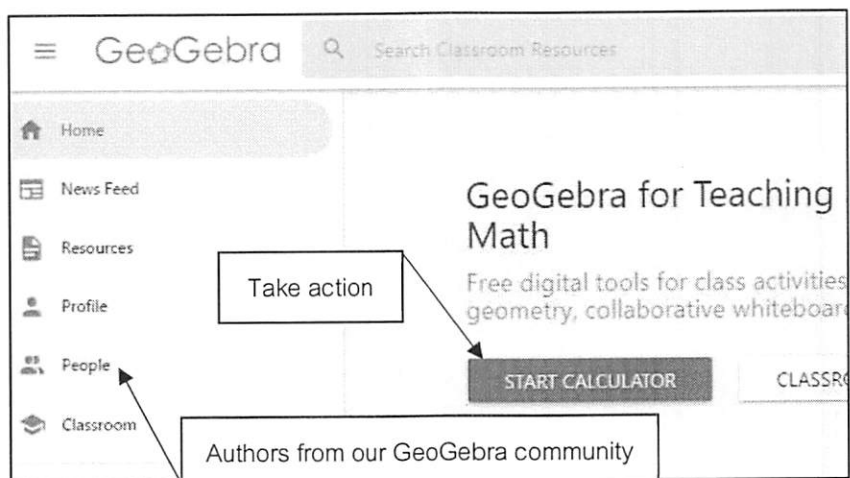
2.2) ดาวน์โหลดไฟล์จาก <https://www.geogebra.org/download> เพื่อติดตั้งโปรแกรม ลงในโฟลเดอร์ GeoGebra\_Introduction ที่สร้างขึ้น

2.3) ดับเบิลคลิกที่ไฟล์การติดตั้งโปรแกรม GeoGebra และปฏิบัติตามคำแนะนำ  
คำแนะนำ: ควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าเวอร์ชันของ GeoGebra ที่เลือกใช้ถูกต้องเหมาะสมสำหรับการใช้งานของคอมพิวเตอร์รุ่นที่ใช้

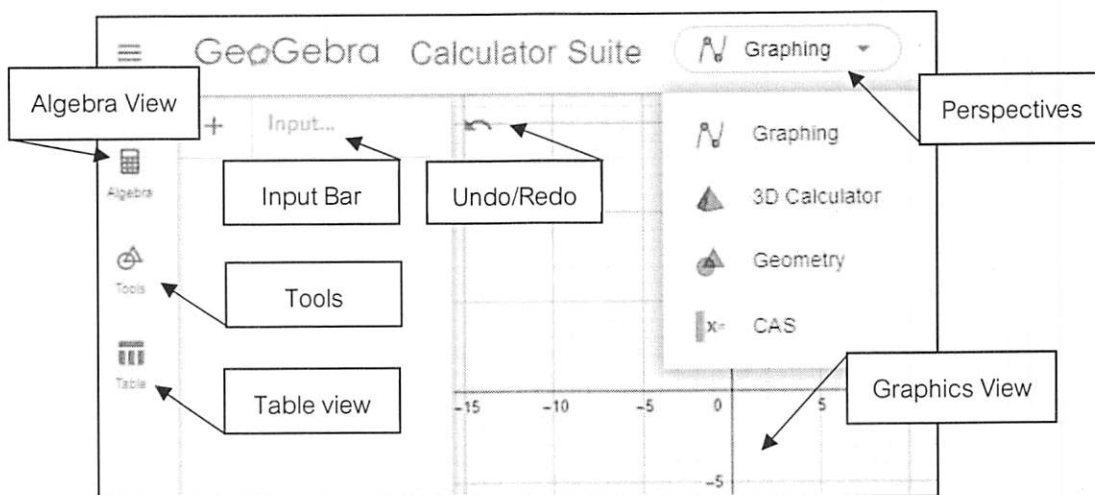
3) การเผยแพร่งาน โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือการเขียนภาพคณิตศาสตร์เพื่อสร้างแผนงานแบบโต้ตอบ และสามารถหาชิ้นงานที่มีผู้สร้างไว้แล้ว พร้อมเผยแพร่ผลงานได้ที่ <https://www.geogebra.org> ผ่านตัวเลือก Profile และ People ตามลำดับ

4) ส่วนประกอบของโปรแกรม GeoGebra (Geogebra.org, 2013)

หลังจากเปิดโปรแกรม GeoGebra จะปรากฏหน้าต่างต่าง ดังภาพ 5 และ 6



ภาพ 5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม GeoGebra

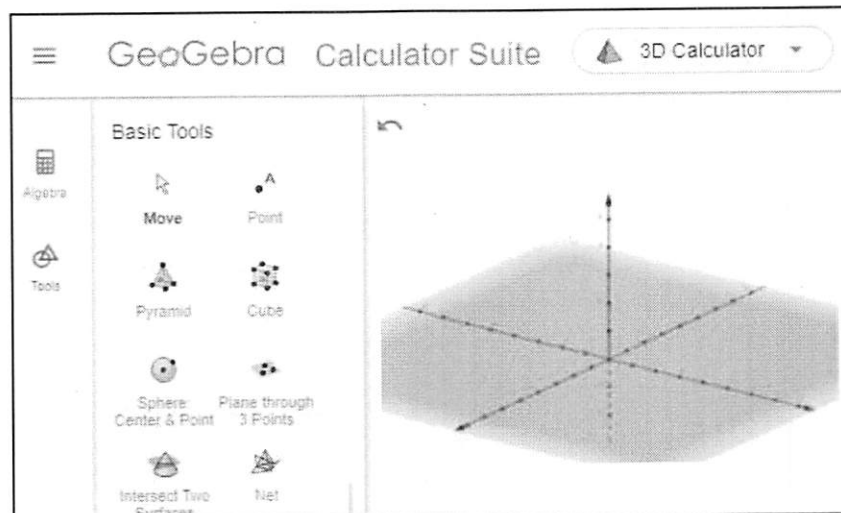


ภาพ 6 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรม GeoGebra

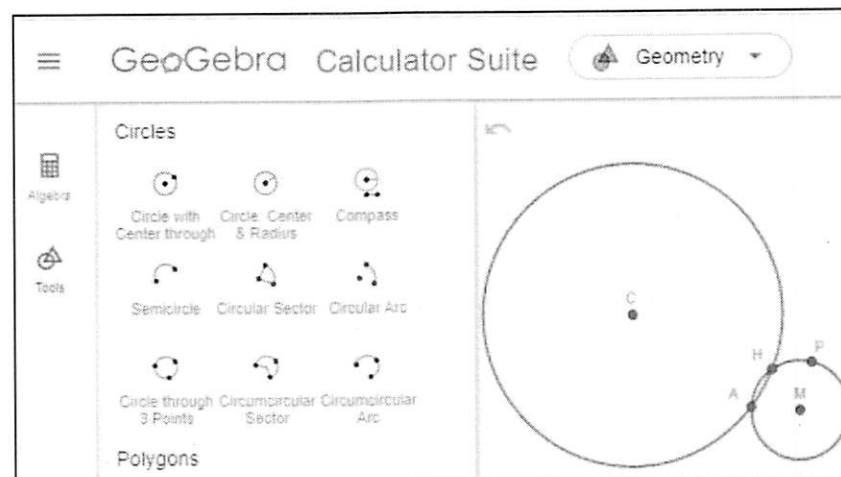
การสร้างรูปเรขาคณิตในมุมมองของ Graphing บน Graphics View สามารถทำได้ โดยใช้เมาส์เลือกเครื่องมือที่กำหนดในแถบเครื่องมือ (Tools) ในขณะเดียวกันบน Algebra View จะแสดงพิกัดและสมการที่สอดคล้องกับรูปเรขาคณิตที่สร้างใน Graphics View รวมถึงยังสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ ลงใน Table view ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์นิพจน์ คำสั่ง และฟังก์ชันลงใน Input Bar โดยใช้แป้นพิมพ์ในขณะที่การแสดงรูปเรขาคณิตต่าง ๆ ภาพ

และกราฟทั้งหมดจะแสดงอยู่ใน Graphics View ส่วนการแสดงผลทางพีชคณิตและตัวเลขจะปรากฏอยู่ใน Algebra View ภายใต้แต่ละมุมมอง (Perspectives)

นอกเหนือจากมุมมอง Graphing แล้ว โปรแกรม GeoGebra ยังมีมุมมองต่างๆ ได้แก่ 3D Calculator , Geometry และ Computer Algebra (CAS) ดังตัวอย่างภาพ 7 และ 8



ภาพ 7 แสดงตัวอย่างในมุมมอง 3D Calculator ของโปรแกรม GeoGebra



ภาพ 8 แสดงตัวอย่างในมุมมอง Geometry ของโปรแกรม GeoGebra

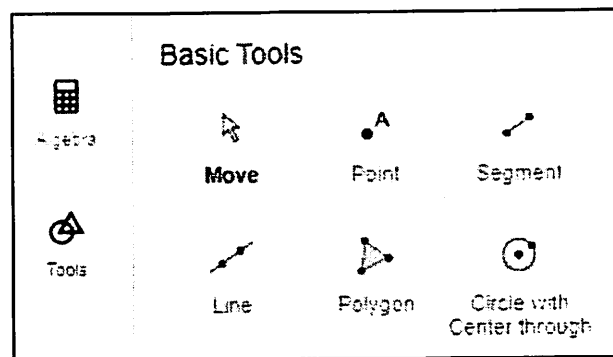
การทำงานของโปรแกรม GeoGebra มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับให้เข้ากับความต้องการของผู้ใช้ได้ง่าย ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอาจเริ่มใช้ GeoGebra โดยการใช้เครื่องมือเรขาคณิตในมุมมอง Graphing , 3D Calculator หรือ Geometry ก่อน ส่วนในระดับมัธยมศึกษา

ตอนปลาย อาจเลือกใช้คำสั่งใน Input Bar ที่เหมาะสมในการเรียนพีชคณิตและนำความรู้ที่ได้ต่อยอดสู่แคลคูลัส

### 3. ตัวอย่างเครื่องมือของโปรแกรม GeoGebra

โดยผู้วิจัยขอหยิบยกตัวอย่างเครื่องมือของโปรแกรม GeoGebra (Geogebra.org, 2013) ที่ได้ทำการศึกษาดังนี้





#### 1) แถบเครื่องมือเบื้องต้น (Basic Tools) ดังภาพ 9



ภาพ 9 แสดงแถบเครื่องมือเบื้องต้น (Basic Tools)



โดยมีรายละเอียดแต่ละเครื่องมือเบื้องต้น (Basic Tools) ได้แก่ ไอคอนเครื่องมือ ชื่อเครื่องมือ และคำอธิบายเครื่องมือ ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงรายละเอียดแต่ละเครื่องมือเบื้องต้น (Basic Tools)

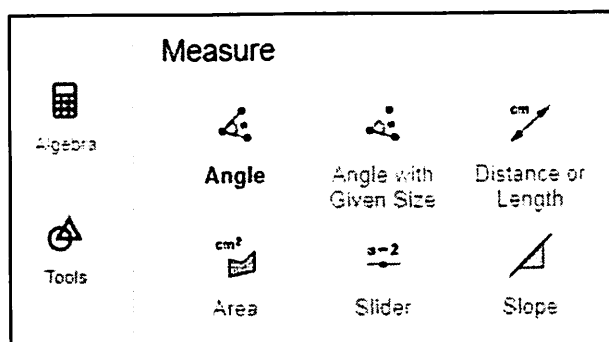
เครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	คำอธิบายเครื่องมือ
 Move	Move	เลือกหรือลากวางอ็อบเจกต์ เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งชิ้นงาน
 Point	Point	คลิกบน Graphics view หรือ คลิกบนอ็อบเจกต์เพื่อสร้างจุด
 Segment	Segment	คลิกสองครั้งบน Graphics view หรือเลือกจุดสองจุดเพื่อสร้างส่วนของเส้นตรง
 Line	Line	คลิกสองครั้งบน Graphics view หรือเลือกจุดสองจุดเพื่อสร้างเส้นตรง



## ตาราง 5 (ต่อ)

เครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	คำอธิบายเครื่องมือ
 Polygon	Polygon	คลิกสองครั้งบน Graphics view หรือจุดต่าง ๆ ที่มีอยู่ เพื่อสร้างจุดยอดของรูปหลายเหลี่ยม แล้วเชื่อมจุดยอดจุดสุดท้ายกับจุดแรกเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างรูปปิด
 Circle with Center	Circle with Center	คลิกสองครั้งบน Graphics view หรือเลือกจุดจุดหนึ่งเพื่อเป็นจุดศูนย์กลางแล้วเลือกอีกจุดหนึ่งเพื่อกำหนดเป็นรัศมีของวงกลม



## 2) แถบเครื่องมือการวัด (Measure) ดังภาพ 10







ภาพที่ 10 แสดงแถบเครื่องมือการวัด (Measure)

โดยมีรายละเอียดแต่ละเครื่องมือการวัด (Measure) ได้แก่ ไอคอนเครื่องมือ ชื่อเครื่องมือ และคำอธิบายเครื่องมือ ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงรายละเอียดแต่ละเครื่องมือการวัด (Measure)

เครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	คำอธิบายเครื่องมือ
 Angle	Angle	เลือกจุดสามจุดหรือเส้นตรงสองเส้นที่ต้องการวัดมุม
 Angle with Given Size	Angle with Given Size	เลือกจุดปลายและเลือกจุดยอดแล้วระบุขนาดของมุม

ตาราง 6 (ต่อ)

เครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	คำอธิบายเครื่องมือ
 Distance or Length	Distance or Length	เลือกจุดสองจุด ส่วนของเส้นตรง รูปหลายเหลี่ยม หรือวงกลมที่ต้องการ วัดระยะทาง ความยาว หรือเส้นรอบวง
 Area	Area	เลือกรูปหลายเหลี่ยม วงกลม หรือภาคตัดกรวยที่ต้องการคำนวณพื้นที่
 Slider	Slider	คลิกบน Graphics view เพื่อกำหนดตำแหน่งของ Slider
 Slope	Slope	เลือกเส้นตรงที่ต้องการหาความชัน

#### 4. การนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ปัจจุบัน ครูได้นำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในต่างประเทศ ซึ่งมีการสร้างชุมชนของผู้ใช้โปรแกรม ที่รวบรวมสื่อการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่น ๆ จากผู้ใช้โปรแกรมทั่วโลก จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีผู้ได้กล่าวถึงการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

Hohenwarter & Fuchs (2004, p. 2) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีอายุ 10 ถึง 18 ปี และครูในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งโปรแกรม GeoGebra จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์จากการลงมือปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของสมการวงกลมในโปรแกรม และสร้างข้อความคาดการณ์เกี่ยวกับรูปทั่วไปของสมการวงกลมได้

Hohenwarter & Preiner (2007, p. 1) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ โดยครูสามารถใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสลงมือทำและใช้ในกิจกรรมการแก้ปัญหาได้นอกจากนี้ยังสามารถทำให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมสำรวจข้อค้นพบทางคณิตศาสตร์ได้ทั้งในชั้นเรียนและที่บ้าน

Preiner (2008, pp. 61-63) กล่าวถึงจุดเด่นของโปรแกรม GeoGebra โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) เป็นโปรแกรมโอเพนซอร์ซ กล่าวคือ ครูและนักเรียนสามารถเข้าถึงโปรแกรมได้ฟรี และนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างไม่มีข้อจำกัด นอกจากนี้โปรแกรม GeoGebra ยังมีเวอร์ชันที่เรียกว่า WebStart ซึ่งผู้ใช้โปรแกรมสามารถเข้าถึงโปรแกรมโดยไม่ต้องดาวน์โหลด แต่ใช้โปรแกรมผ่านทางเบราว์เซอร์บนอินเทอร์เน็ตได้ สำหรับขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมนั้น ผู้ใช้โปรแกรมไม่จำเป็นต้องสมัครสมาชิกหรือเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น ดังนั้น โปรแกรม GeoGebra จึงเป็นโปรแกรมที่สามารถเข้าถึงนักเรียนได้ง่ายทั้งในชั้นเรียนและที่บ้าน

2) เป็นโปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากโปรแกรม GeoGebra มีศักยภาพที่ใกล้เคียงกับ Cabri Geometry และเป็นโปรแกรมฟรีอีกด้วย

3) เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์แบบพลวัต (Dynamic Mathematics Software: DMS) ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างความสามารถของโปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัต (Dynamic Geometry Software: DGS) และระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ (Computer Algebra System: CAS) โดยที่โปรแกรมสามารถเชื่อมโยงระหว่างเรขาคณิตและพีชคณิตได้อย่างสมบูรณ์แบบ

4) เป็นการผสมผสานระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิต กล่าวคือ โปรแกรม GeoGebra สามารถนำเสนอสมบัติทางพีชคณิตของอ็อบเจกต์ได้ในหน้าต่างพีชคณิต เช่น ในรูปแบบคู่อันดับ ความสัมพันธ์ หรือ ฟังก์ชัน ของอ็อบเจกต์นั้น ในขณะที่มีการนำเสนอรูปร่างของอ็อบเจกต์นั้นในหน้าต่างของกราฟิก โดยมีการอธิบายสมบัติทางเรขาคณิตในส่วนที่เรียกว่า construction protocol ซึ่งครูและนักเรียนสามารถตรวจสอบขั้น ตอนการสร้างของอ็อบเจกต์นั้นได้ที่ละขั้นตอนตลอดเวลา

5) เป็นโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับนักเรียน โดยโปรแกรมยึดหลักการ KISS (keep it small and simple) ซึ่งทำให้โปรแกรมออกแบบการจัดวางแถบเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้งานได้ง่าย โดยที่ผู้ใช้โปรแกรมไม่จำเป็นต้องมีความรู้คอมพิวเตอร์ขั้นสูง

6) โปรแกรม GeoGebra ถูกเขียนโดยภาษาจาวา ดังนั้นจึงสามารถเปิดไฟล์ได้บนทุกระบบปฏิบัติการทั้ง Windows และ MacOS ซึ่งรองรับส่วนเสริมจาวา

7) มีผู้ใช้งานทั่วโลก โดยที่ครูสามารถแลกเปลี่ยนหรือแบ่งปันสื่อการเรียนการสอนกับครูทั่วโลกได้

พิสุทธิ ยงหางเรือ (2559, น. 17) กล่าวถึง จุดเด่นของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการเรียนการสอนว่า โปรแกรม GeoGebra มีคุณสมบัติที่สามารถเคลื่อนไหว พลิกหมุน หรือเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้นักเรียนสามารถสังเกตเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่าง

สมการและกราฟได้อย่างชัดเจน ซึ่งทำให้โปรแกรม GeoGebra เป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้การเรียนรู้อัตนศาสตร์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมเห็นชัดเป็นรูปธรรมมากขึ้น

จากการศึกษาจุดเด่นของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการเรียนการจัดการเรียนการสอน พบว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัต ที่มีหน้าต่างของ Spread Sheet ในการรับข้อมูลและคำนวณค่าต่าง ๆ ทางสถิติได้ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสำรวจ ตรวจสอบ และทำความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาทางเรขาคณิต จากการสร้างและการเลื่อนอ็อบเจกต์ ทำให้นักเรียนสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของรูปเรขาคณิตได้อย่างหลากหลาย เพื่อสร้างข้อความคาดการณ์และกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผล จนนำไปสู่การค้นพบและการสร้างองค์ความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาผ่านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้ นอกจากนี้ โปรแกรม GeoGebra ยังเป็นโปรแกรมโอเพนซอร์ซ ซึ่งครูและนักเรียนสามารถเข้าถึงโปรแกรมได้ และไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและทำการศึกษได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ จึงเป็นสื่อที่ปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนและสามารถเข้าถึงได้ในทุกระบบปฏิบัติการทั้งในและนอกชั้นเรียน

#### 5. ข้อควรคำนึงและข้อจำกัดของการนำโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องต่าง ๆ ครูผู้สอนควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยี สอดคล้องกับ อุบล กลองกระโทก (2554, น. 8) ซึ่งกล่าวว่า ในการเลือกใช้โปรแกรมที่จะนำมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ควรคำนึงถึงความถูกต้อง ความสามารถของโปรแกรมที่ครบถ้วนและเพียงพอกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้สอนพื้นฐานของนักเรียน ก่อนการใช้โปรแกรม หรือความยากง่ายในการใช้โปรแกรม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับข้อควรคำนึงในการจัดการเรียนการสอน และข้อจำกัดทางด้านเนื้อหาของโปรแกรม GeoGebra ดังนี้

Dos & Jose (2017, p. 9) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการสร้างโลคัส และการเขียนสมการของเส้นโค้งหลายตัวแปรในรูปแบบชัดเจน เนื่องจากโปรแกรม GeoGebra ถูกออกแบบให้สามารถเขียนสมการพหุนามที่มีตัวแปรตามได้เพียงสองตัวแปรเท่านั้น

Navetta (2017, p. 24) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra ไม่สามารถสร้างฟังก์ชันของตัวแปรเชิงซ้อนได้โดยตรง อย่างไรก็ตามในการเขียนฟังก์ชันของตัวแปรเชิงซ้อนใน GeoGebra นั้น จะสามารถใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันของตัวแปรเชิงซ้อนโดยกำหนดให้จำนวนจริงของพิกัด  $Y$  ในคู่อันดับเป็นตัวแทนของส่วนจินตภาพในจำนวนเชิงซ้อน

ปิยะวุฒิ ศรีชนะ (2556, น. 62) กล่าวถึง ข้อควรคำนึงในการจัดกิจกรรมการเรียน การสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ว่า ครูควรมีผู้ช่วยในการสอน เพื่อจะได้ให้คำแนะนำนักเรียน ได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึงมากขึ้น และเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องมีการติดตั้งโปรแกรมจาวา ตั้งแต่ เวอร์ชัน 5 ขึ้นไป

ชญญา อุทิศ (2557, น. 77) กล่าวถึง ข้อควรคำนึงในการจัดกิจกรรมการเรียน การสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ว่า ในการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ครูจะต้อง เตรียมการสอนล่วงหน้าอย่างดีและมีการสำรวจเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเรียนรู้ให้พร้อมก่อน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกครั้ง ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ครูควรปิดอินเทอร์เน็ตของ ห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนมีสมาธิและตั้งใจเรียนอย่างเต็มที่ ครูควรระวังเรื่องการใช้สีตัวอักษรและ กราฟในโปรแกรม GeoGebra โดยไม่ควรใช้สีอ่อน เช่น สีเหลือง และไม่ควรใช้ตัวอักษรขนาดเล็ก หรือตัวอักษรซ้อนทับกันระหว่างเส้นกราฟ เพราะนักเรียนที่นั่งด้านหลังห้องจะมองเห็นสีและ ตัวอักษรได้ไม่ชัดเจน

จากการศึกษาข้อควรคำนึงและข้อจำกัดของการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการ จัดการเรียนการสอน พบว่า ครูควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในโปรแกรมเป็น อย่างดี สำหรับเนื้อหาภายในสื่อควรมีขนาดและสีตัวอักษรที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนสามารถ มองเห็นได้อย่างชัดเจน มีการเตรียมการสอนล่วงหน้า รวมถึงการเตรียมความพร้อมของ ห้องปฏิบัติการโดยสำรวจเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้ของนักเรียน เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต หรือแล็ปท็อป และจัดสภาพแวดล้อมเพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนโดยการจัดหาแหล่งหรือ ติดตั้งระบบอินเทอร์เน็ตของห้องเรียน และครูคอยให้คำแนะนำนักเรียนอย่างทั่วถึง สำหรับข้อจำกัด ด้านเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า โปรแกรม GeoGebra มีข้อจำกัดในเรื่องของการเขียนสมการ ของเส้นโค้งที่มีหลายตัวแปร และจำนวนเชิงซ้อน ซึ่งไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการจัดการเรียนการสอน ในสาระการเรียนรู้การวัดและเรขาคณิต เรื่อง วงกลม ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้ในการวิจัยใน ครั้งนี้

### การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

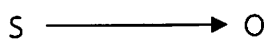
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจใน เบื้องต้นก่อนที่จะทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

#### 1. แนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ คอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) และ โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivism)

Piaget เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิส ผู้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้น จากแนวความคิดที่เชื่อว่า ปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาด้านสติปัญญาและความคิด คือ การที่คนเรามีปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด และการปะทะสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมนี้มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิดมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา (Piaget, 1970)

กล่าวอีกนัยหนึ่งว่าการเรียนรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์ (Jean Piaget) เป็นการเรียนรู้แบบเดิมที่เราใช้กันมานาน คือการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้ให้ข้อมูลและนักเรียนเป็นผู้รับข้อมูล ครูยิ่งให้ข้อมูลมากเท่าไร นักเรียนก็ยิ่งรับข้อมูลได้มากเท่านั้น ซึ่งเสนอในรูปสมการลูกศรทางเดียวได้ดังนี้



S (Stimulant) คือ แรงกระตุ้น อาจเป็นครูผู้สอนหรือสิ่งแวดล้อมที่จะไปกระตุ้นนักเรียนหรือผู้เรียน

O (Organism) คือ ผู้ที่ถูกกระตุ้น ได้แก่ นักเรียนหรือผู้เรียน

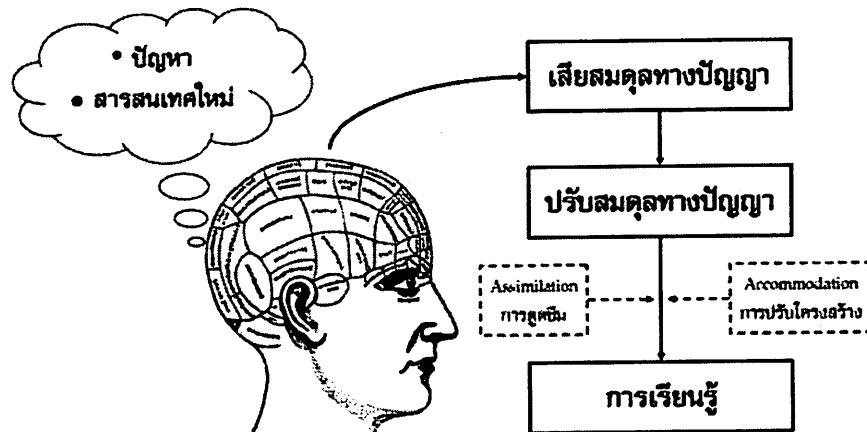
จากสมการข้างต้นผู้เรียนจะเป็นผู้ที่อยู่นิ่ง ๆ (passive) หรือเป็นผู้ถูกกระทำ ซึ่งผู้เรียนจะต้องพึ่งพาสิ่งที่มากระตุ้น ก็คือ ครู โดยผู้เรียนจะเรียนรู้ได้จากการที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้ และผู้เรียนเป็นผู้รับความรู้อย่างเดียว

Glaserfeld (1989) กล่าวว่า คอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีของความรู้ที่มีรากฐานมาจากปรัชญา จิตวิทยา และการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อความหมายและการควบคุมกระบวนการสื่อความหมายในตัวตน ซึ่งมีหลักการ 2 ประการ คือ 1. ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจ และ 2. หน้าที่ของการรับรู้ คือ การปรับตัวและประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่จำเป็น

วีณา ประชากุล และประสาท เนืองเฉลิม (2553, น. 66-67) กล่าวว่า ความรู้จะเกิดขึ้นได้จากการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมใน 2 ลักษณะ ซึ่งเป็นโครงสร้างทางปัญญาของแต่ละบุคคล ได้แก่ การดูดซึม (Assimilation) หมายถึง การรับข้อความรู้ที่ได้จากการมีประสบการณ์จากโลกภายนอก และการปรับแต่งโครงสร้างทางสติปัญญาให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม (Accommodation) หมายถึง การปรับขยายข้อความรู้ที่มีอยู่เดิม เป็นการซึมซับความรู้เดิมเพิ่มเข้าไปกับความรู้ใหม่ การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructivism ผู้สอนจึงไม่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่สามารถกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้และสร้างความรู้ได้โดยการจัดสภาพการณ์ที่

ก่อให้เกิดความขัดแย้งกับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive conflict) เดิมของผู้เรียน ผู้เรียนก็จะปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง เชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิม

สรุปการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ที่ทำหน้าที่เป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม ผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง จากสภาพแวดล้อมทำให้ผู้เรียนมีการปรับเปลี่ยนความรู้ความคิดให้สอดคล้องกับประสบการณ์มากขึ้น ดังภาพ 11



ภาพ 11 แสดงแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism)

ที่มา: อนุชา โสมาบุตร, 2556

## 2. ความหมายของแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ได้ถูกพัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Vygotsky ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา โดยมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ดังนี้

Vygotsky (1978, p. 86) กล่าวว่า การเรียนรู้มิได้เกิดจากการสอนแต่เป็นกิจกรรมทางสังคม เด็กเป็นผู้สร้างความรู้ความเข้าใจของตนเอง ครูเป็นผู้ให้อำนาจความสะดวกจากแนวคิดบริเวณความใกล้เคียงพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา (The Zone of Proximal Development) อาจนำมาวางแผนการสอนได้โดยจัดให้มีการช่วยเหลือที่เหมาะสมนั่นก็คือ การจัด

สิ่งแวดล้อม ที่มีความหมายและสามารถมีความรู้ออกไปใช้ประโยชน์ได้ โดยที่ไวก็อตส์ก็เน้นอิทธิพลของสังคมต่อการเรียนรู้ จึงเรียกแนวคิดนี้ว่า กลุ่มแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism)

Cobb (1994, pp. 13-21) กล่าวว่า การเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ว่าเป็นกระบวนการที่ไม่ได้หยุดนิ่งอยู่กับที่ ในการสร้าง การรวบรวม และการตกแต่งความรู้ ผู้เรียนมีโครงสร้างความรู้ที่ใช้ในการตีความหมายและทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ รอบตัวเรา โครงสร้างความรู้ของผู้เรียนอาจแปลกและแตกต่างจากโครงสร้างความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งการเรียนรู้ทางสังคมของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นกระบวนการทางสังคมและเป็นการร่วมมือระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในการประนีประนอมความหมายที่สร้างขึ้น บุคคลที่แวดล้อมผู้เรียนจะมีอิทธิพลต่อความคิดเห็นของผู้เรียน

Fosnot (1996, p. 6) กล่าวว่า แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ และเป็นการบรรยายโดยอาศัยพื้นฐานทางจิตวิทยา ปรัชญา มานุษยวิทยา ว่าความรู้คืออะไรและได้ความรู้มาอย่างไร ทฤษฎีนี้จึงอธิบายความรู้ว่าเป็นสิ่งชั่วคราว มีการพัฒนาไม่เป็นปรนัย และถูกสร้างขึ้นภายในตัวคน โดยอาศัยสื่อกลางทางสังคมและวัฒนธรรม ส่วนการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ถูกมองว่าเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง ในการต่อสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นการสร้างตัวแทนใหม่และสร้างโมเดลของความจริง โดยคนที่เป็นผู้สร้างความหมายด้วยเครื่องมือและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรม เป็นการประนีประนอม ความหมายที่สร้างขึ้นโดยผ่านกิจกรรมทางสังคม และผ่านการร่วมมือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

Packer and Goicoechea (2000, pp. 231-234) กล่าวว่า บุคคลรวมทั้งความรู้ที่มีอยู่บนโลกใบนี้ ถูกสร้างขึ้นจากข้อกำหนดของสังคม การทำกิจกรรมร่วมกันตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลในสังคม จะกระตุ้นให้บุคคลนั้นพยายามค้นหาความเป็นตัวตนของตัวเอง เพื่อให้ตนเองได้มีบทบาท หน้าที่ ที่ได้รับการยอมรับจากสังคม สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างเท่าเทียม

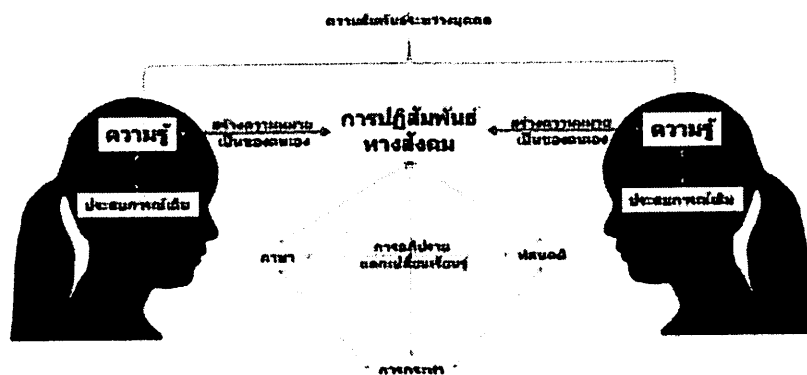
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (2551) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด เน้นการสร้างความรู้และพัฒนาความรู้ได้ด้วยตนเองโดยอาศัยปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ความรู้ คือผลผลิตทางสังคม โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นสองประการ คือ ความรู้ต้องสัมพันธ์กับชุมชนและปัจจัยทางวัฒนธรรมทางสังคม และประวัติศาสตร์มีผลต่อการเรียนรู้ ดังนั้น ครูจึงมีบทบาทเป็นผู้อำนวยการความระมัดระวังในการเรียนรู้



กุลชัย กุลตวนิช และคณะ (2554) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ ออกแบบการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น เช่น การทำงานเป็นทีม การทำโครงการ ตลอดจนนำเทคโนโลยีมาช่วยสนับสนุนให้บรรลุตามวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการสนทนา อภิปราย ค้นคว้า แก้ไขปัญหาพร้อมกับผู้เรียนคนอื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้หลากหลายและทำให้เข้าใจถึงวัฒนธรรมของตนเองและผู้อื่น

เวชฤทธิ์ อังกะภักทขจร (2555, น. 66) กล่าวว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น โดยผู้สอนจะคอยกระตุ้น จัดสถานการณ์ และสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากแนวคิดของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นภายในตัว โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) องค์ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงความรู้ที่เกิดขึ้นกับความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่แล้วผ่านการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองและกระบวนการทางสังคม ซึ่งผู้สอนจะเป็นผู้ช่วยเหลือและมีการตรวจสอบความรู้ใหม่ โดยออกแบบกิจกรรมหรือประสบการณ์เรียนรู้ที่หลากหลายโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตื่นตัวตลอดเวลา ดังภาพ 12



ภาพ 12 แสดงแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivism)

ที่มา: อนุชา ไสมาบุตร, 2556

### 3. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเลียลคอนสตรัคติวิสต์

โดยมีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเลียลคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

Huang (2002) เสนอหลักในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเลียลคอนสตรัคติวิสต์ว่า มีองค์ประกอบ 6 ประการ ดังนี้

1) การเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์ (Interective Learning) ผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและผู้เรียนด้วยกัน จะให้ความสำคัญกับการปฏิสัมพันธ์กับสังคมมากที่สุด

2) การเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning) ผู้เรียนจะต้องร่วมกันสร้างความรู้ใหม่จากการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดทางสังคม

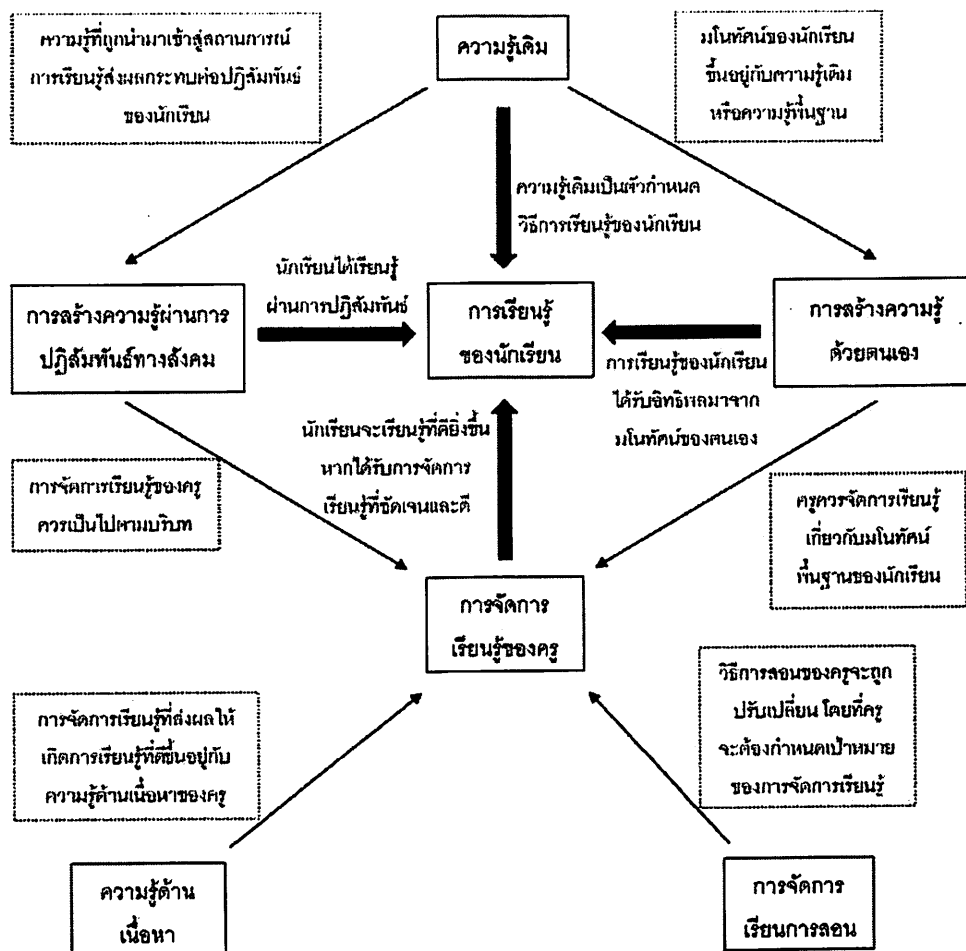
3) การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Facilitating Learning) ผู้สอนต้องจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้เรียนเกิดการแบ่งปันประสบการณ์ โดยผู้สอนมีหน้าที่ให้คำแนะนำ ฝึติดตามผู้เรียนขณะดำเนินงานและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

4) การเรียนรู้จากเรื่องจริง (Authentic Learning) กิจกรรมจะต้องเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

5) การเรียนรู้โดยมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Learning) ผู้เรียนต้องได้ใช้ความจากการค้นคว้าด้วยตนเองและประสบการณ์ที่มีอยู่เช่น การเรียนรู้โดยใช้โครงงาน

6) การเรียนคุณภาพสูง (High Quality Learning) ผู้เรียนต้องถูกกระตุ้นให้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ในเนื้อหาบทเรียนและผลกระทบที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

Aina (2017, p. 63) ได้ศึกษาการพัฒนาารูปแบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีโซเลียลคอนสตรัคติวิสต์ สำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย การสร้างองค์ความรู้ทางสังคมและการสร้างองค์ความรู้ทางปัญญา มีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเลียลคอนสตรัคติวิสต์โดยมีกรอบแนวคิด ดังภาพ 13



ภาพ 13 แสดงตำแหน่งรูปแบบการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ที่มา: Aina, 2017

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ สามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบดังตัวอย่างการศึกษา และงานวิจัยต่อไปนี้

