



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่  
เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา  
ปีการศึกษา 2566  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่  
เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา  
ปีการศึกษา 2566  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 "

ของ อัครพล พรมตรูษ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ศรีพันธ์)

หัวหน้าภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา



<b>ชื่อเรื่อง</b>	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
<b>ผู้วิจัย</b>	อัครพล พรหมตรุษ
<b>ประธานที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์
<b>ประเภทสารนิพนธ์</b>	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิจัยและประเมินทางการศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566
<b>คำสำคัญ</b>	วิธีการแบบเปิด, การประเมินเพื่อการเรียนรู้, สมรรถนะทางคณิตศาสตร์

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิผล 2) ศึกษาผลทดลองใช้ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การวิจัยและพัฒนา ดำเนินการ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นสร้างและหาประสิทธิผล ประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 สถานการณ์ และ 3) เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบแยกองค์ประกอบ 2. ขั้นทดลองใช้ โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 จำนวน 11 คน และ 3. ขั้นศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน โดยสอบถามด้วยแบบสอบถามแบบปลายเปิด ผลวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดและค่าดัชนีประสิทธิผลทุกสมรรถนะมากกว่า 0.5 2) นักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นทุกสมรรถนะ โดยผ่านกระบวนการ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะ 1 สร้างความสามารถ ระยะ 2 เกิดความชำนาญ และระยะ 3 เกิดสมรรถนะ ซึ่งสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอยู่ในระดับดีเยี่ยม และ 3) ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า เกิดแรงจูงใจภายใน เรียนรู้การทำงานเป็นทีม เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ เกิดการพัฒนาตนเอง และความรู้พื้นฐานและเจตคติมีผลต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่

<b>Title</b>	DEVELOPING LEARNING ACTIVITIES USING AN OPEN APPROACH TOGETHER WITH ASSESSMENT FOR LEARNING TO PROMOTE THE MATHEMATICAL COMPETENCIES OF NINTH GRADE STUDENTS
<b>Author</b>	Akkarapon Promtrud
<b>Advisor</b>	Assistant Professor Saifon Vibulrangson, Ph.D.
<b>Academic Paper</b>	M.Ed. Independent Study in Educational Research and Evaluation - (Plan B), Naresuan University, 2023
<b>Keywords</b>	Open Approach, Assessment for Learning, Mathematical Competencies

#### ABSTRACT

The objectives of this research were to: 1) create and determine the effectiveness, 2) study the experimental results, and 3) examine opinions towards learning activities using an open approach together with assessment for learning to enhance the mathematical competencies of ninth grade students. The research process involved three stages: First, creation and effectiveness stage, which involved six learning activity plans, mathematical competence test, which involved three situations, and analytic rubrics scoring. Second, trial stage, the research participants included 11 ninth grade students at Sawanananwittaya 2 School. The research instrument was an open-ended questionnaire was used in the third stage, studying opinion. The research findings indicate that: 1) the learning activities were found to be appropriate at the highest level, as the effectiveness index for all competencies was greater than 0.5; 2) students demonstrated higher performance in all three phases: Phase 1 - capacity building, Phase 2 – proficiency development, and Phase 3 – competencies building, as the post-learning results were significantly higher than before the experiment at the .05 level of statistical significance and were rated at an excellent level; and 3) the opinions toward the learning activities revealed intrinsic motivation, learning teamwork, learning strategies, self-improvement, basic knowledge, and attitudes toward learning new things.



## ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้า ขอบกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอบกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ ผศ.ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ อาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ผศ.สุกัญญา สีสมบา อาจารย์อุเทน ปุ่มสันเทียะ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม คุณครูศรัณยา กลีบธง ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองเชลียง อำเภอศรีสขนาลัย จังหวัดสุโขทัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้การวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร บุคลากร และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม และโรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บข้อมูลและตอบแบบสอบถาม

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ ผู้ศึกษา ขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อัครพล พรหมตรุษ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
ประกาศคุุณุปการ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฒ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	2
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
สมมุติฐานของการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	10
1.1 การวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม.....	10
1.2 แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะ.....	13
1.2.1 ความเป็นมาของแนวคิดสมรรถนะ.....	13



1.2.2 ความหมายของสมรรถนะ.....	15
1.2.3 ประเภทของสมรรถนะ.....	16
1.2.4 องค์ประกอบของสมรรถนะ.....	19
1.3 แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์.....	22
1.3.1 ความหมายของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์.....	22
1.3.2 การจำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์.....	23
1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด.....	37
1.4.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด.....	38
1.4.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด.....	40
1.4.3 ปัญหาปลายเปิด.....	43
1.4.4 ประโยชน์ของการแก้ปัญหาปลายเปิด.....	44
1.5 การประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	45
1.5.1 ความหมายของการประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	47
1.5.2 วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	48
1.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	56
1.7 การประเมินสมรรถนะ.....	61
1.7.1 ความหมายของการประเมินสมรรถนะ.....	61
1.7.2 รูปแบบการประเมินสมรรถนะ.....	61
1.7.3 เกณฑ์การให้คะแนนรูบริก (scoring rubric).....	63
1.8 ดัชนีประสิทธิผล.....	64
ตอนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	66
งานวิจัยภายในประเทศ.....	66

งานวิจัยต่างประเทศ.....	70
ตอนที่ 3 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	72
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	74
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	76
แหล่งข้อมูล.....	76
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	76
วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	77
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	85
ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	86
กลุ่มทดลอง.....	86
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	86
แบบแผนการทดลอง.....	87
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	87
ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	88
แหล่งข้อมูล.....	88
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	89
วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	89
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	89

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	90
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	96
ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพผลกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	97
ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	103
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิดกรวย และทรงกลม.....	122
บทที่ 5 บทสรุป.....	124
สรุปผลการวิจัย.....	125
อภิปรายผล.....	126
ข้อเสนอแนะ.....	129
บรรณานุกรม.....	131
ประวัติผู้วิจัย.....	257

## สารบัญตาราง

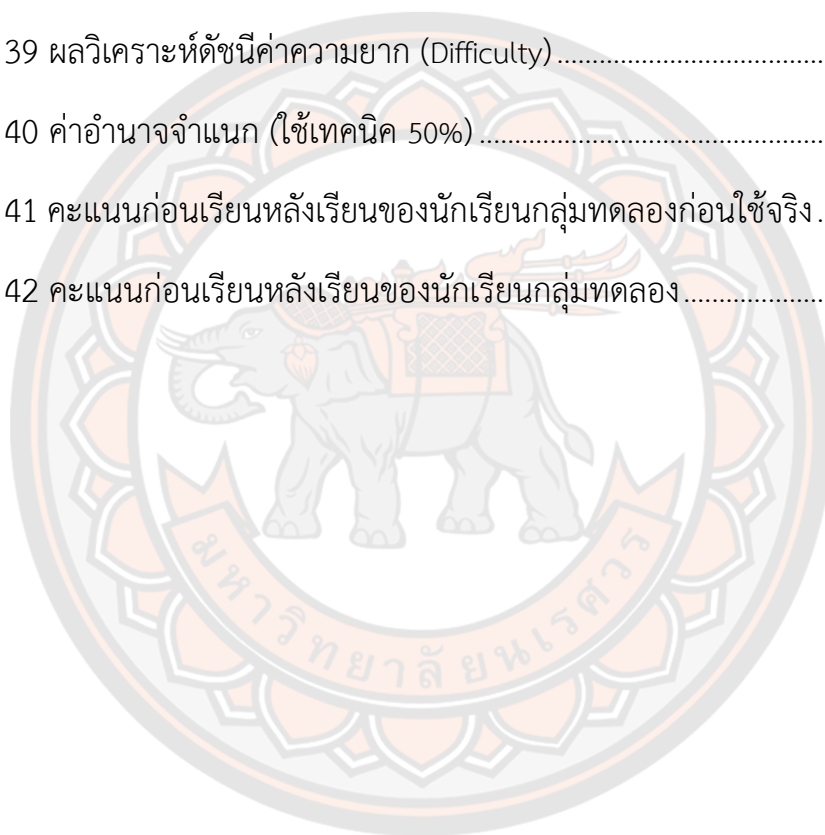
หน้า

ตาราง 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม.....	10
ตาราง 2 การสังเคราะห์สมรรถนะคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท.(2564) กับ PISA (Niss and Højgaard, 2019).....	32
ตาราง 3 การสังเคราะห์วิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (OA-AfL).....	56
ตาราง 4 ระดับคุณภาพของสมรรถนะย่อย.....	62
ตาราง 5 ระดับคุณภาพของสมรรถนะในภาพรวม.....	62
ตาราง 6 การหาประสิทธิภาพของสื่อ.....	65
ตาราง 7 ผลวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม.....	77
ตาราง 8 วิเคราะห์สถานการณ์ที่ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	79
ตาราง 9 สร้างข้อคำถามที่ใช้วัดสมรรถนะให้ครอบคลุมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์.....	80
ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์.....	82
ตาราง 11 ค่าความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ ) ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2.....	84
ตาราง 12 ค่าความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ ) ระหว่างการประเมินซ้ำครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 (เว้นระยะเวลาในการวัด 2 สัปดาห์).....	85
ตาราง 13 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง.....	87
ตาราง 14 เกณฑ์การตัดสินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์.....	88

ตาราง 15 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้.....	98
ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	99
ตาราง 17 ผลการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล (Efficiency Index: E.I.) (N = 13).....	102
ตาราง 18 วิธีการศึกษาความรู้ของนักเรียน.....	105
ตาราง 19 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11) .....	113
ตาราง 20 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11).....	113
ตาราง 21 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11) .....	114
ตาราง 22 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11).....	114
ตาราง 23 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11) .....	115
ตาราง 24 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11).....	115
ตาราง 25 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11) .....	116

ตาราง 26 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11).....	116
ตาราง 27 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11).....	117
ตาราง 28 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11).....	117
ตาราง 29 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11) ...	118
ตาราง 30 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11) .....	118
ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ (N=11) .....	120
ตาราง 32 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังกับเกณฑ์คุณภาพ (N=11) .....	121
ตาราง 33 ผลประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	151
ตาราง 34 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 .....	158
ตาราง 35 ผลการแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..	162

ตาราง 36 ผลการประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrikสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..	170
ตาราง 37 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินสมรรถนะทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3..	175
ตาราง 38 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ความคิดเห็น	179
ตาราง 39 ผลวิเคราะห์ดัชนีค่าความยาก (Difficulty) .....	221
ตาราง 40 ค่าอำนาจจำแนก (ใช้เทคนิค 50%) .....	222
ตาราง 41 คะแนนก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนใช้จริง .....	244
ตาราง 42 คะแนนก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง .....	245



## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 โมเดลภูเขาน้ำแข็ง (Iceberg Model) .....	20
ภาพ 2 แสดงส่วนประกอบของสมรรถนะ.....	21
ภาพ 3 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ปี 2003, 2012.....	26
ภาพ 4 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ PISA 2021 .....	26
ภาพ 5 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท.....	27
ภาพ 6 ลักษณะการเขียนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน .....	36
ภาพ 7 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด.....	41
ภาพ 8 รูปแบบและขั้นตอนในการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach).....	42
ภาพ 9 หลักการของขั้นตอนวิธีการสอนโดยวิธีการแบบเปิดรวมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ .....	60
ภาพ 10 กรอบแนวคิดการวิจัย .....	73
ภาพ 11 นักเรียนเขียนภาพตามเงื่อนไขเพื่อให้โจทย์ปัญหานั้นอยู่ในรูปที่เข้าใจได้ง่าย .....	106
ภาพ 12 นักเรียนจำลองภาพสถานการณ์ .....	108
ภาพ 13 นักเรียนร่วมกันใช้ความสามารถบูรณาการเพื่อแก้ปัญหา .....	111
ภาพ 14 กระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน .....	112
ภาพ 15 กราฟแสดงพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในแต่ละสมรรถนะ .....	119



# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาของปัญหา

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (mathematical competencies) เป็นคุณลักษณะภายในที่แสดงออกด้วยการแสดงศักยภาพในการบูรณาการความรู้ ทักษะ และเจตคติที่มีต่อคณิตศาสตร์ เพื่อจัดการและตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานจนได้บรรลุผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องอาศัยทั้งความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นความเข้าใจ มโนทัศน์ และความคิดทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (OECD, 2009; Niss and Jensen, 2002; อัมพร ม้าคนอง, 2553; กิตติศักดิ์ ดีพิน, 2561; สสวท., 2564) ดังนั้น การส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญ เพราะเป็นการให้ความสำคัญต่อผลลัพธ์ปลายทางที่นอกจากนักเรียนจะมีความรู้ทางคณิตศาสตร์แล้วยังสามารถบูรณาการความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้นในการสร้างสรรค์ผลงานหรือแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ได้ โดยการวิจัยนี้จำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เป็น 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา คือ ความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และแปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น การจำลองตัวแปรแทนเหตุการณ์หรือเงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจ หรือการใช้ภาพวาดจำลองสถานการณ์ปัญหา โดยสามารถนำเสนอสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลงปัญหาดังกล่าววางแผนดำเนินการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา 2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมถึงตัวช่วยและเครื่องมือ อาทิ การคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องตามเนื้อหา/หลักการทางคณิตศาสตร์ 3) สมรรถนะการตีความและประเมิน คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงคำตอบที่ได้ในบริบทคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา และสามารถยืนยันความถูกต้องของคำตอบได้อย่างสอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา 4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการแสดงแนวคิดอ้างอิงการกระทำที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอาจใช้การพิจารณาด้วยหลักอุปนัยจากสิ่งที่สังเกตเห็น หรือหลักนิรนัยให้ข้อสรุปจากทฤษฎีที่เป็นจริง และ 5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการถ่ายทอดกระบวนการคิดผ่านการใช้ภาพจำลอง ภาษา หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เขียนแสดงอธิบายวิธีการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ชัดเจน และเรียบเรียงได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน (Niss and Højgaard, 2019; กษมา เกิดประสงค์, 2560; สสวท., 2564)

การส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์มีผลต่อการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Lu Sun and Longhai Xiao, 2023) จากการศึกษาวิธีการแบบเปิด (open Approach) ซึ่งมีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องจาก 4 ขั้นตอนตามแนวทางของ Inprasitha (2010) ได้แก่ 1) ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4) ขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปรากฏในชั้นเรียน จากขั้นตอนวิธีการสอนจะเห็นว่า การเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดเป็นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จากการแก้สถานการณ์ปัญหาซึ่งสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้ อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดนักเรียนจะได้รับสารสนเทศเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างแก้สถานการณ์ปัญหาเมื่อผ่านการอภิปราย/เปรียบเทียบ และสรุปเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีการให้ข้อมูลกระตุ้นการเรียนรู้และข้อมูลย้อนกลับอย่างสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้เพื่อให้ได้รับสารสนเทศในการพัฒนาการเรียนรู้ตนเองอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาแนวคิดการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (assessment for learning) ซึ่งมีหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับ และ 3) การสะท้อนการเรียนรู้ เป็นแนวคิดการประเมินความก้าวหน้า (formative assessment) ที่มุ่งเน้นให้ข้อมูลสารสนเทศที่มีคุณค่าซึ่งทำให้ผู้เรียนรู้เป้าหมาย ระบุว่าตอนนี้ตนเองอยู่ตรงจุดไหน และจะไปถึงเป้าหมายได้อย่างไร (สร้อยญา จันทร์ชูสกุล, 2561) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยสังเคราะห์แนวคิดดังกล่าวเป็นกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยวิจัยและพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ และศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นสารสนเทศในการนำไปพัฒนาต่อยอดแก่ผู้สนใจศึกษาต่อไป

### คำถามการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเหมาะสมและประสิทธิผลหรือไม่อย่างไร
2. กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างได้รับกิจกรรมการเรียนรู้หรือไม่ หลังเรียนนักเรียนมี

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ และหลังเรียนนักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เมื่อเทียบเกณฑ์คุณภาพอย่างไร

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้มีความคิดเห็นอย่างไร

### จุดมุ่งหมายของการศึกษา

ในการวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. เพื่อศึกษาผลทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย ดังนี้

2.1) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ระหว่างได้รับกิจกรรมการเรียนรู้

2.2) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้ กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

2.2) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดย วิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กับเกณฑ์คุณภาพระดับดี

3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

### ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งขั้นตอน การวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน และมีการกำหนดขอบเขตของการวิจัยในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

#### ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

1. ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 3 ท่าน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน และ

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน วิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 13 คน

#### ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการสร้างและหาประสิทธิภาพครั้งนี้ ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบด้วย 1) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด 2) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย และ 3) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม สอดคล้องตามตัวชี้วัด ค 2.1 ม.3/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง และ ค 2.1 ม.3/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

#### ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่

1. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้
2. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

#### ขอบเขตด้านกลุ่มทดลอง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน

#### ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

ตัวแปรตาม คือ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์

**ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม**

#### **ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุวรรณคือนันต์วิทยา 2 อำเภอสุวรรณโคตร จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน (กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดลองใช้ขั้นตอนที่ 2)

#### **ขอบเขตด้านตัวแปร**

ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม

#### **นิยามศัพท์เฉพาะ**

**1. สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (mathematical competency)** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนที่นำมาใช้ประกอบในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาหนึ่ง ๆ ด้วยคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยจำแนกเป็น 5 สมรรถนะ ดังนี้

1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา คือ ความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและแปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น การจำลองตัวแปรแทนเหตุการณ์หรือเงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจ หรือการใช้ภาพวาดจำลองสถานการณ์ปัญหา โดยสามารถนำเสนอสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลงปัญหาดังกล่าววางแผนดำเนินการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา

2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมถึงตัวช่วยและเครื่องมือ อาทิ การคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องตามเนื้อหา/หลักการทางคณิตศาสตร์

3) สมรรถนะการตีความและประเมิน คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงคำตอบที่ได้ในบริบทคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา และสามารถยืนยันความถูกต้องของคำตอบได้อย่างสอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการแสดงแนวคิดอ้างอิงการกระทำที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอาจใช้การพิจารณาด้วยหลักอุปนัยจากสิ่งที่สังเกตเห็น หรือหลักนิรนัยให้ข้อสรุปจากทฤษฎีที่เป็นจริง

5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการถ่ายทอดกระบวนการคิดผ่านการใช้อุปมาอุปไมย ภาษา หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เขียนแสดงอธิบายวิธีการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ชัดเจน และเรียงเรียงได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

2. กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Open Approach with Assessment for Learning: OA-AfL) หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการสะท้อนการเรียนรู้ตนเองเพื่อสร้างเสริมองค์ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะผ่านมวลประสบการณ์จากการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนใช้มวลประสบการณ์ของตนเองประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะแก้ไขสถานการณ์ปัญหาอย่างไม่จำกัดกรอบความคิด และอาศัยหลักการของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่มุ่งสะท้อนสารสนเทศให้กับนักเรียนเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนาตนเองให้สามารถบรรลุความสำเร็จในการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน รายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ครูใช้ยุทธวิธีเสริมสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ โดยแจ้งเป้าหมายการเรียนรู้หรือสิ่งที่คาดหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือปฏิบัติได้ในคาบเรียนอย่างชัดเจน ซึ่งครูสามารถตรวจสอบความเข้าใจในเป้าหมายนั้นโดยการกำหนดคำสำคัญที่แสดงเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยภาษาที่ผู้เรียนเข้าใจง่าย โดยในคาบแรกของการจัดการเรียนรู้ครูจะนำเสนอเกณฑ์รูปрикของการปฏิบัติกิจกรรมให้นักเรียนทราบ

ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มจะได้รับสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันหรือเหมือนกัน ซึ่งสถานการณ์ที่นำมาครูจะต้องวิเคราะห์ถึงความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกโจทย์จากแบบฝึกหัดในแบบเรียนหรือคู่มือต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความหลากหลายของปัญหาที่นำมาเสนอ และอาศัยการใช้คำถามที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมความคิด/แปลงปัญหาการใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ จากการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้น

ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ระยะเวลาเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาด้วยมวลประสบการณ์ของตนเอง โดยนักเรียนจะทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาแล้วใช้กระบวนการคิด/แปลงปัญหา การใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน การให้เหตุผล และการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ในแบบของตนเองและจากการแลกเปลี่ยนภายในกลุ่มจนเป็นข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงานของนักเรียนที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหาตามเกณฑ์รูปริกที่กำหนด และสรุปคะแนนแยกตามประเด็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาของนักเรียน ซึ่งครูอาจมีการใช้คำถามกระตุ้นความคิดในประเด็นที่มีความน่าสนใจให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายแนวคิดหรือประเด็นความรู้ของนักเรียนเพิ่มเติมได้

ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา กลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา และสะท้อนผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนเรียน เพื่อให้นักเรียนทราบจุดเด่น จุดด้อย และแนวทางที่จะพัฒนาหรือปรับปรุงเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายการเรียนรู้

**3. ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้** หมายถึง ความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม โดยเป็นความคิดเห็นต่อสิ่งเร้าอันได้แก่ ความคิดเห็นต่อการปฏิบัติกิจกรรม ความคิดเห็นต่อสื่อ-อุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรม ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อกิจกรรม ความคิดเห็นต่อพัฒนาการหรือความก้าวหน้าทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

#### **สมมุติฐานของการวิจัย**

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน

#### **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์
2. ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่นำวิธีการประเมินการเรียนรู้มาเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้
3. ได้แนวทางในการศึกษาวิจัยในการพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

#### ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- 1.1 การวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม
- 1.2 แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะ
  - 1.2.1 ความเป็นมาของแนวคิดสมรรถนะ
  - 1.2.2 ความหมายของสมรรถนะ
  - 1.2.3 ประเภทของสมรรถนะ
  - 1.2.4 องค์ประกอบของสมรรถนะ
- 1.3 แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์
  - 1.3.1 ความหมายของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์
  - 1.3.2 การจำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์
- 1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด
  - 1.4.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด
  - 1.4.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด
  - 1.4.3 ปัญหาปลายเปิด
  - 1.4.4 ประโยชน์ของการแก้ปัญหาปลายเปิด
- 1.5 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้
  - 1.5.1 ความหมายของการประเมินเพื่อการเรียนรู้
  - 1.5.2 วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินเพื่อการเรียนรู้
- 1.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้
- 1.7 การประเมินสมรรถนะ
- 1.8 ดัชนีประสิทธิผล

#### ตอนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ตอนที่ 3 กรอบแนวคิดของการวิจัย



## ตอนที่ 1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

### 1.1 การวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม เป็นหน่วยการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเป็นเนื้อหาสาระในมาตรฐานและตัวชี้วัดดังนี้

#### สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

**มาตรฐาน ค 2.1** เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

**ตาราง 1** ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	<b>พื้นที่ผิว</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ การหาพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม</li> <li>■ การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม ไปใช้ในการแก้ปัญหา</li> </ul>
2. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	<b>ปริมาตร</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ การหาปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม</li> <li>■ การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม ไปใช้ในการแก้ปัญหา</li> </ul>

จากการวิเคราะห์คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์เล่ม 2 พบว่า จุดประสงค์ของบทเรียนมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนสามารถ 1. หาปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม และ 2. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหา

### ความคิดรวบยอดของบทเรียน

พีระมิด กรวย และทรงกลมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติ เนื่องจากปริมาตรของพีระมิดสัมพันธ์กับปริมาตรของปริซึมและปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกลมต่างก็สัมพันธ์กับปริมาตรของทรงกระบอก เราจึงใช้ปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการอธิบายที่มาของการหาปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม สำหรับพื้นที่ผิวของพีระมิดและกรวยสามารถอธิบายและหาได้จากพื้นที่ของรูปคลี่ของพีระมิดและกรวยนั้น แต่เนื่องจากทรงกลมมีลักษณะเฉพาะที่ไม่สามารถใช้พื้นที่ของรูปเรขาคณิตสองมิติในการอธิบายที่มาของการหาพื้นที่ผิวได้โดยตรง ดังนั้น จึงใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของทรงกลมและปริมาตรของพีระมิดมาอธิบายที่มาของการหาพื้นที่ผิว

### ความรู้ในบทเรียน

- ปริมาตรของพีระมิด เป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของปริซึมที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากับพีระมิด

$$\text{ปริมาตรของพีระมิด} = \frac{1}{3} \times \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{ความสูง}$$

- พื้นที่ผิวของพีระมิดหาได้จากพื้นที่ผิวข้างทั้งหมดรวมกับพื้นที่ฐาน
- ปริมาตรของกรวย เป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากับกรวย

$$\text{ปริมาตรของกรวย} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

เมื่อ  $r$  แทนรัศมีของฐานของกรวย และ  $h$  แทนความสูงของกรวย

- พื้นที่ผิวของกรวย หาได้จากพื้นที่ผิวข้างรวมกับพื้นที่ฐานพื้นที่ผิวของกรวย =  $\pi r l + \pi r^2$  เมื่อ  $r$  แทนรัศมีของฐานของกรวย และ  $l$  แทนส่วนสูงเอียงของกรวย
- ปริมาตรของทรงกลม หาได้จากความสัมพันธ์ที่ว่า สามเท่าของปริมาตรของครึ่งทรงกลมเท่ากับปริมาตรของทรงกระบอก ที่มีรัศมี ของฐานเท่ากับรัศมีของครึ่งทรงกลม และความสูงเป็นสองเท่าของ รัศมีของครึ่งทรงกลม

$$\text{ปริมาตรของทรงกลม} = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ เมื่อ } r \text{ แทนรัศมีของทรงกลม}$$

- พื้นที่ผิวของทรงกลม สามารถอธิบายที่มาของสูตรได้โดยอาศัยความรู้จากปริมาตรของทรงกลมและปริมาตรของพีระมิด

$$\text{พื้นที่ผิวของทรงกลม} = 4\pi r^2 \text{ เมื่อ } r \text{ แทนรัศมีของทรงกลม}$$

ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบด้วย 1) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของพีระมิด 2) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย และ 3) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง โดยมีประเมินผลก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และประเมินผลสรุปรวม โดยใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมครั้งนี้ทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามแสดงผลการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลมดังนี้

ประเมินผลก่อนเรียน	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 2 เรื่อง พื้นที่ผิวของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 3 เรื่อง ปริมาตรของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 4 เรื่อง พื้นที่ผิวของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 5 เรื่อง ปริมาตรของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 6 เรื่อง พื้นที่ผิวของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินผลสรุปรวม	จำนวน 1 ชั่วโมง

โดยในแต่ละแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ออกแบบลักษณะการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ ดังรายละเอียด 1.6

## 1.2 แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะ

### 1.2.1 ความเป็นมาของแนวคิดสมรรถนะ

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสมรรถนะจากบทความของ ฉัตรณรงค์ศักดิ์ สุธรรมดี และจินต กานต์ สุธรรมดี (2560, หน้า 263-264) และ สุภาพร ตันติสันติสม (2555, หน้า 3) ผู้วิจัยพบว่า แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะได้ริเริ่มในช่วงทศวรรษที่ 1970 โดย เดวิด ซี. แม็กเคลลลันด์ (David C. McClelland) นักจิตวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์เวิร์ด อันมีมูลเหตุมาจากแม็กเคลลลันด์ได้รับการติดต่อให้ช่วยคัดเลือกเจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของประเทศสหรัฐอเมริกา (Foreign Service Information Officer : FSIOs) ในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งก่อนหน้านั้นการคัดเลือกเจ้าหน้าที่ FSIOs ใช้แบบทดสอบที่มุ่งทดสอบด้านทักษะที่คิดว่าจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานในตำแหน่งดังกล่าว แต่พบว่าผู้ที่ทำคะแนนสอบได้ดี ไม่ได้มีผลการปฏิบัติงานที่องค์กรต้องการ แม็กเคลลลันด์จึงได้พัฒนาเครื่องมือชนิดใหม่ ในการคัดเลือกคนที่สามารถทำนายผลการปฏิบัติงานได้ดีแทนข้อทดสอบแบบเก่า โดยใช้วิธีการประเมินที่เรียกว่า Behavioral Event Interview (BEI) เพื่อค้นหาลักษณะพฤติกรรมของผู้ที่ปฏิบัติตามเกณฑ์เฉลี่ย เพื่อหาพฤติกรรมที่แตกต่างกัน แล้วเรียกพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดการปฏิบัติงานที่ดีว่า “สมรรถนะ” (สุกัญญา รัชมิโชติ, 2548) ต่อในปี 1973 แม็กเคลลลันด์ ได้ตีพิมพ์บทความเรื่อง Testing for Competence Rather Than for “Intelligence” ซึ่งหมายถึง การทดสอบสมรรถนะควรทำมากกว่าการทดสอบเชาว์ปัญญา โดยแสดงความเห็นว่า ความรู้ ทักษะ และความเชี่ยวชาญทางวิชาการ รวมทั้งความมุ่งมั่นสู่ความสำเร็จไม่อาจชี้วัดหรือพยากรณ์ถึงผลสำเร็จของการปฏิบัติงานและในชีวิตได้ แต่สมรรถนะของบุคคลกลับเป็นสิ่งที่สามารถคาดการณ์ความสำเร็จในงานได้ดีกว่าซึ่งสะท้อนให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ผู้ที่ทำงานเก่งมิได้หมายถึงผู้ที่เรียนเก่งเสมอไป แต่ผู้ที่ประสบผลสำเร็จในการทำงานต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการประยุกต์ใช้หลักการหรือวิชาการที่มีอยู่ในตัวเอง เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในงานที่ตนทำ จึงกล่าวได้ว่าบุคคลนั้นมีสมรรถนะ ซึ่งประเด็นดังกล่าวส่งผลให้นักวิชาการสนใจอย่างมาก และพัฒนาต่อเนืองมา ในปี ค.ศ. 1982 Boyatzis ได้เขียนหนังสือชื่อ The Competent Manager : A Model of Effective Performance โดยใช้คำว่า “Competencies” เป็นคนแรก และในปี ค.ศ. 1994 Hamel และ Prahalad เขียนหนังสือชื่อ Competing for The Future และได้นำเสนอสิ่งที่เรียกว่า สมรรถนะหลัก (Core Competencies) หรือความสามารถหลักขององค์กร โดยระบุว่า เป็นความสามารถที่จะทำให้องค์กรมีความได้เปรียบในการแข่งขัน และเป็นสิ่งที่คู่แข่งไม่อาจเลียนแบบได้

แนวคิดการนำสมรรถนะมาใช้กับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์นั้นได้เริ่มต้นในงานบริหารบุคคล ในหน่วยงานราชการของสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดว่าในแต่ละตำแหน่งงานจะต้องมีพื้นฐานทักษะ ความรู้ และความสามารถ หรือพฤติกรรมนิสัยใดบ้าง และอยู่ในระดับใดจึงจะทำให้บุคลากรนั้นมี

คุณลักษณะที่ดี มีผลต่อการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง และได้ผลการปฏิบัติงานตรงตามวัตถุประสงค์ขององค์กร หลังจากนั้นแนวความคิดเรื่องสมรรถนะได้ขยายผลมายังภาคธุรกิจเอกชนของสหรัฐอเมริกามากยิ่งขึ้น สามารถสร้างความสำเร็จให้แก่ธุรกิจอย่างเห็นผลได้ชัดเจน นิตยสาร Fortune ฉบับเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 1998 ได้สำรวจความคิดเห็นจาก ผู้บริหารระดับสูงกว่า 4,000 คน จาก 15 ประเทศ พบว่า องค์กรธุรกิจชั้นนำได้นำแนวความคิดนี้ไปใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารมากถึงร้อยละ 67 และบริษัทที่ปรึกษาด้านการจัดการชื่อ Bain and Company ได้สำรวจบริษัทจำนวน 708 บริษัททั่วโลกในปี ค.ศ. 1998 พบว่า Core Competency เป็นเครื่องมือบริหารสมัยใหม่ที่บริษัทนิยมนำมาใช้ปรับปรุงการจัดการที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุดเป็นอันดับ 3 และในปี ค.ศ. 2005 อยู่ในลำดับที่ 6 จากจำนวนเครื่องมือทางการบริหาร 25 รายการ (ฉัตรณรงค์ดี สุธรรมดี และจินตกานต์ สุธรรมดี, 2560, หน้า 264) สำหรับประเทศไทยได้มีการนำแนวความคิดสมรรถนะมาใช้ในองค์กรที่เป็นเครือข่ายบริษัทข้ามชาติ ก่อนที่จะแพร่หลายเข้าไปสู่บริษัทชั้นนำของประเทศ เช่น ไทยธนาคาร เครือปูนซีเมนต์ไทย ซินคอร์เปอเรชั่น บริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จากัด (มหาชน) เนื่องจากภาคเอกชนที่ได้นำแนวคิดสมรรถนะไปใช้ทำให้เกิดผลสำเร็จอย่างเห็นได้ชัดเจนมีผลให้เกิดการตื่นตัวในวงราชการ และได้มีการนำแนวคิดนี้ไปทดลองใช้ในหน่วยราชการ โดยสำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือนได้นำแนวความคิดนี้มาใช้ในการพัฒนาข้าราชการพลเรือน ในระยะแรกได้ทดลองใช้ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์โดยยึดหลักสมรรถนะ (Competency Based Human Resource Development) ในระบบการสรรหาผู้บริหารระดับสูง (Senior Executive System-SES) ใช้ในการปรับปรุงระบบจำแนกตำแหน่งและค่าตอบแทนในภาครัฐโดยยึดหลักสมรรถนะและกำหนดสมรรถนะต้นแบบของข้าราชการเพื่อพัฒนาสมรรถนะของข้าราชการและประสิทธิผลของหน่วยงานภาครัฐ (สำนักงาน คณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2547)

จากการศึกษาความเป็นมาของแนวคิดสมรรถนะทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า องค์กรต่าง ๆ มีความเชื่อใหม่ที่เปลี่ยนไปจากเดิมที่มักจะคัดสรรคนเก่ง ซึ่งนิยมพิจารณาจากผลการเรียน ผลการสอบในการเข้ารับปฏิบัติงาน แต่ความเชื่อดังกล่าวถูกทำให้เป็นความเชื่อที่ผิดไป เนื่องจากคนที่ทำข้อสอบได้ดีหรือมีผลการเรียนที่ดีไม่ได้หมายถึงบุคคลที่สามารถปฏิบัติงานได้บรรลุผลสำเร็จตามมาตรฐานที่องค์กรต้องการเสมอไป ชุดความเชื่อใหม่นี้ทำให้ผู้คนตระหนักว่า สมรรถนะเป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้บุคคลประสบความสำเร็จในการทำงาน ทั้งนี้ในแต่ละยุคสมัย ความต้องการคนที่มีสมรรถนะสูงในด้านต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสังคมและบริบทที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแนวคิดหรือหรือความเชื่อใหม่นี้ส่งผลขยายไปยังหน่วยงานที่หลากหลายทั่วโลกที่จะหันมาคัดเลือกหรือพัฒนาบุคคลให้มีสมรรถนะกันมากยิ่งขึ้น ในวงการการศึกษาเองก็เช่นเดียวกัน

### 1.2.2 ความหมายของสมรรถนะ

ในเบื้องต้นเราได้ทราบถึงความเป็นมาของแนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะจนนำมาสู่ความเปลี่ยนแปลงของเส้นทางหลักสูตรสู่หลักสูตรฐานสมรรถนะ ในตอนนี้เราจะนำเข้าสู่การทำทำความเข้าใจถึงความหมายของคำว่า “สมรรถนะ” ซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษคือ “Competency” โดยรวมรวมการให้ความหมายจากบุคคลและหน่วยงานได้ดังนี้

David C. McClelland (1998, p.338) ได้กล่าวถึง การทบทวนและการวัดสมรรถนะตามแนวคิดที่ได้เสนอในบทความ Testing for Competence Rather than Intelligence ในปี 1973 โดยสรุปได้ว่า สมรรถนะ คือ พฤติกรรมที่แสดงผ่านระดับของความสามารถหรือความถี่ของพฤติกรรมที่แสดงออกอันมาจากคุณลักษณะภายในที่ทำให้บุคคลแสดงผ่านความโดดเด่นในการปฏิบัติงาน.

University of Texas (2012, อ้างถึงใน สมเกียรติ อินทสิงห์, 2558, หน้า 9-10) ได้ให้ความหมายของสมรรถนะ คือ ความสามารถในการใช้หรือประยุกต์ใช้กลุ่มของความรู้ (set of related knowledge) ทักษะ (skills) และเจตคติ (attitude) ในการพยายามปฏิบัติกิจกรรมหรือทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายให้ประสบความสำเร็จโดยสมรรถนะจะมีความแตกต่างกันออกไปตามแต่ละบริบทของระดับการศึกษา สามารถวัดและประเมินได้อย่างชัดเจน.

พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย “ชุดความฉลาดรู้ (literacy)” ฉบับราชบัณฑิตยสภา (2562, หน้า 15) ได้กล่าวถึงความหมายของสมรรถนะไว้ว่า สมรรถนะ (competency) หมายถึง ความสามารถที่แสดงออกทางพฤติกรรมและการกระทำในการปฏิบัติตนและปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จ โดยประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ตนมีให้เหมาะสม สอดคล้องกับบริบทของสังคมและวัฒนธรรมในสถานการณ์ที่หลากหลาย

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2562, หน้า 6) ได้กล่าวว่า สมรรถนะเป็น ความสามารถของบุคคลในการใช้ความรู้ทักษะเจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ตนมีในการทำงานหรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ จนประสบความสำเร็จในระดับใดระดับหนึ่ง สมรรถนะแสดงออกทางพฤติกรรมการปฏิบัติที่สามารถวัดและประเมินผลได้ สมรรถนะจึงเป็นผลรวมของความรู้ ทักษะ เจตคติ คุณลักษณะและความสามารถอื่น ๆ ที่ช่วยให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคลประสบความสำเร็จในการทำงาน

จากการให้ความหมายของคำว่า “สมรรถนะ” จากนักวิชาการและหน่วยงานในข้างต้น ผู้วิจัยสังเคราะห์และให้ความหมายได้ว่า สมรรถนะ หมายถึง บุคลิกลักษณะภายในของบุคคลที่นำมาใช้ปฏิบัติงานหรือแก้ไขปัญหาได้ประสบความสำเร็จหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยบุคลิกลักษณะดังกล่าวคือ ความสามารถของบุคคลที่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะต่าง ๆ ของตนในการปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสมตามวุฒิภาวะในแต่ละช่วงวัย ซึ่งความสามารถดังกล่าวสามารถทำการวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน โดยความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ที่บุคคลมีจะยังไม่ถือว่าสมรรถนะจนกว่าบุคคลนั้นจะได้แสดงพฤติกรรมหรือความสามารถในการนำความรู้



1) สมรรถนะหลัก (Core competency) คือ พฤติกรรมที่ดีที่ทุกคนในองค์กรต้องมี เพื่อแสดงถึงวัฒนธรรมและหลักนิยมขององค์กร

2) สมรรถนะบริหาร (Professional competency) คือ คุณสมบัติความสามารถด้านการบริหารที่บุคลากรในองค์กรทุกคนจำเป็นต้องมีในการทำงาน เพื่อให้งานสำเร็จและสอดคล้องกับแผนกลยุทธ์ วิสัยทัศน์ขององค์กร

3) สมรรถนะเชิงเทคนิค (Technical competency) คือ ทักษะด้านวิชาชีพที่จำเป็นในการนำไปปฏิบัติให้บรรลุผลสำเร็จโดยจะแตกต่างกันตามลักษณะงาน สามารถจำแนกได้ 2 ส่วนย่อย ได้แก่ สมรรถนะเชิงเทคนิคหลัก (Core technical competency) และสมรรถนะเชิงเทคนิคเฉพาะ (Specific technical competency)

สภากัญญา รัชมิธรรมโชติ (2548) จำแนกสมรรถนะได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่

1) สมรรถนะส่วนบุคคล (Personal competencies) หมายถึง สมรรถนะที่แต่ละคนมี เป็นความสามารถเฉพาะตัวยากที่จะเลียนแบบหรือต้องมีความพยายามสูงมาก

2) สมรรถนะเฉพาะงาน (Job competencies) หมายถึง สมรรถนะของบุคคลกับการทำงานในตำแหน่งหรือบทบาทเฉพาะตัว เช่น อาชีพนักสำรวจ ก็ต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์ตัวเลข การคิดคำนวณ ความสามารถในการทาบัญชี เป็นต้น

3) สมรรถนะองค์กร (Organization competencies) หมายถึง ความสามารถพิเศษเฉพาะองค์กรนั้นเท่านั้น เช่น บริษัท เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทที่มีความสามารถในการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือบริษัท พอร์ด(มอเตอร์) จำกัด มีความสามารถในการผลิตรถยนต์ เป็นต้น

4) สมรรถนะหลัก (Core competencies) หมายถึง ความสามารถสำคัญที่บุคคลต้องมีหรือต้องทำ เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น พนักงานเลขานุการสำนักงานต้องมีสมรรถนะหลักคือ การใช้คอมพิวเตอร์ได้ติดต่อประสานงานได้ดี เป็นต้น หรือ ผู้จัดการบริษัทต้องมีสมรรถนะหลักคือ การสื่อสาร การวางแผน การบริหารจัดการและการทำงานเป็นทีม เป็นต้น

5) สมรรถนะในงาน (Functional competencies) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีตามหน้าที่ที่รับผิดชอบ ตำแหน่งหน้าที่อาจเหมือนแต่ความสามารถตามหน้าที่ต่างกัน เช่น ข้าราชการตำรวจเหมือนกัน แต่มีความสามารถต่างกันบางคนมีสมรรถนะทางการสืบสวน สอบสวน บางคนมีสมรรถนะทางปราบปราม เป็นต้น

ชูชัย สมितिไกร (2550) รุติพัฒน์ พิษณุธาดาพงศ์ (2549) และ ปิยะชัย จันทรวงศ์ไพศาล (2549) ได้แบ่งประเภทของสมรรถนะไว้มีทั้งส่วนที่เหมือนกัน และแตกต่างกันสรุปได้ดังนี้คือ

1) สมรรถนะหลัก (core competency) คือ สมรรถนะที่บุคลากรในองค์กรทุกคนจำเป็นต้องมีเหมือนกันทุกคนไม่ว่าจะปฏิบัติงานตำแหน่งใดเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ



2) สมรรถนะตามตำแหน่งหน้าที่ (functional competency หรือ Job competency) คือ สมรรถนะที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน โดยใช้เฉพาะตำแหน่งงานหน้าที่นั้น ๆ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ประสบความสำเร็จ

3) สมรรถนะด้านการบริหารจัดการ (management competency หรือ professional competency) คือ สมรรถนะที่บุคลากรในองค์กรตั้งแต่ผู้บริหารระดับล่างขึ้นไป จำเป็นต้องมีเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานเกี่ยวกับการบริหารจัดการในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2565, หน้า 6-24) ตามร่างกรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ระบุสมรรถนะ 2 ประเภท ได้แก่

1) สมรรถนะหลัก (Core Competencies) หมายถึง สมรรถนะที่กำหนดให้เป็นพื้นฐานที่นักเรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นความสามารถติดตัวเมื่อจบการศึกษา มีลักษณะเป็นสมรรถนะข้ามกลุ่มสาระการเรียนรู้หรือคร่อมวิชา สามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนได้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลายหรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผู้เรียนสาระต่าง ๆ ได้ดีขึ้น เป็นสมรรถนะที่มีลักษณะ “content - free” คือ ไม่ขึ้นกับเนื้อหาสาระของศาสตร์ใด ๆ อย่งไรก็ตาม สมรรถนะหลักโดยตัวมันเองไม่ได้ปราศจากความรู้ แต่ความรู้ที่เป็นองค์ประกอบของสมรรถนะหลักจะเป็นองค์ความรู้เชิงกระบวนการ (Procedural Knowledge) ซึ่งเป็นชุดของขั้นตอนหรือการปฏิบัติเพื่อดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายของสมรรถนะนั้น ๆ เป็นได้ทั้งกระบวนการที่ใช้เฉพาะศาสตร์หรือบูรณาการข้ามศาสตร์ เช่น ความรู้ที่เป็นองค์ประกอบของสมรรถนะการคิดขั้นสูงเป็นเป็นชุดความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดประเภทต่าง ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดสร้างสรรค์

2) สมรรถนะเฉพาะ (Specific Competencies) เป็นสมรรถนะเฉพาะกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย ความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) เจตคติ (Attitudes) และค่านิยม (Values) ของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่กำหนดสำหรับนักเรียนในแต่ละช่วงชั้น

จากการจำแนกประเภทของสมรรถนะในข้างต้นจะเห็นว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า สิ่งที่จะทำให้พิจารณาว่าเป็นสมรรถนะนั้น คือ ความสามารถที่มีความโดดเด่นและเลียนแบบได้ยาก โดยปกติทั่วไปหากต้องการจำแนกประเภทของสิ่งต่าง ๆ ควรที่จะใช้หลักเกณฑ์ยึดเป็นที่ตั้ง เพราะถ้าใช้เกณฑ์การพิจารณาที่ต่างกันย่อมได้ผลที่ต่างกันด้วย เช่น ถ้าใช้เกณฑ์ความสามารถตามความต้องการขององค์กรหนึ่ง ๆ ก็อาจจะแบ่งได้เป็น สมรรถนะหลัก (Core competencies) ซึ่งหมายถึง ความสามารถพื้นฐานที่องค์กรต้องการให้บุคคลมี และสมรรถนะเฉพาะสายงาน (Job competencies) ซึ่งหมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้ในเฉพาะงานที่บุคคลหนึ่งๆ ใช้ปฏิบัติในงาน ซึ่งการมีสมรรถนะ 2 อย่างนี้ย่อมส่งผลให้องค์กรมีความแตกต่างไปจากองค์กรอื่น ๆ ก็อาจจำแนกสมรรถนะดังกล่าวเป็นสมรรถนะองค์กร (Organization competencies) แต่จะจำแนก

โดยพิจารณาโดยเกณฑ์อะไรก็ตาม จะสามารถพิจารณาเป็น 2 ส่วนได้เสมอ คือ ความสามารถทั่วไปที่พึงมีกับความสามารถที่ทำให้โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สมรรถนะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

1) สมรรถนะพื้นฐานหรือสมรรถนะหลัก (Core competencies) หมายถึง ความสามารถพื้นฐานที่องค์กรต้องการให้บุคคลในองค์กรมีความสามารถพื้นฐานที่สังคมต้องการให้บุคคลพึงมีเป็นพื้นฐาน

2) สมรรถนะเฉพาะ (Specific Competencies) หมายถึง ความสามารถที่บุคคลต้องใช้ความมานะอุตสาหะจนเป็นอัตลักษณ์หรือความสามารถที่ถูกกำหนดขึ้นมาอย่างเฉพาะในความต้องการหนึ่ง ๆ เช่น สมรรถนะหลักที่ต้องการให้บุคลากรในบริษัทหนึ่งพึงมีคือ ความสามารถในการทำงานเป็นทีม แต่พนักงานฝ่ายขายต้องมีความสามารถเฉพาะหรือความถนัดเฉพาะที่ใช้สำหรับการขาย เช่น การโน้มน้าวจิตใจ หรือให้การจูงใจเรียนรู้สมรรถนะหลักที่หลักสูตรต้องการคือ 1. การจัดการตนเอง 2. การคิดขั้นสูง 3. การสื่อสาร 4. การรวมพลังทำงานเป็นทีม 5. การเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง 6. การอยู่ร่วมกับธรรมชาติ และวิทยาการอย่างยั่งยืน แต่ในการเรียนคณิตศาสตร์ ต้องการความสามารถเฉพาะทางการให้เหตุผล การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

#### 1.2.4 องค์ประกอบของสมรรถนะ

การทำความเข้าใจอย่างท่องแท้ถึงสิ่ง ๆ หนึ่งควรที่จะสามารถระบุได้ว่าสิ่งนั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง เช่น จะทำความเข้าใจว่า ผัดกะเพราคืออะไร อย่างไรก็ดีจึงจะถือว่าเป็นผัดกะเพราแล้วในความเป็นผัดกะเพราส่วนใดสำคัญที่สุด เราก็จะต้องพิจารณาแยกส่วนไปยังเมนูนี้ว่า ประกอบด้วยอะไรบ้าง ซึ่งจะพบว่าประกอบด้วย เนื้อ กะเพรา และเครื่องปรุง เมื่อเห็นส่วนเราจะรู้ได้ทันทีว่า ส่วนที่สำคัญที่สุด คือ กะเพรา เพราะถ้าไม่มีกะเพราก็ไม่ควรเรียกว่าผัดกะเพรา แต่ถ้าอยากให้อร่อยก็ต้องไปพิจารณาส่วนที่เป็นเครื่องปรุง ฉะนั้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสมรรถนะควรที่จะทราบว่ามีสมรรถนะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้เป็นฐานการพัฒนาได้ถูกเป้าประสงค์ ซึ่งมีนักวิชาการให้ความเห็นที่หลากหลายดังนี้

เดวิด ซี. แม็กเคลลันด์ (David C. McClelland) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสมรรถนะ 5 ส่วน สรุปได้ดังนี้ (McClelland, 1973; สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ, 2547; สำนักงาน ก.พ., 2548; รัชนิวรรณ วณิชย์ ถนอม, 2547; ชนาธิป ทูย์แป, 2551; อ่างถึงใน สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2555, หน้า 2)

1. ทักษะ (Skills) หมายถึง สิ่งที่บุคคลกระทำได้ดี และฝึกปฏิบัติเป็นประจำจนเกิดความชำนาญ เช่น ทักษะของหมอฟันในการอุดฟัน โดยไม่ทำให้คนไข้รู้สึกเสียวเส้นประสาท

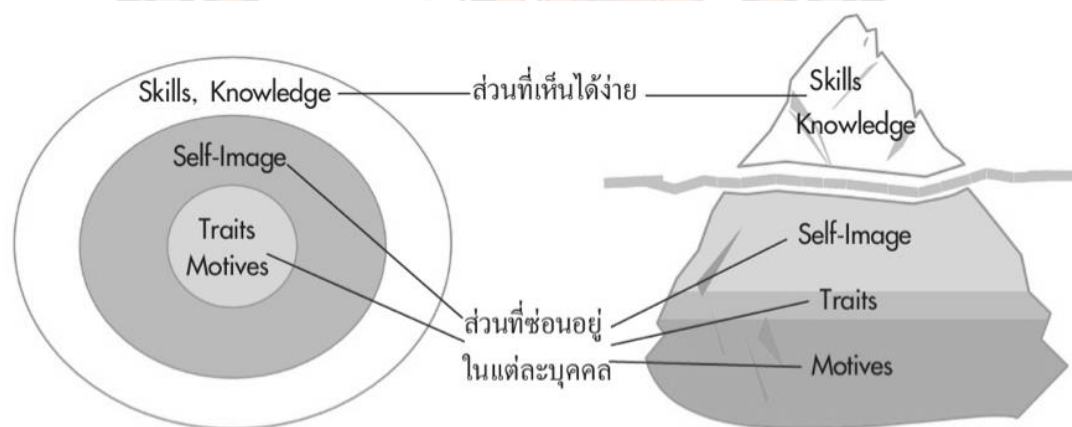
2. ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความรู้เฉพาะด้านของบุคคล เช่น ความรู้ภาษาอังกฤษ ความรู้ด้านการบริหารต้นทุน เป็นต้น

3. ภาพลักษณ์ภายในบุคคล (Self-Image / Self-concept) หมายถึง ทศนคติ ค่านิยม และความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของตนเอง หรือสิ่งที่บุคคลเชื่อว่าตนเองเป็น เช่น Self-confidence คนที่มีความเชื่อมั่นในตัวเองสูง จะเชื่อว่าตนเองสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

4. คุณลักษณะภายในหรืออุปนิสัย (Traits) หมายถึง บุคลิกลักษณะประจำตัวของบุคคลเป็นสิ่งที่อธิบายถึงบุคคลนั้น เช่น เป็นคนที่น่าเชื่อถือ และไว้วางใจ หรือมีลักษณะเป็นผู้นำ เป็นต้น

5. แรงจูงใจ (Motive) หมายถึง แรงขับภายใน ซึ่งทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมที่มุ่งสู่สิ่งที่เป็นเป้าหมาย เช่น บุคคลที่มุ่งผลสัมฤทธิ์ (Achievement Orientation) มักชอบตั้งเป้าหมายที่ท้าทาย และพยายามทำงานสำเร็จตามเป้าที่ตั้งไว้ ตลอดจนพยายามปรับปรุงการทำงานของตนเองตลอดเวลา

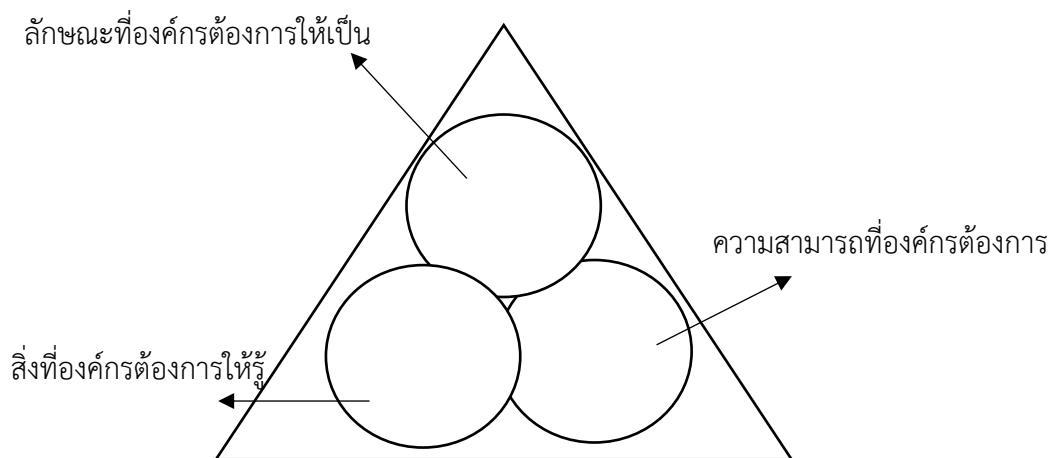
โดยความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของสมรรถนะนั้นนิยมทำการอธิบายด้วยโมเดลภูเขาน้ำแข็ง (Iceberg Model) ดังภาพ 1



ภาพ 1 โมเดลภูเขาน้ำแข็ง (Iceberg Model)

ที่มา: สำนักทดสอบทางการศึกษา (2555, หน้า 2)

กิตติพงษ์ เลิศเสียงชัย (2547) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบสมรรถนะในการปฏิบัติงาน มี 3 ส่วน ดังนี้ คือ 1) สิ่งที่ต้องการต้องการให้รู้ (Knowledge) 2) ความสามารถที่ต้องการต้องการให้ทำได้ (Skills) และ 3) ลักษณะที่ต้องการต้องการให้เป็น (Attributes) ดังภาพ 2



ภาพ 2 แสดงส่วนประกอบของสมรรถนะ

ที่มา: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (ม.ป.ป, หน้า 56)