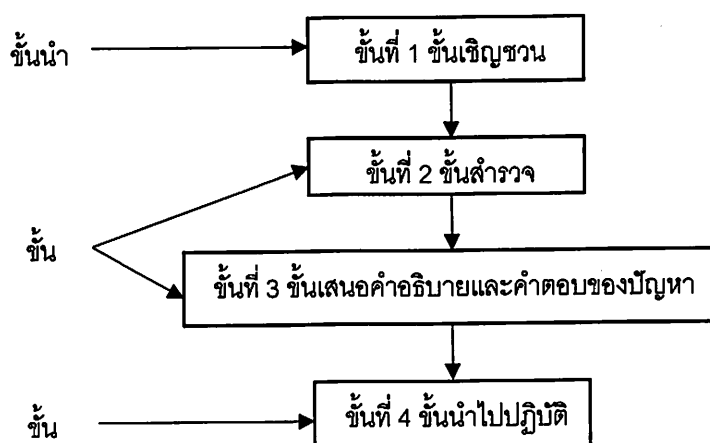
การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ พัฒนาโดย Yager (1991) เป็นโมเดลการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความร่วมมือและการนำความคิดเห็นไปปฏิบัติ สนับสนุนให้มีการวิพากษ์วิจารณ์ตนเอง รวบรวมพยานหลักฐานที่สนับสนุนความคิดเห็นและสร้างเป็นความคิดเห็นใหม่ อันเนื่องมาจากหลักฐานและพยานใหม่ ประกอบด้วยกิจกรรม 4 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ขั้นเชิญชวน เป็นการนำเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยที่ความรู้เดิมนั้นไม่สามารถอธิบายสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งจะเป็นการทำทนายให้นักเรียนร่วมกันหาวิธีในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบ โดยการใช้คำถามที่ยั่วยุให้คิดหาวิธีการค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ เป็นการให้นักเรียนใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม โดยระดมพลังสมองเกี่ยวกับทางเลือกที่เป็นไปได้ เพื่อที่จะมองหาสารสนเทศจากการทดลอง แล้วออกแบบหรือสร้างโมเดลเพื่อรวบรวมหรือจัดกระทำข้อมูล อภิปรายการแก้ปัญหา ร่วมกับนักเรียนคนอื่น ๆ เพื่อนำมาประเมินทางเลือกที่หลากหลายโดยการให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นที่ไม่ตรงกัน เพื่อวิเคราะห์วิจารณ์ความคิดเห็นของกันและกัน บ่งชี้การเสี่ยงและผลที่จะตามมา และบอกขอบเขตของการสืบเสาะหาความรู้ แล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นเสนอคำอธิบายและคำตอบของปัญหา เป็นการให้นักเรียนสื่อความหมายของข้อมูลและความคิดเห็นของตนเอง จากคำอธิบายเป็นโมเดลหรือสร้างคำอธิบายใหม่ เพื่อที่จะได้บททวนและวิจารณ์คำตอบของปัญหา โดยการให้เพื่อนประเมินผลการเสนอคำตอบแล้วรวบรวมคำตอบที่หลากหลายมาเพื่อจะได้ชี้ให้เห็นถึงคำตอบที่เหมาะสม บูรณาการคำตอบที่ได้กับความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่

ขั้นที่ 4 ขั้นนำไปปฏิบัติ เป็นการใช้สถานการณ์ที่ทำให้ให้นักเรียน ได้ตัดสินใจโดยการนำความรู้และทักษะไปใช้ เพื่อให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ แลกเปลี่ยนสารสนเทศ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยการถามคำถามใหม่เพื่อให้เกิดการพัฒนาผลที่ได้จากการเรียนรู้ ปรับเปลี่ยนโมเดลความคิดจากการอภิปรายและการยอมรับจากเพื่อน จากนั้นจึงจะเกิดการผสมกลมกลืนเข้าเป็นโครงสร้างของความรู้ขึ้น จากการที่ได้พิจารณาแล้วว่าข้อความรู้นั้น ๆ มีความคุ้มค่าประโยชน์และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ และเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ดังภาพ 14



ภาพ 14 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ของ Yager (1991)

ที่มา: Yager, 1991

ในการจัดการเรียนตามทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์นี้ ภาวะของการเป็นผู้นำในทีมและการช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม รวมถึงการช่วยเหลือของครูเป็นสิ่งสำคัญ ส่วนนักเรียนที่มีคำถามสามารถยกมือสอบถามจากครูได้

งานวิจัยของ Williams (2011) จากมหาวิทยาลัย MONTANA STATE ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นแบ่งกลุ่ม ในขั้นนี้ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 2-5 คน จากนั้นจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับเนื้อหาในชั้นเรียน และให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้แต่ละคน ในขั้นนี้นักเรียนจะเข้าใจและรู้ว่า ตนเองรู้เกี่ยวกับเนื้อหาถูกต้องหรือไม่ เป็นการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งคำถามหรือหัวข้อที่ให้นักเรียนปรึกษาควรเป็นหัวข้อที่ทำทนายพอที่จะสร้างความสนใจของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องแลกเปลี่ยนความรู้ตามที่นักเรียนสมัครใจ เพื่อสร้างปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน ขณะนักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ นักเรียนจะยังไม่ได้รับผลสะท้อนและความคิดเห็นจากนักเรียนคนอื่น ในขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนคนอื่นฟังก่อน

ขั้นที่ 3 ขั้นรับความรู้ นักเรียนต้องฟังความรู้ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกี่ยวข้องนักเรียนต้องสนใจและฟังในสิ่งที่พูด

ขั้นที่ 4 ขั้นทำงาน นักเรียนจะต้องทำงานที่ได้รับมอบหมาย ถ้านักเรียนมีความรู้สึกว่่านักเรียนมีความรู้ไม่เพียงพอ นักเรียนมีโอกาสกลับไปฟังความรู้ใหม่

ขั้นที่ 5 ขั้นการสำรวจ เมื่อนักเรียนปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นแล้ว นักเรียนจะดูหรือแสดงความรู้ของตัวเองให้ผู้อื่นทั้งหมดเพื่อตรวจสอบความรู้ของนักเรียน

งานวิจัยของ Barak (2016) ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ผสมผสานกับเทคโนโลยีการจัดการเรียนรู้จากแอปพลิเคชัน Cloud เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์และส่วนที่เป็นการใช้เทคโนโลยี มีการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานกันแบบ hybrid มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ส่วนที่หนึ่ง คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ใช้ 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้รับความรู้จากการสืบค้นหาประสบการณ์ รวมถึงค้นหาสถานที่ บุคคลและความรู้ใหม่ จากในและนอกห้องเรียน เป็นการให้

นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น ครูทำหน้าที่ส่งเสริมอยู่ข้าง ๆ ควรให้นักเรียนได้ลองทำ และรู้ถึงความผิดพลาดของตนเองเพื่อเรียนรู้ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การปลดปล่อยจากการควบคุมและการส่งเสริมการสืบค้นของนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง เป็นขั้นส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น การเรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น เพื่อให้มีการปรับความคิดของตนเอง การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การปรับตัว เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ที่คลุมเครือ

ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ ทำการส่งเสริมนักเรียนให้สร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับผู้อื่นโดยการเขียนเรียงความ สร้างวีดีโอ และเตรียมการนำเสนอที่น่าสนใจ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้รับรู้ถึงความคิดของผู้อื่นและนำเสนอความคิดของตนเอง การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสร้างและการจัดการข้อมูล

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล ขั้นส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดจากการวิจารณ์และสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น รวมถึงนักเรียนจะต้องทำการประเมิน วิจารณ์ และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่น การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสื่อสารและการ่วมมือในสภาวะแวดล้อมแบบกระจายศูนย์

ส่วนที่สองคือ ส่วนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีในรูปแบบ hybrid ที่มีการจัดการเรียนผสมผสานกับส่วนของโซเซียลคอนตริคตวิสต์โดยใช้แอปพลิเคชัน Cloud ซึ่งในขณะจัดการเรียนรู้จะมีการแทรกเทคโนโลยีควบคู่กัน มีทั้งหมด 3 แนวทาง ดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้ในสตูดิโอ ขั้นตอนแรก ครูทำการสอนเนื้อหาแบบบรรยายสั้นเป็นเวลา 20-30 นาที เนื้อหาในการบรรยายเกี่ยวกับมโนทัศน์จำนวนหนึ่งหรือสองมโนทัศน์ หลังจากนั้น จึงมอบหมายงานให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ใหม่ เริ่มเข้าสู่ช่วงการจัดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ครูทำหน้าที่คอยช่วยเหลือนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ใหม่และถามคำถาม ในขั้นนี้ นักเรียนได้ทักษะการแก้ปัญหา มีความกระตือรือร้นในการเรียนและการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

2) ขั้นการประเมิน เป็นการประเมินผลระหว่างเรียนและประเมินผลสรุป ในขั้นนี้ นักเรียนจะได้รับรู้ความคิดของตนเองทั้งข้อดีและข้อเสีย นักเรียนสามารถปรับปรุงและแก้ไขงานของตนเองให้ดีและถูกต้องมากขึ้น

3) ขั้นแอปพลิเคชัน Cloud เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ทำให้นักเรียนสามารถทำงานแบบร่วมมือกันผ่านอินเทอร์เน็ต นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันได้ตลอดเวลาในการเขียนและ

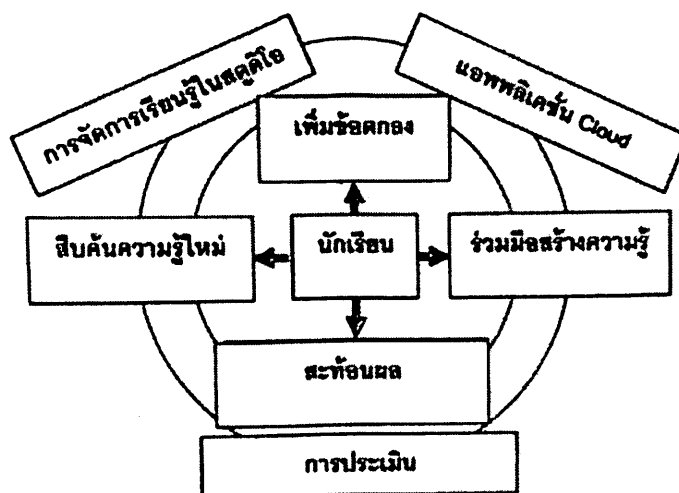
แก้ไขงานของนักเรียนในไฟล์งานเดียวกัน ครูมีหน้าที่ช่วยเหลือนักเรียนและให้ผลสะท้อนกลับนักเรียนได้ทันที

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์อีกประการ คือ การใช้สื่อกลาง เช่น เครื่องมือ สัญลักษณ์เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ (Shepardson, 1999) ประกอบด้วย

1) เครื่องมือทางจิตวิทยา คือ การใช้สัญลักษณ์ เช่น ภาษา ตัวอักษร และ ไดอะแกรมทำให้นักเรียนมีการคิดและการเรียนรู้ที่ชัดเจนมากขึ้น

2) เครื่องมือทางเทคนิค คือ สื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความรู้และความคิดที่กว้างมากขึ้น

สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการเรียนรู้ของ Vygotsky คือ ภาษา ตัวอักษร หรือการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้และช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะฉะนั้นการใช้สื่อกลางที่เป็นเทคโนโลยี จะสามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ จึงจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์และเชื่อมโยงไปถึงการทำงานกลุ่มของนักเรียน ดังภาพ 15



ภาพ 15 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีแอปพลิเคชัน Cloud

ที่มา: Barak, 2016

สรุปการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีไอซีแอลคอนสตรัคติวิสต์ ควรเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งนักเรียนสร้างองค์ความรู้ร่วมกันผ่านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนและครู ทำให้นักเรียนมีการตระหนักถึงความรู้เดิมของตนเอง และมีการปรับปรุงแก้ไขงานหรือความคิดของตนเองจากการสะท้อนผลกับผู้อื่นหรือบุคคลอื่นภายในกลุ่ม และมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี คือ โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีทางการศึกษามีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ทำให้นักการศึกษานำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีไอซีแอลคอนสตรัคติวิสต์เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสำรวจเรขาคณิตผ่านการสร้างและการเลื่อนอ็อบเจกต์ สามารถเห็นตัวอย่างรูปตามสมบัติทางเรขาคณิตได้อย่างหลากหลายรวดเร็วมากขึ้น การจัดการเรียนรู้ไอซีแอลคอนสตรัคติวิสต์จึงเปลี่ยนเป็นการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานหรือ hybrid ซึ่งมีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อความรวดเร็วในการสร้าง อธิบายและตรวจสอบองค์ความรู้ โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้บูรณาการเทคโนโลยี ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการสะท้อนผลและประเมินตนเอง รวมถึงให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม โดยขั้นของการจัดการเรียนรู้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้รับความรู้จากการสืบค้น หาประสบการณ์ จากในและนอกห้องเรียน โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4 คน เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น โดยครูทำหน้าที่ส่งเสริมอยู่ข้าง ๆ ในขณะที่นักเรียนได้ลองกระทำหรือลงมือปฏิบัติ ได้รู้ถึงความผิดพลาดของตนเองเพื่อเรียนรู้จากความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่าการปลดปล่อยจากการควบคุมและการส่งเสริมการสืบค้นของนักเรียน ซึ่งจุดมุ่งหมายในขั้นนี้ คือ ครูได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องของวงกลมและนักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นแนวทางปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยี โปรแกรม GeoGebra ในการอธิบายแสดงภาพเกี่ยวกับวงกลม ให้นักเรียนมองเห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ผ่านกระบวนการร่วมมือแบบกลุ่ม มีการมอบหมายและแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงาน จากนั้นจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันศึกษา สำรวจ และตรวจสอบโมโนทัศน์เกี่ยวกับวงกลม โดยใช้ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น เรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น เพื่อให้มีการปรับความคิดของ



ตนเอง การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การปรับตัว เพื่อที่จะแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน

ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมนักเรียนให้สร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับวงกลม ร่วมกับผู้อื่น โดยวิธีการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม GeoGebra นักเรียนจะได้รับรู้ถึงความคิดของผู้อื่นและนำเสนอความคิดของตนเองเป็นการระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้และประสบการณ์เดิมมาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนจะต้องวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงบนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถออกแบบวิธีการที่แปลกใหม่ มีความหลากหลาย แตกต่างกัน และอธิบายรายละเอียดของวิธีนั้น ๆ ได้ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสร้างและการจัดการข้อมูล

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดจากการวิจารณ์และสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น รวมถึงนักเรียนจะต้องทำการประเมินผลงานวิจารณ์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่ต้องพัฒนา โดยนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางานในครั้งต่อไป การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสื่อสารและการร่วมมือในสภาวะแวดล้อมแบบกระจายศูนย์

#### 4. บรรยายภาพของห้องเรียนตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงบรรยายภาพของห้องเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เป็นภาพรวมของทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) และ โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivism) ไว้ดังนี้

Brooks and Brooks (1993, pp. 113-118) กล่าวถึง บรรยายภาพของห้องเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

1) การสอนเริ่มจากภาพรวมไปยังรายละเอียดย่อย ๆ โดยเน้นที่ความคิดรวบยอด

2) ยึดแนวทางที่จะให้นักเรียนแสวงหาคำตอบจากคำถาม

3) กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นที่แหล่งข้อมูลและสิ่งที่อยู่รอบตัวนักเรียน

4) นักเรียนเปรียบเสมือนหนึ่งนักคิดซึ่งเป็นผู้คิดค้นพบทฤษฎีด้วยตัวนักเรียนเอง

5) ครูทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริม และจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับ

นักเรียน

6) ครูทำหน้าที่ค้นหาความคิดเห็นของนักเรียน เพื่อจะได้เข้าใจความคิดรวบยอด ของนักเรียนเพื่อนำไปใช้ประกอบการเรียน

7) การวัดผลประเมินผลการเรียนของนักเรียนไม่สามารถแยกออกจากสอนได้ ครูใช้วิธีการสังเกตการทำงานของนักเรียน การจัดนิทรรศการของนักเรียนและการเลือกชิ้นงานที่ดีที่สุดของนักเรียนด้วยตัวของนักเรียนเอง

8) นักเรียนส่วนใหญ่ทำงานเป็นกลุ่ม

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น. 129-131) กล่าวถึง บรรยากาศห้องเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ดังนี้

1) มีการนำเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหาซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ต่อสังคมและตัวผู้เรียนเอง

2) มีการจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ประสบการณ์จริง ผึกปฏิบัติเท่าที่ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

3) มีการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

4) ผู้สอนเปลี่ยนบทบาทจากผู้บอกความรู้มาเป็นผู้อำนวยความสะดวกโดยการ

4.1) จัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม

4.2) วางแผนกิจกรรม

4.3) สื่อการเรียนรู้

4.4) ให้ความช่วยเหลือผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้

4.5) กระตุ้นผู้เรียนโดยการตั้งคำถาม

4.6) ให้กำลังใจ

4.7) ประเมินผลการเรียนรู้

4.8) ให้ข้อมูลย้อนกลับ

5) ผู้สอนเรียนรู้ไปพร้อมกับผู้เรียนจากกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อ และแหล่งวิทยาการต่าง ๆ

6) ใช้วิธีการที่หลากหลายในการประเมินผู้เรียนโดยเน้นการประเมินตามสภาพจริง

ทิศนา ขัมมณี (2548, น. 94-95) กล่าวถึง บรรยากาศของห้องเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ดังนี้

1) ผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มตัว มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งของหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นจริง และสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนโดยผู้เรียนสามารถจัดกระทำ ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง ลองผิดลองถูก กับสิ่งนั้น ๆ จนเกิดเป็นความรู้ ความเข้าใจขึ้น

2) ครูจะพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจรรยาบรรณให้เกิดขึ้น กล่าวคือ ผู้เรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เช่น การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนหรือผู้เรียนกับบุคคลอื่น ๆ ซึ่งทางสังคมถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้และจะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้น ชับซ้อนขึ้น และหลากหลายขึ้น

3) ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้เต็มที่ โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ เช่น ผู้เรียนเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเอง แก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ตกลงกันเองเมื่อเกิดความคิดเห็นที่แตกต่างกัน เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และรับผิดชอบในการดูแลรักษาห้องเรียนร่วมกัน

จากที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงบรรยากาศของห้องเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า บรรยากาศของห้องเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงหรือปัญหาที่ท้าทายและยืดหยุ่นให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้สร้างข้อคาดการณ์ของคำตอบ และแสดงความคิดเห็นถึงความเป็นไปได้ร่วมกับเพื่อน โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ นำไปใช้สนับสนุนเหตุผลของคำตอบ และนำไปสู่การศึกษา สำรวจ ตรวจสอบ จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยครูมีหน้าที่คอยอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่นักเรียนตลอดการปฏิบัติกิจกรรม รวมถึงใช้วิธีการสังเกตการทำงานและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ของนักเรียน

##### 5. บทบาทของครูตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงบทบาทของครูตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นภาพรวมของทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) และโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivism) ไว้ดังนี้

Bell (1993, p. 89) ได้เสนอว่า ครูตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ควรมีบทบาท ดังนี้

1) ครูเปรียบเหมือนนักวิจัย ครูจะต้องพิจารณาความคิดของนักเรียน ค้นหาหรือทำวิจัยว่านักเรียนกำลังคิดอะไร เพราะฉะนั้นในขณะที่สอน ครูจะฟังความคิด ฟังการอภิปราย และ

ฟังคำถามของนักเรียน ครูจะให้คุณค่าและคอยฟังสิ่งที่นักเรียนพูดเกี่ยวกับสิ่งที่เขาคิด ในขณะที่ฟังนักเรียนพูด ครูกำลังช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ครูอาจใช้กิจกรรม เช่น การอภิปรายกลุ่ม หรือ การสำรวจ

2) ครูเปรียบเหมือนผู้อำนวยการความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน คือ ค้นหาว่านักเรียนกำลังคิดอะไร ทำทหายความคิดของนักเรียน ช่วยนักเรียนค้นหาคำตอบเพื่อตัวนักเรียนเอง ทำให้นักเรียน "คิด" ส่งเสริมการอภิปรายในชั้นเรียน จัดกลุ่มการเรียนรู้ ยอมรับความคิดของนักเรียน สร้างบรรยากาศที่สนับสนุนและบรรยากาศแห่งความหวังเื่อการเรียนรู้ จูงใจ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้

3) ครูเปรียบเหมือนผู้ตอบสนอง ครูตอบสนองความคิดและถามในสิ่งที่นักเรียนทำ พูด และเขียน ค้นหาปฏิสัมพันธ์ที่มีการตอบสนองและแลกเปลี่ยนปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน ค้นหาความคิดของนักเรียน สื่อความหมายด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งคิดว่ามีคุณค่าต่อสิ่งที่นักเรียนกำลังคิด ให้ข้อมูลกับนักเรียน เพื่อทำให้นักเรียนคิดและครูจะต้องมีปฏิสัมพันธ์กับความคิดของนักเรียน

4) การสอนเปรียบเหมือนการประเมินความคิดของนักเรียน ครูประเมินความคิดของนักเรียนเพื่อการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนา

5) การสอนเปรียบเหมือนการจัดการเรียนรู้ ครูเป็นผู้จัดการการเรียนรู้ ไม่ใช่เพียงเพื่อพฤติกรรมที่ดีเท่านั้น ครูจะต้องวางแผนเพื่อพิจารณาความคิดของนักเรียน การจัดกลุ่มนักเรียน การจัดความสะดวกในการอภิปราย และการช่วยเหลือนักเรียนแต่ละคน ครูเป็นผู้จัดกิจกรรมภายในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ผลผลิตจากการเรียนรู้ที่ดีขึ้นและเงื่อนไขจากการเรียนรู้ที่ดี ความสนุกที่เพิ่มขึ้น ความร่วมมือทางสังคม ความเป็นเจ้าของการเรียนรู้ และการเพิ่มความเชื่อมั่นในตัวเอง ซึ่งจากผลที่ตามมาจะพบว่าครูใช้เวลาน้อยลงในการจัดการเกี่ยวกับพฤติกรรมความตั้งใจ และใช้เวลามากขึ้นในการแสดงปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน การค้นหาความคิดของนักเรียน ข้อสงสัยของนักเรียน และความเข้าใจของนักเรียน

จรรยา ภูอุดม (2544, น. 161) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการสร้างองค์ความรู้ มีดังต่อไปนี้

- 1) เลือกมโนคติหลักที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้เพื่อนำมากำหนดเป็นสถานการณ์
- 2) นำเสนอสถานการณ์ปัญหาและชี้้นำความสนใจของนักเรียนด้วยการสนทนาหรือนำเสนองานที่เหมาะสม

3) ใช้คำถามท้าทายนักเรียนให้เกิดการสำรวจเพื่อนำไปสู่การสร้างหรือขยายมโนคติ เกิดการตรวจสอบแนวคิดของตนเองโดยการถามให้นักเรียนอธิบายถึงเหตุผลและรายละเอียดของขั้นตอนการกระทำหรือแนวคิดต่าง ๆ

4) ช่วยเหลือนักเรียนให้เกิดความชัดเจนในการสื่อสาร นำเสนอศัพท์เทคนิค ที่นักเรียนจะต้องประสบ แนะนำให้นักเรียนรู้จักใช้ภาษาและสัญลักษณ์ที่เหมาะสม ตลอดจน ตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายและขยายความเพิ่มเติม

5) สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนในเวลาที่เหมาะสม หรือเหมาะสม หลีกเลี่ยงการตีค่าหรือแก้แนวคิดของนักเรียนในเวลาที่เหมาะสม แต่ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถค้นพบแนวทางด้วยตนเอง

6) พยายามทำความเข้าใจและค้นหารายละเอียดในคำตอบหรือแนวคิดของนักเรียน

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น. 129-131) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ดังนี้

1) ผู้สอนมีหน้าที่จัดการให้ผู้เรียนขยายโครงสร้างทางปัญญา (สร้างความรู้) โดยมีสมมุติฐานดังนี้

1.1) นำเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหาซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ต่อสังคม และตัวผู้เรียนเอง ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา

1.2) ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจให้เกิดกิจกรรมการคิดไตร่ตรองเพื่อสร้างความรู้ที่จะขจัดความขัดแย้งนั้น

1.3) การคิดไตร่ตรองบนพื้นฐานของประสบการณ์และโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมภายใต้การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม จะกระตุ้นให้มีการสร้างโครงสร้างทางปัญญาเกี่ยวกับสิ่งนั้นขึ้นมาใหม่

2) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

3) จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติ เท่าที่ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

4) ผู้สอนเรียนรู้ไปพร้อมกับผู้เรียนจากกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อ และแหล่งวิทยาการต่าง ๆ

5) ผู้สอนเปลี่ยนบทบาทจากผู้บอกความรู้มาเป็นผู้อำนวยความสะดวกโดยการ

- 5.1) จัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม
- 5.2) วางแผนกิจกรรม
- 5.3) สื่อการเรียนรู้
- 5.4) ให้ความช่วยเหลือผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้
- 5.5) กระตุ้นผู้เรียนโดยการตั้งคำถาม
- 5.6) ให้กำลังใจ
- 5.7) ประเมินผลการเรียนรู้
- 5.8) ให้ข้อมูลย้อนกลับ

อัมพร ม้าคะนอง (2546, น. 34) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูผู้สอนตามแนวคิด ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ว่า ครูผู้สอนควรเรียนรู้สิ่งต่อไปนี้

- 1) สื่อสารเชิงคณิตศาสตร์กับผู้เรียน
- 2) ทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย
- 3) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนมี
- 4) การจัดสิ่งแวดล้อมทางคณิตศาสตร์เท่าที่เป็นไปได้
- 5) ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนมี
- 6) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะสอนให้ผู้เรียน
- 7) การส่งเสริมการไตร่ตรองและการได้มาซึ่งความรู้ในบริบทของกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่มีจุดมุ่งหมาย
- 8) การกระตุ้นให้ผู้เรียนสื่อสารเชิงคณิตศาสตร์
- 9) การทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและการช่วยให้เรียนได้คงทนขึ้น
- 10) การสื่อสารกับนักคณิตศาสตร์อื่น ทั้งด้านเนื้อหาและการสอน

จากที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงบทบาทของครูตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า บทบาทของครูตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ คือ ครูจะต้องทำทุกวิถีทางที่จะทำให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากฐานความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ โดยทำการค้นหา ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยครูจะต้องศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงจากความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ไปยังองค์ความรู้ใหม่ และกระตุ้นด้วยคำถามที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งจะทำให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมีเหตุผล เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างข้อคาดการณ์และช่วยให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา สนองต่อความสนใจ และการมีส่วนร่วมของนักเรียน โดยครูคอยทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการ

เรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ การจัดทรัพยากรและสภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ เป็นต้น ครูส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้และสะท้อนความคิดเห็นอย่างเต็มที่โดยอิสระ รวมถึงให้ความช่วยเหลือนักเรียนตามความจำเป็นหรือตกแต่งความรู้ในส่วนที่ควรจะต้องเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ และครูเปิดโอกาสให้นักเรียนประเมินผลพร้อมทั้งให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อสร้างแรงจูงใจ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

#### 6. บทบาทของผู้เรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

โดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นภาพรวมของทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคอนสตรัคติวิสต์เชิงปัญญา (Cognitive Constructivism) และโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivism) ไว้ดังนี้

ทิสนา แคมมณี (2548, น. 94-95) กล่าวว่า การนำแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไปใช้เป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนควรมีบทบาทดังต่อไปนี้

- 1) ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
- 2) ผู้เรียนจะเป็นผู้ริเริ่มบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว และจัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ
- 3) ผู้เรียนจะต้องสร้างความหมายสิ่งนั้นให้กับตัวเอง
- 4) ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุอุปกรณ์ สิ่งของหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นจริง และสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถจัดกระทำ ศึกษา สัมผัส วิเคราะห์ ทดลอง ลองผิดลองถูก กับสิ่งนั้น ๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจ
- 5) ในการเรียนการสอน ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ เช่น ผู้เรียนเป็นผู้เลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเองตั้งกฎระเบียบเอง แก้ปัญหาเองที่เกิดขึ้นเอง ตกลงกันเองเมื่อเกิดความคิดเห็นที่แตกต่างกัน เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และรับผิดชอบในการดูแลรักษาห้องเรียนร่วมกัน

สมหมาย มะลิกอง (2552, น. 37) ได้กล่าวถึง บทบาทของผู้เรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีดังนี้

- 1) ผู้เรียนต้องความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาว่ามีความหมายและความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต
- 2) ผู้เรียนต้องตั้งเป้าหมายและวางแผนการศึกษาให้เหมาะสมกับความถนัดและความสามารถของตนเอง
- 3) ผู้เรียนต้องรู้วิธีการเรียนรู้ มีทักษะชีวิต รวมทั้งสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อมีความจำเป็น

- 4) ผู้เรียนต้องเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น
- 5) ผู้เรียนต้องมีการประเมินตนเองรวมทั้งต้องพัฒนาตนเองให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

จากที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า บทบาทของนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ คือ ผู้เรียนจะต้องมีบทบาทและมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยนักเรียนจะลงมือทำในสิ่งที่มีความหมายและฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตัวเอง มีการสังเกตและสำรวจปัญหา รวมถึงตั้งข้อคาดการณ์ของคำตอบจากความรู้เดิมที่มีอยู่ ตั้งเป้าหมายและวางแผนในการแก้ปัญหาผ่านปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและผู้อื่น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันระหว่างเพื่อนและครู เพื่อขยายรอยต่อของพัฒนาการเรียนรู้ให้เต็มศักยภาพ และสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ที่นำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

#### 7. แนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

ในด้านการประเมินผลการเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ขึ้นอยู่กับความสนใจและการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล ผลการเรียนรู้จะถูกประเมินอย่างหลากหลายตามวิธีการจัดการเรียนรู้และตัวบุคคล มีความยืดหยุ่น หลักของการประเมินคือการประเมินในบริบทกิจกรรม กระบวนการกลุ่ม และการประเมินตนเอง ซึ่งมีแนวทางการประเมินตามการจัดการเรียนรู้คือ การประเมินผลการเรียนตามทฤษฎีการเรียนรู้โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ที่สำคัญที่สุดคือ การประเมินกระบวนการกลุ่ม เนื่องจากตามทฤษฎีนี้ นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากสังคม เพราะฉะนั้นการที่นักเรียนมีการร่วมมือกันในกระบวนการกลุ่มทำให้นักเรียนได้รับความรู้จากสมาชิกภายในกลุ่ม นอกจากนี้การประเมินพฤติกรรมในการอภิปรายและประเมินตนเองของนักเรียนจะทำให้รู้ว่ามีนักเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น

##### 7.1 เครื่องมือวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์

การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้โซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์จะเป็นการที่นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากสังคม ดังนั้นนักเรียนจึงต้องได้รับการวัดและประเมินผลทั้งด้านองค์ความรู้และด้านปฏิสัมพันธ์กับสังคม โดยเครื่องมือที่ใช้วัดผล ได้แก่

7.1.1 แบบทดสอบ ซึ่งจะใช้วัดองค์ความรู้และเนื้อหาบทเรียนที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้

7.1.2 แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นการประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน of นักเรียนทั้งด้านความรับผิดชอบ ความร่วมมือ ความกล้าแสดงออก นอกจากนี้ต้องสังเกตกระบวนการทำงานของนักเรียน รวมถึงให้คะแนนนักเรียนระหว่างการทำงาน



7.1.3 แบบสัมภาษณ์ อาจต้องถามและเก็บข้อมูลทางด้านเจตคติ ความคิดและวิธีแก้ปัญหาของนักเรียน

7.1.4 แบบประเมินผลงาน จะรู้ว่า นักเรียนได้รับความรู้เพิ่มเติมหรือเปลี่ยนความรู้ที่ถูกต้องจากสังคมได้หรือไม่ ดูได้จากการที่นักเรียนทำงานตามที่ได้รับมอบหมายซึ่งอาจเป็นใบงาน หรือการเขียนอภิปราย สรุป

7.2 การประเมินควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมด้วย และควรใช้วิธีการประเมินแบบง่าย ดังนี้ (Smith, Teemant and Pinnegar, 2004) และควรมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

7.2.1 เน้นคุณภาพ ใช้การประเมินตามสภาพจริง ครูควรช่วยให้นักเรียนตั้งเป้าหมายและวิเคราะห์ผลจากการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น ชิงงาน เพื่อหาคุณภาพ

7.2.2 เน้นภาววิฒนธรรมและเนื้อหา ครูควรเน้นการประเมินทางด้านภาษาของนักเรียน รวมถึงดูถึงความเข้าใจเนื้อหาของนักเรียน

7.2.3 ใช้สถานการณ์ที่ง่ายและเหมาะสม ควรใช้วิธีการที่ง่ายเพื่อเก็บรวบรวมหลักฐานการประเมิน

7.2.4 การสะท้อนผล ครูควรสะท้อนผลให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนปรับปรุงความคิดการกระทำและการเรียน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

สรุปการประเมินการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ครูควรประเมินทางด้านการใช้ภาษาหรือเทคโนโลยีที่ช่วยเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ของนักเรียนและประเมินความร่วมมือ การทำงานกลุ่มของนักเรียน รวมถึงนักเรียนควรประเมินตนเองและสะท้อนผลตนเองเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ต่อไป

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ชัญญา อุทิศ (2557) ได้ศึกษาการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง กำหนดการเชิงเส้น ที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัดสมุทรสาคร กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 48 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 10 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวน 17 ข้อ แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ข้างต้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอ และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และ 3) นักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว โดยใช้โปรแกรม GeoGebra นั้นเหมาะสม

พงศกร วังศิลา (2561) ได้ทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้เข้าร่วมวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นั้น ครูควรเน้นการเลือกสถานการณ์ที่มีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระดมความคิดเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อปรับแต่งแบบจำลองให้สมบูรณ์ และผลการจัดการเรียนรู้อย่างพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ความอยากรู้อยากเห็น ความคิดริเริ่ม และจินตนาการ

วีรศ กิตติวรากุล (2561) ได้ทำการศึกษาความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้และแฟ้มคำสั่งในโปรแกรม GeoGebra ตามวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ เรื่อง วงกลม จำนวน 6 แผน ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม คอร์ด และเส้นสัมผัสวงกลม 2) แบบทดสอบวัดความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการพิสูจน์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความรู้เชิงมโนทัศน์ เรื่อง วงกลม หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม

GeoGebra ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง วงกลม หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ทวิลาภ งามพึงพิศ (2561) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาการสร้างเว็บเพจด้วยโปรแกรมเท็กซ์อีดิเตอร์ (Text Editor) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนครระยองวิทยาคม (วัดโชดใต้) จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivist Theory) โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ จำนวน 10 แผน แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจในการสร้างเว็บเพจด้วยโปรแกรมเท็กซ์อีดิเตอร์ (Text Editor) มีค่าความเชื่อมั่น .94 แบบวัดความสามารถในการใช้โปรแกรม มีค่าความเชื่อมั่น .96 และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้มีความเชื่อมั่น .93 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test Dependent) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาการสร้างเว็บเพจด้วยโปรแกรมเท็กซ์อีดิเตอร์ (Text Editor) โดยรวมมีนักเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป ( $\bar{x} = 21.14$ ) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 71.42 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ว่าผ่านเกณฑ์ระดับดี ร้อยละ 75 ขึ้นไป และด้านความสามารถในการสร้างสรรค์เว็บเพจของนักเรียนภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ 2) ความคิดเห็นต่อวิชาการสร้างเว็บเพจของนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x} = 4.41$ ) และทุกด้านของความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Hoong (2008) ได้ศึกษาการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนด้วยการประเมินความคิดสร้างสรรค์ โดยมีจุดมุ่งหมายในการเสนอแนะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่สามารถส่งเสริมได้ด้วยการใช้คำถามวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยทำการสังเกตตลอดทั้งปีการศึกษา ซึ่งคำถามที่ใช้เป็นคำถามจาก Cambridge โดยการพยายามรวบรวมความคิดรวบยอดจากหัวข้อต่าง ๆ 2-3 หัวข้อต่อหนึ่งคำถาม นักเรียนสามารถมองเห็นการเชื่อมโยงที่ซับซ้อนระหว่างหัวข้อต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ความคิดสร้างสรรค์ต้องเริ่มจากครูด้วย ความคิดสร้างสรรค์โดยธรรมชาติแล้วถือว่าเป็นสิ่งที่ไม่ชัดเจนนัก จึงถือเป็นงานที่ยากลำบากสำหรับครู และการประเมินความคิดสร้างสรรค์ด้วยคำถามที่สร้างสรรค์ก็ทำได้ยาก แต่ความคิดสร้างสรรค์ก็เป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากสำหรับนักเรียนทุกคนในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ควรจะได้มีการส่งเสริมความคิด

สร้างสรรค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดความเข้าใจผิดว่าวิชาคณิตศาสตร์ไม่สามารถทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

Williams (2011) ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ทฤษฎีเซตเชิงคอนสตรัคติวิสต์ในห้องเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ได้ทำการสอนแบบบรรยายกับนักเรียน และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 ทำการสอนเพื่อพัฒนาความสัมพันธ์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีเซตเชิงคอนสตรัคติวิสต์ ในหน่วยการเรียนรู้ประกอบไปด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ พันธุวิศวกรรมและวิวัฒนาการ และเก็บข้อมูลจากนักเรียนโดยการถามคำถามสั้น ๆ เขียนเรียงความและสัมภาษณ์นักเรียน จากการวิจัยพบว่า นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนมากขึ้น และสนุกกับการเรียนการสอน รวมถึงนักเรียนสามารถสร้างความรู้ในเนื้อหาชีววิทยาได้ยาวนานและคงทนมากขึ้น

Zulnaidi & Zakaria (2012) ได้ศึกษาผลการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีต่อความคิดรวบยอดและความรู้เชิงขั้นตอนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา เรื่อง ฟังก์ชัน จากนักเรียนจำนวน 124 คน ใน Ujung Batu Rokan Hulu ประเทศอินโดนีเซีย โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองจำนวน 60 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 64 คน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีความคิดรวบยอดเรื่องฟังก์ชัน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $t=2.375, p<0.05$ ) และความรู้เชิงขั้นตอนของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $t=2.215, p<0.05$ ) จากผลการวิจัยช่วยให้ครูและผู้ที่เกี่ยวข้องมีแนวทางใหม่ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

Barak (2016) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ของครู และค้นหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีร่วมกับทฤษฎีเซตเชิงคอนสตรัคติวิสต์ โดยทำการเก็บข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพโดยใช้การตอบแบบสอบถามออนไลน์ การสัมภาษณ์ และการเขียนสะท้อนผลจากครู ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นครูจำนวน 63 คน และนิสิตครุศึกษาศาสตร์จำนวน 52 คน โดยทำการจัดการเรียนรู้และการทำการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้แบบไฮบริดที่ประกอบด้วยจัดการเรียนตามทฤษฎีเซตเชิงคอนสตรัคติวิสต์ที่ผนวกกับการเรียนจากเทคโนโลยี พบว่า นักเรียนมีทักษะการสื่อสารและเกิดความร่วมมือ เนื่องจากการทำงานกลุ่ม และเข้าใจเกี่ยวกับความสำคัญของการสื่อสารและการทำงานกลุ่ม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและต่างประเทศดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยได้หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีเซตเชิงคอนสตรัคติวิสต์ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันสร้างองค์ความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ชีวิตจริง โดยอาศัยฐานความรู้

และประสบการณ์ที่มีอยู่ ผ่านการลงมือปฏิบัติแบบร่วมมือกัน และมีการประยุกต์ใช้โปรแกรม GeoGebra ในการร่างและออกแบบชิ้นงาน เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมหรือชิ้นงานที่มีคุณค่า บนพื้นฐานความรู้และวิธีการที่ถูกต้อง และส่งเสริมให้นักเรียนมีการสะท้อนความคิดเห็น ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานหรือแนวคิด ทำให้เกิดการเรียนรู้จากความคิด ของผู้อื่น จึงทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ และตระหนักถึงประโยชน์ที่แท้จริงของคณิตศาสตร์ สามารถนำเอาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนมาใช้ในชีวิตจริงได้ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนได้มี โอกาสในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยสะท้อนให้เห็นถึงการนำคณิตศาสตร์ มาใช้ในสถานการณ์ชีวิตจริง ผ่านการแสดงออกและการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ยิ่งขึ้น นั่นคือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้น ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จึงอาจส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีเซตเชิงคอนสตรัคติวิสต์ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวิธีการดำเนินตามขั้นตอน ดังนี้

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

#### รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis (1996 อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 149-151) ดำเนินการเป็น วงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน แต่ละวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ตามลำดับ ดำเนินการวิจัยทั้งหมด 4 วงจรปฏิบัติการ โดยนักเรียนทำกิจกรรมควบคู่กับการสร้างสรรค์ชิ้นงานเป็นรายกลุ่มตามแผนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมแต่ละวงจรปฏิบัติการจนถึงขั้น สะท้อนผลการปฏิบัติ และให้นักเรียน ทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคลเมื่อสิ้นสุดการดำเนินการในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1. สสำรวจสภาพปัญหาในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ควรได้รับการแก้ไข โดยผู้วิจัยได้สังเกตความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนและปรึกษาหารือร่วมกับครูผู้รับผิดชอบ ซึ่งเป็นครูที่ทำการสอนในรหัสวิชาเดียวกัน โดยทำการวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและสาเหตุ
2. ศึกษาค้นคว้าตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และแก้ปัญหาในชั้นเรียน

3. วางแผนและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

4. เตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ได้แก่ จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ ศึกษาโปรแกรม GeoGebra เครื่องมือวัดผลและประเมินผล รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน

#### ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย โดยผู้วิจัยจะดำเนินการในวงจรปฏิบัติการละหนึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ และจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผนการจัดการเรียนรู้ หรือ 4 วงจรปฏิบัติการ

#### ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้จะทำการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งมีการบันทึกเทปการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เครื่องบันทึกวิดีโอและถ่ายภาพเพื่อใช้ประกอบการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พร้อมกับการมอบหมายให้นักเรียนทำใบกิจกรรมและชิ้นงาน ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนจะทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเทปบันทึกการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ และนำผลจากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ทำการสะท้อนผล เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้วิจัยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้และวิเคราะห์ผล เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแบบวงจร โดยการทำซ้ำไปจนครบทั้ง 4 แผนการ

จัดการเรียนรู้หรือ 4 วงจรปฏิบัติการ หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ แล้วนักเรียนจะได้ทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยในลำดับต่อไป

### ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 34 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในอำเภอชาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตามคำถามของการวิจัย ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงคำถามวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คำถามวิจัย	เครื่องมือ
1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีแนวทางจัดการเรียนรู้อย่างไร	แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร	ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

### ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามคำถามวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีแนวทางจัดการเรียนรู้อย่างไร โดยมีเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้



1. แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Barak (2016) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มี 4 ขั้นตอน ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คำอธิบายรายวิชาที่สอดคล้องต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม

1.3 ศึกษาหลักการและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สำคัญ ๆ ในการนำมาปรับใช้เป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนใช้เวลา 4 ชั่วโมง รวมเป็น 16 ชั่วโมง ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมและมุมในส่วนโค้งของวงกลม 1

วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมและมุมในส่วนโค้งของวงกลม 2

วงจรปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คอร์ดของวงกลม

วงจรปฏิบัติการที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เส้นสัมผัสวงกลม

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยพิจารณาเพื่อรับข้อเสนอแนะ ดังนี้

1.5.1 ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ยังไม่มีความชัดเจนเกี่ยวกับกิจกรรม Design & Plan ในภารกิจที่ 3 และ 4 จึงควรปรับแก้โดยระบวงวางแผนหรือออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาอะไร รวมถึงระบุความรู้ใหม่หรือสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียน จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบถึงความสอดคล้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ มีประเด็นในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.6.1 การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีการตั้ง จุดประสงค์ของตัวแปรตามไม่ชัดเจน จึงควรทำจุดประสงค์แยกตัวย่อยตัวแปรตามทั้ง 3 ตัว ได้แก่ การสร้างความคิดที่หลากหลาย การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุง ความคิด

1.6.2 กำหนดการจัดการเรียนรู้ไม่สอดคล้องกับเวลา มีรายละเอียดกิจกรรม มาก ทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการตอบคำถาม ควรคำนึงถึงเวลาเรียน คาบละ 51 นาที ที่เป็น บริบทโรงเรียน จึงควรปรับแก้กิจกรรมให้แยกย่อยเพื่อความเหมาะสมกับเวลา

1.6.3 ด้านเนื้อหาสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง แต่ควรมีรูปภาพ เนื้อหาทางทฤษฎีบทวงกลมประกอบ จึงควรปรับแก้สาระการเรียนรู้ให้มีรายละเอียดมากขึ้น โดยใส่ รูปภาพตัวอย่าง

1.6.4 สถานการณ์อนุรักษ์ปลาไทย สนับสนุนให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ แต่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัด และทฤษฎีบทวงกลม ควรปรับเป็นกิจกรรมงานวัด เช่น การตกปลาด้วยเบ็ดกระดาษ แต่ปรับเป็นการทำขึ้นเองจากเส้นด้ายผ่านการออกแบบเอง จึงควร ปรับแก้โดยการทำโครงจากเส้นลวดเป็นรูปร่างกลมที่มีลักษณะคล้ายเบ็ดตกปลา เพื่อให้นักเรียน สามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากทฤษฎีบทวงกลมได้

1.7 ปรับปรุงแก้ไขให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ ปรึกษาวิจัยและผู้เชี่ยวชาญ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยและ สรุปลผลเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

ตาราง 8 แสดงการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	ปัญหาสถานการณ์ ในชีวิตจริง	ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์					
		การสร้างความคิดที่หลากหลาย		การสร้างความคิดสร้างสรรค์		การประเมินและปรับปรุง ความคิด	
		การแสดงผล อย่างสร้างสรรค์ ด้านการเขียน และการสร้าง ภาพ	การสร้างความรู้ ควบคู่กับการ แก้ปัญหา ทางสังคมและ วิทยาศาสตร์	การแสดงผล อย่างสร้างสรรค์ ด้านการเขียน และการสร้าง ภาพ	การสร้างความรู้ ควบคู่กับการ แก้ปัญหา ทางสังคมและ วิทยาศาสตร์	การแสดงผล อย่างสร้างสรรค์ ด้านการเขียน และการสร้าง ภาพ	การสร้างความรู้ ควบคู่กับการ แก้ปัญหา ทางสังคมและ วิทยาศาสตร์
1	อนุรักษ์ปลาทูไทย	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	หน้ากากอนามัย พงษ์ขึ้นเท่าตัว	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	การค้นพบวัตถุโบราณ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	การค้นพบดาวเคราะห์ดวงใหม่	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ OECD (2019) ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงผลอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นลักษณะของแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยครูประจำการและผู้วิจัยจะทำการจดบันทึก บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนว่าแต่ละวงจรเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมของกิจกรรมหรือไม่ ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.2 กำหนดขอบเขตของการสังเกต ได้แก่ การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับนิยามของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนมีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร และมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงอย่างไร

2.3 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.4 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยพิจารณา โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

2.4.1 ควรแบ่งการสะท้อนผลเป็นแต่ละขั้นตอน ในหัวข้อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของชั้นหรือไม่ อย่างไร และส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไร (หลักฐาน) รวมถึงข้อเสนอแนะ/แนวทางการพัฒนาต่อไป

2.4.2 ควรมีการสรุปภาพรวมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย ในแต่ละขั้นตอน ประสบความสำเร็จต่อการพัฒนาทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไร มีจุดเด่นหรือจุดที่ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร

2.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย

2.6 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการไปใช้ในการบันทึกหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 2 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร โดยมีเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. ใบกิจกรรม เป็นลักษณะของแบบบันทึกผลการเรียนรู้ควบคู่กับการสร้างชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล(NOTE) แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม(Hand-On) แบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน(Design & Plan) แบบสะท้อน

ผลการสร้างชิ้นงาน(Reflect) โดยนักเรียนจะทำการเขียนบันทึกทุกครั้งที่มีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละใบกิจกรรม มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวข้องกับการสร้างใบกิจกรรม

1.2 ศึกษากรอบโครงสร้างของการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิด OECD (2019)

1.3 ศึกษาลักษณะและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

1.4 ศึกษาเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม

1.5 สร้างใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ และความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

1.6 นำใบกิจกรรมของนักเรียนให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยพิจารณา เพื่อรับข้อเสนอแนะ

1.7 ทำการแก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ดังนี้

1.7.1 ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง ไม่สัมพันธ์กับวิธีการแก้ โดยเฉพาะปัญหา “หน้ากากอนามัย แพงขึ้นเท่าตัว” และ “การค้นพบวัตถุโบราณ” จึงควรทำการสรุปหรือขมวดปมของปัญหาให้มีความชัดเจน เพื่อให้นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมได้

1.8 นำใบกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาโรงเรียน จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบถึงความสอดคล้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของใบกิจกรรม มีประเด็นในการปรับปรุงใบกิจกรรม ดังนี้

1.8.1 กิจกรรม Hand-On มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด แต่ไม่สอดคล้องกับระยะเวลาในการจัดกิจกรรม จึงควรปรับแก้การใช้เวลาให้มีความเหมาะสม

1.8.2 กิจกรรม Hand-On ส่งเสริมความคิดหลากหลาย ความคิดสร้างสรรค์ แต่ยังไม่มีขั้นของการประเมินและปรับปรุงความคิด จึงควรมีช่วงเวลาหลังจากการปฏิบัติกิจกรรมในการตรวจสอบร่วมกับครู เพื่อปรับปรุงความคิด

1.9 นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปแก้ไข ปรับปรุงใบกิจกรรมให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.10 จัดทำใบกิจกรรมที่มีลักษณะของแบบบันทึกผลการเรียนรู้ควบคู่กับการสร้างชิ้นงานฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นลักษณะของแบบทดสอบอัตนัย ชนิดไม่จำกัดคำตอบ มีลักษณะคล้ายกับแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน(Design & Plan) ซึ่งทำการทดสอบหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจร จำนวน 2 ครั้ง ไม่ติดต่อกัน ใช้เวลาครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยแบบทดสอบจะใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงจากข่าวออนไลน์ที่แตกต่างกัน โดยครั้งที่ 1 เป็นสถานการณ์เกี่ยวกับ On time wall clock TH แปะผนังไม่เหมือนใคร และครั้งที่ 2 เป็นสถานการณ์เกี่ยวกับ Stonehenge สิ่งมหัศจรรย์ของโลกแห่งเกาะอังกฤษ ซึ่งแบบทดสอบจะมีภารกิจ จำนวน 4 ภารกิจ ที่แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วกำหนดแนวทางในการสร้างภารกิจหรือขั้นตอนในการปฏิบัติ

2.3 สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.4 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน (อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์) และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาโรงเรียน จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และให้ข้อเสนอแนะเชิงบรรยาย

2.5 ปรับปรุงแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นต่อไปนี้

2.5.1 สถานการณ์เกี่ยวกับ Stonehenge ไม่สัมพันธ์กับวิธีการแก้ปัญหา จึงควรทำการสรุปหรือขมวดปมของปัญหาให้มีความชัดเจน เพื่อให้นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการทดสอบได้

2.6 จัดทำแบบทดสอบทางความคิดสร้างสรรค์ฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้วิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จากการเขียนตอบและการแสดงวิธีคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล

3. ชิ้นงานของนักเรียน เป็นลักษณะของภาพทฤษฎีบทวงกลมและภาพที่ได้จากการร่างและออกแบบด้วยโปรแกรม GeoGebra รวมถึงแบบจำลองหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากการทำกิจกรรม

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2563 ซึ่งใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 16 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยดำเนินการเก็บข้อมูล ดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ประชุมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ในชั่วโมงปกติของโรงเรียน จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 16 ชั่วโมง
3. ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันปฏิบัติกิจกรรม ที่มีการระดมแนวคิด และลงมือสร้างชิ้นงาน จากกิจกรรมต่าง ๆ ในขณะที่ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นครูผู้รับผิดชอบรายวิชาจะสังเกตและจดบันทึกการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ลงในรูปแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
4. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดมาทำการสะท้อนผล เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป
5. หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้หรือ 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคล จำนวน 2 ครั้ง ไม่ติดต่อกัน โดยใช้เวลาค้างละ 1 ชั่วโมง
6. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาทำการจัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน ตามคำถามวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชิลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชิลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน และแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. การจัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และตีความ
2. นำประเด็นเกี่ยวกับการสะท้อนผลถึงความสำเร็จที่เกิดขึ้น ข้อเสนอแนะ/แนวทางในการพัฒนาในครั้งต่อไปมาทำการใส่รหัสของข้อมูลตามประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชิลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra
3. รวบรวมข้อมูลที่ใส่รหัส นำมาจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล โดยข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มนั้นแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียน และแนวทางการปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชิลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra
4. นำข้อมูลทั้งหมดมาหาข้อสรุปเพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้จากทั้งหมด 4 วงจรปฏิบัติการ เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ที่ได้จากการวิจัย พร้อมทั้งหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด
5. ทำการตรวจสอบข้อมูลงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อหาความน่าเชื่อถือของงานวิจัย โดยทำการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (triangulation) และการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้
  - 5.1 การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ใช้การตรวจสอบแบบ Resource triangulation เป็นการตรวจสอบแหล่งที่มาของข้อมูล ใช้บุคคลที่แตกต่างกัน ตรวจสอบว่า ถ้าผู้ให้ข้อมูลต่างกัน



จะได้ผลเหมือนกันหรือไม่ จากเครื่องมือวิจัยคือ แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และครูประจำการ มาทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็นความสอดคล้องในการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยเปรียบเทียบกับครูประจำการ

5.2 การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) โดยนำข้อมูลและผลการวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและครูประจำการตรวจสอบ

ตอนที่ 2 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การวิเคราะห์พัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยคือ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนการวิเคราะห์ มีดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยตรวจและศึกษาจากร่องรอยของการปฏิบัติ รวมถึงการตอบคำถาม โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล		
	ใบกิจกรรม	ชิ้นงานของนักเรียน	แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
การสร้างความคิดที่หลากหลาย	✓	✓	✓
การสร้างความคิดสร้างสรรค์	✓	✓	✓
การประเมินและปรับปรุงความคิด	✓	✓	✓

2.2 นำข้อมูลมาจัดระเบียบในประเด็นเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ OECD (2019) ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย (Generate diverse ideas, D) 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (Generate creative ideas, C) และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด (Evaluate and improve ideas, E) โดยแต่ละองค์ประกอบ พิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียน

และสร้างภาพ(Written and Visual Expression, E) และ 2) การสร้างความรู้ความเข้าใจกับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์(Social and Scientific Problem Solving, P) โดยการวิเคราะห์การเขียนตอบของนักเรียน

2.3 ทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน จากนั้นนำข้อมูลมาใส่รหัส โดยพิจารณาการใส่รหัสนักเรียนทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งสามารถจำแนกถึงระดับพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงรหัสและระดับคุณภาพตามความสอดคล้องพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับ/เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
การสร้างความคิดที่หลากหลาย (D)	การ แสดงออก อย่าง สร้างสรรค์ ด้านการ เขียนและ สร้างภาพ (E)	DE1	ระดับ 1 : เขียนอธิบายแนวคิด/ตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราว และแสดงภาพวงกลมกับรูปร่างอื่น ๆ ยังไม่หลากหลายและไม่แตกต่างกัน และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน	นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดพร้อมกับแสดงภาพวงกลมร่วมกับรูปเรขาคณิตอื่น เช่น ส่วนของเส้นตรง รังสี หรือมุม ได้เพียงบางรูป โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมเพียงบางทฤษฎีบท
		DE2	ระดับ 2 : เขียนอธิบายแนวคิด/ตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราว และแสดงภาพวงกลมกับรูปร่างอื่น ๆ ได้หลากหลาย ค่อนข้างแตกต่างกัน และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดพร้อมกับแสดงภาพวงกลมร่วมกับรูปเรขาคณิตอื่น เช่น ส่วนของเส้นตรง รังสี หรือมุม ได้หลากหลายรูป ซึ่งมีการเพิ่มเติมลงในภาพกราฟิก โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ครบถ้วนหลากหลายทฤษฎีบทแต่ยังไม่ชัดเจน
		DE3	ระดับ 3 : เขียนอธิบายแนวคิด/ตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราว และแสดงภาพวงกลมกับรูปร่างอื่น ๆ ได้หลากหลาย แตกต่างกัน และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์	นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดพร้อมกับแสดงภาพวงกลมผสมผสานกับรูปเรขาคณิตและภาพกราฟิกอย่างลงตัว โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท

## ตาราง 10 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับ/เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
การสร้างความคิดที่หลากหลาย (D) (ต่อ)	การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (K)	DK1	ระดับ 1 : ใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสมมติฐาน และแก้ปัญหาจากชีวิตจริงที่พิจารณาถึงองค์ประกอบยังไม่หลากหลายและไม่แตกต่างกัน และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบนหลักการ หรือแนวคิดที่สมเหตุสมผลยังไม่ซับซ้อน ซึ่งเป็นวิธีแบบทั่ว ๆ ไป โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมเพียงบางทฤษฎีบท
		DK2	ระดับ 2 : ใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสมมติฐาน และแก้ปัญหาจากชีวิตจริงที่พิจารณาถึงองค์ประกอบได้หลากหลายค่อนข้างแตกต่างกัน และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบนหลักการ หรือแนวคิดที่สมเหตุสมผลซึ่งมีความซับซ้อน และเป็นวิธีที่คนส่วนใหญ่อาจมองข้าม โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ครบถ้วนหลากหลายทฤษฎีบทแต่ยังไม่ชัดเจน
		DK3	ระดับ 3 : ใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสมมติฐาน และแก้ปัญหาจากชีวิตจริงที่พิจารณาถึงองค์ประกอบได้หลากหลายแตกต่างกัน และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบนหลักการ หรือแนวคิดที่สมเหตุสมผลซึ่งมีความซับซ้อน และเป็นวิธีที่ไม่มีใครคาดคิดมาก่อน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท
การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (C)	การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ (E)	CE1	ระดับ 1 : ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะ และสร้างภาพหรือแบบจำลองยังไม่แปลกใหม่และไม่มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน	นักเรียนทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณที่ไม่เกิดคุณค่าและไม่แตกต่างจากของเก่าเดิม ซึ่งมีรายละเอียดไม่ชัดเจน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอรัลของวงกลมเพียงบางทฤษฎีบท

## ตาราง 10 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับ/เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (C) (ต่อ)	การ	CE2	ระดับ 2 : ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะ และสร้างภาพหรือแบบจำลองได้	นักเรียนทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณที่มีลักษณะเฉพาะและเกิดคุณค่า มีรายละเอียดค่อนข้างชัดเจนแตกต่างจากของคนอื่น โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ดของวงกลมได้ครบถ้วน หลากหลายทฤษฎีบทแต่ยังไม่ชัดเจน
	สร้างสรรค์		ค่อนข้างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	
(C) (ต่อ)	ด้านการเขียนและสร้างภาพ	CE3	ระดับ 3 : ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะ และสร้างภาพหรือแบบจำลองได้	นักเรียนทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณที่มีความเป็นเอกลักษณ์และเกิดคุณค่า มีรายละเอียดครบถ้วนชัดเจน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ดของวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท
	(E) (ต่อ)		แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	
การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (C)	การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคม และวิทยาศาสตร์	CK1	ระดับ 1 : ใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม และแก้ปัญหาจากชีวิตจริงโดยคำนึงถึงกลยุทธ์ยังไม่แปลกใหม่และไม่มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมร่วมกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงภายใต้ขั้นตอนหรือกระบวนการที่ไม่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งเป็นยุทธวิธีที่ไม่ต่างจากสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ดของวงกลมเพียงบางทฤษฎีบท
	(K)		ระดับ 2 : ใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม และแก้ปัญหาจากชีวิตจริงโดยคำนึงถึงกลยุทธ์ได้	
		CK2	ค่อนข้างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	

## ตาราง 10 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับ/เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (C) (ต่อ)	การสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (K) (ต่อ)	CK3	ระดับ 3 : ใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม และแก้ปัญหาจากชีวิตจริงโดยคำนึงถึงกลยุทธ์ได้แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมร่วมกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงภายใต้ขั้นตอนหรือกระบวนการที่มีความน่าเชื่อถือเป็นไปได้ และเป็นยุทธวิธีที่เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ดของวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท
การประเมินและปรับปรุงความคิด (E)	การแสดงผลอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ (E)	EE1	ระดับ 1 : ไม่มีการปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงานและปรับปรุงภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อถึงวงกลมให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น	นักเรียนไม่ได้ทำการแก้ไขการเขียนหรือออกแบบรวมไปถึงการปรับปรุงการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ให้เห็นถึงรายละเอียดที่มีการเพิ่มเติมจากสิ่งที่มีอยู่ให้เกิดคุณค่ามากขึ้น
		EE2	ระดับ 2 : ปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงาน และปรับปรุงภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อถึงวงกลมในบางส่วนสำคัญเป็นบางส่วน ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	นักเรียนทำการแก้ไขการเขียนหรือออกแบบ รวมไปถึงการปรับปรุงการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ ในบางส่วนที่สำคัญ ให้เห็นถึงรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบที่มีการเพิ่มเติมจากสิ่งที่มีอยู่ให้เกิดคุณค่ามากขึ้น โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลมได้ ครบถ้วนหลากหลายทฤษฎีบทแต่ยังไม่ชัดเจน
		EE3	ระดับ 3 : ปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงาน และปรับปรุงภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อถึงวงกลมในบางส่วนสำคัญทุกส่วน ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	นักเรียนทำการแก้ไขการเขียนหรือออกแบบ รวมไปถึงการปรับปรุงการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ ในทุกส่วนที่สำคัญ ให้เห็นถึงรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบที่มีการเพิ่มเติมจากสิ่งที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท

## ตาราง 10 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับ/เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
การประเมินและปรับปรุงความคิด (E) (ต่อ)	การสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (K)	EK1	ระดับ 1 : ไม่มีการปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์และปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการผลการทดลอง ตรวจสอบหรือการประเมินให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น	นักเรียนไม่ได้ทำการแก้ไขวิธีการหรือกลยุทธ์รวมไปถึงยุทธวิธีในการแก้ปัญหาของการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ที่ได้จากการสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน หรือข้อเสนอแนะให้เกิดผลสำเร็จมากขึ้น
		EK2	ระดับ 2 : ปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์ และปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการผลการทดลอง ตรวจสอบหรือการประเมินใน ส่วนสำคัญ เป็นบางส่วน ให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	นักเรียนทำการแก้ไขวิธีการหรือกลยุทธ์ รวมไปถึงยุทธวิธีในการแก้ปัญหาของการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ที่ได้จากการสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน หรือข้อเสนอแนะในบางส่วนที่สำคัญ ให้เกิดผลสำเร็จ และมีความคุ้มค่ามากขึ้น โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลมได้ครบถ้วนหลากหลายทฤษฎีบทแต่ยังไม่ชัดเจน
		EK3	ระดับ 3 : ปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์ และปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการผลการทดลอง ตรวจสอบหรือการประเมินในส่วนสำคัญทุกส่วน ให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	นักเรียนทำการแก้ไขวิธีการหรือกลยุทธ์ รวมไปถึงยุทธวิธีในการแก้ปัญหาของการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ที่ได้จากการสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน หรือข้อเสนอแนะในทุกส่วนที่สำคัญ ให้เกิดผลสำเร็จ และมีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท

2.4 หาข้อสรุปของการพัฒนาพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยทำการเปรียบเทียบกับแนวทางในการประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยหาข้อมูล

เกี่ยวกับการประเมินในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลาย การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด

2.5 ทำการตรวจสอบข้อมูลงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อหาความน่าเชื่อถือของงานวิจัย โดยทำการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) และการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ใช้การตรวจสอบแบบ Method triangulation เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ โดยใช้เครื่องมือวิจัยที่แตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกันหรือไม่ จากเครื่องมือวิจัยคือ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

2.5.2 การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) โดยนำข้อมูลและผลการวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและครูประจำการตรวจสอบ โดยผู้วิจัยได้สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงสรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	วิธีวิเคราะห์ข้อมูล
1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้หรือไม่	- แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra	- ผู้วิจัย - ครู - ประจําการ	- การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) - ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีแบบสามเส้า แบบ (Resource triangulation) เป็นการตรวจสอบแหล่งที่มาของข้อมูล ใช้บุคคลที่แตกต่างกัน
2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร	- ใบกิจกรรม - ชิ้นงานของนักเรียน - แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	- นักเรียน	- การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) - ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า แบบ (Method Triangulation) เป็นการให้เครื่องมือมากกว่า 1 เครื่องมือ

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคำถามวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรีแนวทางจัดการเรียนรู้อย่างไร

2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร

ผู้วิจัยจึงขอเสนอผลการวิจัยเพื่อตอบคำถามวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรีแนวทางจัดการเรียนรู้อย่างไร

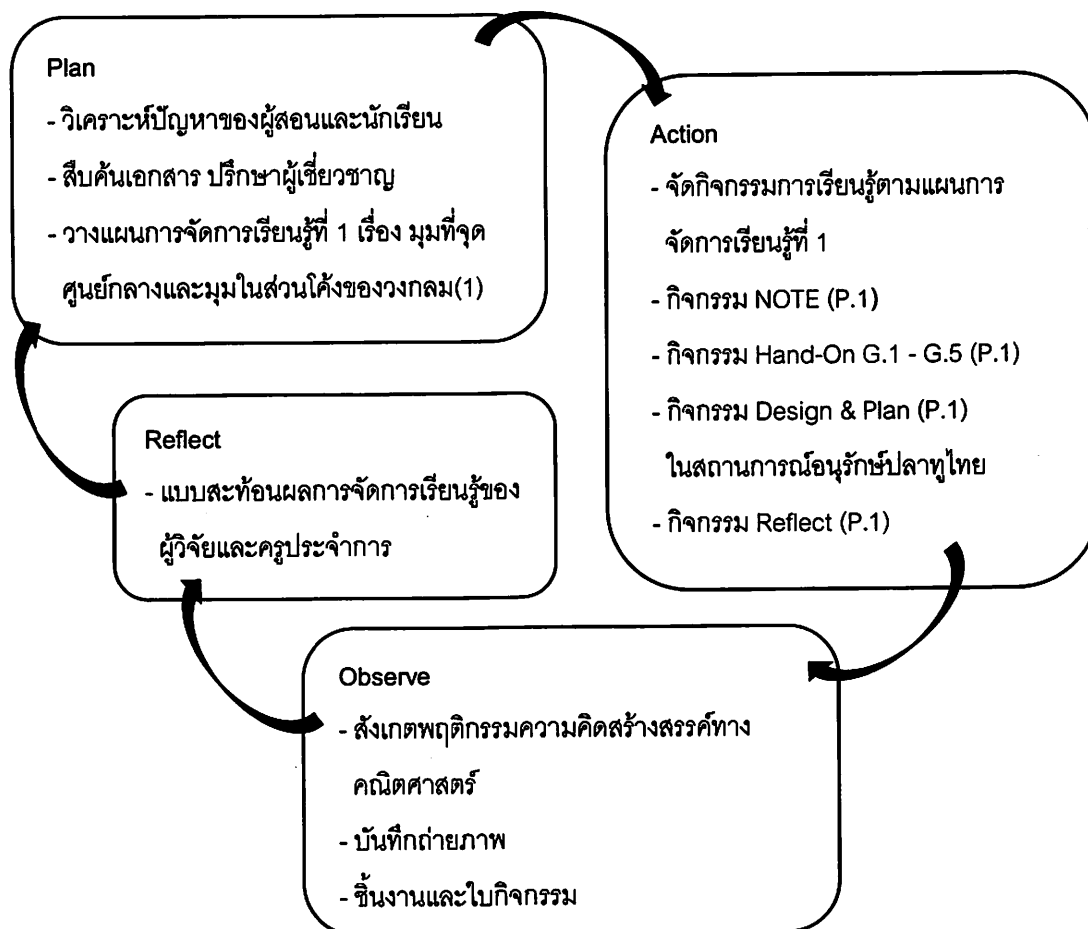
ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยทำการวิจัยเชิงคุณภาพแบบ Action Research ที่มีการทำวิจัยเป็นวงจรแบบเกลียวหรือวงจร PAOR จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ แต่ละวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยในส่วนท้ายของแต่ละวงจรปฏิบัติการจะทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อหาแนวทางการพัฒนาหรือปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปจนสิ้นสุดทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



## วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(1)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 16



ภาพ 16 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(1)

### 1. การวางแผน (Plan)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตามแนวทางของ Barak (2016) โดยมีชั้นการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ชั้นดังนี้

1.1 ชั้นสืบค้นความรู้ใหม่ นักเรียนได้ทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิมเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของวงกลม จาก Internet เพื่อศึกษาและรับความรู้จากการสืบค้นที่ถูกต้อง

1.2 ชั้นเพิ่มข้อตกลง นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน หรือการเรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น เพื่อให้มีการปรับความคิดของตนเอง ในการสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับวงกลมโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

1.3 ชั้นร่วมมือสร้างความรู้ นักเรียนสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาสถานการณ์ ในชีวิตจริงร่วมกับผู้อื่น ผ่านการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

1.4 ชั้นสะท้อนผล นักเรียนทำการประเมินผลงาน วิเคราะห์และให้คำแนะนำนักเรียน กลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางาน

ผู้วิจัยวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม (1) จำนวน 4 ชั่วโมง ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามที่กำหนด เพื่อสร้างบรรยากาศการทำงานร่วมกัน ภายในกลุ่ม เริ่มจากให้นักเรียนได้ทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิมเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของวงกลมเป็นรายบุคคล จากนั้นใช้คำถามที่ท้าทายและให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถามพร้อม อธิบายเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ครูวางแผนให้นักเรียนร่วมกันศึกษา สืบค้น และตรวจสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ และมีการปรับความคิดของตนเองจากการสืบค้นหรือวิธีการ ตรวจสอบแล้วทำการสรุปความรู้ความเข้าใจ จากนั้นครูกำหนดปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง เรื่อง อนุรักษ์ปลาไทย โดยให้นักเรียนสร้างความรู้ร่วมมือกันแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มีการระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม เป็นลักษณะของการสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทาง สังคมและวิทยาศาสตร์ซึ่งแฝงไปด้วยลักษณะของการแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและ เห็นภาพ โดยครูจัดเตรียมสถานการณ์จำลอง และให้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานและร่วมกัน วิเคราะห์ให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเอง เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนา งาน แล้วจึงให้นักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มอื่น พร้อมระบุปัญหาที่พบ และ แนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมในครั้งต่อไป

## 2. การลงมือปฏิบัติ (Action) และการสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอน สตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มุมที่จุด ศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(1) โดยระหว่างการลงมือปฏิบัติผู้วิจัยมีการสังเกตและเก็บ ข้อมูลพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนควบคู่ไปพร้อมกัน การลงมือ

ปฏิบัติและการสังเกตในการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(1) มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้



2.1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

ในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ มีการใช้เวลาที่มีอยู่อย่างจำกัดในการทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม นักเรียนมีความเข้าใจและปฏิบัติภารกิจตามคำชี้แจงได้ถูกต้อง เริ่มด้วยผู้วิจัยเกริ่นนำเข้าสู่บทเรียนในเรื่อง วงกลม และอธิบายเนื้อหาที่จะเรียนในภาคเรียนนี้ จากนั้นผู้วิจัยทำการถามคำถามนักเรียนถึงนิยามและองค์ประกอบพื้นฐานของวงกลม เพื่อดึงความรู้เดิมที่มีของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน ตัวอย่างเช่น

“...องค์ประกอบของวงกลม ได้แก่ จุดศูนย์กลาง รัศมี เส้นรอบวง...”

(นักเรียน No.8, บทสนทนาการถามตอบ , 9 กุมภาพันธ์ 2564)

จากนั้นครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียน กลุ่มละ 3-4 คน และแจกแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล NOTE ให้นักเรียนทุกคนตอบคำถามตามความเข้าใจลงในตารางในช่องก่อนเรียนให้ครบทุกข้อก่อน โดยไม่ปรึกษากัน ซึ่งลักษณะของคำถามเป็นการถามความรู้เดิมของนักเรียน กำหนดเวลา 10 นาที จากนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล แล้วตอบคำถามลงในตารางในช่องจากการสืบค้น และให้เวลา 10 นาที เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมผู้วิจัยได้อธิบายเชื่อมโยงเนื้อหาจากข้อคำถามบางข้อกับทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม จากการสังเกตพบว่า นักเรียนมีความรู้เดิมซึ่งเป็นความรู้ก่อนเรียนค่อนข้างดี ซึ่งดูได้จากความพยายามในการเขียนอธิบายและการวาดภาพในแต่ละข้อคำถามได้ถูกต้อง และนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อหาความหมายของแต่ละข้อคำถามได้อย่างถูกต้อง มีความหลากหลายเพื่อเป็นการทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิม แต่ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่สืบค้นจากแหล่งเดียวกัน ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความเป็นเอกนัยซึ่งมีเพียงด้านเดียว ดังภาพ 17

4. รัศมีของวงกลม	วงกลมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมทุกเส้นมีขนาดเท่ากัน		คือเส้นวงกลมเส้นตรงใดๆ ที่เชื่อมปลายทั้งสองจุดศูนย์กลางกับเส้นรอบวงหรือเส้นถึงเส้นรอบวงกลม
5. มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม	วงกลมที่มีรัศมีเท่ากัน มีขนาดเท่ากันหรือต่างกันก็ได้		ขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่เท่ากันมีขนาดเท่ากัน หรือต่างกันก็ได้

ภาพ 17 ตัวอย่างแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล NOTE (P.1) ของนักเรียน

จากนั้นครูใช้คำถามที่ท้าทาย จำนวน 5 คำถาม ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาและตอบคำถามพร้อมอธิบายเพิ่มเติม เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนให้เกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

## 2.2 ชั้นเพิ่มข้อตกลง

ในการจัดการเรียนรู้ชั้นนี้มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานจนเกินไป ด้วยกิจกรรมที่มีรายละเอียดค่อนข้างมาก และมีปัญหาการใช้งานโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนที่มีหลายประเด็น โดยครูแจกแบบบันทึกผลปฏิบัติกิจกรรม Hand-On G1 – G2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปฏิบัติภารกิจตามขั้นตอนควบคู่กับการใช้โปรแกรม GeoGebra พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการสร้างภาพวงกลมตามขั้นตอนการสร้างนานจนเกินไป เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถใช้โปรแกรม GeoGebra ได้คล่องตัว เพราะยังไม่รู้จักเครื่องมือบางส่วนซึ่งต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และการปฏิบัติจนเกิดความเข้าใจ อีกทั้งโปรแกรม GeoGebra ยังเกิดปัญหาการหลุดออกกระหว่างการทำงานเมื่อทำงานไปสักระยะ และพบว่านักเรียนยังแบ่งหน้าที่ในการทำงานยังไม่ชัดเจน แต่นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและสรุปความรู้ความเข้าใจจากคำถามในแบบบันทึกได้ถูกต้องครบถ้วน ในคาบต่อมาครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม Hand-On G3 – G5 แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องเวลาไม่พอในคาบเรียนที่ผ่านมา ผู้วิจัยคอยให้คำแนะนำตามขั้นตอนการสร้างภาพวงกลมและอัดคลิปวีดิโอสาริตขั้นตอนการสร้างและโพสต์ลงในกลุ่ม Facebook เพื่อให้ให้นักเรียนได้ทบทวนและศึกษานอกห้องเรียนจนเกิดความคล่องตัว และสำหรับตัวโปรแกรมที่เกิดปัญหาการหลุดนั้น ผู้วิจัยให้ผู้เรียนสมัคร Account บน GeoGebra และให้ทำการบันทึกการทำงานอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจากการสังเกตระหว่างการทำงานของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางกลุ่มมีการทำงานกลุ่มที่เป็นระบบมากขึ้น นักเรียนเริ่มแบ่งหน้าที่และช่วยกันทำงาน แต่ยังมีบางกลุ่มยังแยกกันทำงานอยู่ และจากการสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมตามขั้นตอนการสร้างของนักเรียน พบว่า นักเรียนสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมได้อย่างหลากหลาย สามารถเขียนวิธีการตรวจสอบและสรุปความรู้ความเข้าใจได้ถูกต้อง โดยในขั้นนี้ผู้วิจัยได้แนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่การทำงาน และกระตุ้นให้มีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น เรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น ผ่านชิ้นงานแบบภาพทฤษฎีบทวงกลมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งไปทางกลุ่มไลน์ พร้อมทั้งให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบ ประเมินและปรับปรุงภาพทฤษฎีบทวงกลม พบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มมีการปรับปรุงชิ้นงานให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

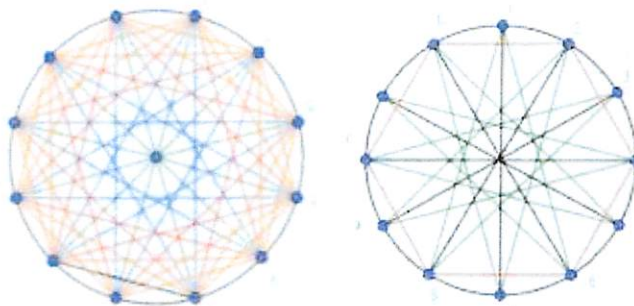
## 2.3 ชั้นร่วมมือสร้างความรู้

ในการจัดการเรียนรู้ชั้นนี้มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมากเป็นพิเศษ เนื่องจากกิจกรรมมีรายละเอียดและมีความซับซ้อนสูง ซึ่งนักเรียนจะต้องปฏิบัติไปที่ละภารกิจย่อยไปจนครบถ้วน โดยเริ่มจากครูแจกปัญหาสถานการณ์ อนุรักษ์ปลาทุไทย จากข่าวหนังสือพิมพ์

ออนไลน์ ให้นักเรียนร่วมกันศึกษา ทำความเข้าใจปัญหา และปฏิบัติภารกิจ Design & Plan จากนั้นครูเปิดคลิปวิดีโอการทำศิลปะบนเส้นด้ายและสาธิตการทำศิลปะบนเส้นด้ายอย่างง่าย จากอุปกรณ์ที่เตรียมมาให้ให้นักเรียนดู เพื่อนำเกร็ดความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างอวนดักปลาแบบใหม่ เพื่อแก้ปัญหาเครื่องมือของชาวประมง พบว่า ในภารกิจ 1 นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมทุกประเด็น และภารกิจ 2 นักเรียนสามารถระบุวิธีการสร้างอวนดักปลารุ่นใหม่ได้เหมาะสมตามหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้คือ ภารกิจ 3 พบว่า เวลาในการปฏิบัติมีน้อยเกินไป นักเรียนทำงานเสร็จไม่ทันเวลาที่กำหนด ส่งผลถึง การทำภารกิจ 4 ซึ่งจะต้องระบุความรู้/ประสบการณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนั้น ๆ ด้วย เพราะนักเรียนจะต้องช่วยกันร่างและออกแบบอวนดักปลาแบบใหม่ให้มีลักษณะพิเศษ เพื่อให้มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใครหรือมีชิ้นงานตามแบบที่นักเรียนต้องการและมีความเป็นไปได้ จนถึง การวางแผนการดำเนินการให้มีความสอดคล้องกับวิธีการสร้างและการออกแบบอย่างเป็นขั้นเป็น ตอน จึงแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนทำงานเป็นการบ้านแทนและคอยให้คำแนะนำนักเรียนผ่านช่องทางออนไลน์



ภาพ 18 นักเรียนปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในกิจกรรม Design & Plan (P.1)



ภาพ 19 ตัวอย่างการออกแบบการสร้างอวนดักปลาแบบใหม่ ในแบบบันทึกการสร้าง  
ชิ้นงาน Design & Plan (P.1) จากกลุ่มไลน์ของห้องเรียน