ซูซัย สมิทธิไกร (2540) กล่าวว่า คุณสมบัติของผู้ปฏิบัติงานนั้น ประกอบด้วย องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ ความรู้ ทักษะ และความสามารถ ซึ่งมีความหมาย ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) คือ พื้นฐานของการสร้างทักษะและความสามารถเป็น สิ่งที่ได้รับ การจัดระบบระเบียบไว้เป็นอย่างดีส่วนมากมักจะเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงหรือ ระเบียบวิธีการ ซึ่งจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานให้เกิดผลดีตามจุดมุ่งหมาย

2. ทักษะ (Skill) คือ ความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง ส่วนมาก มักจะหมายถึง ความสามารถในการประกอบกิจกรรมโดยใช้อวัยวะเคลื่อนไหวภายนอก (Psychomotor Type Activities)

3. ความสามารถ (Ability) คือ ความสามารถเชิงปัญญาที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน กล่าวคือ เป็นความสามารถในการประยุกต์ความรู้ที่มีอยู่ไปใช้ในการปฏิบัติงาน

จากการแบ่งองค์ประกอบของสมรรถนะข้างต้น จะเห็นว่า เป็นการแยกส่วนการมีซึ่งสมรรถนะ ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถนะได้ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความรอบรู้ในศาสตร์
2. ทักษะ (Skills) หรือ ความสามารถ (Ability) หมายถึง การปฏิบัติที่อาจจะอยู่ในระดับที่ปฏิบัติได้ ซึ่งเรียกว่า ความสามารถ (Ability) หรือสามารถปฏิบัติได้อย่างคล่องแคล่ว ซึ่งเรียกว่า (Skills)
3. เจตคติเชิงบวก (Attitude) หมายถึง สภาพความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าและสภาพแวดล้อมในทางที่ดี

4. ความสามารถในการบูรณาสมมูลทั้งความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) หรือความสามารถ (Ability) และเจตคติเชิงบวก (Attitude)

จากองค์ประกอบข้างต้นยกตัวอย่างการเชื่อมโยงพอสังเขป เช่น คุณครูสอนเด็กชาย A ให้บวกเลขโดยดำเนินการตามขั้นตอนที่ครูสอน ซึ่งเด็กชาย A ทำได้ เรากล่าวได้ว่า เด็กชาย A มีความสามารถทางการคำนวณ ซึ่งขณะนี้เด็กชาย A ถือว่ามีความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณ แต่คุณครูฝึกให้เด็กชาย A ฝึกทำแบบฝึกหัดทุกวันจนเด็กชาย A คำนวณได้จนคล่องแคล่ว จึงกล่าวได้ว่า เด็กชาย A มีทักษะทางการคำนวณ ขณะที่เขาทำแบบฝึกหัดจนทำได้อย่างคล่องแคล่วเป็นธรรมชาติ เด็กชาย A จะรู้สึกว่าการคำนวณเลขทำให้เขาสนุกรู้สึกดีรู้สึกพึงพอใจ จึงกล่าวได้ว่า เด็กชาย A มีเจตคติที่ดีต่อการมีความรู้และทักษะทางการคำนวณ แต่ทั้งหมดนี้ยังไม่ถือว่าเด็กชาย A มีสมรรถนะ แต่ถ้าเด็กชาย A พบสถานการณ์ใหม่ที่สามารถใช้การคำนวณแก้ปัญหาได้ แล้วปรากฏว่า เด็กชาย A สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ ความสามารถหรือทักษะทางการคำนวณ และเจตคติที่ดีมาดำเนินการจนเขาสามารถบรรลุเป้าหมายสำเร็จได้ จึงจะกล่าวว่า เด็กชาย A มีสมรรถนะ ดังนั้น จะสังเกตเห็นว่าการที่เด็กชาย A จะมีสมรรถนะได้จะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญทั้ง 4 ประการดังกล่าว

### 1.3 แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

#### 1.3.1 ความหมายของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

สมรรถนะ ในความหมายโดยทั่วไปหมายถึงบุคลิกลักษณะภายในของบุคคลที่นำมาใช้ปฏิบัติงานหรือแก้ไขปัญหาได้ประสบความสำเร็จหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยบุคลิกลักษณะดังกล่าวคือ ความสามารถของบุคคลที่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะต่าง ๆ ของตนในการปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสมตามวุฒิภาวะในแต่ละช่วงวัย สำหรับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ซึ่งจัดเป็นสมรรถนะเฉพาะ (Specific Competencies) มีความหมายในทำนองเดียวกันกับซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

อัมพร ม้าคะนอง (2553, อ้างถึงใน สมเกียรติ อินทสิงห์, 2558, หน้า 10) ได้เสนอความหมายของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ว่าหมายถึง การจัดการและตอบสนองอย่างมีประสิทธิภาพต่อความต้องการใช้งานทางคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ที่มีความแตกต่างและหลากหลาย ตั้งแต่การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานจนถึงการคิดและหยั่งรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematics content) ที่เป็นความเข้าใจ มโนทัศน์ และความคิดทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (skill and process of Mathematics) เช่น การแก้ปัญหา การใช้ภาษาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ การคำนวณ การเชื่อมโยงปัญหา การวิเคราะห์ การอ้างอิงไปใช้ และการหยั่งรู้

กิตติศักดิ์ ดีพิน (2561, หน้า 11) กล่าวว่า สมรรถนะคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความสามารถ ทักษะ และคุณลักษณะอื่น ๆ ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีคุณลักษณะที่แสดงออกในทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564, หน้า 6) กล่าวว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลรวมของความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในตัวนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนสามารถปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของงานที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการให้ความหมายข้างต้นจะเห็นว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกับความหมายของสมรรถนะโดยทั่วไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ หมายถึง บุคลิกลักษณะภายในของบุคคลที่นำมาใช้ปฏิบัติงานหรือแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือปัญหาที่ต้องใช้การประยุกต์ใช้ทางคณิตศาสตร์ได้ประสบความสำเร็จหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยบุคลิกลักษณะดังกล่าวคือความสามารถของบุคคลที่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะต่าง ๆ ของตนในการปฏิบัติงานทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

### 1.3.2 การจำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า โดยส่วนใหญ่จะยึดแนวคิดสมรรถนะตามกรอบของ PISA ในปี 2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015 และ 2018 โดยการประเมินทางคณิตศาสตร์ถูกเน้นในปี 2003 และ 2012 ซึ่งประกอบด้วย 8 สมรรถนะ (Niss and Højgaard, 2019) ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552, หน้า 3-4)

1. การคิดและการใช้เหตุผล (Thinking and Reasoning) สมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับความสามารถ ในการตั้งคำถาม รู้คำตอบทางคณิตศาสตร์ บอกความแตกต่างของประโยค (statements) เช่น นิยาม ทฤษฎี conjecture สมมติฐาน ตัวอย่าง ฯลฯ) และความเข้าใจและการใช้ข้อจำกัดของ คณิตศาสตร์

2. การสร้างข้อโต้แย้ง (Argumentation) เกี่ยวข้องกับการรู้จักการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ และรู้ว่า การพิสูจน์แตกต่างจากการใช้เหตุผลอย่างไร สามารถติดตาม และประเมินการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ แบบต่าง ๆ มีความรู้สึกถึงความจริง (รู้ว่าอะไรเกิดขึ้นได้/ไม่ได้ และทำไม) และสามารถสร้างและแสดงการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

3. การสื่อสาร (Communication) เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของตน ความสามารถที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจตน โดยวิธีการต่าง ๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ ทั้งในรูปของการพูดและการเขียน และสามารถเข้าใจ การพูดและการเขียนของผู้อื่นด้วยเช่นกัน

4. การสร้างตัวแบบ (Modeling) เกี่ยวข้องกับการวางโครงสร้างของสถานการณ์ที่จะต้องนำมาสร้างเป็น ตัวแบบ (Model) การแปลความเป็นจริงให้เข้าสู่โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ การประเมินความน่าเชื่อถือของตัวแบบ วิเคราะห์ วิจารณ์ ตัวแบบและผลที่เกิดขึ้น การสื่อสารแนวคิดของตัวแบบและผล (รวมทั้ง ข้อจำกัด) การติดตามและควบคุมกระบวนการของการสร้างตัวแบบ

5. การตั้งและการแก้ปัญหา (Problem posing and solving) เป็นสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการตั้ง คำถาม การสร้างเป็นปัญหาคณิตศาสตร์ และการนิยาม ปัญหาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ (เช่น คณิตศาสตร์ แก่ ประยุกต์ คำถามเปิด คำถามปิด) และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ โดยวิธีการที่หลากหลาย

6. การแสดงเครื่องหมายแทน (Representation) สมรรถนะด้านนี้เกี่ยวข้องกับการแปลรหัส (decoding) และการเข้ารหัส (encoding) การแปลความ การตีความ และการบอกความแตกต่างของการแสดงเครื่องหมายของคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงเครื่องหมายแทนแบบต่าง ๆ การเลือกและการเปลี่ยนระหว่างรูปแบบต่าง ๆ ของการแสดงเครื่องหมายแทน (Representation) ที่ให้สอดคล้องกับสถานการณ์และจุดประสงค์

7. การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการ (Using symbolic, language and operation) เกี่ยวข้องกับการแปลรหัส การตีความสัญลักษณ์ ภาษาคณิตศาสตร์ และความเข้าใจการเชื่อมโยงของ ภาษาคณิตศาสตร์กับภาษาธรรมดา การแปลความจากภาษาธรรมดาไปเป็นสัญลักษณ์/ภาษาคณิตศาสตร์ สามารถจัดการกับประโยคหรือพจน์ที่มีสัญลักษณ์และสูตร ความสามารถในการใช้ตัวแปร การแก้สมการ และการคำนวณ

8. ใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ (Using aids and tools) สมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับการรับรู้ และความสามารถในการใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ (รวมทั้งเครื่องมือภาคเทคโนโลยีสารสนเทศ) ที่สามารถช่วยกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังหมายถึงรวมถึงความรู้ถึงข้อจำกัดของเครื่องมือ นั้น ๆ ด้วย

อย่างไรก็ตาม PISA ไม่ได้ต้องการที่จะสร้างข้อสอบเพื่อวัดสมรรถนะต่าง ๆ เฉพาะแต่ละสมรรถนะโดยลำพัง เพราะสมรรถนะของคนไม่ใช่สิ่งที่จะแยกออกมาวัดได้โดด ๆ แต่ในการแสดงความสามารถอย่างใดอย่างหนึ่งอาจมีหลายสมรรถนะซ้อนกันอยู่ ดังนั้น PISA จึงไม่ได้วัดสมรรถนะโดด ๆ แต่ในการตอบข้อสอบนักเรียนจำเป็นต้องมีและสามารถใช้สมรรถนะดังกล่าว แต่อาจจะใช้หลายสมรรถนะหรือเรียกว่า กลุ่มของสมรรถนะในการแก้ปัญหา ซึ่งรวมไว้เป็น 3 กลุ่ม คือ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550, หน้า 32)

1) Reproduction (การทำใหม่) เป็นการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับตัวอย่างเดิมที่คุ้นเคยอยู่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์บางอย่างไป

2) Connection (การเชื่อมโยง) คือการเชื่อมโยงหรือต่อเนื่องความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมเพื่อวิเคราะห์และเลือกวิธีการแก้ปัญหา

3) Reflection and Communication (การสะท้อนและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์) การตอบสนองต่อปัญหาโดยการแสดงความคิดของตนจากปัญหาหรือประเด็นทางคณิตศาสตร์ และสื่อสาร อธิบาย บรรยาย ความคิดความเข้าใจของตนให้ผู้อื่นรับรู้ได้

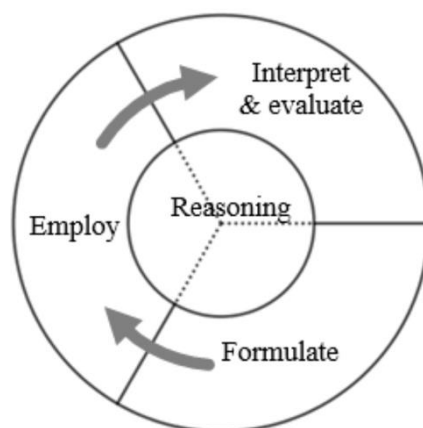
นอกจากข้อสอบของ PISA จะใช้สถานการณ์ที่มีอยู่ในโลกของความเป็นจริงแล้วยังต้องการให้นักเรียนใช้ความคิดที่สูงขึ้นไปจากการคิดคำนวณหาคำตอบที่เป็นตัวเลข แต่ต้องการให้นักเรียนรู้จักคิด ใช้เหตุผล และคำอธิบายมาประกอบคำตอบของตนอีกด้วย

ในปี พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินโครงการเพิ่มศักยภาพครูให้มีสมรรถนะของครูยุคใหม่ สำหรับการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 โดยประสานความร่วมมือกับกลุ่มมหาวิทยาลัยราชภัฏในทุกภูมิภาค ซึ่งถือเป็น สถาบันการศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น เพื่อเป็นแกนนำในการเตรียมความพร้อมครูในทุกพื้นที่ของประเทศ สำหรับการเป็นครูยุคใหม่ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งได้จัดทำเอกสารประกอบการอบรมที่จัดทำขึ้นโดยความร่วมมือระหว่างฝ่ายบริหารโครงการริเริ่ม สสวท. คณาจารย์มหาวิทยาลัย ครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ และผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งได้รวบรวมเนื้อหาที่จำเป็นในการสร้างแนวทางการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนสู่การเรียนรู้ฐานสมรรถนะ โดยจำแนกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ซึ่งยึดถือตามกรอบแนวทางการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA 2021 ที่ได้มีการพัฒนาปรับปรุงขึ้น ซึ่งกำหนดกรอบของสมรรถนะที่เหมือนกันกับ PISA ต่างกันแต่เพียงบริบททางด้านเนื้อหา

พิจารณาการพัฒนากรอบแนวคิดกำหนดสมรรถนะระหว่าง PISA 2003 และ 2012 (ใช้กรอบแนวคิดเดียวกัน) PISA 2021 และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดังนี้

PISA เป็นโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment : PISA) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศสมาชิกและประเทศร่วมโครงการ โดยประเมินความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ โดยประเทศไทยเข้าร่วมตั้งแต่การประเมินรอบที่ 1 (Phase 1 : PISA 2000 PISA 2003 และ PISA 2006) การประเมินรอบที่ 2 (Phase 2 : PISA 2009 PISA 2012 และ PISA 2015) การประเมินรอบที่ 3 (Phase 2 : PISA 2018 PISA 2021 และ PISA 2024) โดยในแต่ละปีการประเมินจะถูกเน้นในสาระวิชาที่ต่างกัน สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ถูกเน้นในรอบปี 2003 และ 2012 ดังภาพ 3

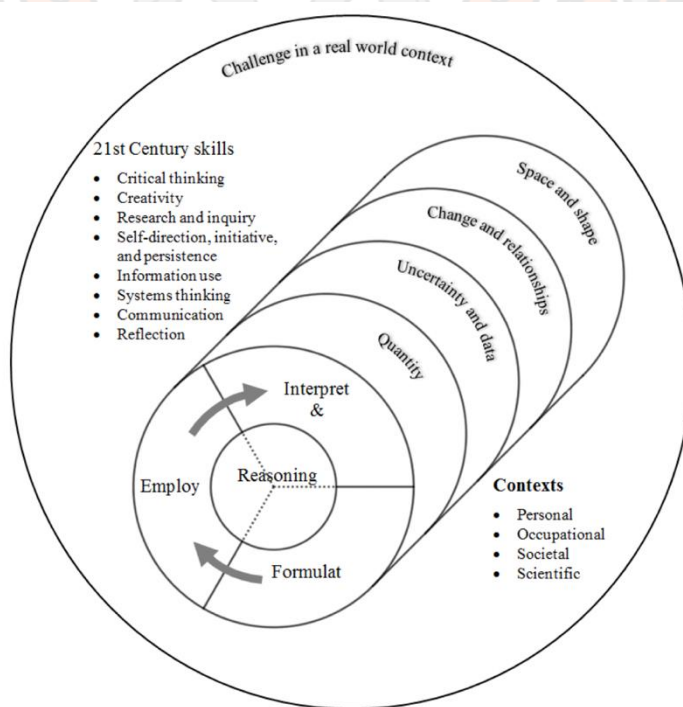




ภาพ 3 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ปี 2003, 2012

ที่มา: OECD (2018, p. 8)

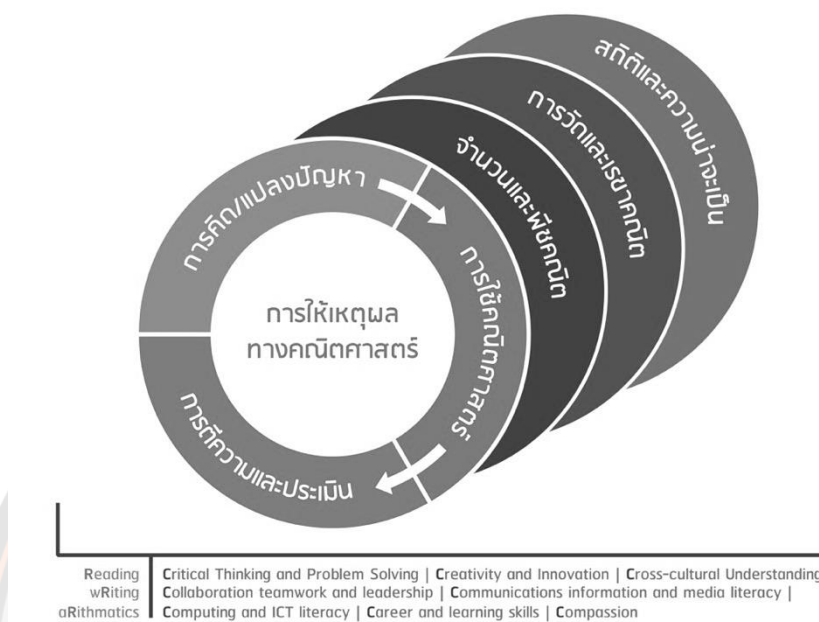
ต่อมาการประเมิน PISA ในปี 2021 ได้มีการพัฒนากรอบแสดงความสัมพันธ์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ให้มีครอบคลุมและมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังภาพ 4



ภาพ 4 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ PISA 2021

ที่มา: OECD (2018, p. 10)

ในปี พ.ศ. 2564 ได้นำกรอบแนวทางการประเมิน PISA 2021 มาเป็นตัวกำหนดกรอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ดังภาพ 5



ภาพ 5 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท.