#### 2.4 ชั้นสะท้อนผล

ในการจัดการเรียนรู้ชั้นนี้มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม นักเรียนมีความเข้าใจและปฏิบัติภารกิจในกิจกรรมตามคำชี้แจงได้ถูกต้อง เริ่มด้วยครูแจกแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน (Reflect) โดยมีภารกิจย่อยให้นักเรียนทำ จากนั้นให้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานและร่วมกันวิจารณ์ พร้อมให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเอง พบว่า ในภารกิจ 1 นักเรียนทำการสะท้อนผลนักเรียนกลุ่มอื่นตามประเด็นได้อย่างครบถ้วน แต่มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ขยายความถึงการสะท้อนแต่ละประเด็นให้มีความชัดเจน และนักเรียนบางกลุ่มทำการสะท้อนผลบางประเด็นไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน และภารกิจ 2 นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินชิ้นงานและให้คะแนนตามข้อตกลงของเขตพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม และนักเรียนสามารถเขียนในประเด็นของปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมได้อย่างชัดเจนเข้าใจง่าย

ชื่อกลุ่ม	ชิ้นงาน			รวมคะแนน (15)
	แตกคำหลากหลาย (5)	แปลกใหม่ (5) มีคุณค่า และมีประโยชน์	มีการประเมินและปรับปรุง (5)	
กลุ่มที่ 1	5	5	5	15
41A55AN	5	5	5	15
2MK.ค.ค.	5	5	5	15
4 Par 60 11/2	5	5	5	15

ภาพ 20 ตัวอย่างการประเมินชิ้นงานและให้คะแนนตามข้อตกลง ในแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.1) ของนักเรียนในเขตพื้นที่ที่ 2

### 3. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การสะท้อนผลการปฏิบัติของผู้วิจัย ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการวิจัยโดยแบ่งเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการโดยสรุปปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นสืบค้น ความรู้ใหม่	1. มีการใช้เวลาที่มีอยู่อย่าง จำกัดในการทำกิจกรรมได้ อย่างเหมาะสม 2. นักเรียนมีความเข้าใจ และปฏิบัติตามภารกิจตามคำ ชี้แจงได้ถูกต้อง 3. นักเรียนมีความพยายาม ในการเขียนอธิบายและการ วาดภาพในแต่ละข้อ คำถามของกิจกรรมได้ ถูกต้อง	มีนักเรียนบางกลุ่มที่สืบค้น จากแหล่งเดียวกัน	สร้างเงื่อนไขไม่ให้สืบค้น ข้อมูลจากแหล่งเดียวกัน ควร มีการตรวจสอบหรือบันทึก แหล่งข้อมูลไว้
ขั้นเพิ่ม ข้อตกลง	1. นักเรียนสามารถสืบค้น ข้อมูลและสรุปความรู้ความ เข้าใจจากคำถามในแบบ บันทึกได้ถูกต้องครบถ้วน 2. นักเรียนบางกลุ่มมีการ ทำงานกลุ่มที่เป็นระบบ มากขึ้น นักเรียนเริ่มแบ่ง หน้าที่และช่วยกันทำงาน (ในช่วงที่ 3)	1. นักเรียนใช้เวลาในการ สร้างภาพวงกลมตามขั้นตอน การสร้างนานจนเกินไป เนื่องจากนักเรียนยังไม่ สามารถใช้โปรแกรม GeoGebra ได้ คล่องตัว เพราะยังไม่รู้จักเครื่องมือ บางส่วน 2. โปรแกรม GeoGebra ยัง เกิดปัญหาการหลุดออก ระหว่างการทำงานเมื่อ ทำงานไปสักระยะ	1. ผู้วิจัยคอยให้คำแนะนำ และทำการอัดคลิปวิดีโอ สาธิตขั้นตอนการสร้างและ โพสต์ลงในกลุ่ม Facebook เพื่อให้ นักเรียน ได้ ทบทวน และศึกษานอกห้องเรียนจน เกิดความคล่องตัวในการใช้ โปรแกรม 2. ผู้วิจัยให้ผู้เรียนสมัคร Account บน GeoGebra และทำการบันทึกการทำงาน อย่างสม่ำเสมอ



ตาราง 12 (ต่อ)

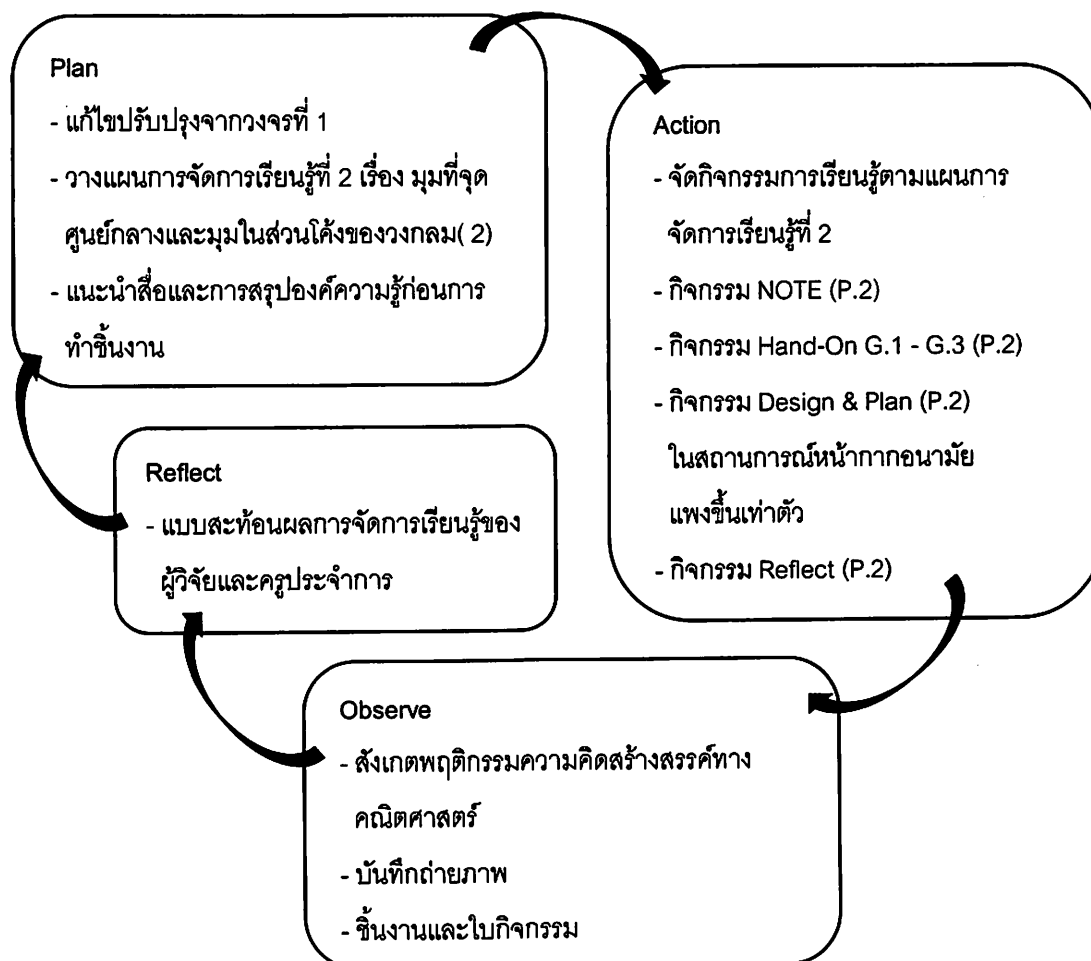
ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นเพิ่ม ข้อตกลง (ต่อ)	3. มีนักเรียนบางกลุ่มปรับปรุงชิ้นงานให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ในชั่วโมงที่ 3)	3. นักเรียนยังแบ่งหน้าที่ในการทำงานยังไม่ชัดเจน(ในชั่วโมงที่ 2)	3. ผู้วิจัยได้แนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่การทำงาน และกระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ร่วมกัน
ขั้นร่วมมือ สร้างความรู้	1. ภารกิจ 1 นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมทุกประเด็น 2. ภารกิจ 2 นักเรียนสามารถระบุวิธีการสร้างอวนดักปลารุ่นใหม่ได้เหมาะสมตามหลักการแก้ปัญหา	ภารกิจ 3 มีเวลาในการปฏิบัติมีน้อยเกินไป นักเรียนทำงานเสร็จไม่ทันเวลาที่กำหนด ส่งผลถึงภารกิจ 4 ซึ่งจะต้องระบุความรู้/ประสบการณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนั้น ๆ ด้วย	ให้นักเรียนทำงานเป็นการบ้านแทนและคอยให้คำแนะนำนักเรียนผ่านทางออนไลน์
ขั้นสะท้อนผล	1. นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม 2. นักเรียนมีความเข้าใจและปฏิบัติภารกิจในกิจกรรมตามคำชี้แจงได้ถูกต้อง	1. มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ขยายความถึงการสะท้อนแต่ละประเด็นให้ชัดเจน 2. นักเรียนบางกลุ่มทำการสะท้อนผลบางประเด็นไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน	ครู และนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการสะท้อนแต่ละประเด็น โดยยกตัวอย่าง หรือ สุ่มการสะท้อนจากเพื่อนหลาย ๆ กลุ่มที่มีลักษณะการสะท้อนที่ตรงประเด็น



## วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 21



ภาพ 21 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2)

### 1. การวางแผน (Plan)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยทำการสร้างและออกแบบการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2) ซึ่งผู้วิจัยวางแผนโดยทำการแก้ไขและพัฒนาจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 ผู้วิจัยวางแผนให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิม จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปมโนทัศน์ที่ถูกต้อง และให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ ตรวจสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้ง

ของวงกลมที่ได้จากการสังเคราะห์จนเกิดเป็นองค์ความรู้ จากนั้นครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D เพื่อเป็นอุปกรณ์ในการแก้ปัญหาการแพร่ระบาดของ Covid-19 และฝุ่น PM 2.5 ให้นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่ม และทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และให้นักเรียนทำการร่างและออกแบบชิ้นงานในภารกิจที่ 3 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากนั้นให้นักเรียนได้นำเสนอเกี่ยวกับเนื้อหา องค์ประกอบต่าง ๆ ในการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่นสามารถนำไปเป็นแนวคิดปรับปรุงแก้ไข และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกหน้ากากอนามัย Covideas 3D ที่นักเรียนสนใจมากที่สุด พร้อมบอกเหตุผลและรายละเอียดของชิ้นงาน

## 2. การลงมือปฏิบัติ (Action) และการสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2) จำนวน 4 คาบเรียน ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขจากปัญหาของวงจรถี 1 มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

### 2.1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

ผู้วิจัยถามคำถามนักเรียนถึงนิยามและองค์ประกอบพื้นฐานของวงกลม เพื่อดึงความรู้เดิมที่มีของนักเรียนก่อนการเรียนทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม พบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ตัวอย่างเช่น

“...มุม หมายถึง เส้นตรง 2 เส้นตัดกัน...”

(นักเรียน No.31, บทสนทนาการถามตอบ , 23 กุมภาพันธ์ 2564)

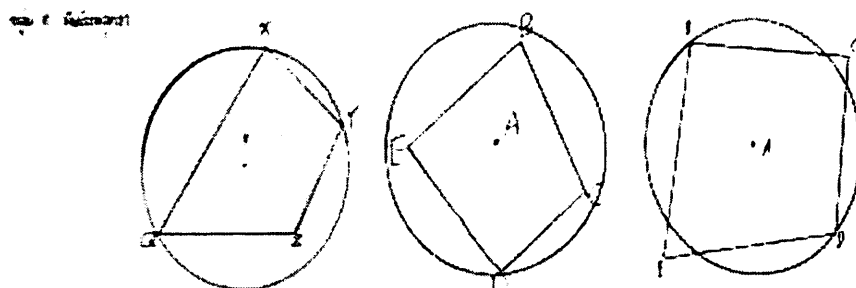
ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล NOTE และสรุปความรู้พื้นฐานร่วมกัน จากนั้นครูทำการอธิบายและถามคำถามเพิ่มเติมกับนักเรียนว่า “ในวงกลมหนึ่งหนึ่ง เราสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ บนวงกลมนั้นได้หรือไม่ (พร้อมวาด/แสดงรูปประกอบ)” จากนั้นให้นักเรียนยกมือ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยกมือเลือกว่าสามารถสร้างได้ (แบบที่ 2) แต่นักเรียนอธิบายแสดงแนวคิด หรือภาพประกอบเหตุผลไม่ถูกต้อง ดังบทสนทนาต่อไปนี้

“...จากคำตอบที่นักเรียนตอบมาข้างต้น นักเรียนคิดว่าในวงกลมหนึ่งหนึ่ง เราสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ บนวงกลมนั้นได้อย่างไร...”

(ผู้วิจัย, บทสนทนายาระหว่างการสะท้อนผล , 23 กุมภาพันธ์ 2564)

"...สามารถสร้างได้ (แบบที่ 2) โดยกำหนดลากเส้นในวงกลมทั้ง 4 เส้นครับ..."

(นักเรียน, No.15 บทสนทนาระหว่างการสะท้อนผล , 23 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ 22 ตัวอย่างการแสดงภาพประกอบเหตุผลในการตอบคำถามของนักเรียน 3 คน ซึ่งมีแนวคิดสอดคล้องกับนักเรียน No.15

## 2.2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง

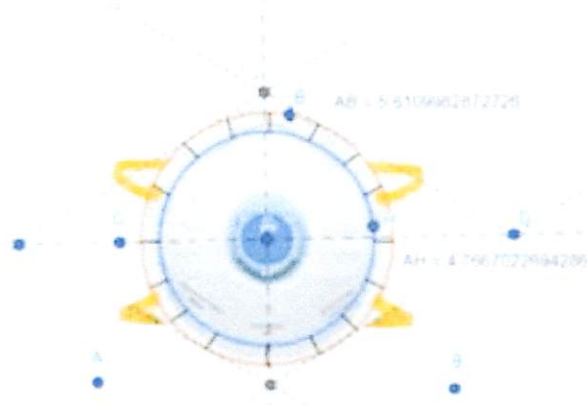
ในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้มีการใช้เวลาในการทำกิจกรรมได้ค่อนข้างดี เนื่องจากครูได้ให้นักเรียนไปศึกษา ทำความเข้าใจ โดยแจกแบบบันทึกผลปฏิบัติกิจกรรม Hand-On : G1 – G3 พร้อมทำการอัดคลิปวิดีโอสาธิตขั้นตอนการสร้างและโพสต์ลงในกลุ่ม Facebook ไว้ล่วงหน้า จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ ตรวจสอบบันทึกเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมที่ได้จากการสังเคราะห์จนเกิดเป็นองค์ความรู้ พบว่า ในกิจกรรม Hand-On : G1 – G3 นักเรียนใช้เวลาในการสร้างภาพวงกลมตามขั้นตอนการสร้างได้ดียิ่งขึ้น และนักเรียนสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมได้อย่างหลากหลาย พร้อมระบุวิธีการตรวจสอบ และสามารถสรุปความรู้ความเข้าใจจากคำถามในแบบบันทึกได้ถูกต้องครบถ้วน ซึ่งจากการสังเกตระหว่างการทำงาน củaนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่การทำงานมากขึ้น มีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น ผลปรากฏว่านักเรียนได้แยกเขียนและปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายแต่ขาดการตรวจสอบ ประเมินและปรับปรุงผลงาน

## 2.3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้

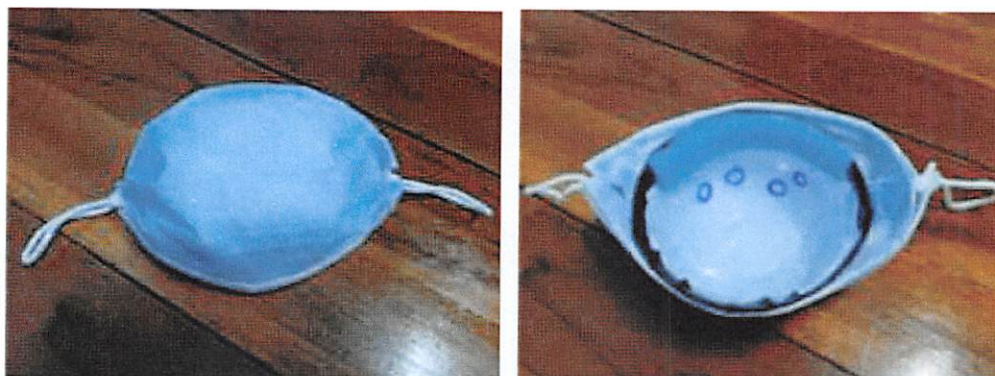
ในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างชิ้นงาน แต่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมที่มีอยู่อย่างจำกัดได้ค่อนข้างดี โดยเริ่มจากครู แจกปัญหาสถานการณ์หน้าากอนามัย แพงขึ้นเท่าตัว จากข่าวหนังสือพิมพ์ออนไลน์ ให้นักเรียนร่วมกันศึกษา และทำความเข้าใจ และเปิดคลิปวิดีโอ "ช่วยโอกาสขึ้น 3 เท่าตัวราคาหน้าากอนามัย" และกล่าวถึง "ปัญหาฝุ่น PM 2.5" โดยให้นักเรียนร่วมอภิปรายก่อนปฏิบัติภารกิจ Design & Plan จากนั้นครูเปิด

คลิปีดิโอสาริตการทำหน้าที่ากอนามัยแบบมีจีบข้างให้นักเรียนดู เพื่อนำเกร็ดความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D พบว่า ในภารกิจ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างถูกต้องเพียงประเด็นเดียว และไม่เชื่อมโยงถึงผลกระทบในด้านอื่น ๆ ภารกิจ 2 นักเรียนสามารถระบุวิธีการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ได้ แต่ไม่สอดคล้องกับหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ภารกิจ 3 นักเรียนทำการร่างและออกแบบการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ไม่สอดคล้องกับความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม และมีการใช้วัสดุอุปกรณ์ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ส่วนภารกิจ 4 นักเรียนระบุประสบการณ์ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนั้น ๆ ได้ค่อนข้างเหมาะสม แต่ระบุความรู้ไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน ซึ่งจากการสังเกตการณ์ทำงานกลุ่มของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่กันชัดเจนยิ่งขึ้น แต่การอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ เพื่อปรับปรุงแก้ไขงานยังไม่ตรงประเด็นในเรื่องของ วงกลม

ภารกิจ 3	
ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบายส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินการ (เขียนเป็นข้อ ๆ)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้ผ้าครอบแก้อันพลาสติกพันติดไว้</li> <li>2. ทำหน้ากระดาษแข็งแปะตรงกลางจะคล้ายกับกระดาษที่ซื้อมา</li> <li>3. สลับหน้ากากอนามัย และใช้โปรแกรม Geogebra</li> </ol>



ภาพ 23 ตัวอย่างการออกแบบการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ในบันทึกการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.2) ของนักเรียนกลุ่ม 11



ภาพ 24 ตัวอย่างการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ในกิจกรรม Design & Plan (P.2) ของนักเรียนกลุ่ม 11

#### 2.4 ชั้นสะท้อนผล

ครูให้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานและร่วมกันวิจารณ์ พร้อมให้คำแนะนำ นักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเอง จากการสังเกตพบว่า นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็น สะท้อนตามประเด็นยังไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน อีกทั้งการให้คะแนนการประเมินชิ้นงานของนักเรียน ยังไม่เหมาะสมกับชิ้นงานเช่นกัน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของชิ้นงาน และประกาศผลคะแนนจากการประเมินชิ้นงาน และร่วมกันสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีบทของวงกลม เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม (2)

#### 3. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การสะท้อนผลการปฏิบัติของผู้วิจัย ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการวิจัยโดยแบ่งเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการโดยสรุปปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นสืบค้น ความรู้ใหม่	1. นักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ 2. นักเรียนส่วนใหญ่ยกมือเลือกว่าสามารถสร้างได้ (แบบที่ 2)	นักเรียนอธิบายแสดงแนวคิดหรือภาพประกอบเหตุผลไม่ถูกต้อง	ครู และ นักเรียน ร่วมกันอภิปรายถึงแนวคิดหรือเหตุผล โดยการยกตัวอย่างและใช้คำถามกระตุ้นคิด
ขั้นเพิ่ม ข้อตกลง	1. ในกิจกรรม Hand-On : G1 – G3 นักเรียนใช้เวลาในการสร้างภาพตามขั้นตอนได้ดียิ่งขึ้น 2. นักเรียนสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมได้อย่างหลากหลาย พร้อมระบุวิธีการตรวจสอบ และสามารถสรุปความรู้ความเข้าใจจากคำถามในแบบบันทึกได้ถูกต้องครบถ้วน 3. นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่การทำงานมากขึ้น มีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น	นักเรียนได้แยกเขียนและปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย และขาดการตรวจสอบชิ้นงาน	ครู และ นักเรียน ร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น การประเมินและปรับปรุงผลงานให้มีความถูกต้องสมบูรณ์
ขั้นร่วมมือ สร้างความรู้	1. ใช้เวลาในการทำกิจกรรมที่มีอยู่อย่างจำกัดได้ค่อนข้างดี 2. นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่กันชัดเจนยิ่งขึ้น	1. ภารกิจ 1 นักเรียนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างถูกต้องเพียงประเด็นเดียว และไม่เชื่อมโยงถึงผลกระทบในด้านอื่น ๆ	1. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับประเด็นอื่น ๆ เช่น ประสิทธิภาพหรือความคุ้มค่าของหน้ากากอนามัยแต่ละชนิดเป็นอย่างไร เป็นต้น

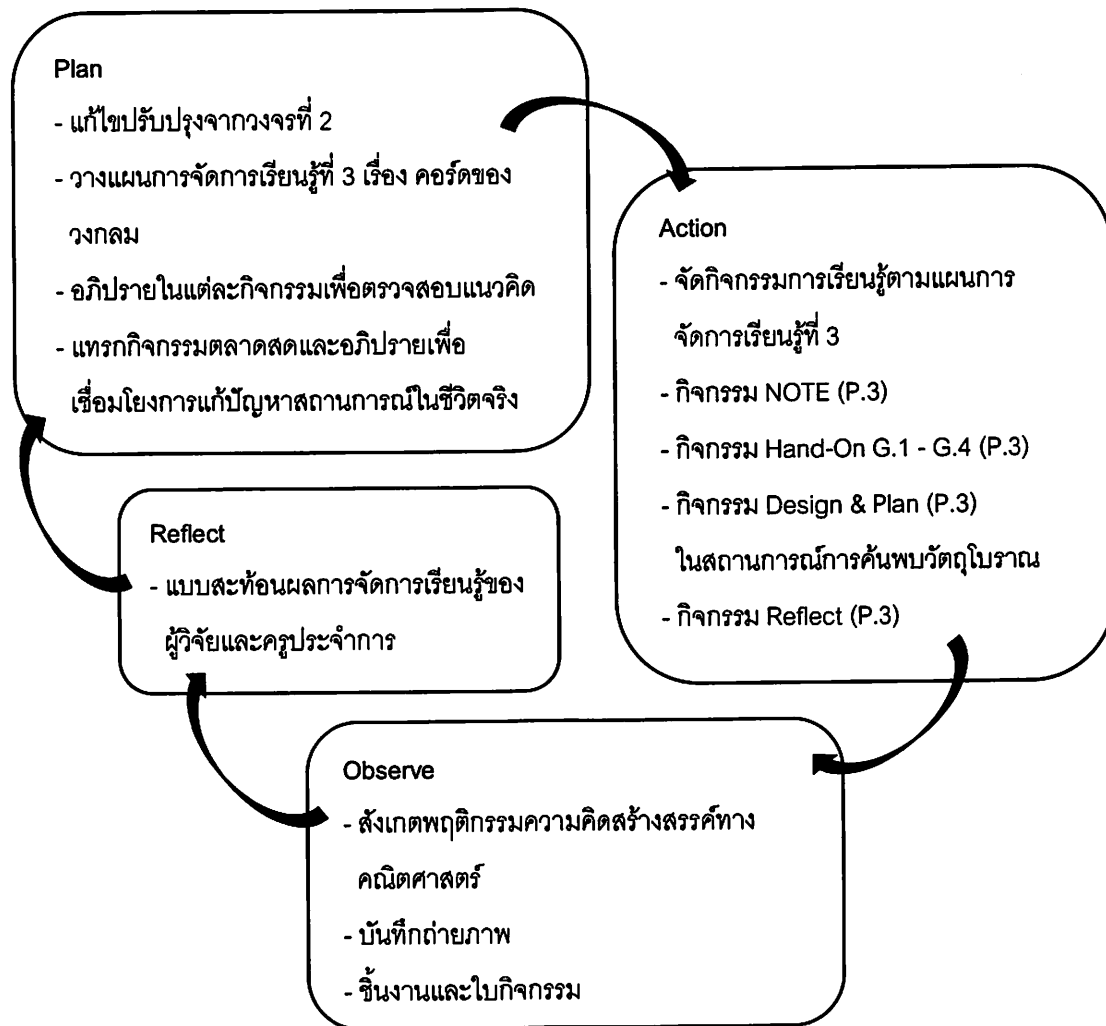
## ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
<p>ขั้นร่วมมือ สร้างความรู้ (ต่อ)</p>		<p>2. ภารกิจ 2 นักเรียนสามารถระบุวิธีการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ได้ แต่ไม่สอดคล้องกับหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา</p> <p>3. ภารกิจ 3 นักเรียนทำการร่างและออกแบบการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ไม่สอดคล้องกับความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม</p> <p>4. มีการใช้วัสดุอุปกรณ์ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง</p> <p>5. นักเรียนระบุประสบการณ์ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนั้น ๆ ได้ค่อนข้างเหมาะสม แต่ระบุความรู้ไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน</p> <p>6. นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้เพื่อปรับปรุงแก้ไขงานยังไม่ตรงประเด็นเรื่องวงกลม</p>	<p>2. แทรกกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ดึงเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมนอกจากประสบการณ์อื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา ร่าง และออกแบบสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D</p> <p>3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นเกี่ยวกับวงกลมให้มากยิ่งขึ้น</p>
ขั้นสะท้อนผล		<p>1. นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็น สะท้อนตามประเด็นยังไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน</p> <p>2. นักเรียนให้คะแนนการประเมินยังไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน</p>	<p>ครู และนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการสะท้อนแต่ละประเด็น ให้มีความเชื่อมโยงกับชิ้นงาน รวมถึงให้คะแนนตามความเหมาะสมยิ่งขึ้น</p>

### วงจรปฏิบัติการที่ 3

#### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คอร์ดของวงกลม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 25



ภาพ 25 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง คอร์ดของวงกลม

#### 1. การวางแผน (Plan)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยทำการสร้างและออกแบบการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง คอร์ดของวงกลม ซึ่งผู้วิจัยวางแผนโดยทำการแก้ไขและพัฒนาจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยวางแผนให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิมเกี่ยวกับคอร์ดของวงกลม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้เพื่อสรุปมโนทัศน์ที่ถูกต้องร่วมกัน และให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ ตรวจสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง คอร์ดของวงกลม ที่ได้



จากการสังเคราะห์จนเกิดเป็นองค์ความรู้ และให้นักเรียนทำกิจกรรมตลาดสดเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมกับการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณจากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ภายในกลุ่ม โดยให้นักเรียนเลือกข่าวที่ประกอบด้วยภาพวัตถุโบราณที่สนใจมา 1 ภาพ จากทั้งหมด 3 ภาพ และให้นักเรียนออกแบบจำลองวัตถุโบราณโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แล้วทำการส่งเข้าไปในกลุ่ม Line เพื่อให้กลุ่มอื่นได้แสดงความคิดเห็น อภิปรายถึงแนวทางการในการคำนวณโดยใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง คอร์ดของวงกลม และนำไปสู่การร่างและออกแบบชิ้นงานในภารกิจที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนได้โพสต์ชิ้นงานลงไปในกลุ่ม Line เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอเกี่ยวกับเนื้อหาขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ ซึ่งเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถนำไปเป็นแนวคิดปรับปรุงแก้ไขได้ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแบบจำลองวัตถุโบราณที่นักเรียนสนใจมากที่สุด พร้อมบอกเหตุผล รายละเอียดของชิ้นงาน และสรุปทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง คอร์ดของวงกลม

## 2. การลงมือปฏิบัติ (Action) และการสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คอร์ดของวงกลม จำนวน 4 คาบเรียน ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขจากปัญหาของวงจรถี 2 มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

### 2.1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

ผู้วิจัยถามคำถามนักเรียนถึงนิยามและองค์ประกอบพื้นฐานของวงกลม เพื่อดึงความรู้เดิมที่มีก่อนการเรียนทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง คอร์ดของวงกลม พบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ตัวอย่างเช่น

“...รูปครึ่งวงกลม หมายถึง แบ่งวงกลมเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน...”

(นักเรียน No.10, บทสนทนาการถามตอบ , 3 มีนาคม 2564)

ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น ผ่านการอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มจากแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล NOTE โดยครูทำการอธิบายและถามคำถามเพิ่มเติมกับนักเรียนว่า “เมื่อเราแบ่งเส้นรอบวงกลมด้วยคอร์ดออกเป็น 2 ส่วน พื้นที่ที่เกิดขึ้นทั้งสองจะมีพื้นที่เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด (พร้อมวาด/แสดงรูปประกอบ)” จากนั้นให้นักเรียนยกมือพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยกมือเลือกว่ามีพื้นที่เท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ (แบบที่ 3) พร้อมสุ่มให้นักเรียนอธิบาย ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายแสดงแนวคิด หรือภาพประกอบเหตุผลได้ถูกต้อง จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนสรุปความรู้พื้นฐานร่วมกัน


2.2 ชั้นเพิ่มข้อตกลง

ในการจัดการเรียนรู้ชั้นนี้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ในกิจกรรม Hand-On : G2 – G4 นักเรียนใช้เวลาในการสร้างภาพวงกลมตามขั้นตอนการสร้างได้อย่างรวดเร็ว พร้อมระบุวิธีการตรวจสอบได้อย่างหลากหลาย และสามารถสรุปความรู้ความเข้าใจได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งจากการสังเกตระหว่างการทำงาน of นักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการทำงานกลุ่มได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น แต่สำหรับปัญหาในการจัดการเรียนรู้ชั้นนี้คือ Hand-On : G1 ในส่วนของขั้นตอนการสร้างข้อ 3) ซึ่งนักเรียนจะต้องสร้างคอร์ดของวงกลม 1 คอร์ด ที่มีความยาวเท่ากันภายในกลุ่ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างคอร์ดของวงกลมให้มีความยาวเท่ากันได้ภายในกลุ่มหรือในวงกลมวงเดียวกัน โดยผู้วิจัยทำการสังเกตชิ้นงานของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะใช้วิธีการคาดคะเนสร้างส่วนของเส้นตรงให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด จึงทำให้ไม่สามารถสรุปองค์ความรู้ได้ ผู้วิจัยจึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับความรู้เดิมที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการสร้างคอร์ดของวงกลม 1 คอร์ด ที่มีความยาวเท่ากันภายในกลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาความรู้เดิมที่ได้แก่ มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม มุมในส่วนโค้งของวงกลม และให้เปรียบเทียบความแตกต่างของความรู้เดิมทั้งสอง และให้นักเรียนร่วมกันสังเกต แสดงความคิดเห็น และอภิปรายปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับความรู้เดิมนั้นจะมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างไร

2.3 ชั้นร่วมมือสร้างความรู้

ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมตลาดสดเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมกับการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ จากการสังเกตระหว่างการทำงาน of นักเรียน พบว่า นักเรียนแสดงวิธีการหาตำแหน่งของตลาดสดได้อย่างหลากหลาย แต่สร้างภาพตามทฤษฎีบทวงกลมยังมีความคล้ายคลึงกัน ดังภาพ 26 และ 27

STEP 2 ตารางแสดงขั้นตอนในการหาตำแหน่งของตลาดสด

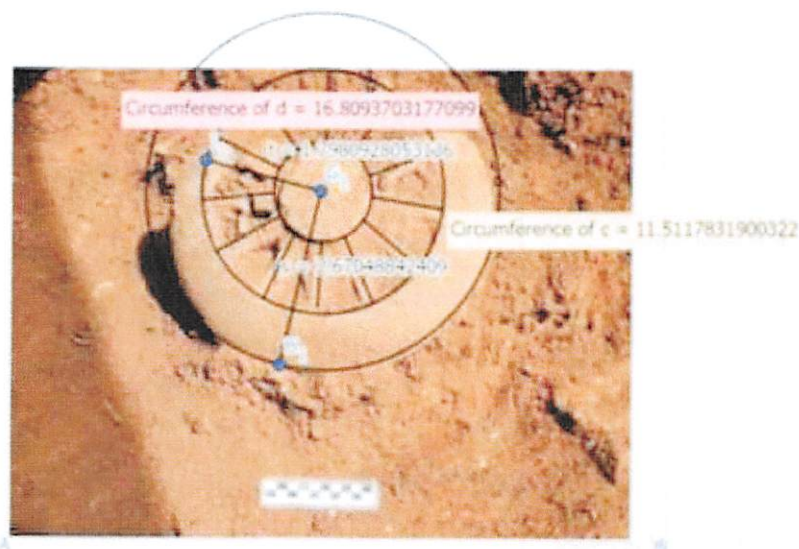
ลำดับ	ขั้นตอน	ลำดับ	ขั้นตอน
1	นำภาพมาแสดงสถานที่ในรูป	5	สร้างจุดกึ่งกลางของเส้นตรงที่ 3
2	สร้างวงกลมที่สัมผัสกับจุดบนเส้น	6	ลากเส้นทแยงมุมจาก 2 เส้น
3	สร้างจุดที่ 3 จุดของเส้นตรง	7	จะได้ตำแหน่งที่ตลาด
4	ลากเส้นทแยงมุมเชื่อม 3 จุด = 	8	

ภาพ 26 ตัวอย่างแสดงขั้นตอนการหาตำแหน่งของตลาดสดได้อย่างหลากหลาย ในใบกิจกรรมตลาดสด (P.3) ของนักเรียนกลุ่ม 5



ภาพ 27 ตัวอย่างแสดงวิธีการหาตำแหน่งของตลาดสดได้อย่างหลากหลาย ในใบกิจกรรม ตลาดสด (P.3) ของนักเรียนกลุ่ม 5

จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันศึกษา อ่าน และทำความเข้าใจปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงเกี่ยวกับ “การค้นพบวัตถุโบราณ” โดยให้นักเรียนเลือกข่าวที่สนใจมา 1 ภาพ จากทั้งหมด 3 ภาพ พบว่า ไม่มีกลุ่มไหนเลือกภาพวัตถุโบราณในภาพที่ 1 เนื่องจากภาพที่ถ่ายมีความเอียง ทำให้ยากต่อการคำนวณและการออกแบบโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนเข้าไปที่เว็บไซต์ข่าวในภาพที่ 1 เพื่อหาภาพที่เหมาะสมต่อการคำนวณ จากนั้นให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม Design & Plan โดยในภารกิจ 3 พบว่า นักเรียนสามารถร่างและออกแบบแบบจำลองวัตถุโบราณได้มีลักษณะพิเศษ และมีความแปลกใหม่ แต่ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้คือ มีนักเรียนบางกลุ่มไม่นำโปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการคำนวณหาองค์ประกอบต่างๆ ของแบบจำลองวัตถุโบราณ ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้และโปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการคำนวณเพื่อให้ชิ้นงาน มีความน่าเชื่อถือ ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จากการสังเกตการทำงานกลุ่มของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการอภิปรายภายในกลุ่มและนอกกลุ่มมากขึ้น มีการทำงานที่เป็นระบบยิ่งขึ้น ซึ่งในวงจรที่ 2 นักเรียนมีการพูดนอกประเด็นเรื่อง วงกลม แต่ในครั้งนี้นักเรียนมีการพูดคุยกับแสดงความคิดเห็นในประเด็นของวงกลมมากขึ้น



ภาพ 28 ตัวอย่างการออกแบบการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ ในแบบบันทึกการสร้าง  
ชิ้นงาน Design & Plan (P.3) ของนักเรียนกลุ่ม 8



ภาพ 29 นักเรียนปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในกิจกรรม  
Design & Plan (P.3)

#### 2.4 ชั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยให้นักเรียนทำการสะท้อนผลหลังจากที่นักเรียนได้โพสต์ชิ้นงานลงใน  
กลุ่ม Line เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอเกี่ยวกับเนื้อหา องค์ประกอบต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลอง  
วัตถุโบราณ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สะท้อนผลไม่ตรงกับความเป็นจริง ผู้วิจัยจึงพยายามพูดให้  
นักเรียนสะท้อนผลอย่างตรงไปตรงมา โดยถามคำถามนักเรียนถึงจุดประสงค์ของการสะท้อนผล ดัง  
บทสนทนาต่อไปนี้

"...นักเรียนคิดว่า การสะท้อนผลชิ้นงาน ในประเด็นจุดเด่น จุดด้อย สิ่งที่ต้องพัฒนา และข้อเสนอแนะ มีความสำคัญหรือไม่อย่างไร..."

(ผู้วิจัย, บทสนทนาระหว่างการสะท้อนผล , 10 มีนาคม 2564)

"...นำผลการสะท้อนไปปรับปรุงพัฒนางานของตนเองให้ดียิ่งขึ้นครับ..."