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564, หน้า 7)

เนื่องจากงานวิจัยที่ผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาเป็นการดำเนินการภายใต้กรอบหลักสูตรของประเทศไทยตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงเลือกพิจารณาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท. แทนกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ PISA 2021 ในการสังเคราะห์เทียบกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินในปี 2003 และ 2012 เนื่องจากสมรรถนะตามแนวทาง สสวท. และ PISA 2021 เป็นการระบุสมรรถนะเดียวกัน โดยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวนั้นจำแนกไว้ 4 ด้าน ได้แก่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, หน้า 16 - 43) รายละเอียดดังนี้

**1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา (Formulate: F)** หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์และตัดสินใจนำกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทางและนำไปแก้ไขปัญหาผ่านการแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตคณิตศาสตร์ กำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และใช้การแสดงผลที่เหมาะสมกับบริบทโลกชีวิตจริง รวมถึงสามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นได้อย่างสมเหตุสมผล สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา ประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เลือกการอธิบายหรือการแสดงแทนเชิงคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายปัญหา
- 2) ระบุตัวแปรหลักที่ใช้ในแบบจำลอง
- 3) เลือกการแสดงแทนที่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา
- 4) อ่าน แปลความหมาย และทำความเข้าใจข้อความ คำถาม กิจกรรม สิ่งของ หรือรูปภาพ เพื่อสร้างแบบจำลองของสถานการณ์นั้น
- 5) รู้ถึงโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ ความสัมพันธ์ และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์
- 6) ระบุและอธิบายประเด็นทางคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ปัญหาในโลกจริงรวมถึงการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- 7) จัดรูปอย่างง่ายหรือแยกย่อยสถานการณ์หรือปัญหาเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ได้
- 8) รู้ถึงประเด็นต่าง ๆ ของปัญหาซึ่งสอดคล้องกับที่เคยพบมาก่อน หรือหลักการข้อเท็จจริง รวมทั้งกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- 9) แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์ที่เป็นมาตรฐานหรือในรูปอัลกอริทึม
- 10) ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (ตัวแปร สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ) ที่เหมาะสมเพื่ออธิบายโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และ/หรือ ความสัมพันธ์ของปัญหานั้น
- 11) ประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์และเครื่องมือเชิงคำนวณเพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์
- 12) ระบุเงื่อนไข ข้อตกลงเบื้องต้น และการทำให้สถานการณ์อยู่ในรูปอย่างง่ายในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

**2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ (Employ: E)** หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการประยุกต์ใช้แนวคิด หลักการ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการ กระบวนการ และเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาที่ผ่านการคิด/แปลงปัญหามาแล้ว เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การแสดงการคำนวณ การแก้สมการ การลงข้อสรุปจากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การใช้สัญลักษณ์ การสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางและกราฟ การจัดการกับรูปร่างและรูปทรง และการวิเคราะห์ รวมถึงการสร้างแบบจำลองของสถานการณ์ปัญหา สร้างกฎเกณฑ์ ระบุความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

- 1) คำนวณอย่างง่ายได้

2) เลือกยุทธวิธี เช่น แผนภาพ กราฟ หรือสิ่งอื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมจากสถานการณ์ที่กำหนด

3) ใช้ยุทธวิธีที่กำหนดให้เพื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหา

4) สร้างแผนภาพ กราฟ หรือสิ่งอื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ หรือ computing artifacts (สิ่งประดิษฐ์ทางคอมพิวเตอร์) ได้

5) เข้าใจและใช้แนวคิดบนพื้นฐานและหลักการทางคณิตศาสตร์ (บทนิยาม กฎ และระบบที่มีขั้นตอนและวิธีการที่ชัดเจน) รวมถึงใช้อัลกอริทึมที่คุ้นเคยเพื่อแก้ปัญหา

6) พัฒนาแผนภาพ กราฟ หรือสิ่งอื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น หรือ computing artifacts (สิ่งประดิษฐ์ทางคอมพิวเตอร์) และการเลือกข้อมูลทางคณิตศาสตร์ไปใช้

7) จัดกระทำจำนวน ข้อมูลและสารสนเทศเชิงกราฟและสถิติ นิพจน์พีชคณิตและสมการพีชคณิต และการแสดงแทนทางเรขาคณิตอย่างง่าย

8) บอกวิธีการแก้ปัญหา การแสดง และ/หรือ สรุปและนำเสนอผลลัพธ์ตามลำดับขั้นตอน

9) ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ รวมถึงเทคโนโลยี การจำลอง (simulation) และการคิดเชิงคำนวณ เพื่อหาวิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์โดยประมาณ

10) จากสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด สามารถเชื่อมโยง และใช้การแสดงแทนที่หลากหลายได้อย่างสมเหตุสมผล

11) ใช้วิธีอื่น ๆ ในการแสดงแทนกระบวนการแก้ปัญหาเดียวกันได้

12) ใช้กระบวนการที่หลายขั้นตอนเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา คำตอบ หรือข้อสรุปทั่วไปได้

13) ใช้ความเข้าใจในบริบทเพื่อเป็นแนวทาง หรือกระตุ้นให้เกิดกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

14) นำผลลัพธ์ที่เกิดจากการประยุกต์ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อสร้างข้อสรุปทั่วไปได้

**3. สมรรถนะการตีความและประเมิน (Interpret and Evaluate: I)** หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ หรือข้อสรุป แล้วตีความภายใต้บริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ซึ่งรวมถึงการแปลความหมายผลลัพธ์หรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับเข้าไปในบริบทของปัญหา และประเมินว่าผลลัพธ์เหล่านั้นสมเหตุสมผลกับบริบทนั้น ๆ หรือไม่ สมรรถนะการตีความและการประเมิน ประกอบด้วย กระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1) ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในบริบทชีวิตจริง

2) ระบุได้ว่าผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์หรือข้อสรุปที่ได้สมเหตุสมผลกับบริบทของปัญหาหรือไม่

3) ระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4) ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์หรือคอมพิวเตอร์ในการจำลองสถานการณ์เพื่อทำให้แน่ใจว่าวิธีการและผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ข้อจำกัด และเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากวิธีการแก้ปัญหาและบริบทของปัญหานั้นสมเหตุสมผล

5) ตีความ ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหา การแสดงแทน ซึ่งอยู่ในรูปแบบที่หลากหลายเพื่อเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือการใช้งาน เช่น การเปรียบเทียบหรือประเมินการแสดงแทนอย่างน้อย 2 รูปแบบที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

6) ใช้ความรู้ในการพิจารณาว่าสถานการณ์ในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และการคำนวณตามขั้นตอนหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างไร

7) สร้างและสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้งในบริบทของปัญหา

8) อธิบาย หรือตีความ หรือแสดง ของเขต ข้อจำกัดของโมเดลทางคณิตศาสตร์ วิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

9) เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างบริบทของปัญหากับการแสดงแทน เพื่อช่วยในการประเมินความเป็นไปได้และข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์

**4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning: R)** หมายถึงความสามารถของบุคคลในการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลและนำเสนอข้อโต้แย้งที่น่าเชื่อว่าเป็นไปได้โดยตรงไปตรงมา ด้วยคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีกรอบแนวคิดที่ชัดเจน แต่ก็สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายได้หลากหลาย การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในการลงข้อสรุปที่แน่ชัดและเป็นจริงอยู่เสมอ นอกจากนี้ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ว่าในบริบทโลกชีวิตจริงที่มีความหลากหลาย ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อถือได้จะต้องเกิดจากการให้เหตุผลและการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม และสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การลงข้อสรุปนั้นจะต้องทำอย่างเป็นกลาง แม้จะไม่มีใครตรวจสอบจากผู้อื่นก็ตาม สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1) แสดงข้อสรุปที่ไม่ซับซ้อนได้

2) เลือกใช้เหตุผลที่เหมาะสม

3) อธิบายได้ว่าผลลัพธ์หรือข้อสรุปที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่กับบริบทของปัญหา

4) นำเสนอปัญหาในรูปแบบที่แตกต่างกัน รวมถึงจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับโมเดลทางคณิตศาสตร์และกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นที่เหมาะสม

- 5) ใช้บทนิยาม กฎ และระบบที่มีขั้นตอนและวิธีการที่ชัดเจน รวมถึงอัลกอริทึมและการคิดเชิงคำนวณ
- 6) อธิบายหรือหาข้อสนับสนุนว่าการให้เหตุผลสำหรับกระบวนการ รวมถึงขั้นตอนหรือการจำลองที่ใช้การหาผลลัพธ์หรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นสมเหตุสมผล
- 7) อธิบายหรือหาข้อสนับสนุนว่าการให้เหตุผลสำหรับกระบวนการ รวมถึงขั้นตอนหรือการจำลองที่ใช้ในการหาผลลัพธ์หรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นสมเหตุสมผล
- 8) ระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหา
- 9) เข้าใจบทนิยาม กฎ และระบบที่มีขั้นตอนและวิธีการที่ชัดเจน รวมถึงการใช้อัลกอริทึมและการให้เหตุผลเชิงคำนวณ
- 10) ให้เหตุผลว่าการใช้การแสดงแทนสถานการณ์ในโลกจริงนั้นสมเหตุสมผล
- 11) ให้เหตุผลว่ากระบวนการและขั้นตอนในการหาผลลัพธ์หรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นสมเหตุสมผล
- 12) สะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้
- 13) วิพากษ์ข้อจำกัดของแบบจำลองในการแก้ปัญหา
- 14) ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และอธิบายความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ว่าสมเหตุสมผลกับบริบทโลกจริง
- 15) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉพาะที่ใช้กับโจทย์ปัญหาในบริบทนั้น ๆ กับภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์
- 16) สะท้อนวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งสร้างคำอธิบายที่สนับสนุน หรือสร้างข้อโต้แย้งที่ปฏิเสธวิธีการแก้โจทย์ปัญหานั้น
- 17) วิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างระหว่างปัญหาทางคณิตศาสตร์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหานั้น
- 18) อธิบายการทำงานของอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อน รวมทั้งอธิบายการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดอัลกอริทึมหรือโปรแกรม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์สมรรถนะ ดังตาราง 2

ตาราง 2 การสังเคราะห์สมรรถนะคณิตศาสตร์ตามแนวทาง สสวท.(2564) กับ PISA (Niss and Højgaard, 2019)

PISA (Niss and Højgaard, 2019)	ความหมาย	สสวท. (2564)	ความหมาย	สังเคราะห์
การคิดและการใช้เหตุผล	สมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับความสามารถในการตั้งคำถาม รู้คำตอบทางคณิตศาสตร์ บอกความแตกต่างของประโยค (statements) เช่น นิยาม ทฤษฎี conjecture สมมติฐาน ตัวอย่าง ฯลฯ) และความเข้าใจและการใช้ข้อจำกัดของ คณิตศาสตร์	สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ความสามารถของบุคคลในการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลและนำเสนอข้อโต้แย้งที่น่าเชื่อว่าเป็นไปได้โดยตรงไปตรงมา	สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
การสร้างข้อโต้แย้ง	เกี่ยวข้องกับความรู้จักการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ และรู้ว่า การพิสูจน์แตกต่างจากการใช้เหตุผลอย่างไร สามารถติดตาม และประเมินการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ แบบต่าง ๆ มีความรู้สึกถึงความจริง (รู้ว่าอะไรเกิดขึ้นได้/ไม่ได้ และทำไม) และสามารถสร้างและแสดงการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์	สมรรถนะการตีความและประเมิน	ความสามารถของบุคคลในการพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ หรือข้อสรุป แล้วตีความภายใต้บริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ซึ่งรวมถึงการแปลความหมายผลลัพธ์หรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับเข้าไปในบริบทของปัญหา และประเมินว่าผลลัพธ์เหล่านั้นสมเหตุสมผลกับบริบทนั้น ๆ หรือไม่	สมรรถนะการตีความและประเมิน

PISA (Niss and Højgaard, 2019)	ความหมาย	สสท. (2564)	ความหมาย	สังเคราะห์
การสร้างตัวแบบ	เกี่ยวข้องกับการวางโครงสร้างของ สถานการณ์ที่จะต้องนำมา สร้างเป็น ตัวแบบ (Model) การแปลความเป็น จริงให้เข้าสู่โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ การประเมินความน่าเชื่อถือของตัว แบบ วิเคราะห์ วิจารณ์ ตัวแบบและผล ที่เกิดขึ้น การสื่อสารแนวคิดของตัว แบบและผล (รวมทั้ง ข้อจำกัด) การ ติดตามและควบคุมกระบวนการของ การสร้างตัวแบบ	สมรรถนะการ คิด/แปลง ปัญหา	ความสามารถในการพิจารณา สถานการณ์และตัดสินใจกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ไขปัญหา ผ่านการแปลงปัญหาจากสถานการณ์ใน ชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตคณิตศาสตร์ กำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์	สมรรถนะ การคิด/ แปลงปัญหา
การตั้งและการแก้ปัญหา	เป็นสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการตั้ง คำถาม การสร้างเป็นปัญหา คณิตศาสตร์ และการนิยาม ปัญหา คณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ (เช่น คณิตศาสตร์ แก่ ประยุกต์ คำถามเปิด คำถามปิด) และการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ โดยวิธีการที่	สมรรถนะการ ใช้คณิตศาสตร์	ความสามารถของบุคคลในการ ประยุกต์ใช้แนวคิด หลักการ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการ กระบวนการ และเหตุผล ทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาที่ผ่าน การคิด/แปลงปัญหาแล้ว เพื่อให้ได้ ผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ	สมรรถนะ การใช้ คณิตศาสตร์



PISA (Niss and Højgaard, 2019)	ความหมาย	สสท. (2564)	ความหมาย	สังเคราะห์
ใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ	<p>หลากหลาย</p> <p>สมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับการรับรู้ และความสามารถในการใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ (รวมทั้งเครื่องมือภาคเทคโนโลยีสารสนเทศ) ที่สามารถช่วยกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังหมายรวมถึงความรู้ถึงข้อจำกัดของเครื่องมืออื่น ๆ ด้วย</p>			
การสื่อสาร	<p>เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของตนเอง</p> <p>ความสามารถที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจตน โดยวิธีการต่าง ๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ ทั้งในรูปของการพูดและการเขียน และสามารถเข้าใจ การพูด และการเขียนของผู้อื่นด้วยเช่นกัน</p>			<p>สมรรถนะ</p> <p>การสื่อสาร</p> <p>และสื่อ</p> <p>ความหมาย</p> <p>ทาง</p> <p>คณิตศาสตร์</p>
การแสดงเครื่องหมายแทน	<p>สมรรถนะด้านนี้เกี่ยวข้องกับการแปลรหัส (decoding) และการเข้ารหัส (encoding) การแปลความ การ</p>			

PISA

(Niss and Højgaard, 2019)

ความหมาย

สสท. (2564)

ความหมาย

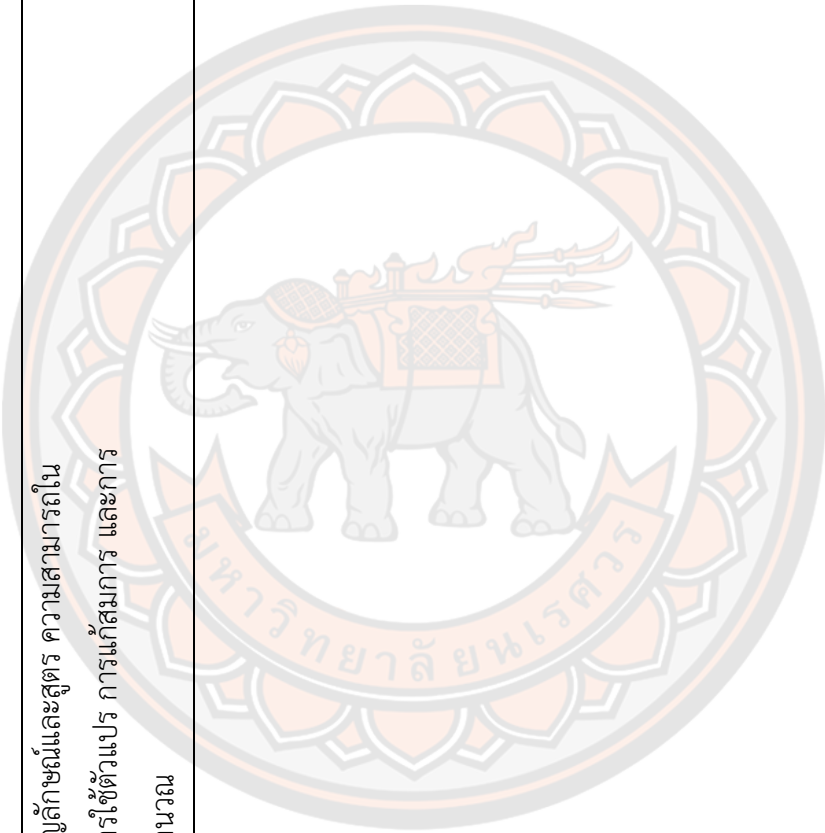
สังเคราะห์

ตีความ และการบอกความแตกต่าง  
ของการแสดงเครื่องหมายของ  
คณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ และ  
ความสัมพันธ์ระหว่างการแสดง  
เครื่องหมายแทนแบบต่าง ๆ การเลือก  
และการเปลี่ยนระหว่างรูปแบบต่าง ๆ  
ของการแสดงเครื่องหมายแทนให้  
สอดคล้องกับสถานการณ์และ  
จุดประสงค์

การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการ  
ดำเนินการ

เกี่ยวข้องกับ การแปลรหัส การตีความ  
สัญลักษณ์ ภาษาคณิตศาสตร์ และ  
ความเข้าใจการเชื่อมโยงของ ภาษา  
คณิตศาสตร์กับภาษารวมดา การแปล  
ความจากภาษารวมดาไปเป็น  
สัญลักษณ์/ภาษาคณิตศาสตร์ สามารถ  
จัดการกับประโยคหรือพจน์ที่มี

<p>PISA (Niss and Højgaard, 2019)</p>	<p>ความหมาย</p> <p>สติปัญญาและสูตร ความสามารถในการ การใช้ตัวแปร การแก้สมการ และการ คำนวณ</p>	<p>ความหมาย</p>	<p>สวท. (2564)</p>	<p>ความหมาย</p>	<p>สังเคราะห์</p>
---	--	-----------------	--------------------	-----------------	-------------------