(นักเรียน, No.5 บทสนทนาระหว่างการสะท้อนผล , 10 มีนาคม 2564)

ซึ่งปัญหาในการสะท้อนผลในด้านการให้คะแนนการประเมินชิ้นงานของนักเรียน ยังมีความเกรงใจต่อกันทำให้คะแนนไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน จึงให้นักเรียนสะท้อนและให้คะแนนชิ้นงานโดยโพสต์ลงในกลุ่ม Line โดยครูได้ร่วมสะท้อนและพิจารณาการให้คะแนนชิ้นงานของนักเรียนด้วย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการสะท้อนผลและให้คะแนนชิ้นงานสอดคล้องกับชิ้นงานมากขึ้น มีการอธิบายขยายความในแต่ละประเด็นได้ชัดเจนและมีประโยชน์มากขึ้น จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีบทของวงกลม เรื่อง คอร์ดของวงกลม โดยถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนมีความเข้าใจทฤษฎีบทวงกลม และนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมไปใช้แก้ปัญหาได้

### 3. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การสะท้อนผลการปฏิบัติของผู้วิจัย ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการวิจัยโดยแบ่งเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการโดยสรุปปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นสืบค้น ความรู้ใหม่	1. นักเรียนสามารถตอบ คำถามเกี่ยวกับนิยามและ องค์ประกอบของวงกลมได้ ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์	-	-

## ตาราง 14 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นสืบค้น ความรู้ใหม่ (ต่อ)	2. นักเรียนส่วนใหญ่ยกมือ เลือกว่ามีพื้นที่เท่ากัน หรือไม่เท่ากันก็ได้ (แบบที่ 3) พร้อมอธิบาย แสดง แนวคิด หรือภาพที่ได้ ประกอบเหตุผล		
ขั้นเพิ่ม ข้อตกลง	1. มีการใช้เวลาในการทำ กิจกรรมเหมาะสม 2. ในกิจกรรม Hand-On G2 – G4 นักเรียนใช้เวลา ในการสร้างภาพวงกลมได้ อย่างรวดเร็ว 3. นักเรียนสร้างภาพทฤษฎี บทวงกลมได้อย่าง หลากหลาย ระบุวิธีการ ตรวจสอบ และสรุปความรู้ จากคำถามในแบบบันทึก ได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ 4. นักเรียนส่วนใหญ่มีการ ทำงานกลุ่มได้อย่างเป็น ระบบ นักเรียนมีการแบ่ง หน้าที่กันทำงานได้ดียิ่งขึ้น	นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถ สร้างคอร์ตของวงกลมให้มี ความยาวเท่ากันภายในกลุ่ม หรือในวงกลมวงเดียวกันได้	ผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำ เกี่ยวกับความรู้เดิมที่นำมาใช้ ในการแก้ปัญหาการสร้าง คอร์ตของวงกลม 1 คอร์ต ที่มี ความยาวเท่ากันภายในกลุ่ม ได้แก่ มุมที่จุดศูนย์กลางของ วงกลม มุมในส่วนโค้งของ วงกลม และให้นักเรียน ร่วมกันสังเกต แสดงความ คิดเห็น และอภิปรายปัจจัย ต่าง ๆ เกี่ยวกับความรู้เดิมนั้น ที่จะมาใช้ในการแก้ปัญหา
ขั้นร่วมมือ สร้างความรู้	1. นักเรียนสามารถร่างและ ออกแบบแบบจำลองวัตถุ โบราณ ให้มีลักษณะพิเศษ และมีความแปลกใหม่ 2. นักเรียนเกือบทุกกลุ่มมี การอภิปรายภายในกลุ่ม และนอกกลุ่มมากขึ้น มีการ ทำงานที่เป็นระบบยิ่งขึ้น	1. นักเรียนแสดงวิธีการหา ตำแหน่งของตลาดสดได้ อย่างหลากหลาย แต่สร้าง ภาพตามทฤษฎีบทวงกลมยัง มีความคล้ายคลึงกัน	1. ให้นักเรียนเข้าไปที่เว็บไซต์ ข่าวในภาพที่ 1 เพื่อหาภาพที่ เหมาะสมต่อการคำนวณ

## ตาราง 14 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นร่วมมือ สร้างความรู้ (ต่อ)		2. ไม่มีกลุ่มไหนเลือกภาพ วัตถุโบราณในภาพที่ 1 เนื่องจากภาพที่ถ่ายมีความ เอียง ทำให้ยากต่อการ คำนวณและการออกแบบ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra 3. มีนักเรียนบางกลุ่มไม่นำ โปรแกรม GeoGebra มาใช้ ในการคำนวณหา องค์ประกอบต่าง ๆ ของ แบบจำลองวัตถุโบราณ	2. ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการ กระตุ้นให้นักเรียนนำองค์ ความรู้และโปรแกรม GeoGebra มาใช้ในการ คำนวณเพื่อให้งาน มี ความน่าเชื่อถือ ใกล้เคียงกับ ความเป็นจริงมากที่สุด
ขั้นสะท้อนผล	1. การใช้เวลาในการทำ กิจกรรมได้อย่างเหมาะสม 2. นักเรียนมีความเข้าใจ และปฏิบัติตามภารกิจใน กิจกรรมตามคำชี้แจงได้ ถูกต้อง 3. นักเรียนส่วนใหญ่ตอบ คำถามได้ถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนมีความเข้าใจและ นำทฤษฎีบทวงกลมไปใช้ แก้ปัญหาได้	1. นักเรียนส่วนใหญ่สะท้อน ผลไม่ตรงกับความเป็นจริง 2. ด้านการให้คะแนนการ ประเมินชิ้นงานของนักเรียน ยังมีความเกรงใจต่อกันทำให้ คะแนนไม่สอดคล้องกับ ชิ้นงาน	1. ผู้วิจัยจึงพยายามพูดให้ นักเรียนสะท้อนผลอย่าง ตรงไปตรงมา โดยถาม คำถามนักเรียนถึง จุดประสงค์ของการสะท้อน ผล 2. ให้นักเรียนสะท้อนและให้ คะแนนชิ้นงานโดยโพสต์ลง ในกลุ่ม Line โดยครูได้ร่วม สะท้อนและพิจารณาการให้ คะแนนชิ้นงานของนักเรียน ด้วย

## วงจรปฏิบัติการที่ 4

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เส้นสัมพันธ์วงกลม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 30



ภาพ 30 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง เส้นสัมพันธ์วงกลม

#### 1. การวางแผน (Plan)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยทำการสร้างและออกแบบการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง เส้นสัมพันธ์วงกลม ซึ่งผู้วิจัยวางแผนโดยทำการแก้ไขและพัฒนาจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยวางแผน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้แต่ละประเด็นร่วมกันเพื่อแก้ไขปรับปรุงแก้ไขความรู้ของกลุ่มตนเอง จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ครูและ



นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ ตรวจสอบโน้ตส์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลมที่ได้จากการสังเคราะห์จนเกิดเป็นองค์ความรู้ และให้นักเรียนทำกิจกรรมดาวเทียมเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมกับการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่จากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่โดยมีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่ม ครูแนะนำสื่อและให้นักเรียนหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการค้นพบดาวเคราะห์ดวงใหม่ก่อนทำชิ้นงาน และให้นักเรียนได้ทำการออกแบบจำลองวัตถุโบราณโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แล้วทำการส่งเข้าไปในกลุ่ม Line เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น อภิปรายถึงแนวทางการในการคำนวณโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลม และนำไปสู่การร่างและออกแบบชิ้นงานในภารกิจที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนได้โพสต์ชิ้นงานลงไปในกลุ่ม Line เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอเกี่ยวกับเนื้อหา องค์ประกอบต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ ซึ่งเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถนำไปเป็นแนวคิดปรับปรุงแก้ไขได้ และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ที่นักเรียนสนใจมากที่สุด พร้อมบอกเหตุผล รายละเอียดของชิ้นงาน และสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลม

## 2. การลงมือปฏิบัติ (Action) และการสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลม จำนวน 4 คาบเรียน ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขจากปัญหาของวงจรถที่ 3 มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

### 2.1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

ผู้วิจัยถามคำถามนักเรียนถึงนิยามและองค์ประกอบพื้นฐานของวงกลม เพื่อดึงความรู้เดิมที่มีของนักเรียนก่อนการเรียนทฤษฎีบทวงกลม เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลมได้ถูกต้องสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น

"...มุมฉาก หมายถึง

1. มุมที่เกิดจากการแบ่งครึ่งมุมบนเส้นตรง เป็นสองขนาดเท่ากัน
2. มุมที่มีขนาด 90 องศา..."

(นักเรียน No.27, บทสนทนาการถามตอบ , 12 มีนาคม 2564)

ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น ผ่านการอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มจากแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล NOTE โดยครูทำการอธิบายและถามคำถามเพิ่มเติมกับนักเรียนว่า "เมื่อกำหนดเส้นตรงเส้นหนึ่งมาสัมผัสวงกลมหนึ่งหนึ่งที่จุดสัมผัส อยากรทราบว่าจะสามารถลากส่วนของเส้นตรงจากจุดบนเส้นตรงมายังจุดศูนย์กลางได้กี่เส้น (พร้อมวาด/แสดงรูปประกอบ)" จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันทั้งภายในและภายนอกกลุ่มและร่วมกันตอบคำถาม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า "สามารถลากได้ไม่จำกัด" พร้อมอธิบายแสดงแนวคิด หรือภาพประกอบเหตุผลได้ ดังบทสนทนาต่อไปนี้

"...จากคำตอบที่นักเรียนตอบมาข้างต้น นักเรียนคิดว่าส่วนของเส้นตรงแต่ละเส้น มีความยาวแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร..."

(ผู้วิจัย, บทสนทนาระหว่างการสะท้อนผล , 12 มีนาคม 2564)

"...มีความยาวแตกต่างกัน โดยส่วนของเส้นตรงที่มีความยาวสั้นที่สุดและมีเพียงเส้นเดียว นั่นคือ รัศมีของวงกลม..."

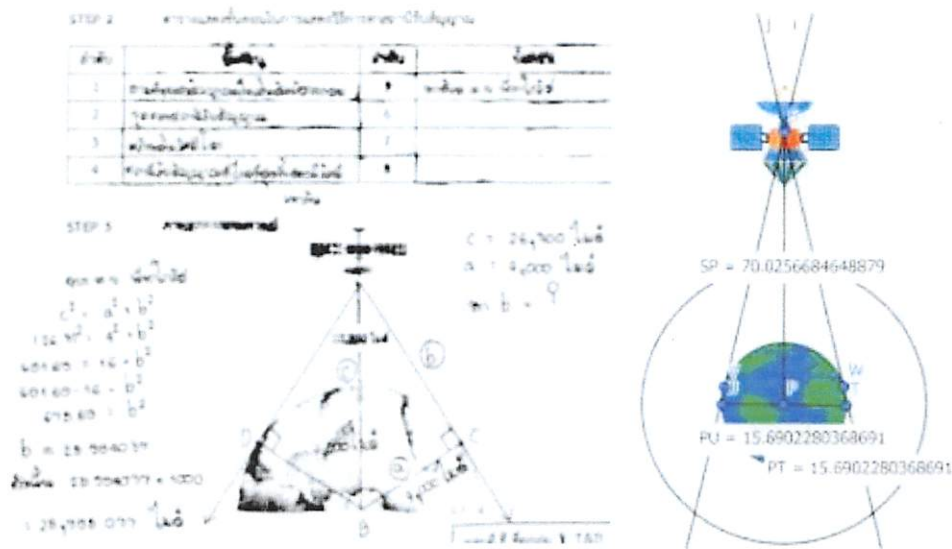
(นักเรียน, No.11 บทสนทนาระหว่างการสะท้อนผล , 12 มีนาคม 2564)

## 2.2 ชั้นเพิ่มข้อตกลง

ในการจัดการเรียนรู้ชั้นนี้มีเป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ และการใช้เวลาในการทำกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ พบว่า ในกิจกรรม Hand-On : G1 – G3 นักเรียนใช้เวลาในการสร้างภาพวงกลมตามขั้นตอนการสร้างได้อย่างเหมาะสมและสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมได้อย่างหลากหลาย สามารถสรุปความรู้ความเข้าใจจากคำถามในแบบบันทึกได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งจากการสังเกตระหว่างการทำงาน of นักเรียน พบว่า นักเรียนบางกลุ่มมีการแยกกันเขียนและปฏิบัติกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้เกิดความรวดเร็ว มีการปรึกษาช่วยกันระหว่างการทำงานในแต่ละกิจกรรมย่อย พร้อมอภิปรายสรุปการปฏิบัติกิจกรรม

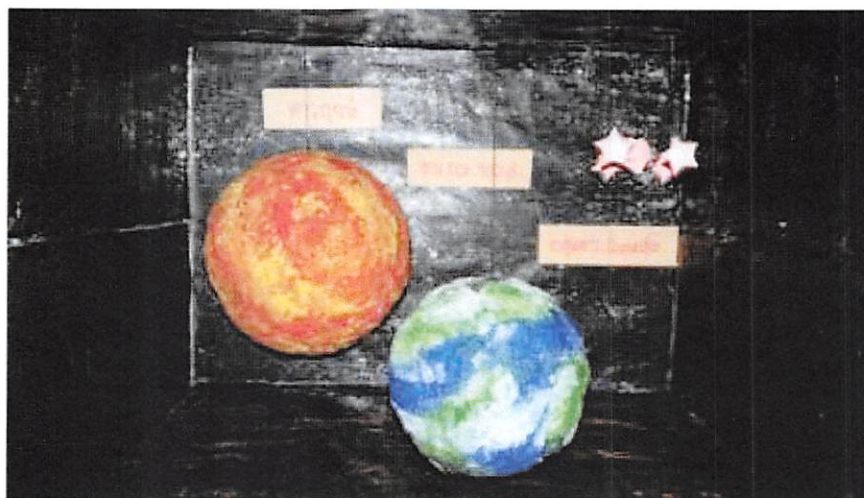
## 2.3 ชั้นร่วมมือสร้างความรู้

ผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรมดาวเทียมเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมกับการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ จากการสังเกตระหว่างการทำงาน of นักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการหาตำแหน่งของสถานีรับสัญญาณได้ถูกต้อง และสร้างภาพตามทฤษฎีบทวงกลมในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน แต่ไม่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ดังภาพ 24



ภาพ 31 ตัวอย่างแสดงวิธีการหาตำแหน่งของสถานีรับสัญญาณได้อย่างหลากหลาย  
ในใบกิจกรรมดาวเทียม (P.4) ของนักเรียนกลุ่ม 9

จากนั้นครูแนะนำโมเดลดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจาก NARIT และสาธิตการทำโมเดล จากอุปกรณ์ที่เตรียมมา หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เชื่อมโยงไปสู่ปัญหาในชีวิตจริงจากปัญหาสถานการณ์ “การค้นพบดาวเคราะห์ดวงใหม่” ให้นักเรียนร่วมกันศึกษา อ่าน และทำความเข้าใจปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงที่กำหนดให้ และเปิดคลิปวิดีโอข่าวให้นักเรียนดู พบว่า นักเรียนให้ความสนใจข่าวเป็นอย่างมาก และพยายามหาข้อมูลเพิ่มเติมก่อนทำชิ้นงานจากเว็บไซต์ในแหล่งที่แตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนศึกษารายละเอียดจากข้อมูลข่าวสารให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งปัญหาในการจัดการเรียนรู้ขั้นนี้คือ ภารกิจ 3 พบว่า มีนักเรียนส่วนใหญ่ทำการร่างและออกแบบการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ไม่แตกต่างจากระบบสุริยะ แต่มีการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แตกต่างกันและแปลกใหม่ จากการสังเกตการทำงานกลุ่มของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบ มีการอภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้และแก้ไขงานร่วมกันเป็นอย่างดี



ภาพ 32 ตัวอย่างการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ ในกิจกรรม Design & Plan (P.4) ของนักเรียนกลุ่ม 9

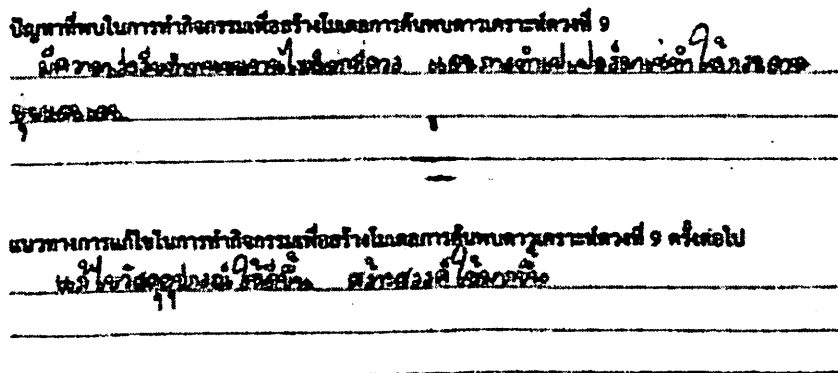


ภาพ 33 นักเรียนปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในกิจกรรม Design & Plan (P.4)

#### 2.4 ชั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยให้นักเรียนทำการสะท้อนผลหลังจากที่นักเรียนได้โพสต์ชิ้นงานลงไปในกลุ่ม Line เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอเกี่ยวกับเนื้อหา องค์ประกอบต่าง ๆ ในการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่พบว่า นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็น สะท้อนตามประเด็นได้สอดคล้องและ

เหมาะสมกับชิ้นงาน แต่ในส่วนของการบอกปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมยังไม่สอดคล้องกัน ดังภาพ 34



ภาพ 34 ตัวอย่างการบันทึกปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมลงในแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.4) ของนักเรียน

จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเกี่ยวกับทฤษฎีบทของวงกลม เรื่อง เส้นสัมผัสวงกลม และกล่าวสรุปเนื้อหาที่เรียนในบทเรียนนี้ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมและประโยชน์ของการนำทฤษฎีบทวงกลมไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้

3. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การสะท้อนผลการปฏิบัติของผู้วิจัย ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลการวิจัยโดยแบ่งเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการโดยสรุปปัญหาในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 4 ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 สรุปความสำเร็จที่เกิดขึ้น ปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 4

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นสืบค้น	1. นักเรียนสามารถตอบ	-	-
ความรู้ใหม่	คำถามเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลมได้ถูกต้องสมบูรณ์		

ตาราง 15 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นสืบค้น ความรู้ใหม่ (ต่อ)	2. นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่า “สามารถลากได้ไม่จำกัด” พร้อมอธิบาย แสดงแนวคิด หรือภาพประกอบเหตุผลได้		
ขั้นเพิ่ม ข้อตกลง	1. มีการใช้เวลาในการทำ กิจกรรม ได้อย่างมี ประสิทธิภาพ 2. ในกิจกรรม Hand-On : G1 – G3 นักเรียนใช้เวลา ในการสร้างภาพวงกลม ตามขั้นตอนการสร้างได้ อย่างเหมาะสม 3. นักเรียนสร้างภาพทฤษฎี บทวงกลม ได้อย่าง หลากหลาย พร้อมระบุ วิธีการตรวจสอบ และ สามารถสรุปความรู้ความ เข้าใจจากคำถามในแบบ บันทึกได้ถูกต้องครบถ้วน สมบูรณ์ 4. นักเรียนบางกลุ่มมีการ แยกกันเขียนและปฏิบัติ กิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้เกิดความรวดเร็ว แต่ นักเรียนมีการปรึกษา ช่วยกันระหว่างการทำงาน ในแต่ละกิจกรรมย่อย พร้อมอภิปรายสรุปการ ปฏิบัติกิจกรรม	-	-

ตาราง 15 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นร่วมมือ สร้างความรู้	1. นักเรียนให้ความสนใจ ข่าวเป็นอย่างมากและ พยายามหาข้อมูลเพิ่มเติม ก่อนทำชิ้นงาน 2. นักเรียนส่วนใหญ่มีการ แบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกัน ออกแบบ มีการอภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้และ แก้ไขงานร่วมกันเป็นอย่างดี	1. นักเรียนส่วนใหญ่สร้าง ภาพตามทฤษฎีบทวงกลมใน การหาตำแหน่งของสถานีรับ สัญญาณ ได้อย่าง หลากหลายแตกต่างกัน แต่ ไม่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ 2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำการ ร่างและออกแบบการสร้าง โมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ไม่ แตกต่างจากระบบสุริยะ แต่มี การใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แตกต่าง กันและแปลกใหม่	1. ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปราย สรุปการสร้างภาพ ตามทฤษฎีบทวงกลมในการ แก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสิ่ง ที่โจทย์กำหนดให้ 2. ครูพยายามกระตุ้นให้ นักเรียนนำองค์ความรู้และ ประสบการณ์เกี่ยวกับวิชา โลกและดาราศาสตร์ ผสม กับจินตนาการของตนเอง ร่วมกัน เพื่อสร้างโมเดลดาว เคราะห์ดวงใหม่ให้มีความ ชัดเจนยิ่งขึ้น
ขั้นสะท้อนผล	นักเรียนมีการแสดงความ คิดเห็น สะท้อนตาม ประเด็นได้สอดคล้องและ เหมาะสมกับชิ้นงาน	นักเรียนบอกปัญหาที่พบและ แนวทางการแก้ไขในการทำ กิจกรรมยังไม่สอดคล้องกัน	ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปราย แสดงความคิดเห็น จากนั้นทำการสรุปปัญหาที่ พบและแนวทางการแก้ไขให้ มีสอดคล้องกัน

ตอนที่ 2 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หรือไม่อย่างไร

ผู้วิจัยศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง วงกลม ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรม ได้แก่ แบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม แบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน แบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน และชิ้นงานของนักเรียน และหลังจากที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบ 4 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนจะได้ทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากใบกิจกรรมและแบบทดสอบหลัง

เรียนของนักเรียนมาวิเคราะห์ประเภทการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการของการเรียนรู้ โดยรายงานตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ OECD (2019) ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย (Generate diverse ideas, D) 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (Generate creative ideas, C) และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด (Evaluate and improve ideas, E) โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 สำคัญ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ (Written and Visual Expression, E) และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (Social and Scientific Problem Solving, P) โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และ หลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นักเรียนจะได้เรียนรู้จากปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผ่านการปฏิสัมพันธ์โดยการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ซึ่งได้ทำการแบ่งกลุ่มของนักเรียนจำนวน 34 คน จำนวน 11 กลุ่ม และนำผลมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้



ตาราง 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

องค์ประกอบของ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนจำแนกตามระดับ											
	วงจรรปฏิบัติการที่ 1			วงจรรปฏิบัติการที่ 2			วงจรรปฏิบัติการที่ 3			วงจรรปฏิบัติการที่ 4		
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
<b>1. การสร้างความคิดที่หลากหลาย</b>												
1.1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ	(1) 1.11	(7) 63.64	(4) 36.36	(1) 1.11	(6) 54.55	(5) 45.45	(1) 1.11	(7) 63.64	(4) 36.36	(1) 1.11	(4) 36.36	(7) 63.64
1.2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์	(1) 1.11	(8) 72.73	(3) 27.27	(1) 1.11	(6) 54.55	(5) 45.45	(1) 1.11	(6) 54.55	(5) 45.45	(1) 1.11	(5) 45.45	(6) 54.55
<b>2. การสร้างความคิดสร้างสรรค์</b>												
2.1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ	(4) 36.36	(3) 27.27	(4) 36.36	(2) 18.18	(7) 63.64	(2) 18.18	(1) 9.19	(6) 54.55	(4) 36.36	(2) 18.18	(6) 54.55	(3) 27.27
2.2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์	(3) 27.27	(5) 45.45	(3) 27.27	(2) 18.18	(7) 63.64	(2) 18.18	(2) 18.18	(4) 36.36	(5) 45.45	(1) 9.19	(7) 63.64	(3) 27.27

ตาราง 16 (ต่อ)

องค์ประกอบของ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์	ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนจำแนกตามระดับ											
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3			วงจรปฏิบัติการที่ 4		
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
<b>3. การประเมินและปรับปรุงความคิด</b>												
3.1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ	(1) 1.11	(9) 81.82	(2) 18.18	(2) 18.18	(7) 63.64	(2) 18.18	(1) 1.11	(8) 72.23	(3) 27.27	(2) 18.18	(7) 63.64	(2) 18.18
3.2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์	(2) 18.18	(7) 63.64	(2) 18.18	(3) 27.27	(6) 54.55	(2) 18.18	(1) 9.19	(8) 72.23	(2) 18.18	(2) 18.18	(7) 63.64	(2) 18.18

จากตาราง 16 จะเห็นได้ว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างความคิดที่หลากหลาย การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิดได้ดีตามลำดับ เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการสร้างความคิดที่หลากหลาย พบว่า นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ และมีความสอดคล้องควบคู่กันไปตลอด โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งเป็นพัฒนาการที่ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาการสร้างความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไปเช่นเดียวกัน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 และ 3 เท่ากัน และมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งเป็นพัฒนาการที่ดีขึ้น

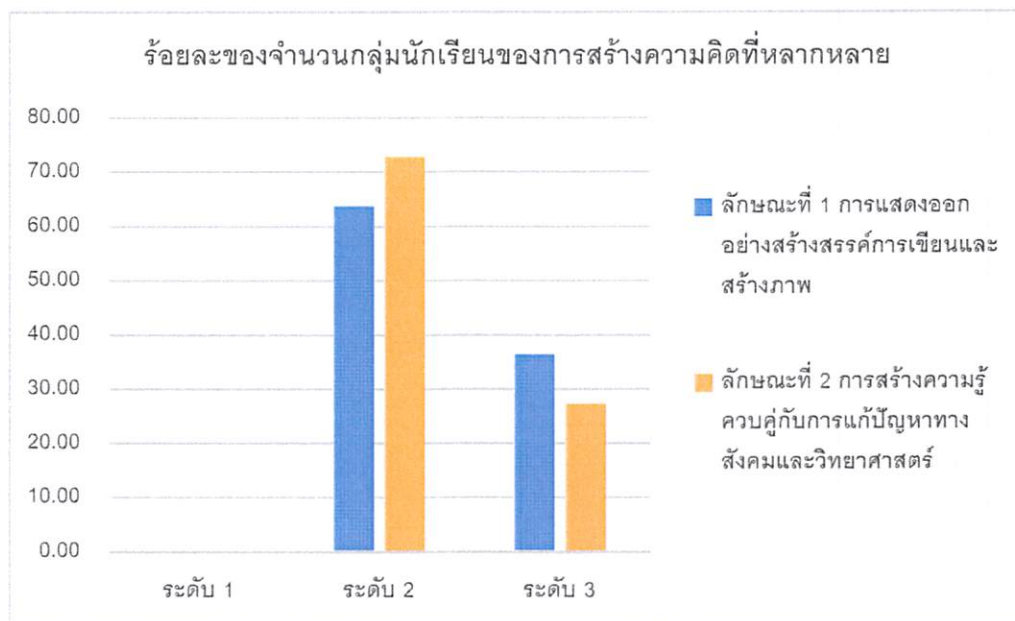
เมื่อพิจารณาการประเมินและปรับปรุงความคิด พบว่า นักเรียนสามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และในระดับ 1 และ 3 ใกล้เคียงกัน ซึ่งไม่เป็นพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ได้ผลดังต่อไปนี้

#### วงจรปฏิบัติการที่ 1

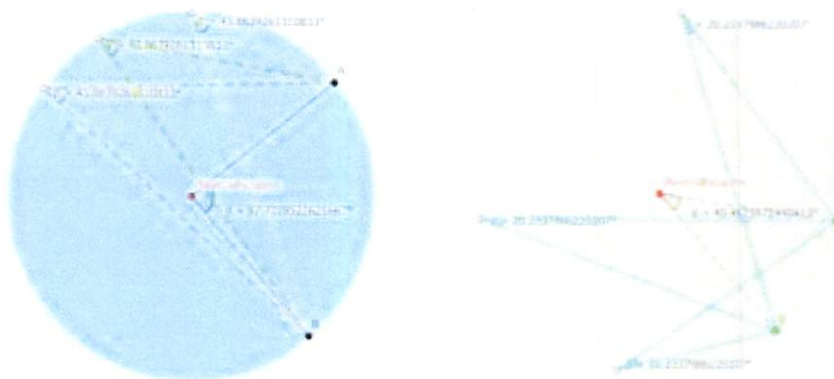
##### องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์หรือรายละเอียดของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลาย จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 1 เป็นดังภาพ 35



ภาพ 35 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 1

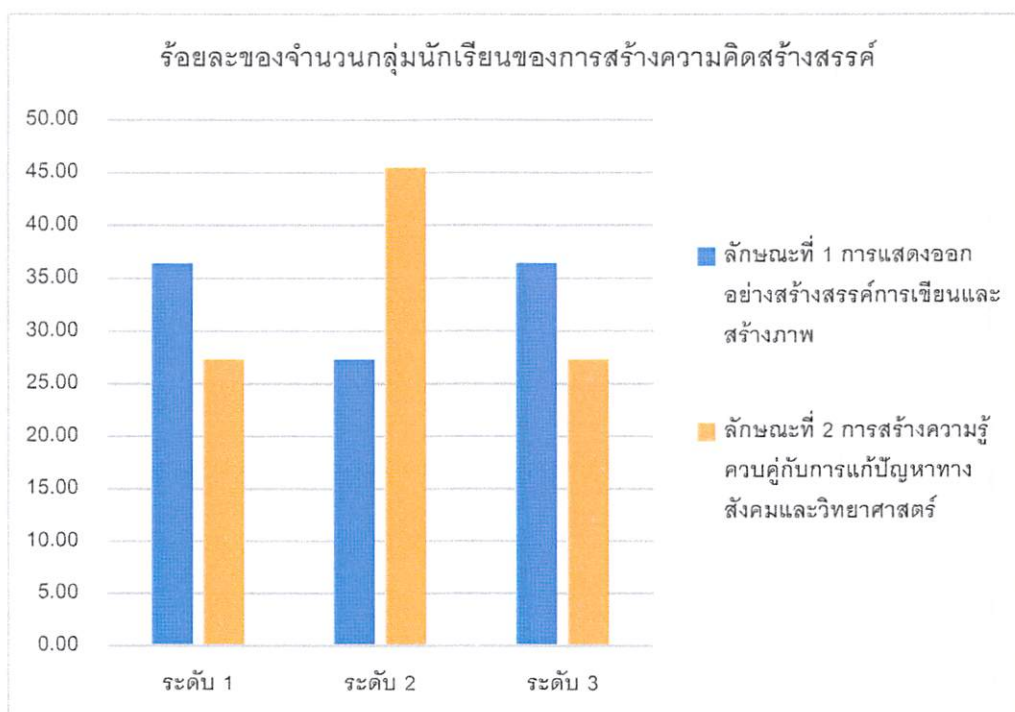
เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ และมีความสอดคล้องควบคู่กันไปตลอด ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 โดยในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 7 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 63.64 และลักษณะที่ 2 มีจำนวน 8 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 72.73 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมาย ในการสร้างภาพทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(1) ตามขั้นตอนการสร้างที่ต้องผสมผสานกับรูปเรขาคณิตอื่นได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ จากโปรแกรม GeoGebra ในการสร้าง สืบค้น และตรวจสอบ โดยคำนึงถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาจากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพ 36



ภาพ 36 ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติกิจกรรม Hand-On : G5 (P.1) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

### องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์

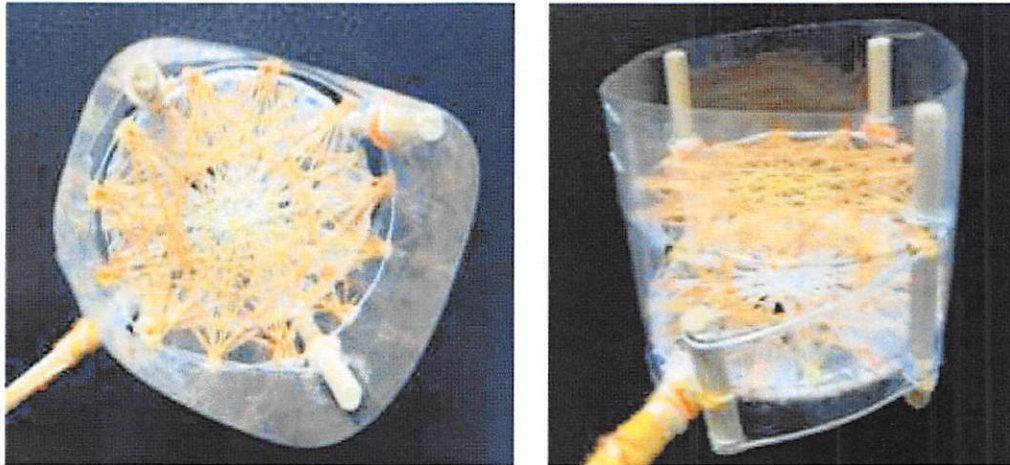
ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์หรือรายละเอียดของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 1 เป็นดังภาพ 37



ภาพ 37 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1



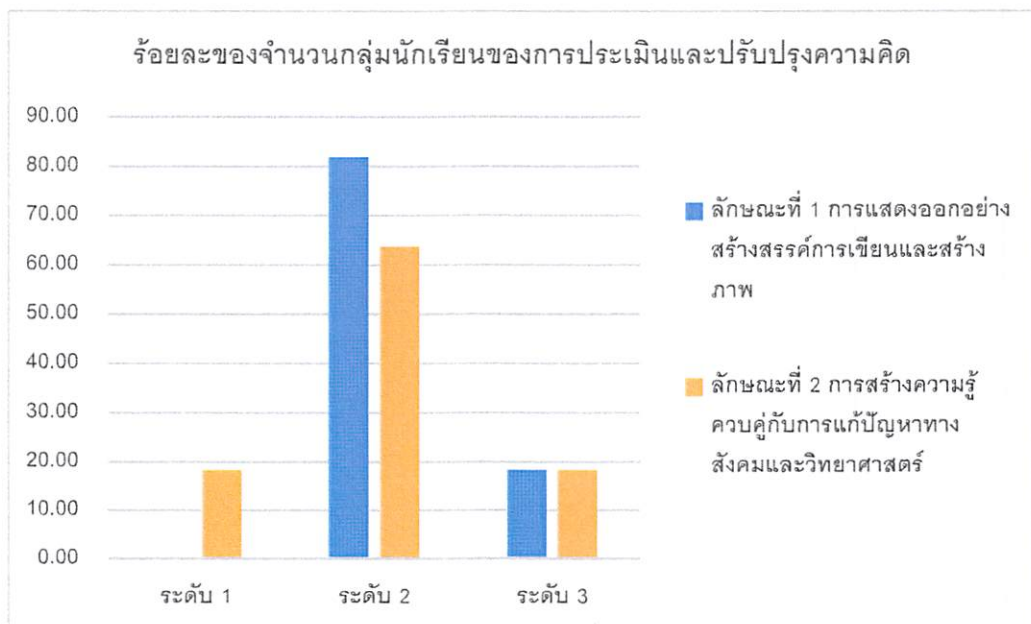




ภาพ 39 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.1) ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

### องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิด จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 1 เป็นดังภาพ 40



ภาพ 40 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 1

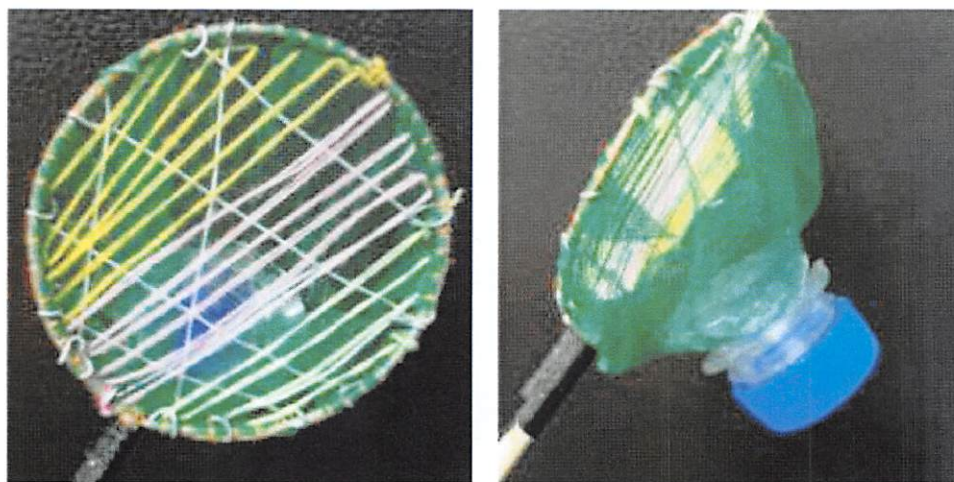




สิ่งที่ต้องพัฒนา	- โดรงสร้าง - ตัวกรวยใช้วิธีนี้	- โดรงสร้าง	ปรับปรุงกรวยให้ดีขึ้น	โดรงสร้าง กว้าง
ข้อเสนอแนะ	ทำประตูได้แปลก แต่ขยับกว่านี้ได้	- ทำใช้โดรงสร้าง - ประตูออก - ตัวกรวยใช้วิธีนี้	ทำให้ตัวกรวย สองข้างข้างเอียง	- ทำโดรงสร้าง ให้แข็งแรง, ตัวกรวยด้วย

ภารกิจ 2 (เขต.....)

ชื่อกลุ่ม	ชิ้นงาน			รวมคะแนน (15)
	แตกต่างหลากหลาย (5)	แปลกใหม่ (5) มีคุณค่า และมีประโยชน์	มีการประเมินและปรับปรุง (5)	
kakashi (มทช)	4	4	3	11
สีม่วงดก	4	4	3	11
สีส้มดก	4	4	4	12
ใช้ด้าย No Know	4	4	4	12

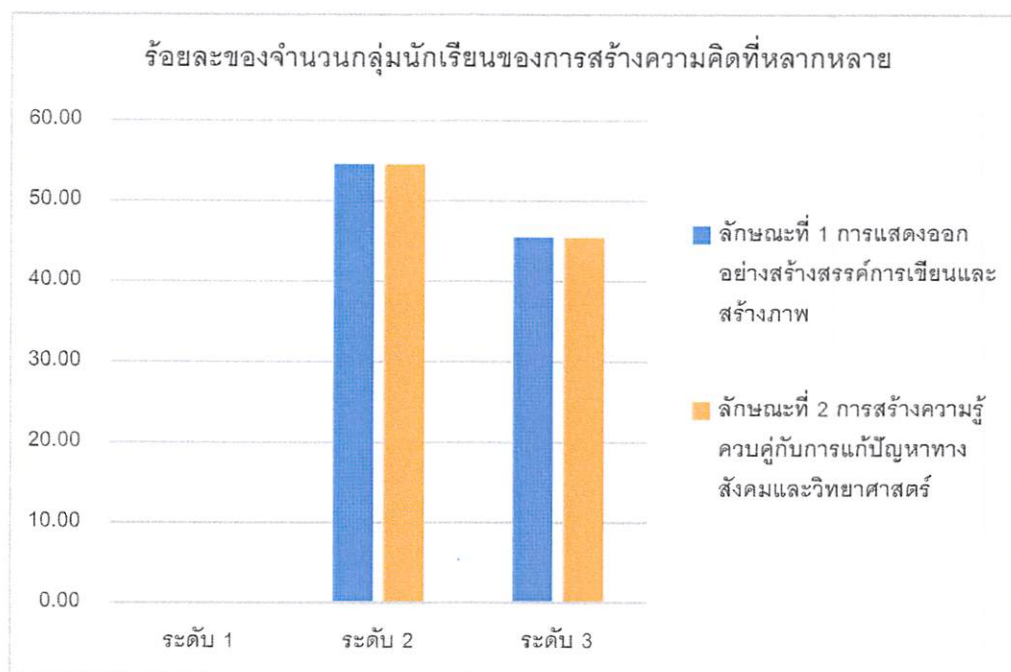


ภาพ 42 ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.1) ในสิ่งที่ต้องพัฒนา ข้อเสนอแนะ และการให้คะแนนในเขตของตนเอง ที่แสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

## วงจรปฏิบัติการที่ 2

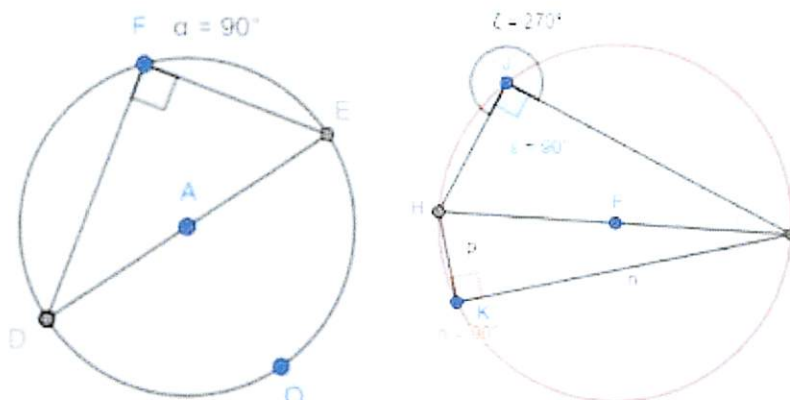
### องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลาย จากไปกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 2 เป็นดังภาพ 43



ภาพ 43 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 2

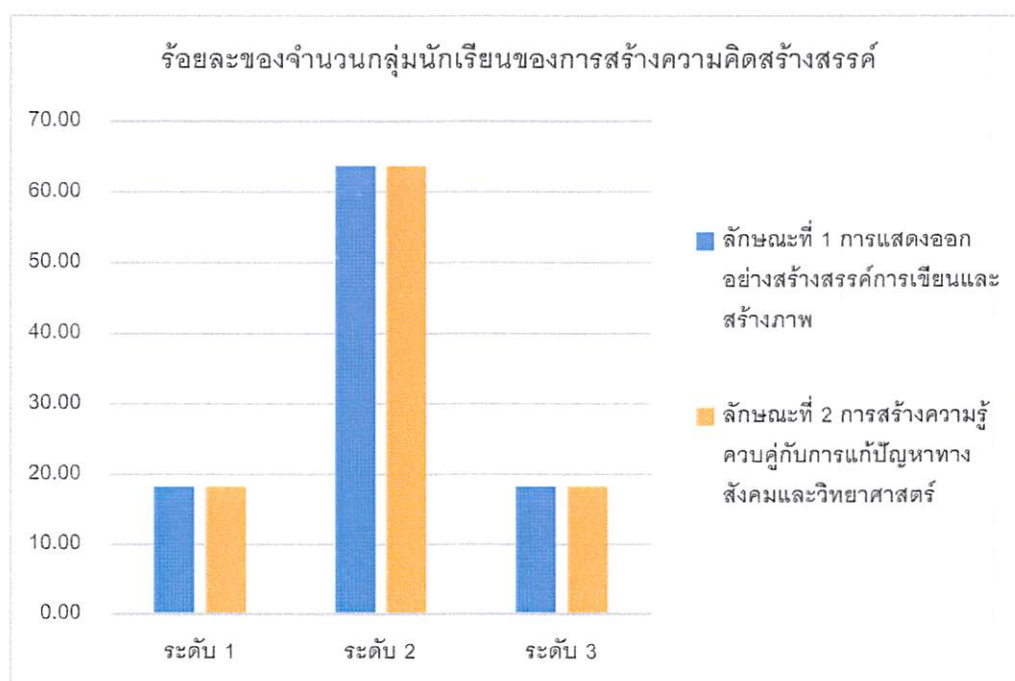
เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ และมีความสอดคล้องควบคู่กันไปตลอด ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ใกล้เคียงกัน โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 และ 2 มีจำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 54.55 เท่ากัน และระดับ 3 ในลักษณะที่ 1 และ 2 มีจำนวน 5 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 45.45 เท่ากัน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมาย ในการสร้างภาพทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2) ตามขั้นตอนการสร้างที่ต้องผสมผสานกับรูปเรขาคณิตอื่นได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ จากโปรแกรม GeoGebra ในการสร้าง สํารวจ และตรวจสอบ โดยคำนึงถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพ 44