จากตาราง 2 ผู้วิจัยสังเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์สำหรับงานวิจัยครั้งนี้เป็น 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา 2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ 3. สมรรถนะการตีความและประเมิน 4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ โดยหากพิจารณาจากรายละเอียดที่ดำเนินการศึกษาจะพบว่า สมรรถนะที่ 1 สมรรถนะที่ 2 และสมรรถนะที่ 3 เป็นสมรรถนะที่เรียงลำดับและวนเป็นวงจร โดยในการขับเคลื่อนตามลำดับวงจร จะต้องอาศัยสมรรถนะที่ 4 เป็นหัวใจในการขับเคลื่อน แต่เนื่องจากการขับเคลื่อนทั้ง 4 สมรรถนะต้องอาศัยการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เพราะคณิตศาสตร์เองมีการสร้างข้อตกลงการใช้สัญลักษณ์และการสื่อสารที่มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า คณิตศาสตร์เองก็มีการสื่อสารที่มีลักษณะสากลร่วมกันทั่วโลก เช่น หากเราเห็นเครื่องหมาย “=” หรือ “+” เป็นต้น ทุกคนทั่วโลกจะเข้าใจได้ตรงกันทันทีถึงความหมายของการสื่อสารผ่านประโยคที่มีสัญลักษณ์ดังกล่าว ทั้งนี้การสื่อสารเองก็เป็นส่วนที่สามารถสะท้อนสมรรถนะทั้ง 4 สมรรถนะได้ และสามารถพิจารณาแยกส่วนได้ กล่าวคือ บางครั้งนักเรียนมีกระบวนการคิดในการหาคำตอบของปัญหาหนึ่ง ๆ ได้ แต่ใช้การสื่อสารที่ผิดความหมาย พิจารณาตัวอย่างการสื่อสารของนักเรียนของผู้วิจัย

$$\begin{aligned} \left(2\frac{3}{4} \times \frac{5}{6}\right) \div \frac{11}{10} &= \frac{7}{4} \times \frac{5}{6} = \frac{35}{24} \quad \text{วิธีทำ} \\ &= \frac{36}{24} \div \frac{11}{12} \\ &= \frac{35}{24} \times \frac{12}{11} = \frac{105}{244} \end{aligned}$$

ภาพ 6 ลักษณะการเขียนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากภาพ 6 หากพิจารณาแยกประเด็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) จะพบว่า นักเรียนมีกระบวนการคิดถูกต้อง คือ ขั้นที่ 1 นักเรียนพยายามหาคำตอบในวงเล็บก่อน คือ  $2\frac{3}{4} \times \frac{5}{6}$  และขั้นที่ 2 นักเรียนนำผลลัพธ์ที่ได้หารด้วย  $\frac{11}{12}$  ซึ่งถ้าหากพิจารณาแต่เพียงความเข้าใจลำดับการดำเนินการ จะกล่าวได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องของการลำดับการดำเนินการในการคิดของโจทย์ปัญหานี้ แต่เมื่อพิจารณาการเขียนสื่อสารของนักเรียนจะเห็นว่าไม่ถูกต้องตามการใช้เครื่องหมาย “=” ที่ทางฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของเครื่องหมายเท่ากับจะต้องมีผลลัพธ์เท่ากัน จากการ

พิจารณาสิ่งที่นักเรียนแสดงออกมาทำให้เห็นได้ว่า นักเรียนนอกจากจะมีโน้ตชนที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเปลี่ยนจำนวนคณะเป็นเศษเกินแล้วยังมีข้อบกพร่องทางการสื่อสารด้วย

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงแยกการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เป็นสมรรถนะที่ 5 ออกมาเพื่อพิจารณาได้อย่างชัดเจนและสามารถไปพัฒนาปรับปรุงนักเรียนได้

โดยสรุปแล้ว สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (mathematical competency) หมายถึงความสามารถของนักเรียนที่นำมาใช้ประกอบในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาหนึ่ง ๆ ด้วยคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยจำแนกเป็น 5 สมรรถนะ ดังนี้

1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา คือ ความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและแปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น การจำลองตัวแปรแทนเหตุการณ์หรือเงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจ หรือการใช้ภาพวาดจำลองสถานการณ์ปัญหา โดยสามารถนำเสนอสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลงปัญหาดังกล่าววางแผนดำเนินการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา

2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์รวมถึงตัวช่วยและเครื่องมือ อาทิ การคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องตามเนื้อหา/หลักการทางคณิตศาสตร์

3) สมรรถนะการตีความและประเมิน คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงคำตอบที่ได้ในบริบทคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา และสามารถยืนยันความถูกต้องของคำตอบได้อย่างสอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการแสดงแนวคิดอ้างอิงการกระทำที่ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอาจใช้การพิจารณาด้วยหลักอุปนัยจากสิ่งที่สังเกตเห็น หรือหลักนิรนัยให้ข้อสรุปจากทฤษฎีที่เป็นจริง

5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการถ่ายทอดกระบวนการคิดผ่านการใช้ภาพจำลอง ภาษา หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เขียนแสดงอธิบายวิธีการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ชัดเจน และเรียงเรียงได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

#### 1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการการแบบเปิด

เนื่องจากการจะพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนนั้นเป็นการมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการนำความรู้ ทักษะและกระบวนการ รวมถึงคุณลักษณะมาใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทสถานการณ์หนึ่ง ๆ ดังนั้น การส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะจึงต้องอาศัยกลวิธีที่ให้ผู้เรียนได้เผชิญหน้ากับปัญหา ซึ่งการการวิเคราะห์กระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้คณิตศาสตร์จะพบว่า มีความ

สอดคล้องกลมกลืนกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด โดยผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

#### 1.4.1 ความหมายของวิธีการแบบเปิด

โนบุชิโกะ โนดะ (Nohda, 1986, p.21 อ้างถึงใน ตติมา ทิพย์จินดา, 2557, หน้า 9) ได้ให้ความหมายของวิธีการแบบเปิด หมายถึง วิธีการสอนหนึ่งที่ใช้กิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และนักเรียนได้ใช้วิธีการแบบเปิดในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จำเป็นต้องสร้างกิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิถีคิดทางคณิตศาสตร์และพฤติกรรมแก้ปัญหาที่นักเรียนได้ถูกเปิดออกมาอย่างชัดเจนสามารถอธิบายได้ 3 ลักษณะ คือ

- 1) มีการพัฒนากิจกรรมของเด็กเพื่อวิธีการสอนแบบเปิดโดยเฉพาะ
- 2) ปัญหาที่กำหนดในวิธีแบบเปิดต้องอาศัยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วย
- 3) วิธีการแบบเปิดควรสอดคล้องกันในกิจกรรมสัมพันธ์ระหว่างข้อ 1 กับข้อ 2 ในปี ค.ศ.

2000 โนบุชิโกะ โนดะ ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการแบบเปิดไว้ในที่ประชุมระดับนานาชาติของจิตวิทยาการศึกษาคณิตศาสตร์ เรื่อง Teaching by Open Approach Method in Japanese Mathematics Classroom และได้เสนอความหมายของวิธีการสอนแบบเปิดว่าเป็นวิธีการสอนแบบหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้คิดค้นความรู้และลงมือปฏิบัติ หรือกระทำจริงทุกขั้นตอนจนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเป็นการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการแสวงหาความรู้ ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้และเทคนิควิธีการสอนหลายรูปแบบ วิธีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมีหลากหลายวิธี

โนบุชิโกะ โนดะ (Nohda 1986 อ้างถึงใน ไมตรี อินประสิทธิ์, 2547) ได้กล่าวว่า วิธีการแบบเปิด มีแนวคิดสำคัญอยู่ 3 ประการ คือ การเปิดใจของนักเรียน ชนิดของปัญหาปลายเปิดและแนวทางในการพัฒนาปัญหาแบบเปิด การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดมักเริ่มด้วยการใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended Problem) ซึ่งประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ที่ครูควรให้นักเรียน คือ

สถานการณ์ A คือ สถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้นักเรียน

สถานการณ์ B คือ เมื่อนักเรียนเผชิญกับปัญหา นักเรียนต้องสืบเสาะพยายามหาแนวทางแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้

สถานการณ์ C คือ สถานการณ์ที่ครูให้นักเรียนพยายามแก้ปัญหาใหม่ที่ก้าวหน้ากว่าเดิม

ไมตรี อินประสิทธิ์ (2547, หน้า 30) วิธีการแบบเปิด หมายถึง วิธีการสอนที่เน้นการพัฒนาศักยภาพการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาปลายเปิด

สุลัดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินประสิทธิ์ (2547) กล่าวถึงวิธีการแบบเปิดไว้ว่าประกอบไปด้วยประเด็นสำคัญ 3 ประเด็น ได้แก่ การเปิดใจของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ การเปิดและชนิดของปัญหา และการประเมินแนวทางคำตอบของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเปิดใจของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ กิจกรรมต่าง ๆ ทางการศึกษา ควรจะเป็นไปเพื่อทำให้การเรียนของนักเรียนในปัจจุบันเปิดทางไปสู่การเรียนรู้ในอนาคต ครูควรพิจารณาว่า จะทำอย่างไรให้นักเรียนแต่ละคนค้นหาแนวทางชีวิตของตัวเอง โดยอาศัยแนวคิด ทักษะ ความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนมีอยู่ เพราะฉะนั้น บุคลากรทางการศึกษาควรจะต้องใช้ความพยายามอย่างเต็มที่เพื่อทำให้เกิดความเชื่อมั่นว่า กิจกรรมทางการศึกษาทุกชนิดเป็นสภาพแวดล้อมที่ดีที่สุดสำหรับการเรียนรู้ของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มความสามารถของเขา ซึ่งคนที่ทำหน้าที่ตรงนี้กับผู้เรียน คือ ครู แต่ครูที่จัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยทั่วไปก็ทำหน้าที่คอยช่วยเหลือให้ผู้เรียนเข้าใจ รวมทั้งพยายามเพิ่มเติมรายละเอียดด้านเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนเพื่อหวังให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ แต่การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ดังกล่าวก็ดำเนินแนวทางแบบเดิมที่ครูไม่สามารถเปิดใจของผู้เรียนได้ ถึงแม้ว่ากระบวนการและผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์มีความน่าสนใจสำหรับครู แต่ในทางตรงกันข้ามการสอนที่ชื่นชมกับแนวคิดของผู้เรียนมากเกินไปก็เป็นเรื่องที่ไม่ดี และในที่สุดก็ไม่สามารถเปิดใจของผู้เรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์ได้ เพราะฉะนั้นวิธีการแบบเปิดจึงมีความสำคัญในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งวิธีการแบบเปิดมีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนทุกคนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนเองทำให้ผู้เรียนกล้าตัดสินใจมากขึ้น จึงกล่าวได้ว่า ครูที่ใช้วิธีการแบบเปิด คือ ครูที่มีความพยายามทำความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนเป็นอย่างมาก ทำให้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในกิจกรรมคณิตศาสตร์ขึ้นไปอยู่ในระดับที่สูงขึ้น โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้การเจรจาต่อรองความหมายกับผู้เรียนคนอื่น อีกทั้งครูที่ใช้วิธีการแบบเปิดยังเป็นคนที่พยายามสนับสนุนให้ผู้เรียนได้มีการบริหารจัดการตนเองเพื่อขยายกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ต่อไป ซึ่งการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดยึดหลัก 3 ประการ คือ 1) มีความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระในกิจกรรมของผู้เรียน 2) มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะในเชิงวิวัฒนาการและบูรณาการ และ 3) มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่มีประโยชน์ของครูในชั้น

2) การเปิดและชนิดของปัญหา การเปิดและชนิดของปัญหาในวิธีการแบบเปิดดังกล่าวนี้มีการยอมรับทั้งปัญหาที่เป็นปัญหาที่มีคำตอบเดียว และปัญหาที่มีคำตอบที่หลากหลาย อีกทั้งยอมรับเรื่องการที่ปัญหาหนึ่ง ๆ มีปัญหาอีกหลายปัญหารวมอยู่ในปัญหานั้นด้วย ซึ่งปัญหาที่ใช้ในวิธีการแบบเปิดเป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่เคยประสบมาก่อน โดยจำแนกปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) กระบวนการเปิด 2) ผลลัพธ์ 3) แนวทางการพัฒนาปัญหาเปิด

3) การประเมินแนวทางคำตอบของผู้เรียน การประเมินกิจกรรมของผู้เรียนในการสอนที่ใช้วิธีการแบบเปิดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เพราะว่าเป็นเป้าหมายของวิธีการแบบเปิดไม่ใช่เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว แต่เพื่อเป็นการส่งเสริมแนวทางในการคิดทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วไม่ใช่เรื่องง่ายที่ครูจะประเมินความหลากหลายทางคำตอบของผู้เรียน แต่การประเมินแนวทางคำตอบของผู้เรียนสามารถพิจารณาได้จากเกณฑ์ดังต่อไปนี้ 1) ความคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง จำนวนคำตอบหรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนแต่ละคนสร้างขึ้นมีมากน้อยเพียงใด 2) ความยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความแตกต่างของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนแต่ละคนค้นพบมีมากน้อยเพียงใด 3) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ระดับความเป็นต้นแบบหรือแนวคิดริเริ่มของผู้เรียนอยู่ในระดับใด และ 4) ความงดงาม (Elegance) หมายถึง ระดับของการนำเสนอแนวคิดของผู้เรียนมีความชัดเจนและยากง่ายเพียงใด

ไพจิตร บ้านเหลา (2551) การใช้วิธีการแบบเปิด (Open-Approach) ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ของญี่ปุ่น มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนแต่ละคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ในแบบที่ตอบสนองพลังความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตนเอง และสามารถปรับคุณภาพของกระบวนการคิดและผลที่ได้จากการคิดสู่องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ ครูที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยวิธีการแบบเปิดจำเป็นต้องพยายามทำความเข้าใจความคิดที่หลากหลายของนักเรียนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยการให้นักเรียนพูด อธิบายความคิดของตนเองกับเพื่อนหรือกับครูและกระตุ้นให้นักเรียนควบคุมตนเองให้พูดและทำอย่างเป็นคณิตศาสตร์ด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้น วิธีการแบบเปิด หมายถึง แนวทางการสอนการที่เน้นส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการใช้ปัญหาปลายเปิดเป็นสื่อกระตุ้นการแก้ปัญหาผ่านศักยภาพการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นธรรมชาติ โดยมุ่งเน้นกระตุ้นให้นักเรียนใช้มวลประสบการณ์ของตนเองประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะแก้ไขสถานการณ์ปัญหาอย่างไม่จำกัดกรอบความคิด

#### 1.4.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ ( 2554, หน้า 56-59) กล่าวว่า วิธีการแบบเปิดตามการสอนแบบ เปิดแบ่งเป็น 4 ชั้น คือ 1) ชั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing Open-ended Problem) 2) ชั้นการเรียนรู้ด้วยตัวเองของนักเรียน (Student's self-learning) 3) ชั้นอภิปรายและเปรียบเทียบ แนวคิดในชั้นเรียน (Whole Class Discussion and Comparison) และ 4) ชั้นสรุปโดยเชื่อมโยง แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summarization Through Connecting Students' Mathematical Ideas Emerged in the Classroom) มีขั้นตอนดังนี้

1) ชั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นชั้นที่ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียนครูจะต้องอธิบายปัญหานั้นให้นักเรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ กฎ และ



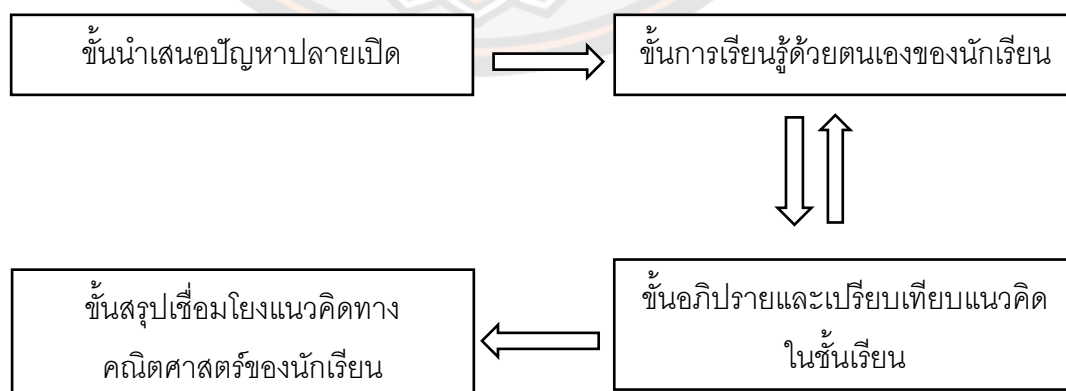
เงื่อนไขของปัญหานั้น ๆ เพราะนักเรียนบางคนอาจไม่เข้าใจปัญหาเนื่องจากเป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคย และไม่เคยพบเจอมาก่อนโดยกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหาอาจใช้สื่อการสอน เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้นและให้ข้อมูลทั่วไปเพิ่มเติม เพื่อให้เห็นปัญหาที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นรวมถึง ยกตัวอย่างแนวทางการคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับปัญหานั้น ๆ

2) ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Student's self-learning) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์อย่างอิสระในการแก้ปัญหา ครูไม่ควรกำหนดแนวทางการคิดของนักเรียนเพราะเน้นให้นักเรียนได้คิดหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งรูปแบบการสอนนี้เป็นการรวมกันของสองสิ่งคือ การทำงานของแต่ละบุคคลและการอภิปรายในชั้นเรียน

3) ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดในชั้นเรียน (Whole class discussion and comparison) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องอภิปรายแนวความคิดการแก้ปัญหาของตนเองในชั้นเรียน สิ่งที่สำคัญคือ การบันทึกแนวความคิดการแก้ปัญหาของนักเรียนในใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึก เพื่อให้เห็นถึงแนวคิดของนักเรียนที่เป็นลายลักษณ์อักษร และครูก็สามารถประเมินนักเรียนได้จากใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึกนั้น ๆ

4) ขั้นสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Summing-up by connecting students' emergent mathematical ideas) เป็นขั้นที่ครูหรือผู้เรียนควรเขียนแนวคิดของแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มบนกระดาน เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนได้เห็นถึงแนวคิดที่หลากหลายนั้นแล้วครูทำการเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนถึงความเหมือนและความต่างของแนวคิดนั้น ๆ ครูควรส่งเสริมแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียนในทางบวกพร้อมทั้งแนะนำและปรับเปลี่ยนตามความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่น ๆ

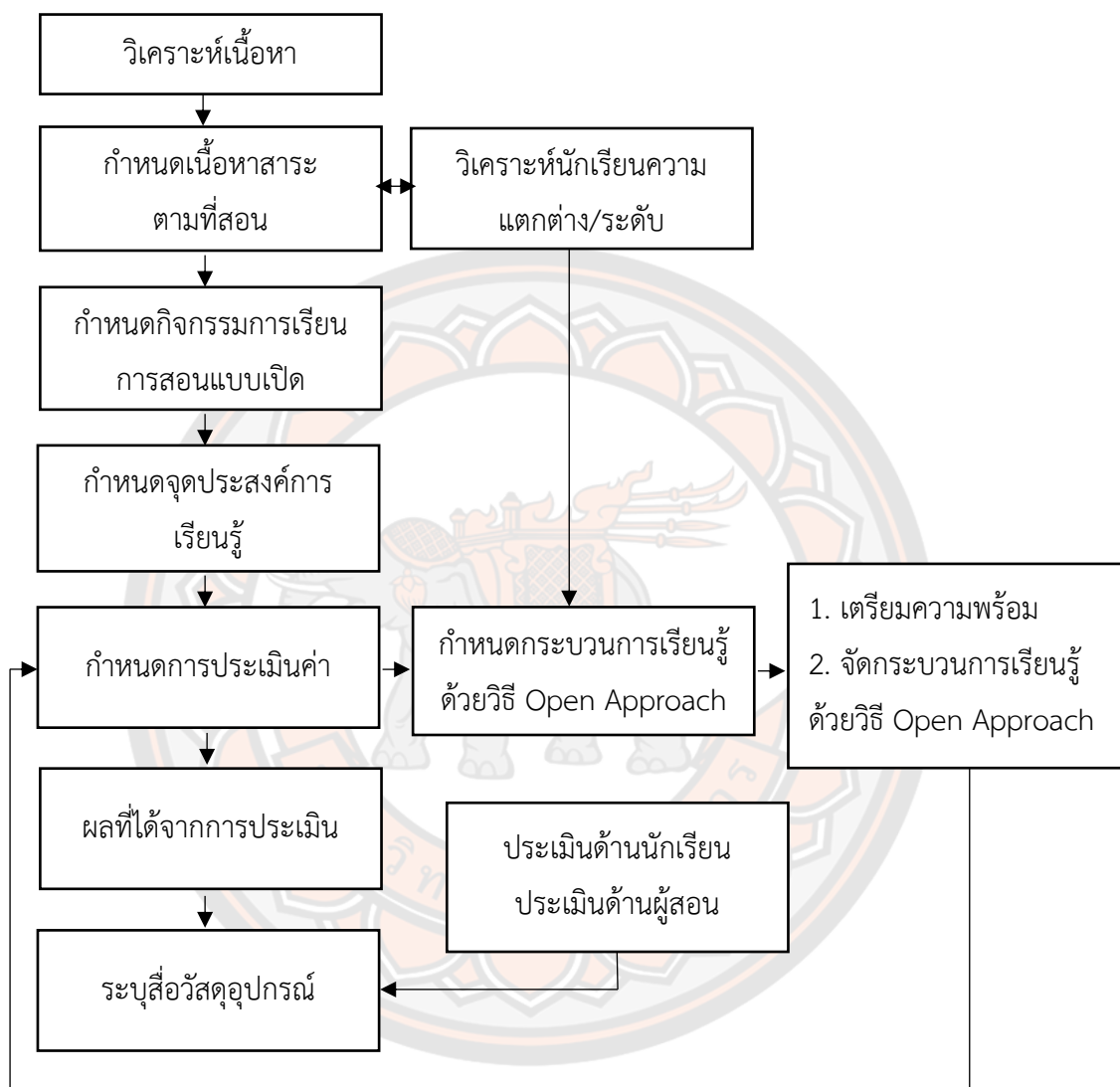
สรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ดังภาพ 7



ภาพ 7 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด

ที่มา: ไมตรี อินประสิทธิ์ (2554, อ้างถึงใน อันนา วงศ์พัฒนกิจ, 2565, หน้า 17)

ลัดดา ศิลาน้อย (2549, หน้า 25) กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบเปิด โดยสังเคราะห์ผลจากทฤษฎีการสอนแบบเปิดและประสบการณ์จากการฝึกอบรมที่ผ่านมาได้สรุปแบบของกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาปลายเปิด ดังภาพ 8



ภาพ 8 รูปแบบและขั้นตอนในการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach)

ที่มา: ลัดดา ศิลาน้อย (2549, อ้างถึงใน สาลินี เรืองจ้อย, 2554, หน้า 19)

จากที่กล่าวมาข้างต้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด สรุปได้ว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) การอภิปรายทั้งชั้นเรียนและการเปรียบเทียบ) และ 4) การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดมีเป้าหมายเพื่อให้ให้นักเรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์ในแนวทางที่ตอบสนองความสามารถควบคู่ไปกับ

ระดับของการตัดสินใจด้วยตนเองในการเรียนรู้ ซึ่งสามารถขยายหรือเพิ่มเติมคุณภาพของกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดจะยึดหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) มีความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระของกิจกรรมของนักเรียน เราจะต้องตระหนักในคุณค่าของกิจกรรมของนักเรียนโดยที่จะพยายามไม่เข้าไปสอดแทรกโดยไม่จำเป็น 2) มีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะในเชิงวิวัฒนาการและเชิงบูรณาการ การจัดการกิจกรรมควรจัดกิจกรรมในเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเชิงบูรณาการ เพราะจะเป็นการเปิดประตูแห่งความรู้สู่โลกกว้าง ในขณะที่เดียวกันความรู้ต้นกำเนิดที่มีความสำคัญก็จะได้รับการสะท้อนอีกหลายครั้งผ่านการบูรณาการจนเกิดวิวัฒนาการทางความรู้คณิตศาสตร์ และ 3) มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจที่มีประโยชน์ของครูในห้องเรียน ครูจะมีบทบาทสำคัญในการที่จะทำให้แนวคิดเหล่านั้นได้มีบทบาทอย่างเต็มที่ในชั้นเรียน และพยายามจริงจังว่าจะทำอย่างไรนักเรียนคนอื่นจะสามารถเข้าใจได้อย่างแท้จริงเกี่ยวกับแนวคิดที่ไม่คาดมาก่อน โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีการแบบเปิดมาสังเคราะห์ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้รายละเอียดดังหัวข้อ 2.5 ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับรายละเอียดของการแนวคิดนี้ไปปรับประยุกต์ใช้บางส่วน ได้แก่ ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด ปรับรายละเอียดใหม่เป็น ขั้นการนำเสนอปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มจะได้รับสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันซึ่งอาจต่างกันในลักษณะของกระบวนการแก้ไขปัญหาหรือบริบทของสถานการณ์ปัญหา โดยสถานการณ์ที่นำมาครูจะต้องวิเคราะห์ถึงความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกโจทย์จากแบบฝึกหัดในแบบเรียนหรือคู่มือต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความหลากหลายของปัญหาที่นำมาเสนอ และอาศัยการใช้คำถามที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมความคิด/แปลงปัญหา การใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ จากการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้น

### 1.4.3 ปัญหาปลายเปิด

ไมตรี อินประสิทธิ์ (2546 อ้างถึงใน ศุภมาส แก้วมณี, 2561, หน้า 28) กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่เคยประสบมาก่อน (Non-routine problem) สามารถจำแนกปัญหาปลายเปิดออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) กระบวนการเปิด (The process is open) 2) ผลลัพธ์เปิด (End products are open) 3) แนวทางการพัฒนาปัญหาเปิด (Way to develop are open) ซึ่งแต่ละชนิดมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

กระบวนการเปิด (The process is open) ปัญหาชนิดนี้มีแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นปัญหาต้นกำเนิดที่กำหนดไว้อย่างหลากหลาย แน่แน่นอนว่าปัญหาคณิตศาสตร์ทุกปัญหาต่างก็เป็นปัญหา

ปลายเปิดโดยนัยนี้ อย่างไรก็ตามประเด็นที่น่าสนใจก็คือ โดยทั่วไปปัญหาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนจะเน้นการพิจารณาคำตอบเพียงคำตอบเดียว รวมทั้งไม่ได้เน้นแง่มุมเชิงกระบวนการของปัญหา

ผลลัพธ์เปิด (End products are open) ปัญหาปลายเปิดชนิดนี้มีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ

แนวทางในการพัฒนาปัญหาเปิด (Way to develop are open) หลังจากที่นักเรียนได้แก้ปัญหาไปแล้ว นักเรียนสามารถพัฒนาไปเป็นปัญหาใหม่ด้วยการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขหรือองค์ประกอบของปัญหาเดิมการเน้นแง่มุมนี้ ซึ่งเรียกว่า “จากปัญหาสู่ปัญหา”

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างปัญหาโดยสนใจเฉพาะปัญหาชนิดกระบวนการเปิด (The process is open) เนื่องด้วยปัญหาคณิตศาสตร์ทุกปัญหาต่างก็เป็นปัญหาปลายเปิดโดยนัยนี้ อีกทั้งครูผู้สอนที่มีความสนใจสามารถนำแนวทางนี้ไปปรับใช้โดยไม่ต้องกังวลถึงการสร้างปัญหาใหม่ โดยอาศัยใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างอิสระไม่จำกัดว่านักเรียนจะตอบอย่างไร เช่น เงื่อนไขสถานการณ์ปัญหากำหนดให้มีอะไรบ้าง สิ่งสถานการณ์ปัญหาต้องการคำตอบคืออะไร นักเรียนจะวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างไร เป็นต้น โดยจะเป็นคำถามกระตุ้นการปฏิบัติงานที่ครอบคลุมพฤติกรรมที่นักเรียนจะแสดงการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น เงื่อนไขสถานการณ์ปัญหากำหนดให้มีอะไรบ้าง จะเห็นว่าเป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนพฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ โดยนักเรียนแต่ละคนอาจมีกระบวนการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันได้ โดยจุดนี้ ครูสามารถนำมาเป็นประเด็นอภิปรายร่วมกับนักเรียนได้อีกด้วย และบ่งชี้ได้ว่า นักเรียนเกิดข้อผิดพลาดจากการแก้สถานการณ์ปัญหาตั้งแต่เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ปัญหาหรือไม่

#### 1.4.4 ประโยชน์ของการแก้ปัญหาปลายเปิด

ประโยชน์ของการแก้ปัญหาปลายเปิดตามแนวคิดของซาวาดะ (Sawada, 1977, Takahashi, 2000, อ้างถึงใน ศุภมาส แก้วมณี, 2561, หน้า 30) โดยได้สรุปประโยชน์ 5 ข้อ ดังนี้

1) นักเรียนมีโอกาสเข้าร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียน และสามารถนำเสนอแนวคิดของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง การแก้ปัญหาปลายเปิดเป็นการจัดเตรียมสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เป็นอิสระสามารถตอบสนองและสนับสนุนได้ดี เพราะว่ามีวิธีการแก้ปัญหาได้ดี เพราะว่ามีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีโอกาสที่จะหาคำตอบของตนเองได้โดยไม่เหมือนใคร เพราะฉะนั้นนักเรียนเกิดการอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาแบบอื่น ๆ และพวกเขาสามารถเปรียบเทียบและอภิปรายถกเถียงกันเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของแต่ละคน ในกรณีที่นักเรียนมีความกระตือรือร้นก็จะทำให้มีบทสนทนาที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น

2) นักเรียนมีโอกาสมากขึ้นในสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของตนเอง เนื่องจากมีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย นักเรียนสามารถเลือกวิธีการที่ชอบ

และทำให้ไปถึงคำตอบได้ รวมทั้งเป็นคำตอบเฉพาะของตนเองที่ไม่เหมือนใคร กิจกรรมสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

3) นักเรียนทุกคนสามารถตอบสนองปัญหาตามวิธีการของตนเอง ในห้องเรียนคณิตศาสตร์จะมีนักเรียนหลาย ๆ ประเภท เนื่องจากไม่ได้กำหนดแนวทางที่ชัดเจนในชั้นเรียนญี่ปุ่น ดังนั้น จึงมีความสำคัญมากต่อการที่นักเรียนทุกคนจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชั้นเรียนและนักเรียนทุกคนควรจะสามารถเข้าใจบทเรียนได้ ปัญหาหลายเปิดสนับสนุนนักเรียนให้โอกาสที่ค้นหาคำตอบของตนเอง

4) บทเรียนสามารถสนับสนุนให้นักเรียนเกิดประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลเนื่องจากการเปรียบเทียบและการอภิปรายในชั้นเรียน นักเรียนถูกกระตุ้นให้เป็นคนที่สามารถให้เหตุผลกับคำตอบของตนเอง เพื่ออธิบายต่อคนอื่นอย่างเป็นธรรมชาติและปกติวิสัย ซึ่งถือว่าเป็นโอกาสสำหรับนักเรียนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตนเอง

5) นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่มีคุณค่าที่สามารถค้นพบและการยอมรับการตรวจสอบจากเพื่อน ๆ หรือคนอื่น ๆ เนื่องจากนักเรียนทุกคนมีวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละคนซึ่งอาศัยการคิดแตกต่างกัน นักเรียนทุกคนให้ความสนใจกับวิธีการแก้ปัญหาของเพื่อนนักเรียน

### 1.5 การประเมินเพื่อการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ โดยการประเมินระดับชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องกับครูผู้สอนโดยตรง เพราะครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้ดำเนินการเอง อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นการตรวจสอบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือไม่ ดังนั้น หากครูผู้สอนออกแบบการประเมินได้มีประสิทธิภาพย่อมส่งผลให้ได้รับสารสนเทศที่มีคุณภาพตรงประเด็น ตามที่มุ่งประเมินเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนา ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการประเมินระดับชั้นเรียน ซึ่งเป็นการประเมินการเรียนรู้ (Learning assessment) ดังนี้

การประเมินการเรียนรู้ (Learning assessment) เป็นกระบวนการในการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนเพื่อผู้สอนใช้พัฒนาผู้เรียนตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของหลักสูตร การประเมินสามารถดำเนินการได้จากการให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด เพื่อให้ผู้สอนรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการปฏิบัติของผู้เรียน และนำมาตีความหมายแล้ว ทำการตัดสินใจเกี่ยวกับความสามารถที่ผู้เรียนที่แสดงออกมาทั้งในส่วนของ การปรับปรุง การเรียนรู้ของผู้เรียนในระหว่างเรียน (Formative assessment) และการตัดสินใจเกี่ยวกับระดับผลการเรียนรู้ของผู้เรียน (Summative assessment) เพื่อให้ระดับผลการเรียนเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกระบวนการที่ค้นพบใหม่ในการประเมิน

การเรียนรู้ของผู้เรียนนั้นควรให้ความสำคัญที่เท่ากันระหว่างการประเมินความก้าวหน้า (Formative assessment) และการประเมินผลสรุปรวม (Summative assessment) ด้วยการประเมินผลสรุปรวม มีความสำคัญต่อการตัดสินผลการเรียนรู้ว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ในขณะที่การประเมินความก้าวหน้าเป็นเครื่องมือสำคัญช่วยสนับสนุน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์รายวิชา มโนทัศน์ที่สำคัญของการประเมิน ก็คือการเน้นที่การบรรยายถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน การบ่งชี้ว่า ผู้เรียนพัฒนาหรือก้าวหน้าในการเรียนรู้อย่างไร การวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของผู้เรียน และให้ทิศทางหรือแนวทางที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้กับผู้สอนและผู้เรียนในขั้นต่อไปของการเรียนรู้ มโนทัศน์ที่สำคัญของการประเมิน ก็คือการเน้นที่การบรรยายถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน การบ่งชี้ว่า ผู้เรียนพัฒนาหรือก้าวหน้าในการเรียนรู้อย่างไร การวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของผู้เรียน และให้ทิศทางหรือ แนวทางที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้กับผู้สอนและผู้เรียนในขั้นต่อไปของการเรียนรู้ ซึ่งรูปแบบการประเมินในชั้นเรียนนั้นมีหลากหลายซึ่งนำมาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (อุไร ชีรัมย์ , พรทิพย์ ไชยโส , พิกุล เอกวารงกูร และทรงชัย อักษรคิด, 2563, หน้า 195-196) ได้แก่

การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning : AfL) เป็นกระบวนการรวบรวมหลักฐานข้อมูลเชิง ประจักษ์ต่าง ๆ ตามสภาพจริงเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนในด้านการเรียนรู้เพื่อรู้ ( Learning to Know) การเรียนรู้เพื่อปฏิบัติได้จริง (Learning to Do) การเรียนรู้เพื่อการอยู่ร่วมกัน (Learning to Live Together) และการเรียนรู้เพื่อชีวิต (Learning to Be) เพื่อให้เข้าใจกระบวนการและการแสวงหาวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนในแง่มุม ต่าง ๆ อย่างรอบด้าน ระบุดและวินิจฉัยปัญหา ให้ข้อติชมที่มีคุณภาพและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อนำไปสู่ การปรับกระบวนการการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as learning : AaL) เป็นกระบวนการรวบรวมหลักฐานข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนขณะเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนตระหนักในการเรียนรู้ของตน สามารถกำกับ วินิจฉัย ประเมิน และปรับปรุงการเรียนรู้ของตน การให้ผู้เรียนออกแบบแผนการเรียนรู้และฝึกให้ผู้เรียนคิดทบทวน เกี่ยวกับการเรียนรู้และกลยุทธ์ในการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง เป็นระยะ ๆ ในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้

การประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of learning : AoL) เป็นกระบวนการรวบรวมหลักฐานข้อมูลเชิง ประจักษ์ต่าง ๆ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ เพื่อตัดสินคุณค่าในการบรรลุวัตถุประสงค์หรือผลลัพธ์การเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงมาตรฐานทางวิชาการในเชิงสมรรถนะและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ สารสนเทศดังกล่าวนำไปใช้ใน การกำหนดระดับคะแนนให้ผู้เรียน รวมทั้งใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรและการเรียนการสอน การประเมินการเรียนรู้ หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามองค์ 4 ทางการศึกษา คือ พุทธิศึกษา จริยศึกษา หัตถศึกษา และพลศึกษา เป็นสำคัญ

จากข้างต้นจะเห็นว่า การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning : AfL) เป็นหนึ่งในประเภทของการประเมินในชั้นเรียน โดยมุ่งเน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาหรือปรับปรุงกระบวนการการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิภาพหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการการประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as learning : AaL)