ภาพ 44 ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติกิจกรรม Hand-On : G2 (P.2) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

### องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์


ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์หรือรายละเอียดของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 2 เป็นดังภาพ 45



ภาพ 45 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2



เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 และ 3 เท่ากัน ทั้งสองลักษณะ โดยระดับ 1 และ 3 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 18.18 เท่ากัน และลักษณะที่ 2 มีจำนวน 2 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 18.18 เท่ากัน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถร่างและออกแบบการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ให้มีความสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมได้ถูกต้องสมบูรณ์ และใช้โปรแกรม GeoGebra ในการช่วยสร้างแบบจำลองโดยอาศัยความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2) โดยคำนึงถึงกลยุทธ์ที่จะนำไปสร้างชิ้นงานให้เกิดความคุ้มค่าและประโยชน์มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ ดังภาพ 46

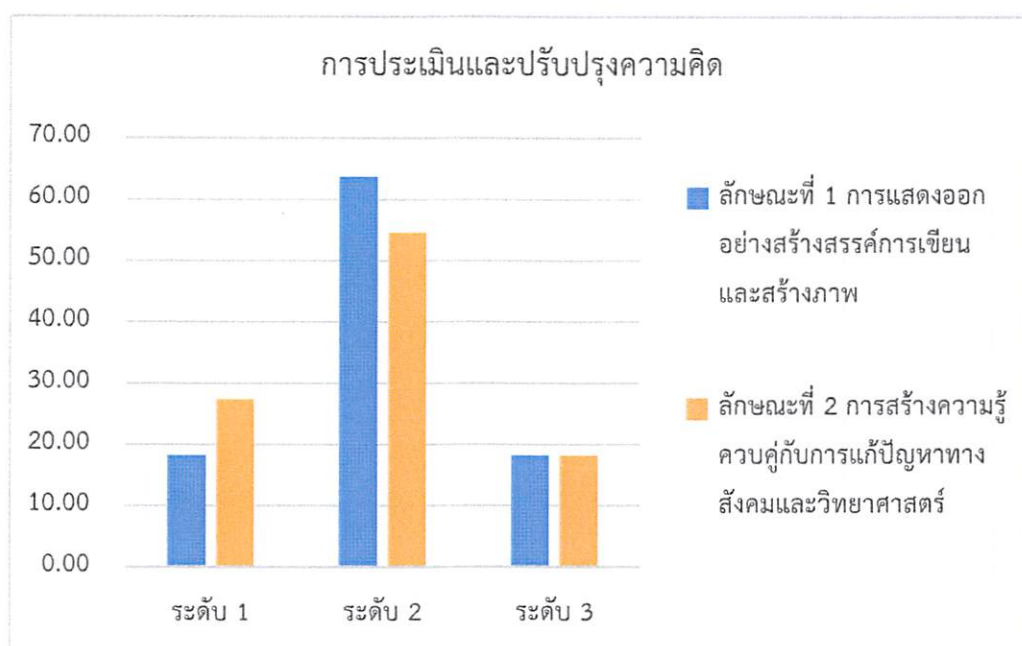
ภารกิจ 3	
ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบาย ส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินการ (เขียนเป็นข้อ ๆ)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบุลักษณะ สิ่งของที่นำมาใช้ของผลิตภัณฑ์ (หน้ากากอนามัย) แบบกระดาษ, 3D และแบบ N95 ให้ได้ ทำจี้ให้เข้าปากได้ใน วงกลมหรือ และกระดาษกรวย</li> <li>2. ศึกษารายละเอียดของผลิตภัณฑ์ (Covideas 3D) ในวิดีโอ สอดคล้องกับใบไม้</li> <li>3. ศึกษาและหาเส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาวของรูปของผลิตภัณฑ์</li> <li>4. ผลิตหน้ากากอนามัย Covideas 3D</li> </ol>



ภาพ 46 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.2) และชิ้นงานที่แสดงความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

### องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิด จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 2 เป็นดังภาพ 47



ภาพ 47 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 2

เมื่อทำการพิจารณาระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และในระดับ 1 และ 3 ใกล้เคียงกัน โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 7 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 63.64 และลักษณะที่ 2 มีจำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 54.55 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นมาปรับปรุงเพิ่มเติมในบางส่วนของขั้นตอนการสร้างหน้ากากอนามัย Covideas 3D ที่เชื่อมโยงไปถึงการออกแบบและปรับปรุงแบบจำลองแต่ยังคงโครงสร้างเดิม ให้ความคุ้มค่า และเกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมมากขึ้น บนพื้นฐานความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม(2) ที่ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ ดังภาพ 48

ภารกิจ 3	
ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบายส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินการ (เขียนเป็นข้อ ๆ)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 วัดขนาดและเลือกวัสดุ</li> <li>2 ใช้ผ้าผืนเล็กขนาดใหญ่ (ใส่มือก)</li> <li>3 ใช้ผ้าผืนเล็กขนาดจิบ และ หนาใหญ่ คือ ผ้าผืนเล็ก</li> <li>4 ส่วนหน้าตาของผ้าผืนเล็ก + N95</li> </ol>

ภาพ 48 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.2) ในภารกิจที่ 3 ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ของนักเรียน



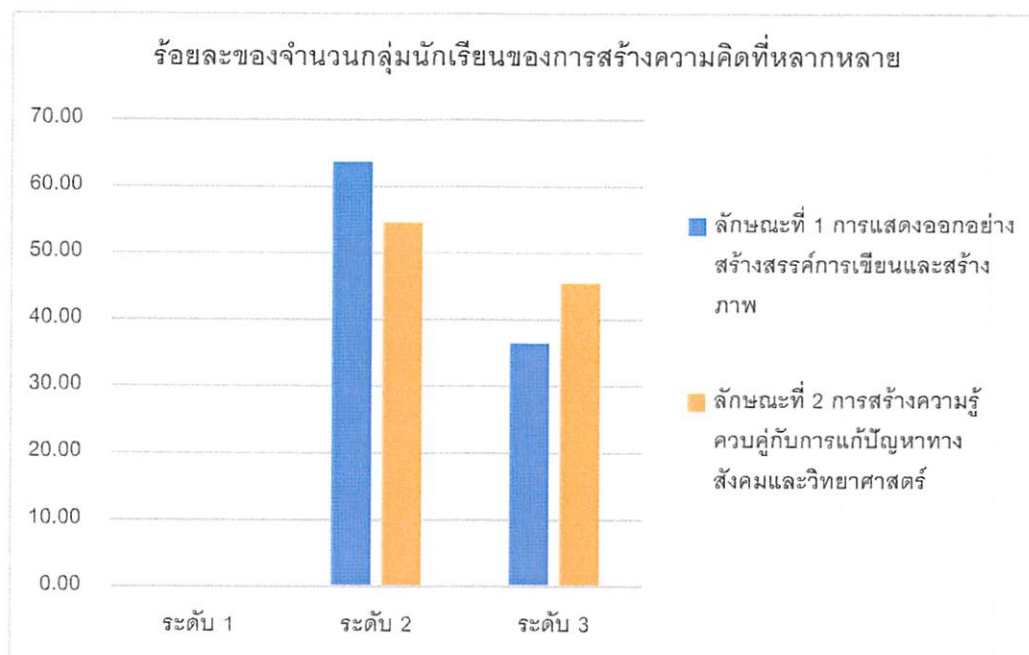
ภาพ 49 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.2) ที่แสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 3

องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย

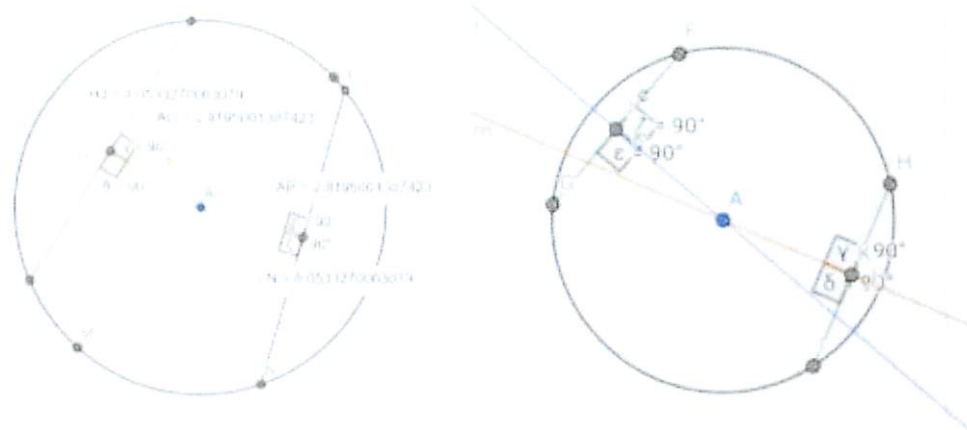
ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์หรือรายละเอียดของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลาย จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 3 เป็นดังภาพ 50





ภาพ 50 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 3

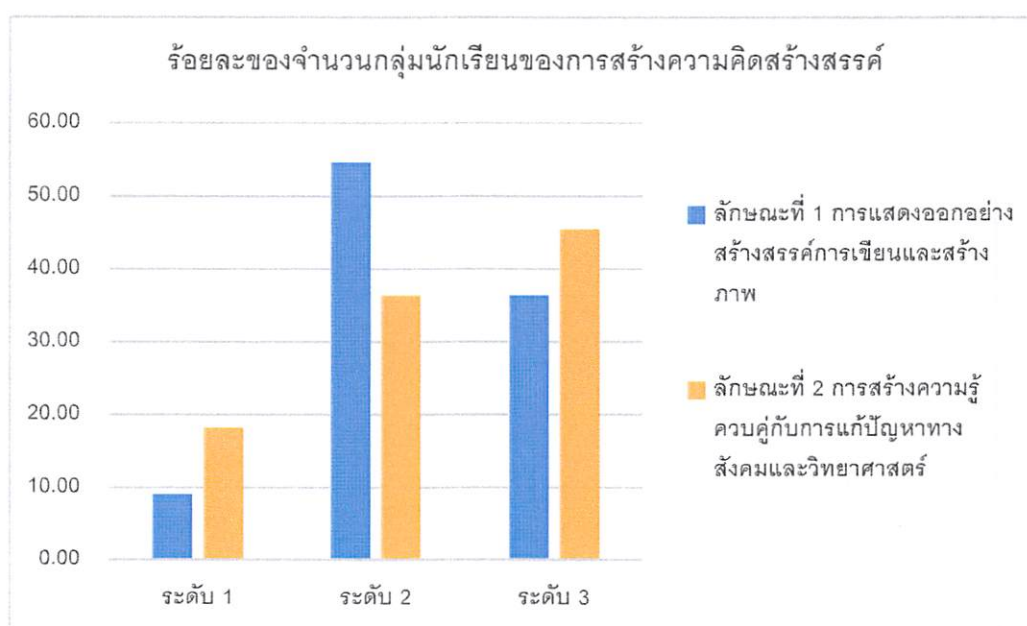
เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ และมีความสอดคล้องควบคู่กันไปตลอด ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ใกล้เคียงกัน โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 7 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 63.64 และในลักษณะที่ 2 มีจำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 54.55 ส่วนระดับ 3 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 4 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 36.36 และในลักษณะที่ 2 มีจำนวน 5 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 45.45 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมาย ในการสร้างภาพทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับคอร์ดีของวงกลม ตามขั้นตอนการสร้างที่ต้องผสมผสานกับรูปเรขาคณิตอื่นได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ จากโปรแกรม GeoGebra ในการสร้าง สุ่ม และตรวจสอบ โดยคำนึงถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพ 51



ภาพ 51 ตัวอย่างภาพทฤษฎีวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติกิจกรรม Hand-On : G4 (P.3) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

### องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์

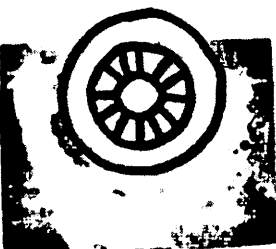
ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์หรือรายละเอียดของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรถี 3 เป็นดังภาพ 52



ภาพ 52 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3



เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้อลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ใกล้เคียงกัน จะสังเกตเห็นว่า ระดับ 3 มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 54.55 และลักษณะที่ 2 มีจำนวน 4 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 36.36 และส่วนระดับ 3 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 4 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 36.36 และลักษณะที่ 2 มีจำนวน 5 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 45.45 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถร่างและออกแบบการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ ให้มีความสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมได้ถูกต้อง และใช้โปรแกรม GeoGebra ในการช่วยสร้างแบบจำลองโดยอาศัยความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับคอर्डของวงกลมยังไม่สมบูรณ์ชัดเจน โดยมีการคำนึงถึงกลยุทธ์ที่จะนำไปสร้างชิ้นงานให้เกิดความคุ้มค่าและประโยชน์ให้มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ ดังภาพ 53

ภารกิจ 3	
ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบายส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินการ (เขียนเป็นข้อ ๆ)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ศึกษารูป</li> <li>2. สืบหาวงกลมที่มีพื้นที่เท่ากับวัตถุ</li> <li>3. สกetchกลมในส่วนวงกลมที่มีวงกลม</li> <li>4. รัศมีของวงกลมที่เท่ากัน</li> <li>5. สืบหาเส้นตรงในวงกลมที่เท่ากัน</li> </ol>

ภารกิจ 4	
ความรู้เรื่องความสัมพันธ์เกี่ยวกับคอर्डของวงกลมที่ เกี่ยวข้อง (เขียนเป็นข้อ ๆ)	ความรู้ประกอบการอื่น ๆ (เขียนเป็นข้อ ๆ)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. วงกลมที่เท่ากันทุกประการ มีเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดตัดกับ มีเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดตัด</li> <li>2. วงกลมที่เท่ากันทุกประการ มีเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดตัดกับ มีเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดตัด</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ศึกษาเส้น จักรกึ่งกลางของวงกลมที่เท่ากัน</li> <li>2. ศึกษาเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดตัดกับ</li> <li>3. ศึกษาเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดตัดกับ</li> </ol>

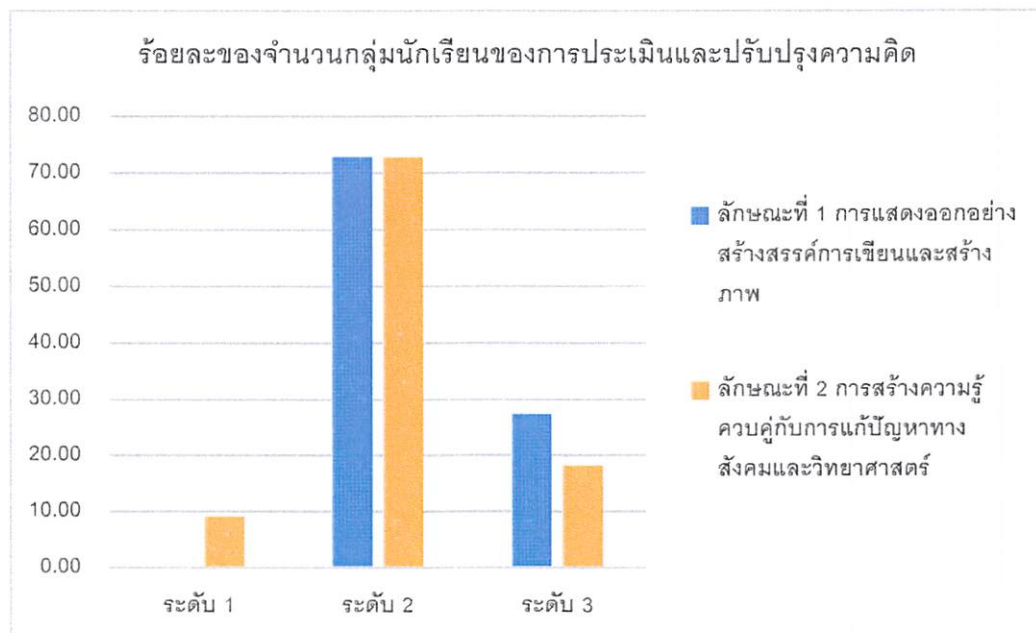
ภาพ 53 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.3) ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียน



ภาพ 54 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.3) ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ 2 และ 3 ในลักษณะที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

### องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิด จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 3 เป็นดังภาพ 55



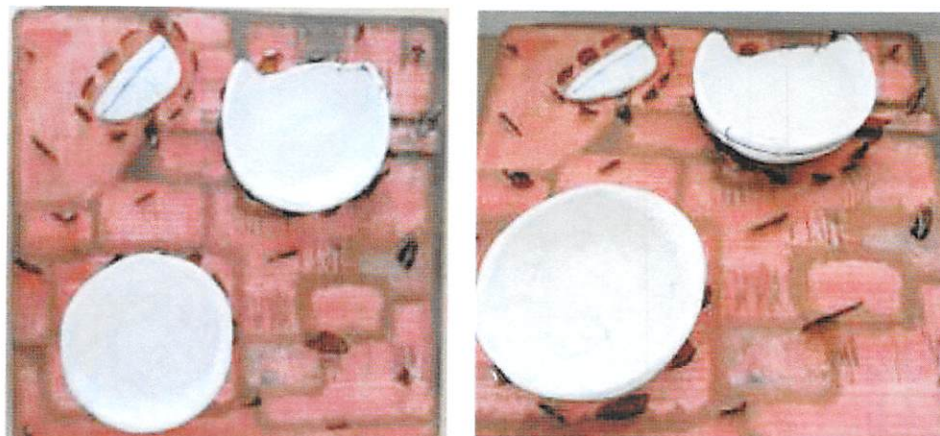
ภาพ 55 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 3

เมื่อทำการพิจารณาระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และในระดับ 3 สูงกว่าระดับ 1 เล็กน้อย โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 และ 2 มีจำนวน 8 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 72.73 เท่ากัน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะ จากผู้อื่นมาปรับปรุงในบางส่วนของขั้นตอนการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ ที่เชื่อมโยงไปถึงการออกแบบและปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองให้มีรายละเอียดเพิ่มเติม โดยเพิ่มเป็น 2 ชั้น เพื่อเปรียบเทียบชิ้นงานที่สมบูรณ์กับชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์เมื่อกาลเวลาผ่านไป แต่ยังคงโครงสร้างเดิม ให้มีความคุ้มค่า และเกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมมากขึ้น บนพื้นฐานความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับคอर्डของวงกลมที่ถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพ 56



สิ่งที่ต้องพัฒนา	นักเรียนมีใจ	ค่าตรง	ส่วน	นักเรียนมีใจ
ข้อเสนอแนะ		ควรบอกให้ตรง		ควรบอก

ภาพ 56 ตัวอย่างชิ้นงานและแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.3) ในสิ่งที่ต้องพัฒนาและข้อเสนอแนะ ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ของนักเรียน

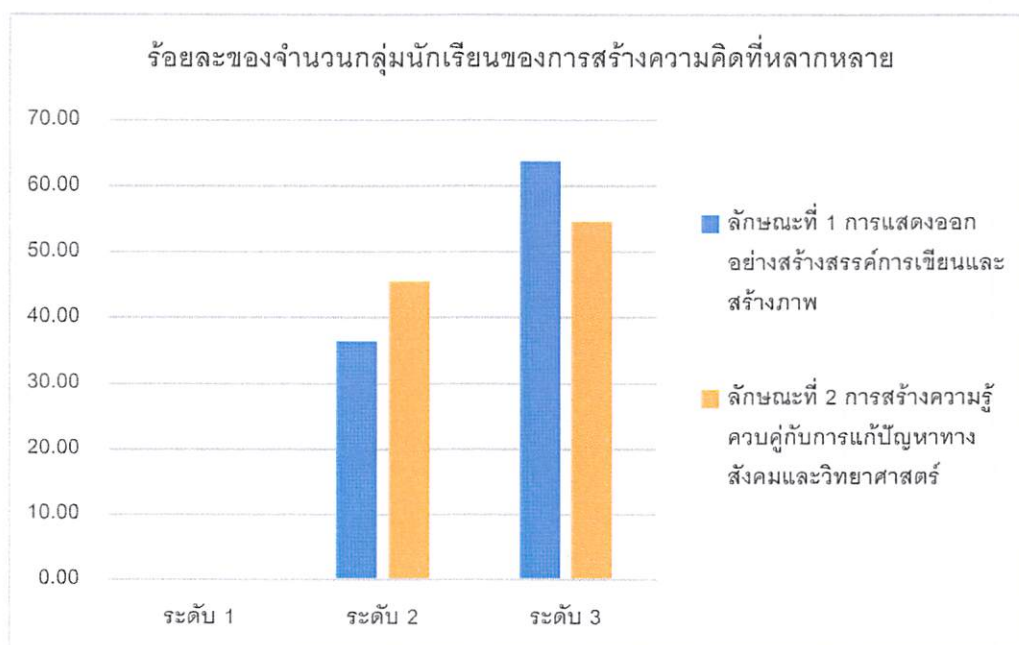


ภาพ 57 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.3) ที่แสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 และ 3 ในลักษณะที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

#### วงจรปฏิบัติการที่ 4

##### องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย

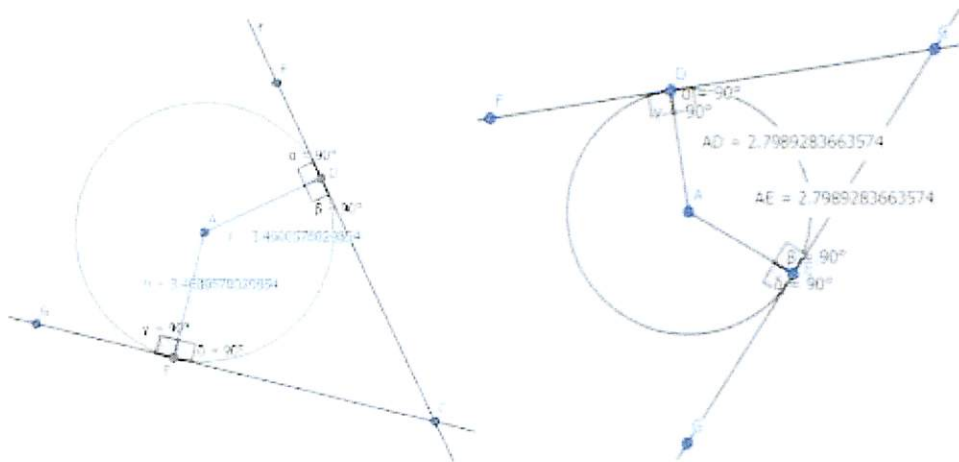
ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลาย จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 4 เป็นดังภาพ 58



ภาพ 58 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 4



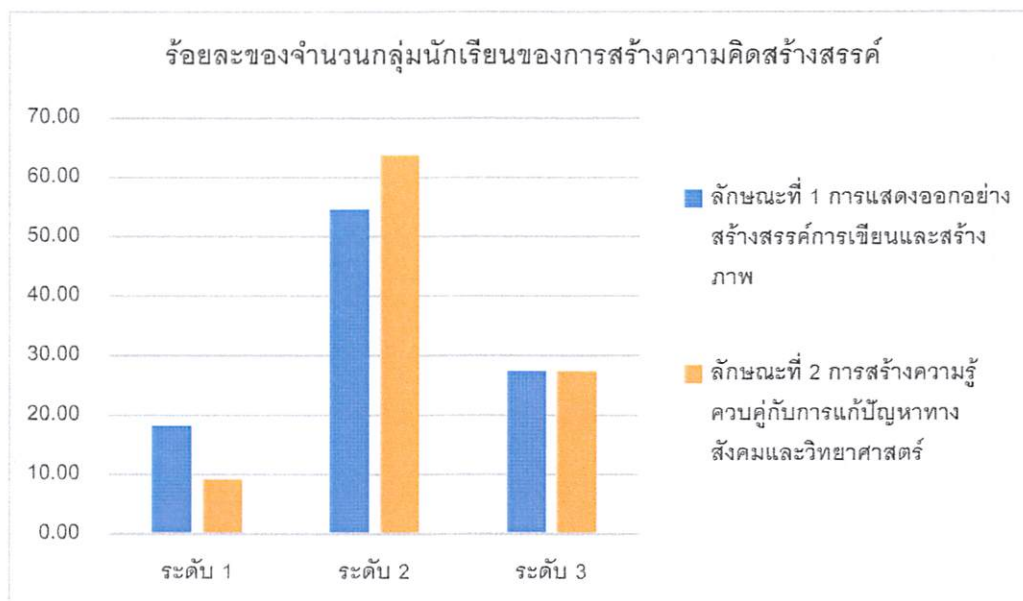
เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลายในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ และมีความสอดคล้องควบคู่กันไปตลอด ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ใกล้เคียงกัน โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 4 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 36.36 และในลักษณะที่ 2 มีจำนวน 5 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 45.45 ส่วนระดับ 3 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 7 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 63.64 และในลักษณะที่ 2 มีจำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 54.55 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมาย ในการสร้างภาพทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลม ตามขั้นตอนการสร้างที่ต้องผสมผสานกับรูปเรขาคณิตอื่นได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ จากโปรแกรม GeoGebra ในการสร้าง สำรวจ และตรวจสอบ โดยคำนึงถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพ 59



ภาพ 59 ตัวอย่างภาพทฤษฎีบทวงกลมจากแบบบันทึกผลปฏิบัติการ Hand-On : G1 (P.4) ที่แสดงความคิดหลากหลายอยู่ในระดับ 3 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

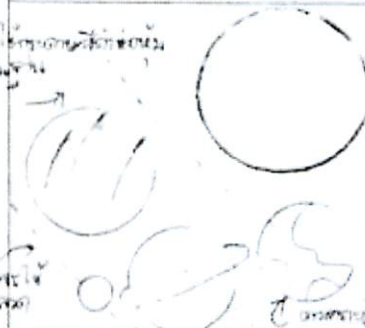
### องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 4 เป็นดังภาพ 60



ภาพ 60 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 4

เมื่อทำการพิจารณาระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ใกล้เคียงกัน และมีพัฒนาการเช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 มีจำนวน 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 54.55 และลักษณะที่ 2 มีจำนวน 7 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 63.64 และส่วนระดับ 3 ในลักษณะที่ 1 และ 2 มีจำนวน 3 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 27.27 เท่ากัน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถร่างและออกแบบการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ ให้มีความสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมได้ถูกต้อง และใช้โปรแกรม GeoGebra ในการช่วยสร้างแบบจำลองโดยอาศัยความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลมยังไม่ชัดเจน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล และมีการคำนึงถึงกลยุทธ์ที่จะนำไปสร้างชิ้นงานให้เกิดความคุ้มค่าและประโยชน์ให้มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ ดังภาพ 61

ภารกิจ 3	
ร่างนอกแบบ (วาดรูปและอธิบายส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินการ (เขียนเป็นข้อ ๆ)
<p>นักเรียนได้ศึกษารูปแบบของวงแหวนดาวเคราะห์และเขียนอธิบายส่วนประกอบ</p>  <p>นักเรียนได้เขียนอธิบายส่วนประกอบของวงแหวนดาวเคราะห์</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ศึกษาแบบ, ศึกษารูป</li> <li>2. ระบุส่วนประกอบของดาวเคราะห์</li> <li>3. เขียนอธิบายส่วนประกอบ</li> <li>4. นำเสนอผลงาน</li> <li>5. สรุปเนื้อหาสาระการเรียนรู้</li> <li>6. ประเมินผลร่วมกันทั้งกลุ่ม</li> </ol>

วงแหวนดาว

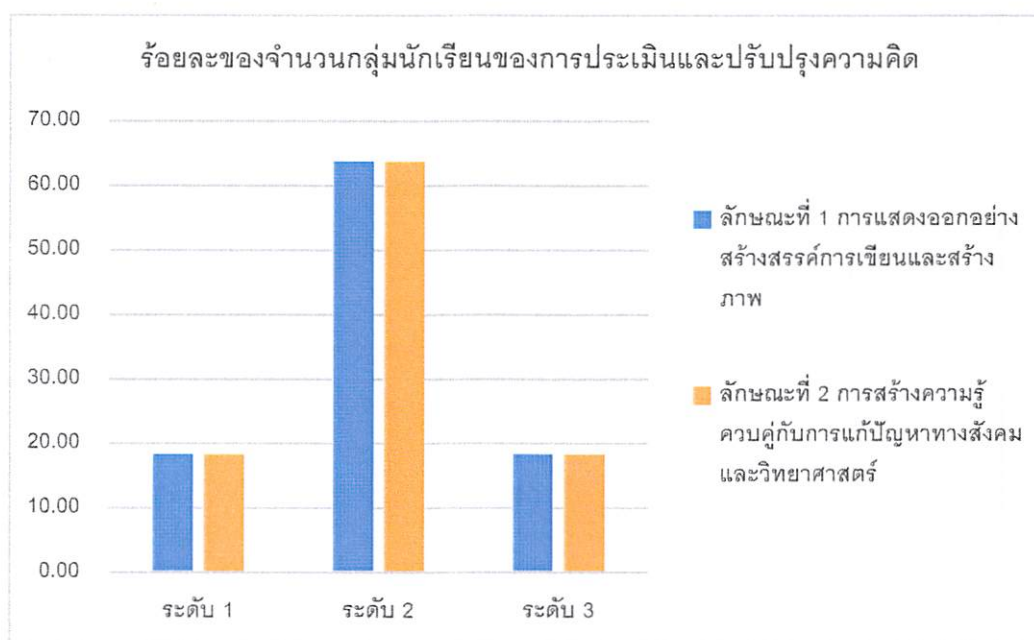
ภาพ 61 ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.4) ในภารกิจที่ 2 และ 3 ของนักเรียน



ภาพ 62 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.4) ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียน

### องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิด จากใบกิจกรรมและชิ้นงานของวงจรที่ 4 เป็นดังภาพ 63

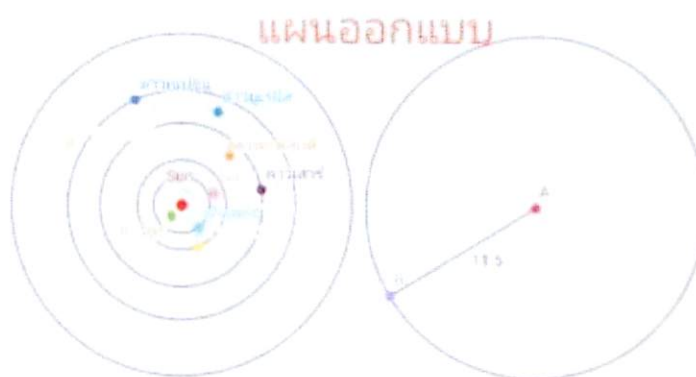


ภาพ 63 แสดงร้อยละของจำนวนกลุ่มนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 4

เมื่อทำการพิจารณาระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิดในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ของนักเรียนเป็นรายกลุ่มโดยภาพรวม นักเรียนสามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ซึ่งมีความสอดคล้องควบคู่กันไป ส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และในระดับ 1 และ 3 เท่ากัน โดยระดับ 2 ในลักษณะที่ 1 และ 2 มีจำนวน 7 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 63.64 เท่ากัน ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะ จากผู้อื่นมาปรับปรุงในบางส่วนของขั้นตอนการสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ ที่เชื่อมโยงไปถึงการออกแบบและปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองให้มีรายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนขององค์ประกอบที่เป็นดาวบริวารของดาวเคราะห์ดวงใหม่ แต่มีความคล้ายคลึงกับดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล โดยใช้ความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมเกี่ยวกับคอร์ดของวงกลมที่ถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพ 64



ภารกิจ 3	
ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบายส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินงาน (เขียนเป็นข้อ ๆ)
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทดสอบท่อนแก้วน้ำ</li> <li>2. ระบุตำแหน่งของถ่วง</li> <li>3. จัดการสถานที่ สีของถ่วง</li> <li>4. ทดลองเคลื่อนที่ในฐาน</li> <li>5. นำเสนอข้อดีของสิ่งที่ได้รวมกัน</li> </ol>



ภาพ 64 ตัวอย่างการออกแบบจากแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน Design & Plan (P.4) ในภารกิจ 3 ก่อนแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ของนักเรียน



ภาพ 65 ตัวอย่างชิ้นงานจากแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect (P.3) ที่แสดงการประเมินและปรับปรุงความคิดอยู่ในระดับ 2 ทั้งสองลักษณะของนักเรียน

2.2 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง วงกลม ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งเป็นแบบทดสอบต่างชุดและมีสถานการณ์ในชีวิตจริงแตกต่างกัน เป็นรายบุคคลและนำผลมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

องค์ประกอบของ ความคิดสร้างสรรค์ทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับ					
	แบบทดสอบหลังเรียน ครั้งที่ 1			แบบทดสอบหลังเรียน ครั้งที่ 2		
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
<b>1. การสร้างความคิดที่หลากหลาย</b>						
1.1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้าน การเขียนและสร้างภาพ	(5)	(19)	(11)	(4)	(13)	(17)
	14.71	57.88	29.41	11.76	38.24	51.11
1.2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการ แก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์	(0)	(24)	(11)	(0)	(13)	(21)
	1.11	72.59	29.41	1.11	38.24	61.76
<b>2. การสร้างความคิดสร้างสรรค์</b>						
2.1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้าน การเขียนและสร้างภาพ	(3)	(17)	(14)	(3)	(17)	(14)
	8.82	51.11	41.18	8.82	51.11	41.18
2.2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการ แก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์	(3)	(17)	(14)	(1)	(17)	(17)
	8.82	51.11	41.18	3.03	51.11	51.11
<b>3. การประเมินและปรับปรุงความคิด</b>						
3.1 การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้าน การเขียนและสร้างภาพ	(3)	(24)	(7)	(3)	(24)	(7)
	8.82	71.59	21.59	8.82	71.59	21.59
3.2 การสร้างความรู้ควบคู่กับการ แก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์	(3)	(24)	(7)	(0)	(21)	(14)
	8.82	71.59	21.59	0.00	58.82	41.18

จากตาราง 17 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น ในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ที่ควบคู่กันไป เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 4 ผู้วิจัยสังเกตได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งที่ 2 ในระดับ

3 สูงกว่าแบบทดสอบหลังเรียนครั้งที่ 1 ในทุกองค์ประกอบ และแบบทดสอบหลังเรียนครั้งที่ 2 ในระดับ 1 น้อยกว่าแบบทดสอบหลังเรียนครั้งที่ 1 ในทุกองค์ประกอบเช่นเดียวกัน ซึ่งนักเรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนามากขึ้น

เมื่อพิจารณาการสร้างความคิดที่หลากหลาย จากแบบทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 และ 3 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 ที่เพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งอยู่ในระดับ 2 และ 3 เช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาการสร้างความคิดสร้างสรรค์ จากแบบทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 และ 3 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4 ที่เพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ซึ่งอยู่ในระดับ 2 และ 3 เช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาการประเมินและปรับปรุงความคิด จากแบบทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง 4 ที่อยู่ในระดับ 2 เช่นเดียวกัน



ตัวอย่างแบบทดสอบครั้งที่ 1

ตัวอย่างแบบทดสอบครั้งที่ 2

ภาพ 66 ตัวอย่างการคิดค้นและออกแบบชิ้นงานจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ครั้งที่ 1 และ 2 ที่แสดงความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาแนวทางจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ ศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลักษณะของวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

#### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. แนวทางจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ตามแนวคิดของ Barak (2016) มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ 1) ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ 2) ขั้นเพิ่มข้อตกลง 3) ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ และ 4) ขั้นสะท้อนผล หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ตามสภาพจริง จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

เป็นขั้นตอนที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนทำการตรวจสอบความรู้เดิมจากประสบการณ์ของตนเองก่อน และเปิดโอกาสให้นักเรียนทำการสืบค้นความรู้หาประสบการณ์จากในและนอกห้องเรียน เช่น หนังสือเรียน คลังหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (eBooks) หรือ Internet เพื่อฝึกให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงในเนื้อหาเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบเบื้องต้นของวงกลมก่อน ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่เนื้อหาทฤษฎีบทวงกลมที่ซับซ้อนมากขึ้น สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ครูควรออกแบบการเรียนรู้ให้เป็นแรงบันดาลใจของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนและหาความรู้ เนื่องจากนักเรียนสามารถที่จะเข้าถึงความรู้ได้ตลอดเวลา ควรให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์และสามารถ

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้ (ประสาธ เมืองเฉลิม, 2558, น. 136-154) แต่ถึงอย่างไรก็ตามการสืบค้นและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ของนักเรียนยังมีข้อบกพร่องอยู่ เนื่องจากแหล่งข้อมูลที่ทำกรสืบค้นไม่มีความหลากหลาย อาจมาจากแหล่งหรือรูปแบบเดียวกัน ทำให้ข้อมูลที่ได้มีมุมมองเดียวหรือมิติเดียว จึงขาดความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ จนบางครั้งความรู้ของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อน ปัญหานี้จึงควรแก้โดยการให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และมีความน่าเชื่อถือ ครูอาจมีคำถามเพิ่มเติมเป็นลักษณะคำถามกระตุ้นคิดในการอธิบายแสดงแนวคิด หรือภาพประกอบเหตุผล รวมถึงให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนภายในและนอกกลุ่ม เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

### ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง

เป็นขั้นตอนที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันสร้างองค์ความรู้ ศึกษา สำรวจ และตรวจสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ผ่านกระบวนการร่วมมือแบบกลุ่ม มีการมอบหมายและแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงาน ได้แก่ การบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม การเขียนและสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมในโปรแกรม GeoGebra และการระบุวิธีการตรวจสอบ เป็นต้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือการโต้แย้งกับผู้อื่น เรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น มีการประเมินและปรับปรุงผลงาน และปรับความคิดของตนเอง สอดคล้องกับ เวชฤทธิ์ อังชนะภัทรขจร (2555, น. 66) ที่กล่าวว่า ผู้สอนควรจัดบรรยากาศในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดของตนเองและมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดของตนเองกับเพื่อนและกับผู้สอน จากการสังเกตพบว่า หลังจากการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ นักเรียนมีความรู้ในรายละเอียดของเนื้อหาทฤษฎีบทวงกลมมากขึ้น ซึ่งนักเรียนสามารถตอบคำถามและนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในขั้นตอนถัดไปได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามการสร้างองค์ความรู้ การแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนยังมีข้อบกพร่องเรื่องเวลาที่จำกัดในช่วงเริ่มแรก เนื่องจากเวลาไม่มากพอในการศึกษา สืบค้นความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนในการใช้เครื่องมือจากโปรแกรม GeoGebra ทำให้เกิดความไม่คล่องตัวหรือการใช้เครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ในการปฏิบัติกิจกรรม จนอาจเกิดความรู้ที่คลาดเคลื่อน สอดคล้องกับบทความของ ศูนย์ประกันคุณภาพการศึกษา มจพ. (2558) ที่กล่าวว่า การค้นพบความรู้ใหม่ของนักเรียน ซึ่งนักเรียนได้มีการศึกษา สืบค้นความรู้และเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ในระยะเวลาที่กำหนด ทำให้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ของเนื้อหาและองค์ความรู้ ข้อมูลที่มีไม่ครบถ้วน จะทำให้การเรียนรู้ลดลง ปัญหานี้จึงควรรีบแก้ไขให้นักเรียนมีการสืบค้นความรู้และทบทวนการใช้เครื่องมือจากโปรแกรม GeoGebra ก่อนเข้าชั้นเรียนและหลังปฏิบัติกิจกรรมเสร็จสิ้น โดยครู

มอบหมายให้นักเรียนทำการศึกษา หาความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือจากโปรแกรม GeoGebra เช่น การศึกษาด้วยตนเองจากการทดลองใช้โปรแกรม การศึกษาด้วยตนเองจากการอ่านคู่มือโปรแกรม หรือครูใช้ช่องทางออนไลน์ในการจัดคลิปวิดีโอแนะนำเครื่องมือและสาธิตการสร้างทฤษฎีบทวงกลมให้นักเรียนดู ก่อนทำการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจต่อการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

### ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้

เป็นขั้นตอนที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกัน ผ่านการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra นักเรียนจะได้ทำการระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้และประสบการณ์เดิมมาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการเผชิญกับปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงทางสังคมและวิทยาศาสตร์หรือเป็นเรื่องที่น่าสนใจเกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ รหัท ทิบบง (2562, น. 348) ที่พบว่า การใช้สถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ดังกล่าวและเห็นว่าสถานการณ์ที่มีความใกล้ตัวจึงให้ความสนใจ ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายและแก้สถานการณ์ปัญหาดังกล่าวโดยใช้ความรู้ที่ได้เรียนมาและสามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมได้ด้วยตนเอง และให้นักเรียนได้สืบค้นความรู้ หาข้อมูลเพิ่มเติมตลอดการปฏิบัติกิจกรรม โดยมีภารกิจย่อย ได้แก่ การระบุสาเหตุปัญหา วิธีการแก้ปัญหา ร่างและออกแบบทำการวางแผนการสร้างชิ้นงาน และอธิบายความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมและความรู้หรือประสบการณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานในการแก้ปัญหานั้น เช่น ปัญหาสถานการณ์อนุรักษ์ปลาทูไทย ซึ่งนักเรียนจะต้องระบุสาเหตุของปัญหาปลาทูไทยอาจสูญพันธุ์ในระยะเวลาอีก 5 ปี ต่อจากนั้นจึงระบุวิธีการสร้างอวนดักปลารุ่นใหม่ พร้อมทั้งร่างและออกแบบทำการวางแผนการสร้างอวนดักปลารุ่นใหม่ จากวัสดุอุปกรณ์หลักที่ครูเตรียมให้ และทำการระบุความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลมและความรู้หรือประสบการณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างอวนดักปลารุ่นใหม่ ซึ่งในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมครูควรให้เวลาอย่างเหมาะสมในการทำชิ้นงานไม่ควรรีบเร่งจนเกินไป นักเรียนสามารถทำชิ้นงานนอกห้องเรียนได้ ครูยังสามารถให้คำแนะนำนักเรียนผ่านหลากหลายช่องทาง ในรูปแบบของ On-Site หรือผ่านระบบ Online และมีการกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาผ่านชิ้นงานที่แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ บนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่เป็นไปได้ พบว่า นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน มีการแสดงความคิดเห็น อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม สอดคล้องกับ ประสาท เนืองเฉลิม (2558, น. 136-154) ที่กล่าวถึงแนวการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่การเรียนรู้จะต้องเชื่อมโยง

วิทยาศาสตร์กับสถานการณ์จริง ให้นักเรียนช่วยกันคิด แลกเปลี่ยนและสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ นักเรียนสามารถตามทันเหตุการณ์ในปัจจุบัน ซึ่งนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ในชีวิตจริง ทำ ให้นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรมได้

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

เป็นขั้นตอนที่ครูส่งเสริมนักเรียนร่วมกันวิจารณ์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่น เพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางาน และให้นักเรียนทำการ ประเมินและสะท้อนผลงานหลากหลายช่องทาง เช่น การเขียนและแสดงความคิดเห็นลงในกลุ่ม Line เพื่อเป็นทางเลือกในการแสดงความคิดเห็นของนักเรียน โดยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและ ปรับปรุงความคิด ในการสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น สอดคล้องกับ พิเชิต ฤทธิ์จัญญ (2559, น. 1-17) ที่กล่าวถึงการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ที่ครูควรส่งเสริมให้นักเรียน เห็นถึงความสำคัญของการประเมินตนเอง เพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของ ตนเอง และสำหรับการแสดงความคิดเห็น สะท้อนผลผ่านทางกลุ่ม Line พบว่า นักเรียนมีการ แลกเปลี่ยนความคิดมากขึ้น มีความสะดวกรวดเร็วในการสะท้อนผลยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย ของ กุลชัย กุลตวนิช และคณะ (2554) ที่ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้ Facebook ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ มีการแสดงความคิดเห็นผ่าน Facebook พบว่า นักเรียนมีการเรียนรู้ที่สะดวกมากขึ้น เกิด ความร่วมมือในการทำงานยิ่งขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามแม้ว่านักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความ คิดเห็นมากขึ้น เกิดการเรียนรู้ที่สะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถสะท้อนผลได้หลากหลายช่องทาง แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องเรื่องของการแสดงความคิดเห็น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็น แบบเกรงใจกัน รวมถึงการให้คะแนนชิ้นงานซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริง จึงต้องมีการศึกษาเพื่อหา วิธีแก้ปัญหาต่อไป

2. พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอน สตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ OECD (2019) ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้าง ความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยใน ภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

ในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ การสร้างความคิดที่หลากหลาย การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิดได้ดีตามลำดับ เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และ การประเมินและปรับปรุงความคิด ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการสร้างความคิดที่หลากหลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งอยู่ในพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยเริ่มจากจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และสอดคล้องกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เมื่อพิจารณาการสร้างความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งอยู่ในพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยเริ่มจากจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และสอดคล้องกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

เมื่อพิจารณาการประเมินและปรับปรุงความคิด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และสอดคล้องกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่เกิดพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หรือตีความหมายข้อมูลที่เป็นเรื่องราว และสร้างภาพโดยใช้วงกลมผสมผสานกับรูปร่างหรือเครื่องหมายต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลายแตกต่างกันได้อย่างถูกต้อง ควบคู่ไปกับนักเรียนสามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบ เครื่องมือ หรือวิธีการเพื่อที่จะให้บรรลุผลสำเร็จ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่มีอยู่หรือปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสมมติฐานหรือแนวคิดเพื่อตรวจสอบที่หลากหลายแตกต่างกัน ได้อย่างถูกต้อง อยู่ในระดับ 2 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และอยู่ในระดับ 2 และ 3 ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 2 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และมีความสอดคล้องกับการทดสอบ



รายบุคคลของนักเรียนทั้ง 2 ครั้ง ที่อยู่ในระดับ 2 และ 3 เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นพัฒนาการที่ดีขึ้น เนื่องจากครูส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้และประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลม จากการตรวจสอบความรู้เดิมในกิจกรรมก่อนหน้า และช่วยให้เกิดความเข้าใจในการปฏิบัติกิจกรรมจากคำชี้แจง และส่งเสริมความร่วมมือและแบ่งหน้าที่กันทำงาน ครูคอยอำนวยความสะดวกในการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นำมาช่วยสร้างภาพทางทฤษฎีบทวงกลมและเขียนอธิบายแนวคิดได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน รวมถึงการสำรวจและตรวจสอบ โดยคำนึงถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย แตกต่างกันในการแก้ปัญหาจากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ นิลาวรรณ สิงห์งาม (2559, น. 151-166) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนมีแรงจูงใจ และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แบ่งปันความคิดจากผู้อื่น จะส่งผลให้มีการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีโอกาสที่จะหาคำตอบของตนเองได้โดยไม่เหมือนใคร ครูควรเน้นย้ำถึงการแสดงออกทางความคิดโดยไม่มีผิดหรือถูก

**องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์** ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

นักเรียนสามารถออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะและสร้างภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อเกี่ยวกับเรื่องของวงกลมที่แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพได้อย่างถูกต้อง ควบคู่ไปกับนักเรียนสามารถคำนึงถึงกลยุทธ์ที่มีอยู่เดิมที่จะนำไปใช้อย่างถูกต้อง ตระหนักถึงผลลัพธ์ความคุ้มค่าที่เกิดประโยชน์ต่อตนเองหรือสังคม และสร้างวิธีการแก้ปัญหาในเชิงวิศวกรรมได้ถูกต้องและมีความเป็นไปได้ แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพได้อย่างถูกต้อง โดยอยู่ในระดับ 1 และ 2 เริ่มจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 2 และอยู่ในระดับ 2 และ 3 ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 3 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และมีความสอดคล้องกับการทดสอบรายบุคคลของนักเรียนทั้ง 2 ครั้ง ที่อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งเป็นพัฒนาการที่ดีขึ้น เนื่องจากครูส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้การปฏิบัติกิจกรรมมากขึ้นหลังจากผ่านในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทำให้คุ้นเคยกับภารกิจหรือขั้นตอนในการสร้างและออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมมือกันในการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง ผ่านการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และทำการระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมและประสบการณ์เดิมที่ถูกต้อง มาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในรูปแบบของวิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม เพื่อเผชิญกับปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงทางสังคมและวิทยาศาสตร์ โดยคำนึงถึงกลยุทธ์ที่จะนำไปสร้างชิ้นงานให้เกิดความคุ้มค่าและประโยชน์ มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ

งานวิจัยของ วันเพ็ญ นันทะศรี (2560, น. 44-50) ที่พบว่า ปัจจัยที่มีส่วนให้ความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น คือ การที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนกับเพื่อนภายในกลุ่มก่อให้เกิดการแตกแขนงทางความคิดขึ้น รวมถึงช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน

**องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด** ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

นักเรียนสามารถปรับปรุงในบางส่วนของการเขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงานศิลปะแต่ยังคงรักษาองค์ประกอบและแรงบันดาลใจที่มีอยู่เดิม และปรับปรุงภาพหรือแบบจำลองโดยสื่อเกี่ยวกับเรื่องของวงกลมให้ชัดเจนมีการเชื่อมโยงยิ่งขึ้นแต่ยังคงรักษาภาพรวมที่มีอยู่เดิมได้อย่างถูกต้อง ควบคู่ไปกับนักเรียนสามารถนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงวิธีการหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมให้มีความคุ้มค่า เกิดประโยชน์ต่อตนเองและสังคมยิ่งขึ้น และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาที่ได้จากการทดลองหรือการตรวจสอบโดยคำตอบนั้นยังคงถูกต้อง โดยอยู่ในระดับ 2 ตั้งแต่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และมีความสอดคล้องกับการทดสอบรายบุคคลของนักเรียนทั้ง 2 ครั้ง ที่อยู่ในระดับ 2 เช่นกัน ซึ่งไม่เกิดพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง เนื่องจากครูส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันวิจารณ์และให้คำแนะนำ นักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางานให้ดีขึ้นกว่าเดิม สอดคล้องกับ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556, น. 36) ที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงให้นักเรียนทำการประเมินและสะท้อนผลงาน ให้คะแนนชิ้นงานร่วมกัน ซึ่งนักเรียนมีความเกรงอกเกรงใจต่อกันในการแสดงความคิดเห็น และกลัวการได้คะแนนน้อย ส่งผลให้การประเมินและปรับปรุงของนักเรียนอยู่ในระดับที่คงที่มาโดยตลอด

### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้และข้อเสนอแนะในการวิจัย ดังนี้

## 1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่ช่วยในการจัดการเรียนรู้ทั้งในส่วนของเนื้อหาที่สามารถสร้างองค์ความรู้ ศึกษาสำรวจ และตรวจสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม และช่วยให้การร่างและออกแบบการสร้างชิ้นงานซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติกิจกรรมและการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วในการจัดการเรียนรู้ทั้งครูและนักเรียน

1.2 ในขั้นการสืบค้นความรู้ใหม่ ควรให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม จากการปลดปล่อยความรู้หรือสิ่งที่นักเรียนมี และให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้ผ่านการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และมีความน่าเชื่อถือ

1.3 ในขั้นเพิ่มข้อตกลง ครูควรกำหนดระยะเวลาให้เหมาะสม โดยการเพิ่มระยะเวลาในช่วงแรกของการปฏิบัติกิจกรรม และเตรียมความพร้อมให้นักเรียนทำการศึกษา หาความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือจากโปรแกรม GeoGebra จนเกิดความคล่องตัวและใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง ทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในการปฏิบัติกิจกรรม และหลังจากปฏิบัติกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม ครูและนักเรียนควรมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ ให้นักเรียนเกิดเรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น และปรับความคิดของตนเองเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.4 ในขั้นร่วมมือสร้างความรู้ ครูควรมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างมากในศาสตร์อื่น ๆ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์และในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้คำแนะนำกับนักเรียนในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องได้ และสามารถเตรียมกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้ดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.5 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เพราะความรู้ที่อยู่ทุกที่ทุกเวลา นักเรียนสามารถทำชิ้นงานทั้งในหรือห้องเรียนได้ โดยให้คำแนะนำนักเรียนผ่านหลากหลายช่องทาง และมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้ระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้และประสบการณ์เดิมมาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการเผชิญกับปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยให้นักเรียนวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาผ่านชิ้นงานที่แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ บนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่เป็นไปได้

1.6 ในขั้นการสะท้อนผล ควรให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการพัฒนาและปรับปรุงความคิดและสร้างความรู้ จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น นักเรียนสามารถทำการประเมินและสะท้อนผลงานหลากหลายช่องทาง โดยเฉพาะผ่านทางระบบ Online ซึ่งเป็นการที่ครูและ

นักเรียนใช้สื่อสังคม หรือ โซเชียลมีเดียในการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกัน ทำให้มีความสะดวก รวดเร็วต่อการสะท้อนผล นักเรียนมีความกล้าที่จะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นมากขึ้น

1.7 นักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการแสดงความคิดเห็น มีการให้คะแนนช่วยเหลือซึ่งกัน และกัน เหตุผลอาจเป็นเพราะนักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็นแบบตรงไปตรงมาและกลัวที่จะได้ คะแนนน้อย เพราะฉะนั้นครูควรศึกษาการแสดงความคิดเห็นในรูปแบบการปกปิดตัวตน เพื่อให้ เกิดความกล้าแสดงออกทางความคิดอย่างอิสระ และให้คะแนนชิ้นงานในรูปแบบของการโหวตที่ จำกัด้สิทธิ์การโหวต 1 สิทธิ์ต่อคน เพื่อให้คะแนนมีความสำคัญและตรงกับความเป็นจริง

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในชั้นเพิ่มเติมข้อตกลงควรได้รับการศึกษาต่อยอด ด้วยการออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนสามารถสร้างวิธีการหรือขั้นตอนการสร้าง จากกลยุทธ์ที่มี และสร้างภาพทฤษฎีวงกลมไปออกแบบร่วมกับสิ่งที่ก่อให้เกิดคุณค่าต่าง ๆ เช่น โลโก้ สัญลักษณ์หรือ ภาพศิลปะ เป็นต้น

2.2 ผู้วิจัยเห็นว่ากรวิจัยนี้ควรได้รับการศึกษาต่อยอด ด้วยการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในส่วนของทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานมากกว่าหนึ่งรอบ โดยพิจารณาการปรับปรุงแก้ไขใน แต่ละประเด็นของชิ้นงานให้มีความชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ในองค์ประกอบของการประเมินและปรับปรุงความคิดให้มีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นได้

**บรรณานุกรม**

## บรรณานุกรม

- กมลวรรณ สุภากุล. (2562). ตัวอย่างกิจกรรมเพื่อส่งเสริม "การเรียนรู้แบบลงมือทำ" หรือ *Active Learning*. สืบค้น 9 ตุลาคม 2563,  
จาก [https://www.krupatom.com/education\\_9580/9580](https://www.krupatom.com/education_9580/9580)
- กรมวิชาการ. (2544). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้  
คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน  
พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษณะ สุวรรณภูมิ. (2557). *Active Learning: ข่าวกณะแพทย์ คณะแพทยศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กันตารณณ์ ช้องย่า. (2560). *ชุดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อส่งเสริม  
ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียน  
ขลุ่ยระนาดภิเษก จ.จันทบุรี (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. ชลบุรี:  
มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กุลชัย กุลตวนิช, สุติวัฒน์ สุวัตติพงษ์, นवलลลล ทวิชศรี และเกษมสันต์ สกุลรัตน์. (2554).  
Facebook: การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามแนวคิดโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์.  
ใน *ประมวลการประชุมวิชาการระดับชาติด้านอิเล็กทรอนิกส์ประจำปี 2554*. กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). *การคิดเชิงสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ชัคเชลมีเดีย.
- จรรยา ภูอุดม. (2544). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้าง  
ความรู้* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จาวรรรณ ปะกัง. (2551). *ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เกี่ยวกับ  
เรื่องวงกลม จากผลงานศิลปะ* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). ขอนแก่น:  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชญญา อุทิศ. (2557). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง "กำหนดการเชิงเส้น" ที่ส่งเสริมทักษะและ  
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 6 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัดสมุทรสาคร* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต).  
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. (2553). *Active Learning: ข่าวสารวิชาการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทวิลาภ งามพิงพิศ. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาการสร้างเว็บเพจด้วยโปรแกรมเท็กซ์อีดิเตอร์ (Text Editor) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนกระยะของวิทยาคม (วัดโขดใต้) จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ (Social Constructivist Theory) (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ.
- ทิตนา แชมมณี. (2548). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..
- ธัญญา วิริยะประสิทธิ์. (2556). การพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง *ซัง ตวง วัด* สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาดุษฎีบัณฑิต). วิทยานิพนธ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- นิลาวรรณ สิงห์งาม. (2559). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บโดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับกระบวนการสอนแบบซินเน็คติคส์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 13(60), 151-166.
- ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2558). แนวการเรียนรู้อุทิศวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต*, 9(1), 136-154.
- ปิยะวุฒิ ศรีชนะ. (2556). ชุดการเรียนการสอนเรื่องกำหนดการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาดุษฎีบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พงศกร วังศิลา. (2561). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาดุษฎีบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- พงศ์ศักดิ์ วุฒิสันต์. (พฤศจิกายน 2556). GeoGebra อีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจของครูคณิตศาสตร์. *นิตยสาร สสวท*, 41(181), 13-16.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2559). การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ Assessment for Learning Development. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 9(1), 1-17.

- พิสุทธิ ยงหางเรือ. (2559). ผลการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยโปรแกรม  
จีโอจีบร้า เรื่องภาคตัดกรวย (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ภัทร อภิวัฒน์กุล และ ณาณิน เหลืองนวล. (2558). ความคิดสร้างสรรค์ปัจจัย  
สร้างอำนาจต่อรองในเวทีโลก. สืบค้น 9 กันยายน 2563,  
จาก <https://www.komchadluek.net/news/detail/211741>
- มนตรี ศิริจันทร์ชื่น. (2554). การสอนนักศึกษากลุ่มใหญ่ในรายวิชา Gsoc 2101 ชุมชนกับ  
การพัฒนา โดยใช้การสอนแบบ Active Learning และการใช้บทเรียนแบบ e-learning.  
เชียงใหม่: คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- เมธาสิทธิ์ ธัญรัตน์ศรีสกุล. (2558). พื้นฐานการใช้งานโปรแกรม GeoGebra.  
สืบค้น 10 ตุลาคม 2563, จาก <https://plus.google.com/rop/1/wm/1/112460358764837222236/posts/YhRAEMoT4Wu>
- รหัท ตีบบง. (2562). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน  
เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ที่ส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองปริญญา  
มหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วรรณนิสา เมืองโคตร. (2560). การส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้งานทางคณิตศาสตร์ (วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วันเพ็ญ นันทะศรี. (2560). การพัฒนาทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษา  
ด้วยการเขียนแผนที่ความคิด. วารสารบัณฑิตศึกษา, 14(64), 43-50.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ฝ่ายโรงพิมพ์  
บริษัท ตาตา พับลิเคชั่น จำกัด.
- วีณา ประชากุล และประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2553). รูปแบบการเรียนการสอน. มหาสารคาม:  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วีรศ กิตติวรากุล. (2561). การศึกษาความรู้เชิงมโนทัศน์และความสามารถในการพิสูจน์ เรื่อง  
วงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการ  
สร้างข้อความคาดการณ์และพิสูจน์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra (วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.



- เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตร การสอน และวิจัย*. กรุงเทพฯ: จรัสสนิทวงศ์การพิมพ์.
- ศูนย์ประกันคุณภาพการศึกษา มจพ. (2558). *การเรียนรู้แบบ Active Learning News ข่าวประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศูนย์วิจัยมหาวิทยาลัยกรุงเทพ. (2555). *ความคิดสร้างสรรค์กับการพัฒนาประเทศ*. สืบค้น 18 กันยายน 2563, จาก <http://bangkokpoll.bu.ac.th/poll/result/poll577.php?pollID=436.html>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือการใช้โปรแกรม GeoGebra หลักสูตรอบรมครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป GeoGebra*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018: บทสรุปของผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาพร พุฒตมิกุล. (2558). *คุณภาพผู้เรียน เกิดจากการกระบวนกรเรียนรู้*. สระแก้ว: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว.
- สมบัติ กุสมาวลี. (2558). *ประเทศไทยอยู่ที่ไหนในบริบทความสร้างสรรค์ของโลก*. สืบค้น 9 กันยายน 2563, จาก <https://mgronline.com/management/detail/9580000100595>
- สมภวิล ไซติคณาทิศ. (2549). *ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์*. สืบค้น 1 ตุลาคม 2563, จาก <https://www.gotoknow.org/posts/37611>
- สมหมาย มะลิกอง. (2552). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อวิธีการจัดการเรียนรู้ภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนสำเร็จรูปที่เน้นทักษะการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มกับที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- สำนักมาตรฐานและคุณภาพอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2551). *คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับอุดมศึกษา ฉบับปีการศึกษา 2551*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุติสการพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนากระบวนการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- อนุชา โสมาบุตร. (2556). *ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism Theory)*. สืบค้น 18 กันยายน 2563, จาก <https://teacherweekly.wordpress.com/2013/09/25/constructivist-theory/>
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (พฤศจิกายน 2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *นิตยสาร สสวท.*, 42(185), 35-37.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2546). *คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคะนอง. (2558). *คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุบล กลองกระโทก. (2554). *ประมวลสาระชุดวิชาการจัดประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12 การสำรวจคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- Aina, J.K. (2017). Developing a Constructivist Model for Effective Physics Learning. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 1(4), 59-67.
- Balka, D.S. (1974). The Development of an Instrument to Measure Creative Ability in Mathematics. *Dissertation Abstracts International*, 36(1), 98.
- Barak, M. (2016). Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. *Research in Science Education*, 47(2), 283-303.
- Bell, B.F. (1993). *Children science, constructivism and learning in science*. Geelong: Deakin University.

- Brooks, J.G., & Brooks, M.G. (1993). *In search of understanding: the case for constructivist classrooms*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Cai, J. & Lester, F. (2010). *Why is teaching with problem solving important to student learning?* (Problem Solving Research Brief). Reston, VA: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Cobb, P. (1994). Where is the Mind construct and Sociocultural Perspective on Material Development. *Educational Researcher*, 23(27), 13-20.
- Dos, S., & José, M. (2017). Intersection of two surfaces in GeoGebra. *The Journal of the International GeoGebra Institute of São Paulo (IGISP)*, 2(6), 4-9.
- Fosnot, C.T. (1996). *Constructivism: Theory, Perspective and Practice*. New York: Teacher College.
- Geogebra.org. (2013). *Website terms of service and use*. Retrieved October 12, 2020, from <https://www.geogebra.org/>
- Glaserfeld, von E. (1989). Constructivism in education. *The International Encyclopedia of Education*, 1, 162-163.
- Greenstien, L. (2012). *Assessing 21<sup>st</sup> century skill: A guide to evaluating mastery and authentic learning*. California: Corwin.
- Guilford, J.P. (1956). *Structure of intellect psychological*. New York: McGraw-Hill Book.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill Book.
- Henningsen, M., & Stein, M.K. (1997). Mathematical tasks and student cognition: Classroom-based factors that support and inhibit high-level mathematical thinking and reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(5), 524–549.
- Hohenwarter, M., & Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. *Paper presented at the computer algebra systems and dynamic geometry systems in mathematics teaching Conference*. Pecs: Hungary.

- Hohenwarter, M., & Preiner, J. (2007). Dynamic mathematics with GeoGebra. *The Journal of Online Mathematics and Its Applications*, 7(1), 2-12.
- Homi Bhabha Centre for Science Education, TIFR. (2014). *Mathematics laboratory*. Retrieved October 1, 2020, from <https://mathedu.hbcse.tifr.res.in/mathematics-laboratory>
- Hoong, F.K. (2008). Promoting mathematical creativity for all students assessment. *Proceeding of the Discussing Group 9: Promoting Creativity for all students in Mathematics Education of the 11<sup>th</sup> International Congress on Mathematics Education (pp. 230-234)*, Monterrey, Mexico.
- Huang, H.M. (2002). Toward constructivism for adult learners in online learning environments. *British Journal of Education Technology*, 33(1), 27-37.
- Lee, K.S., Hwang, D., & Seo, J.J. (2003). A development of the test for mathematical creative problem solving ability. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*, 7(3), 163-189.
- Macleod, N.G. (1988). Time for a change. *Mathematics in School*, 27(2), 6-7.
- Mehdi, N., Narges, Y., & Shahrnaz, B. (2012). Mathematical creativity: Some definition a characteristics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 31, 285-291.
- Navetta, A. (2017). Visualizing Functions of Complex Numbers Using GeoGebra. *North American GeoGebra Journal*, 5(2), 17-25.
- Osborn, A.F. (1963). *Applied Imagination: Principles and procedures of creative problem solving*. New York: Charles Scribner.
- Packer, M.J., & Goicoechea, J. (2000). Sociocultural and constructivist theories of learning Ontology, not just epistemology. *Educational Psychologist*, 35(4), 227-241.
- Piaget, J. (1970). *Genetic epistemology*. New York: Columbia University.
- Preiner, J. (2008). *Introducing dynamic mathematics software to mathematics teachers: The case of GeoGebra*. Austria: University of Salzburg.
- Romey, W.D. (1970). What is your creativity quotient?. *School Science and Mathematics*, 70(1), 3-8.

- Roy, S. (1982). Mathematical creativity-can it be taught at an early age?. *Internationnal Journal of Mathematical Educational in Science and Technology*, 13(2), 143-147.
- Shepardson, D.P. (1999). Learning science in a first grade science activity: A Vygotskian perspective. *Science Education*, 83(5), 21-38.
- Smith, M.E., Teemant, A., & Pinnegar, S. (2004). Principle and practices of sociocultural assessment: Foundations for effective strategies for linguistically diverse classroom. *Multicultural Perspectives*, 6, 38-46.
- The National Council of Teacher of Mathematics. (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston, VA: The National Council of Teacher of Mathematics.
- The Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2021 Creative thinking framework (third draft)*. Paris: The Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Torance, E.P. (1973). *Encouraging creativity in the classroom (4th ed.)*. Iowa: Wm. C Brown.
- Underhill, R.G. (1991). Two layers of constructivist curricular interaction. *Radicle Constructivism in Mathematics Education*. 7, 229-248.
- Vega, V. (2012). *Project-based learning research review*. Retrieved October 8, 2020, from <https://www.edutopia.org/pbl-research-learning-outcomes>
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University.
- Warren, A.M. (2016). *Project-based learning across the disciplines plan, manage, and assess through+1 pedagogy*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Willams, J. G. (2011). *The effects of using social constructivism in the high school science classroom* (Doctoral dissertation). Bozeman: Montana State University.
- Yager, R. E. (1991). The Constructivist Learning Model: Toward real reform in science education. *The Science Teacher*, 58(6), 52-57.

Zulnaidi, H. & Zakaria, E. (2012). *The effect of using GeoGebra on conceptual and procedural knowledge of high school mathematics students*. Bangi, Selangor: University Kebangsaan Malaysia.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีเซตเชิงลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา
  - 1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์  
อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ระดับมัธยมศึกษา
  - 2.1 ว่าที่ร้อยตรีอนุเทพ เทพปັນ  
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ  
โรงเรียนชาณุวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร
  - 2.2 นางหฤทัย เทพปັນ  
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ  
โรงเรียนชาณุวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร



## ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
3. ใบกิจกรรม
4. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยล  
คอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทาง  
คณิตศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 วงกลม เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม 1  
ครูผู้สอน นายสิทธิชัย พานิชย์วิไล เวลา 4 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์

ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 2.2 ม.3/3 เข้าใจและใช้ทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2. สาระสำคัญ

2.1 ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมวงเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเท่ากัน ก็ต่อเมื่อ ส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางนั้นยาวเท่ากัน

2.2 ในวงกลมวงเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

2.3 ในวงกลมวงเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้

นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ (K)

### 3.2 ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

นักเรียนสามารถวางแผน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ และสร้างความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ บนพื้นฐานความรู้เรื่องความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ (P)

### 3.3 ด้านคุณลักษณะ (คุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมอันพึงประสงค์)

นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A)

## 4. สาระการเรียนรู้

4.1 วงกลม คอร์ด และเส้นสัมผัส

4.2 ทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

5.1 ความสามารถในการสื่อสาร

5.2 ความสามารถในการคิด

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

5.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

## 6. กิจกรรมการเรียนรู้

### ชั่วโมงที่ 1

#### ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ (20 นาที)

1. ครูกล่าวทักทายนักเรียน และแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ ดังนี้

“สวัสดีครับ นักเรียน เมื่อเรียนเสร็จเรื่องนี้ นักเรียนจะสามารถวางแผน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ และสร้างความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ บนพื้นฐานความรู้เรื่องความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้”

2. จากนั้นครูให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แล้วตั้งชื่อกลุ่มพร้อมเขียนรายชื่อสมาชิกให้เรียบร้อย

3. ให้นักเรียนทำกิจกรรม NOTE เพื่อทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนสืบค้นจาก Internet เพื่อศึกษาและรับความรู้จากการสืบค้นที่ถูกต้อง โดยทำการบันทึกลงในแบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล

4. ครูใช้คำถามหลังจากที่นักเรียนได้ทำกิจกรรม NOTE เสร็จสิ้น และให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาภายในกลุ่มและตอบคำถามพร้อมอธิบายเพิ่มเติม เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนให้เกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องก่อนที่จะเข้าสู่กิจกรรม Hand-On ดังนี้

คำถามที่ 1 : ส่วนโค้งของวงกลมเกิดจากอะไร มีลักษณะอย่างไร

แนวการตอบ : เกิดจากการแบ่งเส้นรอบวงกลมออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งแต่ละส่วนลักษณะเป็นเส้นโค้ง

คำถามที่ 2 : ในวงกลมหนึ่งหนึ่ง จะสามารถสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือรัศมี ผ่านได้ทั้งหมดกี่เส้น (พร้อมวาด/แสดงรูปประกอบ)

แนวการตอบ : ไม่จำกัด

คำถามที่ 3 : หากเราสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือรัศมี 1 เส้นผ่านวงกลมหนึ่งหนึ่ง จะแบ่งเส้นรอบวงกลมออกเป็นกี่ส่วน (พร้อมวาด/แสดงรูปประกอบ)

แนวการตอบ : 2 ส่วน

คำถามที่ 4 : เมื่อเราแบ่งเส้นรอบวงกลมออกเป็น 2 ส่วน ส่วนโค้งที่เกิดขึ้นทั้งสองจะยาวเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด (พร้อมวาด/แสดงรูปประกอบ)

แนวการตอบ : เท่าหรือไม่เท่ากันก็ได้ เพราะ ถ้าแบ่งเส้นรอบวงกลมผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม จะทำให้ส่วนโค้งทั้งสองยาวเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า ครึ่งวงกลม และถ้าหากแบ่งเส้นรอบวงกลมไม่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม จะทำให้ส่วนโค้งทั้งสองยาวไม่เท่ากัน ซึ่งจะเรียกส่วนโค้งที่ยาวกว่าว่า ส่วนโค้งใหญ่ (major arc) และเรียกส่วนโค้งที่สั้นกว่าว่า ส่วนโค้งน้อย (minor arc)

คำถามที่ 5 : นักเรียนสามารถพบเห็นหรือนำความรู้เกี่ยวกับส่วนโค้งของวงกลมไปใช้ในชีวิตประจำวันอะไรบ้าง

แนวการตอบ : [ตามประสบการณ์การเรียนรู้ของแต่ละคน]

## ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง (40 นาที)

5. ครูแนะนำให้นักเรียนรู้จักทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมโดยเน้นการให้เหตุผลและการพิสูจน์แบบไม่เป็นทางการ เพื่อให้ได้ข้อสรุปตามทฤษฎีบท โดยใช้ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อสำรวจความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมและยืนยันข้อสรุปที่ได้

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันศึกษา สำรวจ และตรวจสอบ ดังนี้

6.1 มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม

6.2 มุมในส่วนโค้งของวงกลม

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

6.5 ความสัมพันธ์ของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

7. ครูกล่าวถึงเรื่องที่นักเรียนทราบมาแล้วว่า “เมื่อนักเรียนได้รู้จักส่วนต่าง ๆ ของวงกลมที่เป็นพื้นฐานในการเรียนหัวข้อนี้ ซึ่งได้แก่ ส่วนโค้งใหญ่ ส่วนโค้งน้อย ครึ่งวงกลม เป็นต้น นักเรียนคิดว่าขนาดของมุมในส่วนโค้งจะมีความสัมพันธ์กับส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นหรือไม่ อย่างไร”

7.1 นักเรียนคิดว่า มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมหมายถึงอะไร มีลักษณะอย่างไร และมีความเกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ของวงกลมอย่างไร

7.2 นักเรียนคิดว่า มุมในส่วนโค้งของวงกลมหมายถึงอะไร มีลักษณะอย่างไร และมีความเกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ของวงกลมอย่างไร

8. ครูแจกใบกิจกรรม Hand-On : G1 ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม “ปฏิบัติการค้นหามุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม” จนได้ข้อสรุปความรู้ความเข้าใจ

คำถามที่ 1 : จากการสืบค้น มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม หมายถึงอะไร

แนวการตอบ : มุมที่มีจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นจุดยอดมุม และแขนทั้งสองของมุมตัดวงกลม

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง (40 นาที)

5. ครูแนะนำให้ให้นักเรียนรู้จักทฤษฎีบทที่เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมโดยเน้นการให้เหตุผลและการพิสูจน์แบบไม่เป็นทางการ เพื่อให้ได้ข้อสรุปตามทฤษฎีบท โดยให้ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อสำรวจความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมและยืนยันข้อสรุปที่ได้

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันศึกษา สำรวจ และตรวจสอบ ดังนี้

6.1 มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม

6.2 มุมในส่วนโค้งของวงกลม

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

6.5 ความสัมพันธ์ของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

7. ครูกล่าวถึงเรื่องที่นักเรียนทราบมาแล้วว่า “เมื่อนักเรียนได้รู้จักส่วนต่าง ๆ ของวงกลมที่เป็นพื้นฐานในการเรียนหัวข้อนี้ ซึ่งได้แก่ ส่วนโค้งใหญ่ ส่วนโค้งน้อย ครึ่งวงกลม เป็นต้น นักเรียนคิดว่าขนาดของมุมในส่วนโค้งจะมีความสัมพันธ์กับส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นหรือไม่ อย่างไร”

7.1 นักเรียนคิดว่า มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมหมายถึงอะไร มีลักษณะอย่างไร และมีความเกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ของวงกลมอย่างไร

7.2 นักเรียนคิดว่า มุมในส่วนโค้งของวงกลมหมายถึงอะไร มีลักษณะอย่างไร และมีความเกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ของวงกลมอย่างไร

8. ครูแจกใบกิจกรรม Hand-On : G1 ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม “ปฏิบัติการค้นหามุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม” จนได้ข้อสรุปความรู้ความเข้าใจ

คำถามที่ 1 : จากการสืบค้น มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม หมายถึงอะไร

แนวการตอบ : มุมที่มีจุดศูนย์กลางของวงกลมเป็นจุดยอดมุม และแขนทั้งสองของมุมตัดวงกลม

จากกิจกรรม Hand-On : G1 สามารถสรุปได้ว่า

มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม ประกอบด้วย แขนของมุม 2 แขน และส่วนโค้งที่รองรับมุม นั้น โดยมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมมีความสัมพันธ์กับส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น เพราะถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมมีขนาดเพิ่มขึ้น แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นจะมีความยาวเพิ่มขึ้น และถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมมีขนาดลดลง แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นจะมีความยาวลดลง

9. ครูแจกใบกิจกรรม Hand-On : G2 ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม “ปฏิบัติการค้นหามุมในส่วนโค้งของวงกลม” จนได้ข้อสรุปความรู้ความเข้าใจ

คำถามที่ 2 : จากการสืบค้น มุมในส่วนโค้งของวงกลม หมายถึงอะไร

แนวการตอบ : มุมที่มีจุดยอดมุมอยู่บนวงกลม และแขนทั้งสองของมุมตัดวงกลม

จากกิจกรรม Hand-On : G2 สามารถสรุปได้ว่า

มุมในส่วนโค้งของวงกลม ประกอบด้วย แขนของมุม 2 แขน และส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น โดยมุมในส่วนโค้งของวงกลมมีความสัมพันธ์กับส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น เพราะถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดเพิ่มขึ้น แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นจะมีความยาวเพิ่มขึ้น และถ้ามุมในส่วนโค้งของวงกลมมีขนาดลดลง แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นจะมีความยาวลดลง

10. ครูกล่าวถึงหัวข้อที่ผ่านมาว่า "หลังจากที่เราได้ทำปฏิบัติการค้นหามุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมและปฏิบัติการค้นหามุมในส่วนโค้งของวงกลม นักเรียนคิดว่าขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางจะมีความสัมพันธ์กับความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นหรือไม่ อย่างไร"

11. ครูแจกใบกิจกรรม Hand-On : G3 ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม "ปฏิบัติการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น" จนได้ข้อสรุปความรู้ความเข้าใจ

คำถามที่ 3 : ความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมเป็นอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

แนวการตอบ : ความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นมีความยาวเท่ากัน อาจตรวจสอบโดยการวัด ส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น พร้อมเปรียบเทียบความยาวส่วนโค้งของวงกลมอื่น ๆ

จากกิจกรรม Hand-On : G3 สามารถสรุปได้ว่า

ทฤษฎีบท T1 ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมเดียวกัน ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาดเท่ากัน แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นจะยาวเท่ากัน

ทฤษฎีบท T2 ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมเดียวกัน ถ้าส่วนโค้งยาวเท่ากัน แล้ว มุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาดเท่ากัน

## ชั่วโมงที่ 2

### ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง (60 นาที)

1. ครูกล่าวถึงหัวข้อที่ผ่านมาว่า "หลังจากที่เราได้ทำปฏิบัติการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นมาแล้ว นักเรียนคิดว่าขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันหรือไม่ อย่างไร"

2. ครูแจกใบกิจกรรม Hand-On : G4 ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม “ปฏิบัติการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน” จนได้ข้อสรุปความรู้ความเข้าใจ

คำถามที่ 1 : ขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันเป็นอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

แนวคำตอบ : ขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน อาจตรวจสอบโดยการวัดขนาดของมุมทุกมุมและเลื่อนจุดยอดมุมแต่ละจุดที่อยู่บนวงกลม พร้อมสังเกตขนาดของมุม

จากกิจกรรม Hand-On : G4 สามารถสรุปได้ว่า

ทฤษฎีบท T3 ในวงกลมวงเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

3. ครูกล่าวถึงหัวข้อที่ผ่านมาว่า “หลังจากที่เราได้ทำปฏิบัติการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันมาแล้ว นักเรียนคิดว่ามุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร”

4. ครูแจกใบกิจกรรม Hand-On : G5 ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม “ปฏิบัติการค้นหาความสัมพันธ์ของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน” จนได้ข้อสรุปความรู้ความเข้าใจ

คำถามที่ 2 : มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันมีขนาดเป็นอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร

แนวคำตอบ : มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน อาจตรวจสอบโดยการวัดขนาดของมุมทุกมุมและเลื่อนจุดยอดมุมแต่ละจุดที่อยู่บนวงกลม พร้อมสังเกตขนาดของมุม

จากกิจกรรม Hand-On : G5 สามารถสรุปได้ว่า

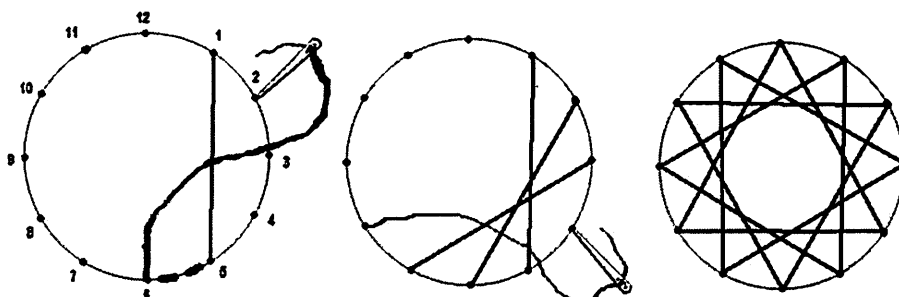
ทฤษฎีบท T4 ในวงกลมวงเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาดเท่ากัน



### ชั่วโมงที่ 3

#### ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ (60 นาที)

1. ครูส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ร่วมกัน ผ่านการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมมาใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนจะต้องวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่เป็นไปได้
2. ครูกล่าวถึงทฤษฎีบทที่นักเรียนทราบมาแล้วว่า “จากที่เราได้ทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม ซึ่งมีทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้องได้แก่ T1 – T4 รวมไปถึงองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิม นักเรียนคิดว่าจะนำเอาความรู้และประสบการณ์เหล่านั้นมาต่อยอดในการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างไร”
3. ครูเปิดคลิปวิดีโอ <https://www.youtube.com/watch?v=LKlxgulQXBc> และสาธิตการทำศิลปะบนเส้นด้ายอย่างง่าย จากอุปกรณ์ที่เตรียมมาให้ให้นักเรียนดู



4. ครูแจกใบเอกสารปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงและใบกิจกรรม Design & Plan ให้นักเรียน มาทำกิจกรรม “อนุรักษ์ปลาไทย” เพื่อร่วมกันวางแผน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ และสร้างความรู้ใหม่ในการ แก้ปัญหบนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์อื่น ๆ
5. จากนั้นให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงานตามทีออกแบบและวางแผนไว้

### ชั่วโมงที่ 4

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (60 นาที)

1. ครูจัดเตรียมสถานการณ์จำลอง โดยกำหนดวัสดุ อุปกรณ์ ดังนี้

วัสดุ อุปกรณ์	แทน
กะละมังพลาสติกขนาดใหญ่ 1 ชิ้น	มหาสมุทร 1 แห่ง
วัตถุทรงกลมขนาดแตกต่างกัน และมีลักษณะลอยน้ำหรือกึ่งจมกึ่งลอย	ปลาไทย
วัตถุที่ไม่ใช่ทรงกลม และมีลักษณะลอยน้ำ	ชยะ

2. ให้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงาน จากสถานการณ์จำลองที่ครูเตรียมไว้ แล้วทำการบันทึกในแบบบันทึกผลการทดลอง
3. ครูแจกใบกิจกรรม Reflect ให้นักเรียนร่วมกันวิจารณ์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเองเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางานในครั้งต่อไป ลงในแบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน Reflect ในภารกิจ 1 ก่อน
4. จากนั้นครูส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดจากการวิจารณ์ และสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อื่นมาทำการปรับปรุงแนวคิดชิ้นงานให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น
5. ให้นักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเองตามความเป็นจริง โดยประเมินตามประเด็นลงในภารกิจ 2
6. ให้นักเรียนบอกปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมเพื่อสร้างอวนดักปลาแบบใหม่ในครั้งต่อไป
7. นักเรียนและครูร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของชิ้นงาน
8. ครูประกาศผลคะแนนจากการประเมินชิ้นงาน
9. ครูตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน โดยให้นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของเรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลม
  - 9.1 ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมวงเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเท่ากัน ก็ต่อเมื่อ ส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางนั้นยาวเท่ากัน
  - 9.2 ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมวงเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมจะมีขนาดเท่ากัน ก็ต่อเมื่อ ส่วนโค้งที่รองรับมุมทั้งสองนั้นยาวเท่ากัน
  - 9.3 ในวงกลมวงเดียวกัน มุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาดเป็นสองเท่าของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน

## 7. การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ (K)	1) ตรวจกิจกรรม NOTE 2) ตรวจกิจกรรม Hand-On 3) ตรวจกิจกรรม Design & Plan	1) แบบบันทึกผลกิจกรรม NOTE 2) แบบบันทึกผลกิจกรรม Hand-On และภาพ 3) แบบบันทึกผลการ สร้างชิ้นงาน Design & Plan และภาพ	นักเรียนมีผลการเรียนรู้ อยู่ในระดับ 2 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
2. นักเรียนสามารถวางแผน ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ และสร้าง ความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านความคิด สร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ บนพื้นฐานความรู้เรื่อง ความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้ (P)	1) ตรวจกิจกรรม Hand-On 2) ตรวจกิจกรรม Design & Plan 3) ตรวจกิจกรรม Reflect 4) ตรวจชิ้นงาน	1) แบบบันทึกผลกิจกรรม Hand-On และภาพ 2) แบบบันทึกผลการ สร้างชิ้นงาน Design & Plan และภาพ 3) แบบสะท้อนผลการ สร้างชิ้นงาน Reflect 4) ชิ้นงาน	ใช้รหัสในการ วิเคราะห์ข้อมูลเชิง คุณภาพ
3. นักเรียนสามารถทำงานเป็นทีมได้ (A)	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนที่มีระดับ คุณภาพตั้งแต่พอใช้ ถือว่าผ่านเกณฑ์

## 8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

## 8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ ม.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 วงกลม
- 2) ใบกิจกรรม NOTE
- 3) ใบกิจกรรม Hand-On
- 4) ใบกิจกรรม Design & Plan
- 5) ใบกิจกรรม Reflect

## 8.2 แหล่งการเรียนรู้

Internet

## ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

### แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

สะท้อนครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....

ครูผู้สอน นายสิทธิชัย พานิชยวิไล สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อผู้สังเกต.....

ตำแหน่ง  ผู้วิจัย

ผู้เชี่ยวชาญ.....

ช่วงเวลาสังเกตตั้งแต่วเวลา.....น. ถึงเวลา..... น.

#### คำชี้แจง

1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ ใช้สำหรับการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีไฮเยิลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ เป็นขั้นที่ครูได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นความรู้เดิมและส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้จากการสืบค้น หาประสบการณ์จากในและนอกห้องเรียน จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4 คน เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น โดยครูทำหน้าที่ส่งเสริมอยู่ข้าง ๆ ในขณะที่นักเรียนได้ลองกระทำหรือลงมือปฏิบัติ ได้รู้ถึงความผิดพลาดของตนเองเพื่อเรียนรู้จากความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่าการปลดปล่อยจากการควบคุมและส่งเสริมการสืบค้นของนักเรียน ซึ่งจุดมุ่งหมายในขั้นนี้ คือ ครูได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องของวงกลมและนักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นแนวทางปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยีโปรแกรม GeoGebra ในการอธิบายแสดงภาพเกี่ยวกับวงกลม ให้นักเรียนมองเห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ผ่านกระบวนการร่วมมือแบบกลุ่ม มีการมอบหมายและแบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการทำงาน จากนั้นจึงเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันศึกษา สืบค้น และตรวจสอบบทโนทัศน์เกี่ยวกับวงกลม โดยใช้ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ หรือ

การโต้แย้งกับผู้อื่น เรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น เพื่อให้มีการปรับความคิดของตนเอง การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การปรับตัว เพื่อที่จะแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน

ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมนักเรียนให้สร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับวงกลม ร่วมกับผู้อื่น โดยวิธีการแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม GeoGebra นักเรียนจะได้รับรู้ถึงความคิดของผู้อื่นและนำเสนอความคิดของตนเองเป็นการระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้และประสบการณ์เดิมมาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนจะต้องวางแผนและออกแบบการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงบนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถออกแบบวิธีการที่แปลกใหม่ มีความหลากหลาย แตกต่างกัน และอธิบายรายละเอียดของวิธีนั้น ๆ ได้ การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสร้างและการจัดการข้อมูล

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดจากการวิจารณ์และสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น รวมถึงนักเรียนจะต้องทำการประเมินผลงาน วิจารณ์ และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และสิ่งที่ต้องพัฒนา โดยนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางานในครั้งต่อไป การเรียนในขั้นนี้ตรงกับคุณลักษณะที่เรียกว่า การสื่อสารและการร่วมมือในสภาวะแวดล้อมแบบกระจายศูนย์

2. ขอให้ผู้สะท้อนโปรดสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนภายในชั้นเรียน และบันทึกรายละเอียด ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

1. การจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับนิยามของการจัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมหรือไม่

### 1.1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่

1.1.1 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

บรรลุ

ไม่บรรลุ

.....

.....

.....



.....

.....

1.3.2 ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

- การสร้างความคิดที่หลากหลาย
- การสร้างความคิดสร้างสรรค์
- การประเมินและปรับปรุงความคิด
- .....
- .....
- .....

1.3.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางการพัฒนาต่อไป

.....

.....

#### 1.4 <sup>๕</sup>ขั้นสะท้อนผล

1.4.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

- บรรลุ  ไม่บรรลุ
- .....
- .....
- .....

1.4.2 ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

- การสร้างความคิดที่หลากหลาย
- การสร้างความคิดสร้างสรรค์
- การประเมินและปรับปรุงความคิด
- .....
- .....
- .....

1.4.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางการพัฒนาต่อไป

.....

.....

2. สรุปภาพรวมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแต่ละขั้นตอน ประสบความสำเร็จต่อการพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

สำเร็จ

ไม่สำเร็จ

.....

.....

.....

.....

.....

2.1 จุดเด่นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

2.2 จุดที่ควรปรับปรุง (พร้อมทั้งแนวทางการปรับปรุงแก้ไข)

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้รับการสังเกต



ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้สังเกต



ตัวอย่างใบกิจกรรม

	NOTE	แบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล  <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto; text-align: center; line-height: 20px;">1</div>	P.1
คำชี้แจง : ให้นักเรียนแต่ละคนเตรียมปฏิทินกริกอริ NOTE ตามจำนวนคนดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ 1. ให้นักเรียนตอบคำถามความเข้าใจลงในตารางใบของครูเขียนให้ครบทุกข้อก่อน 2. หลังจากนั้นก็เปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล แล้วตอบคำถามลงในตารางใบของครูสืบค้น		อุปกรณ์ : 1. โพรททิเบอติค/เส้นสีที่อบ 2. internet	
ตอบคำถามความเข้าใจของนักเรียน			
คำถาม	ก่อนเรียน		จากการสืบค้น
	เขียนอธิบาย	วาดภาพ	
1. มุม หมายถึงอะไร			
2. เส้นรอบวงกลม หมายถึงอะไร			
			ชื่อ..... นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....



NOTE

แบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล



I

P.1

ตอบคำถามตามความเข้าใจของนักเรียน

คำถาม	ก่อนเรียน		จากการสืบค้น
	เขียนอธิบาย	วาดภาพ	
	3. จุดศูนย์กลางของวงกลม หมายถึงอะไร		
4. รัศมีของวงกลม หมายถึงอะไร			
5. วงกลมที่เท่ากันทุกประการ หมายถึงอะไร			

ชื่อ..... นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....



# Hand-On : G1

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม



2

P.1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนรวมกันปฏิบัติภารกิจ Hand-On : G1 ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ

- ให้นักเรียนทำการสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือรังสี เพิ่มที่วงกลม ตามลำดับขั้นตอนการสร้าง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
- จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล แล้วตอบคำถามลงในตารางในช่องจากการสืบค้น
- หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการเก็บหน้างานบันทึกภาพ ชิ้นงานที่ได้จากข้อ 1 แล้วส่งไปยังพื้นที่เก็บงานในกลุ่ม LINE และตอบคำถามลงในตารางในช่องสรุปความรู้ความเข้าใจ

อุปกรณ์ : 1. โทรศัพท์มือถือ/แล็ปท็อป

2. Internet

3. โปรแกรม GecGebra (Application)

คำถาม	ขั้นตอนการสร้าง	ตอบคำถามตามความเข้าใจของนักเรียน	
		จากการสืบค้น	สรุปความรู้ความเข้าใจ
มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม (central angle) หมายถึงอะไร	1) สร้างวงกลม 1 วง พร้อมตั้งชื่อจุดศูนย์กลางของวงกลม 2) สร้างรังสี 2 เส้นที่จุดศูนย์กลางของวงกลม มาตัดเส้นรอบวงกลมจนเกิดจุดตัด 2 จุด พร้อมตั้งชื่อจุดตัดทั้งสอง 3) กำหนดจุด 1 จุดบนส่วนโค้งที่รองรับมุมดังกล่าว 4) จงบอกชื่อมุมและส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น ๆ 4.1) ชื่อมุม..... ส่วนโค้งที่รองรับ..... 4.2) ขนาดของมุม เท่ากับ..... 4.3) ชื่อมุม..... ส่วนโค้งที่รองรับ..... 4.4) ขนาดของมุม เท่ากับ.....		นักเรียนคิดว่า มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมมีองค์ประกอบอะไรบ้าง และองค์ประกอบใดสัมพันธ์กับมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม เพราะเหตุใด

ชื่อกลุ่ม.....



# Hand-On : G2

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม



2

P.1

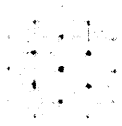
คำชี้แจง : ให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติภารกิจ Hand-On : G2 ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ

- ให้นักเรียนทำการสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือรังสี เพิ่มที่วงกลม ตามลำดับขั้นตอนการสร้าง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
- จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล แล้วตอบคำถามลงในตารางในช่องจากการสืบค้น
- หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการค้นคว้า/บันทึกภาพ ชิ้นงานที่ได้จากข้อ 1 แล้วส่งไปยังพื้นที่เก็บงานในกลุ่ม LINE และตอบคำถามลงในช่องสรุปความรู้ความเข้าใจ

- อุปกรณ์ : 1. โทรศัพท์มือถือ/แล็ปท็อป  
2. internet  
3. โปรแกรม GeoGebra (Application)

คำถาม	ขั้นตอนการสร้าง	ตอบคำถามตามความเข้าใจของนักเรียน	
		จากการสืบค้น	สรุปความรู้ความเข้าใจ
มุมในส่วนโค้งของวงกลม (inscribed angle) หมายถึงอะไร	1) สร้างวงกลม 1 วง พร้อมตั้งชื่อจุดศูนย์กลางของวงกลม 2) กำหนดจุด 1 จุดบนเส้นรอบวงวงกลมพร้อมตั้งชื่อจุดนั้น 3) สร้างรังสี 2 เส้นที่ลากจากจุดที่กำหนดไว้ในข้อที่ 2 มาตัดเส้นรอบวงกลมจนเกิดจุดตัด 2 จุด พร้อมตั้งชื่อจุดตัดทั้งสอง 4) กำหนดจุด 1 จุดบนส่วนโค้งที่รองรับมุมดังกล่าว 5) จงบอกชื่อมุมและส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น ๆ 5.1) ชื่อมุม.....ส่วนโค้งที่รองรับ..... 5.2) ขนาดของมุม เท่ากับ.....		นักเรียนคิดว่า มุมในส่วนโค้งของวงกลมมีองค์ประกอบอะไรบ้าง และองค์ประกอบใดสัมพันธ์กับมุมในส่วนโค้งของวงกลม เพราะเหตุใด

ชื่อกลุ่ม.....



# Hand-On : G3

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม



2

P.1

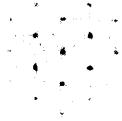
คำชี้แจง : ให้นักเรียนรวมกันปฏิบัติภารกิจ Hand-On : G3 ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ

- ให้นักเรียนทำการสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือรังสี เพิ่มทวิวงกลม ความคล้ายขั้นตอนการสร้าง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
- ให้นักเรียนระบุวิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ดังกล่าว ลงในตารางในของวิธีการตรวจสอบ
- หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการแก้ปหน้าจอ/บันทึกภาพ ชิ้นงานที่ได้จากข้อ 1 แล้วส่งไปยังพื้นที่เก็บงานในกลุ่ม LINE และตอบคำถามลงในตารางในของสรุปความรู้ความเข้าใจ

- อุปกรณ์ : 1. โทรศัพท์มือถือ/แล็ปท็อป  
2. Internet  
3. โปรแกรม GeoGebra (Application)

คำถาม	ขั้นตอนการสร้าง	ตอบคำถามตามความเข้าใจของนักเรียน	
		วิธีการตรวจสอบ (GeoGebra)	สรุปความรู้ความเข้าใจ
ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้นเป็นอย่างไร	<ol style="list-style-type: none"> <li>สร้างวงกลม 1 วง ที่มีรัศมีเท่ากันภายในกลุ่ม พร้อมตั้งชื่อจุดศูนย์กลางของวงกลม</li> <li>จงบอกรัศมีของวงกลม มีความยาว.....หน่วย</li> <li>สร้างมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม 1 มุม ที่มีขนาดเท่ากันภายในกลุ่ม</li> <li>จงบอกขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม มีขนาดเท่ากับ.....องศา</li> <li>จงตั้งชื่อมุมที่สร้างในข้อ 3               <ol style="list-style-type: none"> <li>ชื่อมุม.....</li> <li>ส่วนโค้งที่รองรับมุม.....</li> </ol> </li> </ol>		<p>นักเรียนคิดว่า ในวงกลมที่เท่ากันทุกประการหรือในวงกลมเดียวกัน</p> <p>ถ้ามุมที่จุดศูนย์กลางมีขนาด.....</p> <p>แล้วส่วนโค้งที่รองรับมุมที่จุดศูนย์กลางนั้นจะมี ความยาว.....</p> <p>และ ถ้าส่วนโค้งยาว..... แล้วมุมที่จุดศูนย์กลางที่รองรับด้วยส่วนโค้งนั้นจะมีขนาด.....</p>

ชื่อกลุ่ม.....



# Hand-On : G4

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม



2

P.1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติภารกิจ Hand-On : G4 ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ

- ให้นักเรียนทำการสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือรังสี เพิ่มที่วงกลม ตามลำดับขั้นตอนการสร้าง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
- ให้นักเรียนระบุวิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ทั้งกล่าว ลงในตารางในช่องวิธีการตรวจสอบ
- หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการค้นคว้าฉบับที่ภาพ ชิ้นงานที่ได้จากข้อ 1 แล้วส่งไปยังพื้นที่เก็บงานในกลุ่ม LINE และตอบคำถามลงในตารางในช่องสรุปความรู้ความเข้าใจ

- อุปกรณ์ : 1. โทรศัพท์มือถือ/แล็ปท็อป
2. Internet
3. โปรแกรม GeoGebra (Application)

คำถาม	ขั้นตอนการสร้าง	ตอบคำถามตามความเข้าใจของนักเรียน	
		วิธีการตรวจสอบ (GeoGebra)	สรุปความรู้ความเข้าใจ
ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกัน	1) สร้างวงกลม 1 วง พร้อมตั้งชื่อจุดศูนย์กลางของวงกลม 2) สร้างมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม 1 มุม พร้อมตั้งชื่อมุม 3) สร้างมุมในส่วนโค้งของวงกลม 1 มุม โดยรองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันกับมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมในข้อ 2 พร้อมตั้งชื่อมุม 4) จงบอกชื่อมุมและส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น ๆ	ขนาดของมุมที่จุดศูนย์กลางกับขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันเป็นอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร	นักเรียนคิดว่า โอบวงกลมวงเดียวกันมุมที่จุดศูนย์กลางจะมีขนาด.....ของขนาดของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยด้วยโค้งเดียวกัน

ชื่อกลุ่ม.....



# Hand-On : G5

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรม



2

P.1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติภารกิจ Hand-On : G5 ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ

- ให้นักเรียนทำการสร้างเส้นตรง ส่วนของเส้นตรง หรือวงรีสิ เพิ่มที่วงกลม ตามลำดับขั้นตอนการสร้าง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra
- ให้นักเรียนระบุวิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ดังกล่าว ลงในตารางใบของวิธีการตรวจสอบ
- หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการค้นคว้าหาฉบับที่ภาพ ชิ้นงานที่ได้จากข้อ 1 แล้วส่งไปยังพื้นที่เก็บงานในกลุ่ม LINE และตอบคำถามลงในช่องสรุปความรู้ความเข้าใจ

- อุปกรณ์ : 1. โทรศัพท์มือถือ/แล็ปท็อป  
2. Internet  
3. โปรแกรม GeoGebra (Application)

คำถาม	ขั้นตอนการสร้าง	ตอบคำถามตามความเข้าใจของนักเรียน	
		วิธีการตรวจสอบ (GeoGebra)	สรุปความรู้ความเข้าใจ
ความสัมพันธ์ของมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันเป็นอย่างไร	1) สร้างวงกลม 1 วง พร้อมตั้งชื่อจุดศูนย์กลางของวงกลม 2) สร้างมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม 1 มุม พร้อมตั้งชื่อมุม 3) สร้างมุมในส่วนโค้งของวงกลม 3 มุม โดยเพิ่มทั้ง 3 มุมรองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันกับมุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม ในข้อ 2 4) จงบอกชื่อมุมในส่วนโค้งและส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น ๆ 4.1) ชื่อมุม.....ส่วนโค้งที่รองรับ..... 4.2) ชื่อมุม.....ส่วนโค้งที่รองรับ..... 4.3) ชื่อมุม.....ส่วนโค้งที่รองรับ.....	มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันมีขนาดเป็นอย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร	นักเรียนคิดว่า ในวงกลมวงเดียวกัน มุมในส่วนโค้งของวงกลมที่รองรับด้วยส่วนโค้งเดียวกันจะมีขนาด.....

ชื่อกลุ่ม.....





เพื่อให้สัตว์ทะเลวางไข่และเจริญพันธุ์เต็มวัย โดยเฉพาะปลาทูที่เป็นปลาเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ โดยที่ผ่านมาเรือประมงพาณิชย์ถูกควบคุมอย่างเข้มงวด แต่ปรากฏว่าพบการใช้จวนจมลักลอบจับปลาทูพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ หากให้สถานการณ์เป็นเช่นนี้ต่อไป อาจส่งผลกระทบต่อปลาทูสูญพันธุ์หมดจากอ่าวไทยในระยะเวลา 5 ปี จึงเรียกร้องให้รัฐบาลแก้ไขอย่างจริงจัง



ทั้งนี้ นายมงคล สุขเจริญคณา ประธานสมาคมการประมงแห่งประเทศไทยระบุว่า หน่วยงานรัฐแก้ไขปัญหา IUU มา 4-5 ปีแล้ว รู้ข้อเท็จจริงว่าเครื่องมือประมงอะไรที่จับสัตว์น้ำและพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ปลาทูในช่วงฤดูวางไข่ แต่ก็ยังปล่อยให้ทำ ถือเป็น การตัดวงจรชีวิตสัตว์น้ำและปลาทู จนทำให้ใกล้สูญพันธุ์โดยไม่ได้จัดการอะไร

จึงต้องการให้มีการจัดการและควบคุมเครื่องมือประมงทุกชนิดที่จับพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ในช่วงปิดอ่าวฤดูปลาวางไข่อย่างจริงจัง เพื่อเป็นการอนุรักษ์พ่อพันธุ์แม่พันธุ์ปลาทู เหมือนกับประมงภาคอื่น ๆ ที่ต้องหยุดทำประมง เพื่ออนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์น้ำทะเลไทย โดยเฉพาะปลาทูให้กลับคืนมาและมีทรัพยากรสัตว์น้ำที่สมบูรณ์

ทางด้านนายกฤษฎา บุญราช รมว.เกษตรฯ ระบุ ได้สั่งการให้กรมประมงไปศึกษาแก้ไขปัญหาระบบทรัพยากรสัตว์น้ำ กรณีวิกฤติปลาทูไทยใกล้สูญพันธุ์ ที่มีการขอให้กรมประมงนำ พ.ร.ก.การประมงปี 2558 มาตรา 57 ที่กำหนดห้ามมิให้ผู้ใดจับสัตว์น้ำหรือนำสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่าที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดขึ้นเรือประมงมาบังคับใช้

ทั้งนี้ กรมประมงต้องศึกษาให้ชัดเจนตามที่ชาวประมงพื้นบ้านกล่าวอ้างว่า หากประกาศใช้มาตรา 57 จะกระทบอาชีพ โดยต้องดูให้ครบทั้งผลกระทบประมงพื้นบ้านและประมงพาณิชย์ ซึ่งการตัดสินใจเรื่องนี้ต้องทำอย่างรอบคอบเพราะอาจสร้างความเดือดร้อนให้ประมงพื้นบ้านแต่การอนุรักษ์ปลาทูไทยก็เป็นเรื่องสำคัญไม่แพ้กัน

แหล่งอ้างอิง : <https://www.thairath.co.th/news/politic/1609698>

	<b>Design &amp; Plan</b>	แบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน		<b>3</b>							
<p><b>คำชี้แจง :</b> ให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติการกิจ Design &amp; Plan โดยมีภารกิจย่อยดังต่อไปนี้ให้สำเร็จ</p>											
<p><b>อุปกรณ์ :</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. เส้นลวด 1 ม้วน</td> <td style="width: 50%;">4. ครีมตัดลวด (กึ่งกลาง)</td> </tr> <tr> <td>2. ตะเกียบ 2 คู่</td> <td>5. ตาข่ายขนาดเล็ก 1 แผ่น</td> </tr> <tr> <td>3. เส้นด้ายหลากสี 4 อัน</td> <td></td> </tr> </table>						1. เส้นลวด 1 ม้วน	4. ครีมตัดลวด (กึ่งกลาง)	2. ตะเกียบ 2 คู่	5. ตาข่ายขนาดเล็ก 1 แผ่น	3. เส้นด้ายหลากสี 4 อัน	
1. เส้นลวด 1 ม้วน	4. ครีมตัดลวด (กึ่งกลาง)										
2. ตะเกียบ 2 คู่	5. ตาข่ายขนาดเล็ก 1 แผ่น										
3. เส้นด้ายหลากสี 4 อัน											
<p>ภารกิจ 1 : จากปัญหาสถานการณ์อนุรักษ์ปลาทูไทย นักเรียนคิดว่ามีสาเหตุใดบ้าง ที่ทำให้ปลาทูไทยอาจสูญพันธุ์ในระยะเวลาอีก 5 ปี โดยระบุสาเหตุปัญหาลงในตารางภารกิจ 1 ดังนี้</p>											
<b>ภารกิจ 1</b>											
<b>ปัญหา</b>		<b>ระบุสาเหตุปัญหา (เขียนเป็นข้อ ๆ)</b>									
ปลาทูไทยอาจสูญพันธุ์ในระยะเวลาอีก 5 ปี											
<p>ภารกิจ 2 : ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา แสดงความคิดเห็น และอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหาโดยการสร้างอวนตกปลาแบบใหม่บนพื้นฐานความรู้เรื่องความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมได้อย่างไร โดยระบุวิธีการสร้างอวนตกปลาแบบใหม่ลงในตารางภารกิจ 2 ดังนี้</p>											
<b>ภารกิจ 2</b>											
<b>วิธีการแก้ปัญหา</b>		<b>ระบุวิธีการสร้างอวนตกปลารุ่นใหม่ (เขียนเป็นข้อ ๆ)</b>									
สร้างอวนตกปลารุ่นใหม่											

Design &amp; Plan

แบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน

3

P.1

ภารกิจ 3 : ให้นักเรียนช่วยกันคิดจินตนาการ ร่างและออกแบบ พร้อมทั้งวางแผนการดำเนินการสร้างอวนดักปลาแบบใหม่ ภายใต้อุปกรณ์ที่กำหนดให้หรือมืออย่างจำกัด อาจมีการดัดแปลงวัสดุจากของจริงแต่ยังคง Concept ไว้ ให้มีลักษณะพิเศษ เพื่อให้มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใครหรือมีชิ้นงานตามแบบที่นักเรียนต้องการและมีความเป็นไปได้ มาใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ดังกล่าว โดยออกแบบและวางแผนลงในตารางภารกิจ 3 ดังนี้

### ภารกิจ 3

ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบาย  
ส่วนประกอบ)

วางแผนการดำเนินการ  
(เขียนเป็นข้อ ๆ )



ภารกิจ 4 : ให้นักเรียนอธิบายความรู้เรื่องความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุดศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่เกี่ยวข้อง และความรู้/ประสบการณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนั้น ๆ โดยเขียนระบุความรู้ลงในตารางภารกิจ 4 ดังนี้

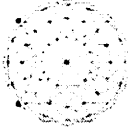

### ภารกิจ 4

ความรู้เรื่องความสัมพันธ์เกี่ยวกับมุมที่จุด  
ศูนย์กลางและมุมในส่วนโค้งของวงกลมที่  
เกี่ยวข้อง (เขียนเป็นข้อ ๆ )

ความรู้/ประสบการณ์อื่น ๆ  
(เขียนเป็นข้อ ๆ )

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

	<b>Reflect</b>	แบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน		4	<b>P.1</b>
<b>คำชี้แจง :</b> ให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติภารกิจ Reflect โดยมีภารกิจย่อยดังต่อไปนี้ ให้สำเร็จ					
<p>ภารกิจ 1 : ให้นักเรียนร่วมกันวิจารณ์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเอง โดยระบุจุดเด่น จุดด้อย สิ่งที่ต้องพัฒนา และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนา งานในครั้งต่อไป โดยระบุตามประเด็นลงในตารางภารกิจ 1 ดังนี้</p>					
<b>ภารกิจ 1 (เขต.....)</b>					
<b>ประเด็น</b>	<b>กลุ่มตนเอง</b>	<b>กลุ่มของเพื่อน</b>			
	กลุ่มที่ .....	กลุ่มที่ .....	กลุ่มที่ .....	กลุ่มที่ .....	
<b>จุดเด่น</b>					
<b>จุดด้อย</b>					
<b>สิ่งที่ต้องพัฒนา</b>					
<b>ข้อเสนอแนะ</b>					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....           </div>					

	<b>Reflect</b>	แบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน		4	<b>P.1</b>
<p>ภารกิจ 2 : หลังจากที่ได้ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงานแล้ว ให้นักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มอื่นในเขตของตนเองตามความเป็นจริง สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดไว้ โดยประเมินตามประเด็นลงในตารางภารกิจ 2 ดังนี้</p>					
<b>เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินชิ้นงาน</b>					
ระดับคะแนน	5 = ดีมาก	4 = ดี	3 = ปานกลาง	2 = พอใช้	1 = ปรับปรุง
ภารกิจ 2 (เขต.....)					
ชื่อกลุ่ม	ชิ้นงาน			รวมคะแนน (15)	
	แตกต่างหลากหลาย (5)	แปลกใหม่ มีคุณค่า และมีประโยชน์ (5)	มีการประเมินและปรับปรุง (5)		
<p>ปัญหาที่พบในการทำกิจกรรมเพื่อสร้างอวนดักปลาแบบใหม่</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>แนวทางการแก้ไขในการทำกิจกรรมเพื่อสร้างอวนดักปลาแบบใหม่ครั้งต่อไป</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;">กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....</div>					

## ตัวอย่างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์



ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง

P

T.1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนศึกษา อ่าน และทำความเข้าใจปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงที่กำหนดให้ และทำแบบทดสอบเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ให้สำเร็จ



1 ธันวาคม 2560 by Cheechongruay สินค้า

### On time wall clock TH แปะผนังไม่เหมือนใคร

เบื้องหลังการออกแบบ คือ คุณภาณุรัฐ แสงเทียน (อาร์ต) เล่าถึงที่มาของธุรกิจว่า เดิมทีตัวเองทำงานประจำด้านการออกแบบดีไซน์ อยู่มาวันหนึ่งรู้สึกอยากจะได้นาฬิกาติดผนังสักเรือน แต่เมื่อลองหาดูแล้วก็ไม่มีที่ถูกใจ เพราะทุกเรือนจะเป็นแบบแขวนซึ่งต้องเจาะผนัง จึงเกิดไอเดียทำนาฬิกาติดผนังขึ้นด้วยความถนัดทางด้านการออกแบบดีไซน์อยู่แล้ว จึงทำนาฬิกาติดผนังโดยใช้กาว 2 หน้า พอทำเสร็จก็คิดว่ามันน่าจะนำไปขายสร้างเป็นธุรกิจได้ จึงเริ่มส่งผลงานประกวดตามงานต่าง ๆ และได้รับรางวัลอยู่เสมอ ผลงานจึงเป็นที่รู้จักมากขึ้น



On-Time wall clock

Since 2007

DESIGN OF THAILAND



ความโดดเด่นด้านดีไซน์ คุณอาร์ต เน้นการออกแบบที่เรียบง่ายแต่สะดุดตา นาฬิกาต้องมองเห็นเข็มยาว เข็มสั้น และเข็มนาทีอย่างชัดเจน ซึ่งการติดตั้งก็ไม่เหมือนกับ นาฬิกาแขวนผนังทั่วไปที่จะต้องทำการเจาะรูใส่ตะปู แต่ On time จะใช้เป็นกาว 2 หน้า ชนิด 3M ที่สามารถติดกับผนังได้ทุกชนิดแทน พร้อมทั้งใช้แม่เหล็กติดกับตัวนาฬิกาเพื่อยึด ติดกับฐานที่ติดผนัง สาเหตุที่ต้องใช้แม่เหล็กติดกับตัวนาฬิกานั้น เพราะถ้าตัวเรือนติดกาว 2 หน้าแล้วติดกับผนังโดยตรงจะทำยากต่อการเปลี่ยนถ่าน ซึ่งใช้แม่เหล็กจะสะดวกกว่า

อีกหนึ่งความโดดเด่นของ On time อยู่ที่การใช้งานเพราะอะไรที่สามารถใช้งานได้ ง่ายทุกคนก็จะชอบ ซึ่ง On time สามารถตอบใจทุกลูกค้าได้ตรง จุดนี้เพียงแค่แกะออกจาก ห่อแปะติดกับผนังก็สามารถใช้บอกเวลาได้แบบไม่ยุ่งยาก และที่สำคัญนาฬิกาชนิดนี้เป็น แนวใหม่ที่ยังไม่มีใครคิดสร้างขึ้น การันตีโดยการจดสิทธิบัตรอย่างถูกต้อง

นอกจากนั้น ให้ความสำคัญด้านตัววัสดุ โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำจากพลาสติกเกรด เอ สั่งผลิตขึ้นเองโดยเฉพาะ ส่วนตัวเครื่องนาฬิกาสั่งตรงจากโรงงานผลิตแห่งหนึ่งใน ประเทศจีน ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องนาฬิกาชั้นนำของโลก มีคุณสมบัติเด่น คือ แข็งแรง ทนทาน โดยเฉพาะส่วนเฟืองเข็มนำจากเหล็ก สามารถรับน้ำหนักได้มาก อายุใช้งานการัน ตีอย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป

ปัจจุบันนาฬิกา On time มีช่องทางขายผ่านร้าน Loft และในห้างสรรพสินค้าต่าง ๆ รวมถึงออกงานแสดงสินค้าเกี่ยวกับงานของขวัญต่าง ๆ เช่น BIG&BIH นอกจากนั้น ยังมี ออกเคอร์ส่งไปขายต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ยุโรป และประเทศในอาเซียน

กลุ่มลูกค้าหลักจะเป็นคนวัยทำงานที่ชื่นชอบการแต่งบ้านและรักในงานดีไซน์ ราคาขายอยู่ที่เรือนละ 881 - 1181 บาท ต่อเดือนสามารถจำหน่ายได้ถึง 511 -1,111 เรือน คุณอาร์ต กล่าวถึงแผนการพัฒนาค้าตั้งเป้าในปีนี้จะมีการออกแบบนาฬิการูปแบบ ใหม่ 2 แบบ แบบต่อไปที่จะออกมาวางขายเป็นในลักษณะเข็มไม้ อีกแบบจะตามอาศัยการ ออกแบบตามเทรนด์ ไม่ว่าจะเป็น สี ลวดลาย วัสดุ ในช่วงนั้น ๆ

สำหรับผู้ที่สนใจสามารถเข้าไปดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ [www.ontimewallclock.in.th](http://www.ontimewallclock.in.th), facebook : On-Time wall clock TH นาฬิกาติดผนัง หรือ โทร. 08-0045-2332

แหล่งอ้างอิง : <https://cheechongruay.smartsme.co.th/content/19664>



**แบบทดสอบเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์**  
**เรื่อง วงกลม (ครั้งที่ 1)**

**คำชี้แจง :** ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ พร้อมทั้งวางแผน ออกแบบจำลอง และสร้างความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหาบนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์อื่น ๆ

**ภารกิจ 1 :** จากปัญหาสถานการณ์ On time wall clock TH นักเรียนคิดว่ามีสาเหตุใดบ้าง ที่ทำให้นาฬิกาบนผนังถึงได้รับความนิยมให้เป็นสิ่งที่นำมาตกแต่งในบ้านหรือในบ้านอยู่เสมอ โดยระบุสาเหตุปัญหาลงในตารางภารกิจ 1 ดังนี้

<b>ภารกิจ 1</b>	
<b>ปัญหา</b>	<b>ระบุสาเหตุปัญหา (เขียนเป็นข้อ ๆ)</b>
ทำไมนาฬิกาบนผนังถึง ได้รับความนิยม	

**ภารกิจ 2 :** ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา แสดงความคิดเห็น และอภิปรายถึงวิธีการแก้ปัญหาโดยการสร้างสรรค์นาฬิกาบนผนังที่มีความประหยัดและมีประสิทธิภาพ บนพื้นฐานความรู้เรื่องวงกลมได้อย่างไร โดยระบุวิธีการสร้างสรรค์นาฬิกาบนผนังลงในตารางภารกิจ 2 ดังนี้

<b>ภารกิจ 2</b>	
<b>วิธีการแก้ปัญหา</b>	<b>ระบุวิธีการสร้างนาฬิกาบนผนัง (เขียนเป็นข้อ ๆ)</b>
สร้างสรรค์นาฬิกาบนผนัง ที่มีความประหยัด และมี ประสิทธิภาพ	

ชื่อ.....

**แบบทดสอบเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์**  
**เรื่อง วงกลม (ครั้งที่ 1)**

ภารกิจ 3 : ให้นักเรียนช่วยกันคิดจินตนาการ ร่างและออกแบบ พร้อมทั้งวางแผนการดำเนินการสร้างสรรค์นาฬิกาบนผนังที่มีความประหยัดและมีประสิทธิภาพ ให้มีลักษณะพิเศษเพื่อให้ความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใครหรือมีชิ้นงานตามแบบที่นักเรียนต้องการ และมีความเป็นไปได้ มาใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ดังกล่าว โดยออกแบบและวางแผนลงในตารางภารกิจ 3 ดังนี้

ภารกิจ 3	
ร่างและออกแบบ (วาดรูปและอธิบายส่วนประกอบ)	วางแผนการดำเนินการ (เขียนเป็นข้อ ๆ)

ภารกิจ 4 : ให้นักเรียนอธิบายความรู้เรื่องวงกลมที่เกี่ยวข้อง และความรู้/ประสบการณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนั้น ๆ โดยเขียนระบุความรู้ลงในตารางภารกิจ 4 ดังนี้

ภารกิจ 4	
ความรู้เรื่องวงกลมที่เกี่ยวข้อง (เขียนเป็นข้อ ๆ)	ความรู้/ประสบการณ์อื่น ๆ (เขียนเป็นข้อ ๆ)

ชื่อ.....

**ประวัติผู้วิจัย**

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	สิทธิชัย พานิชยวิไล
วัน เดือน ปี เกิด	8 มีนาคม 2537
ที่อยู่ปัจจุบัน	258/17 ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนชาณุวิทยา 341 หมู่ 2 ตำบลแสนตอ อำเภอขานนุรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร 62130
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประวัติการศึกษา	ค.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
พ.ศ. 2559	