### 1.5.1 ความหมายของการประเมินเพื่อการเรียนรู้

ไตรรงค์ เจนการ (2549, หน้า 3-7) ได้อธิบายว่าการประเมินเพื่อการเรียนรู้เป็นการประเมินร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน โดยนักเรียนจะทำการประเมินตนเองร่วมกับครูผู้สอน และการแสดงหลักฐานที่บ่งบอกถึงพัฒนาการของนักเรียนที่จะเกิดขึ้นตามมาหลังการประเมิน วิธีการหนึ่งที่ครูจะใช้ในการเพื่อการเรียนรู้ คือ จะต้องมีการเตรียมนักเรียนให้เห็นถึงเป้าหมายในการเรียนที่ชัดเจน อาจจะเป็นการนำตัวอย่างงานที่มีคุณภาพมาเป็นตัวอย่างให้กับนักเรียน อีกส่วนหนึ่งก็คือการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อเป็นข้อมูลสารสนเทศที่จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นการพัฒนา งาน พัฒนาตนเอง ให้มีคุณภาพได้โดยนักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในการประเมินตนเองได้ (Self assessment) และประเมินโดยกลุ่มเพื่อน (Peer assessment)

ราชบัณฑิตยสถาน (2555; อ้างถึงใน สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560, หน้า 3) กล่าวว่า การประเมินเพื่อเรียนรู้ (Assessment for Learning) หมายถึง กระบวนการรวบรวมหลักฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ต่าง ๆ ตามสภาพจริงเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อระบุและวินิจฉัยปัญหาการเรียนรู้และให้ข้อติชมที่มีคุณภาพแก่ผู้เรียน เพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ให้ดีขึ้นโดยใช้วิธีการประเมินหลากหลายและเพื่อให้เข้าใจการเรียนรู้ของผู้เรียนในแง่มุมต่าง ๆ อย่างรอบด้าน อันจะนำไปสู่การปรับการเรียนและเปลี่ยนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

Harada and Yoshina (2010) กล่าวว่า การประเมินเพื่อการเรียนรู้เป็นกระบวนการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แล้วรายงานผลการประเมิน การประเมินเพื่อการเรียนรู้นี้จะเป็นการประเมินจากตัวนักเรียนและปัญหาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน ซึ่งการประเมินเพื่อการเรียนรู้จะต่างไปจากการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ คือ จะเป็นการประเมินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องในขณะการจัดการเรียนรู้ โดยข้อมูลที่ได้รับก็จะมาจากระหว่างการเรียนการสอน โดยใช้วิธีการสังเกตการณ์เรียนรู้ของนักเรียนว่ามีวิธีการเรียนรู้เป็นอย่างไรในห้องเรียน การประเมินเพื่อการเรียนรู้จะใช้ครูและนักเรียนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยจะมีข้อตกลงที่ว่า นักเรียนจะเป็นศูนย์กลางในการประเมินและครูจะเป็นส่วนที่ทำให้การประเมินมีความสมบูรณ์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

จากการให้ความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning) หมายถึง กระบวนการรวบรวมหลักฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ต่าง ๆ ตามสภาพจริงเกี่ยวกับ

การเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายเพื่อระบุและวินิจฉัยปัญหาการเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อเป็นข้อมูลสารสนเทศที่จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นการพัฒนางาน พัฒนาตนเองให้มีคุณภาพ

### 1.5.2 วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินเพื่อการเรียนรู้

สำนักวิชาการและมาตรฐานวิชาการศึกษา (2560, หน้า 13) กล่าวว่าวิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินผลการเรียนรู้ หมายถึง รูปแบบ ยุทธวิธี และเครื่องมือประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยทั่วไปมีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ เพื่อรู้จักผู้เรียน เพื่อประเมินวิธีเรียนของผู้เรียนและเพื่อประเมินพัฒนาการของผู้เรียน ผู้สอนสามารถเลือกใช้หรือคิดค้นวิธีการวัดและประเมินผลให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายของการนำผลการประเมินไปใช้เพื่อตอบสนองความต้องการ 3 ประการดังกล่าว วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินผลแบบเป็นทางการ (Formal assessment) เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลผลการเรียนรู้ที่นิยมใช้กันมาแต่เดิม เช่น วัดและประเมินโดยการทดสอบและใช้แบบสอบหรือแบบวัด (Test) ที่ครูสร้างขึ้น โดยการเก็บข้อมูลดังกล่าวส่วนใหญ่ใช้ในการวัดและประเมินที่ได้ผลเป็นคะแนนและนำไปใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อดูพัฒนาการหรือการใช้เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้หรือรายวิชา วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินผลแบบเป็นทางการเหมาะสำหรับการประเมินเพื่อตัดสินมากกว่าที่จะใช้เพื่อประเมินพัฒนาการผู้เรียนหรือเพื่อหาจุดบกพร่องสำหรับนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตามวิธีการและเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลผลการเรียนรู้แบบเป็นทางการที่ให้ข้อมูลสารสนเทศในเชิงปริมาณมีข้อสังเกตที่ผู้สอนต้องระมัดระวังในการนำไปใช้ เพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ เป็นตัวแทนของระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน คือ ข้อมูลต้องได้มาจากวิธีการวัดที่ถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะข้อมูล เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง สามารถวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดและมีความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ผลการวัดมีความคงเส้นคงวา เมื่อมีการวัดซ้ำโดยใช้เครื่องมือคู่ขนานหรือเมื่อวัดในระยะเวลาใกล้เคียงกันและวิธีการวัดมีความโปร่งใสสามารถตรวจสอบและเชื่อถือได้ (Acceptable) วิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินผลแบบไม่เป็นทางการ (Informal assessment) เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลผลการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นรายบุคคลจากแหล่งข้อมูลหลากหลายที่ผู้สอนเก็บรวบรวมตลอดเวลา วิเคราะห์ข้อมูล ศึกษาความพร้อมและพัฒนาการของผู้เรียน ปรับการเรียนการสอนให้เหมาะสมและแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียน ลักษณะของข้อมูลที่ได้นอกจากนี้อาจเป็นตัวเลขหรือข้อมูลเชิงปริมาณแล้วอาจเป็นข้อมูลบรรยายลักษณะพฤติกรรมที่ผู้สอนเฝ้าสังเกตหรือผลการเรียนรู้ในลักษณะคำอธิบายระดับพัฒนาการ จุดแข็ง จุดอ่อน หรือปัญหาของผู้เรียนที่พบจากการสังเกต สัมภาษณ์ หรือวิธีการอื่น ๆ วิธีการประเมินแบบต่าง ๆ ที่ผู้สอนสามารถเลือกใช้ได้มีดังต่อไปนี้



1. การสังเกตพฤติกรรม เป็นการเก็บข้อมูลจากการดูการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนโดยไม่ขัดจังหวะการทำงานหรือการคิดของผู้เรียน การสังเกตพฤติกรรมเป็นสิ่งที่ทำได้ตลอดเวลา แต่ควรมีกระบวนการและจุดประสงค์ที่ชัดเจนว่าต้องการประเมินอะไร โดยอาจใช้เครื่องมือ เช่น แบบมาตราประมาณค่า แบบตรวจสอบรายการ สมุดจดบันทึก เพื่อประเมินผู้เรียนตามตัวชี้วัดและควรสังเกตหลายครั้ง หลายสถานการณ์ หลายช่วงเวลา เพื่อขจัดความลำเอียง

2. การสอบปากเปล่า เป็นการให้ผู้เรียนได้แสดงออกด้วยการพูด ตอบประเด็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามมาตรฐาน ผู้สอนเก็บข้อมูล จดบันทึก รูปแบบการประเมินนี้ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันโดยตรงสามารถมีการอภิปรายโต้แย้ง ขยายความ ปรับแก้ไขความคิดกันได้ มีข้อที่พึงระวัง คือ อย่างเพิ่งขัดความคิดขณะที่ผู้เรียนกำลังพูด

3. การพูดคุย เป็นการสื่อสาร 2 ทางอีกประเภทหนึ่ง ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนสามารถดำเนินการเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ โดยทั่วไปมักใช้อย่างไม่เป็นทางการเพื่อติดตามตรวจสอบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพียงใด เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาวิธีการนี้อาจใช้เวลา แต่มีประโยชน์ต่อการค้นหา วินิจฉัยข้อปัญหา ตลอดจนเรื่องอื่น ๆ ที่อาจเป็นปัญหาอุปสรรคต่อการเรียนรู้ เช่น วิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เป็นต้น

4. การใช้คำถาม การใช้คำถามเป็นเรื่องปกติมากในการจัดการเรียนรู้ แต่ข้อมูลงานวิจัยบ่งชี้ว่าคำถามที่ครูใช้เป็นด้านความจำและเป็นเชิงการจัดการทั่ว ๆ ไปเป็นส่วนใหญ่ เพราะถามง่ายแต่ไม่ท้าทายให้ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจและเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง การพัฒนาการใช้คำถามให้มีประสิทธิภาพแม้จะเป็นเรื่องที่ยาก แต่สามารถทำได้ผลรวดเร็วขึ้น การพัฒนาการใช้คำถามให้มีประสิทธิภาพแม้จะเป็นเรื่องที่ยาก แต่สามารถทำได้ผลรวดเร็วขึ้น หากผู้สอนมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการในชั้นเรียน โดยทำการประเมินเพื่อพัฒนาให้แข่งขัน

5. การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ (Journals) เป็นรูปแบบการบันทึกการเขียนอีกรูปแบบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนเขียนตอบกระทู้หรือคำถามของครู ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับความรู้ ทักษะที่กำหนดในตัวชี้วัด การเขียนสะท้อนการเรียนรู้นี้ นอกจากทำให้ผู้สอนทราบความก้าวหน้าในผลการเรียนรู้แล้วยังใช้เป็นเครื่องมือประเมินพัฒนาการด้านทักษะการเขียนได้อีกด้วย

6. การประเมินการปฏิบัติ (Performance assessment) เป็นวิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติงานเพื่อให้ทราบถึงผลการพัฒนาของผู้เรียนการประเมินลักษณะนี้ผู้สอนต้องเตรียมสิ่งที่สำคัญ 2 ประการ คือ ภาระงาน (Tasks) หรือกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การทำโครงการ/โครงงาน การสำรวจ การนำเสนอ การสร้างแบบจำลอง การท่องปากเปล่า การสาธิต การทดลองวิทยาศาสตร์ การจัดนิทรรศการ การแสดงละคร เป็นต้น และเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubrics)

7. การประเมินด้วยแฟ้มสะสมงาน (Portfolio assessment) แฟ้มสะสมผลงานเป็นการเก็บรวบรวมชิ้นงานของผู้เรียนเพื่อสะท้อนความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน เช่น แฟ้มสะสมงานที่แสดงความก้าวหน้าของผู้เรียน ต้องมีผลงานในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่แสดงถึงความก้าวหน้าของผู้เรียน ต้องมีผลงานในช่วงต่าง ๆ ที่แสดงถึงความก้าวหน้าของผู้เรียน หากเป็นแฟ้มสะสมงานดีเด่นต้องแสดงผลงานที่สะท้อนความสามารถของผู้เรียน โดยผู้เรียนต้องแสดงความคิดเห็นหรือเหตุผลที่เลือกผลงานนั้นเก็บไว้ตามวัตถุประสงค์ของแฟ้มสะสมงาน

8. การวัดและประเมินด้วยแบบทดสอบ เป็นการประเมินตัวชี้วัดด้านการรับรู้ข้อเท็จจริง (Knowledge) ผู้สอนควรเลือกใช้แบบทดสอบให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินนั้น ๆ เช่น แบบทดสอบเลือกตอบ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบจับคู่ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบความเรียง เป็นต้น ทั้งนี้ แบบทดสอบที่จะใช้ต้องเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ มีความเที่ยงตรง (Validity) และเชื่อมั่นได้ (Reliability)

9. การประเมินด้านความรู้สึนึกคิดเป็นการประเมินคุณธรรม จริยธรรม คุณลักษณะและเจตคติที่ควรปลูกฝังในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการวัดและประเมินผลเป็นลำดับขั้นจากต่ำสุดไปสูงสุด ดังนี้

9.1 ขั้นรับรู้ เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงออกจากรู้จัก เต็มใจ สนใจ

9.2 ขั้นตอบสนอง เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงว่าเชื่อฟัง ทำตาม อาสาทำพอใจที่จะทำ

9.3 ขั้นเห็นคุณค่า (ค่านิยม) เป็นการประเมินพฤติกรรมที่แสดงความเชื่อซึ่งแสดงออกโดยการกระทำหรือปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอ ยกย่องชมเชย สนับสนุน ช่วยเหลือหรือทำกิจกรรมที่ตรงกับเชื่อของตน ทำด้วยความเชื่อมั่น ศรัทธา และปฏิเสธที่จะกระทำในสิ่งที่ขัดแย้งกับความเชื่อของตน

9.4 ขั้นจัดระบบคุณค่า เป็นการประเมินพฤติกรรมเข้าร่วมกิจกรรม อภิปรายเปรียบเทียบจนเกิดอุดมการณ์ในความคิดของตนเอง

9.5 ขั้นสร้างคุณลักษณะ เป็นการประพฤติกรรมที่มีแนวโน้มว่าจะประพฤติปฏิบัติเช่นนั้น อยู่เสมอในสถานการณ์เดียวกันหรือเกิดเป็นอุปนิสัย

10. การประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) เป็นการประเมินด้วยวิธีการที่หลากหลายดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จึงควรใช้การประเมินการปฏิบัติ (Performance assessment) ร่วมกับการประเมินด้วยวิธีการอื่น ๆ ภาระงาน (Tasks) ควรสะท้อนสภาพความเป็นจริงหรือใกล้เคียงกับชีวิตจริงมากกว่าเป็นการปฏิบัติกิจกรรมทั่ว ๆ ไป ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงจะต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลไปด้วยกันและกำหนดเกณฑ์การประเมิน (Rubrics) ให้สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับชีวิตจริง

11. การประเมินตนเองของผู้เรียน (Student self-assessment) การประเมินตนเองนับเป็นทั้งเครื่องมือประเมินและเครื่องมือพัฒนาการเรียนรู้ เพราะทำให้ผู้เรียนได้คิดใคร่ครวญว่าได้เรียนรู้อะไร เรียนรู้อย่างไรและผลงานที่ทำนั้นดีแล้วหรือยัง การประเมินตนเองจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง การใช้การประเมินตนเองของผู้เรียนให้ประสบความสำเร็จได้ดีจะต้องมีเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน มีเกณฑ์ที่บ่งบอกความสำเร็จของชิ้นงาน/ภาระงาน และมาตรการการ ปรับปรุงแก้ไขตนเอง

12. การประเมินโดยเพื่อน (Peer assessment) เป็นเทคนิคการประเมินอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าจะนำมาใช้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เข้าถึงคุณลักษณะของงานที่มีคุณภาพ เพราะการที่ผู้เรียนจะบอกได้ว่าชิ้นงานนั้นเป็นเช่นไร ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจอย่างชัดเจนก่อนว่าเขากำลังตรวจสอบอะไรในงานของเพื่อน ฉะนั้น ผู้สอนต้องอธิบายผลที่คาดหวังให้ผู้เรียนทราบก่อนที่จะลงมือประเมินการใช้การประเมินโดยเพื่อนอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้เกิดการประเมินรูปแบบนี้ กล่าวคือ ผู้เรียนต้องรู้สึกผ่อนคลาย เชื่อใจกัน และไม่อคติเพื่อการให้ข้อมูลย้อนกลับจะได้ชื่อตรงเป็นเชิงบวกที่ให้ประโยชน์ ผู้สอนที่ให้ผู้เรียนทำงานกลุ่มตลอดภาคเรียนแล้วใช้เทคนิคเพื่อประเมินเพื่อเป็นประจำจะสามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจซึ่งกันและกันอันจะนำไปสู่การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เก็งขึ้นได้

สร้อยญา จันทรชุกุล (2561) ได้กล่าวถึงวิทยุวิธีการประเมินเพื่อการเรียนรู้ 8 ยุทธวิธี ดังนี้

**ยุทธวิธีที่ 1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ที่ชัดเจนและเข้าใจได้** ผู้สอนควรแจ้งวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทราบตั้งแต่แรกก่อนจัดการเรียนการสอน หรือก่อนการทำกิจกรรมต่าง ๆ และควรตรวจสอบด้วยว่าผู้เรียนเข้าใจในเป้าหมายนั้นอย่างแท้จริง โดยการกำหนดคำสำคัญ (key word) ที่แสดงเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยภาษาที่ผู้เรียนเข้าใจง่าย ควรสอบถามเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจ เกี่ยวกับเป้าหมายนั้น โดยเป็นการถามเพื่อให้ผู้เรียนคิด ทบทวนเกี่ยวกับคุณภาพผลงานหรือความสามารถในการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้สอนสามารถนำเกณฑ์รูบริคมา ใช้เพื่อช่วยแบ่งปันเป้าหมายการเรียนรู้ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ โดยใช้เกณฑ์รูบริค เพื่อการกำหนดเป้าหมายของผู้เรียน ผู้เรียนวางแผนเพื่อทำงาน การกำกับ ติดตามความก้าวหน้า และการสะท้อนผลด้วยตนเอง นอกจากนี้ในท้ายที่สุดผู้เรียนสามารถใช้เกณฑ์รูบริคเดียวกัน ในการตัดสินใจให้คะแนนด้วยตนเอง

**ยุทธวิธีที่ 2 ให้ตัวอย่างงานที่ดีและไม่ดี** การใช้ตัวอย่างงานที่ดีและไม่ดีตั้งแต่ก่อนเริ่มให้ผู้เรียนทำงาน โดยชี้ให้เห็นจุดแข็งจุดอ่อนของงานหรือสิ่งทีอาจจะทำให้เกิดปัญหาหรือปัญหาที่เคยเกิดขึ้นในการทำงานจากประสบการณ์ของผู้สอน รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์คุณภาพของงานและทดลองตัดสินคุณภาพงาน นั้น ๆ การส่งเสริมให้ผู้เรียนวิเคราะห์คุณภาพของผลงานที่เป็นตัวอย่างจะทำให้ผู้เรียนพัฒนาวิสัยทัศน์เกี่ยวกับผลงานหรือความสามารถในการทำงานของตนเองได้ดี

มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้สอนสามารถนำเกณฑ์รูบริคมาใช้ ประกอบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับคุณภาพของงานมากยิ่งขึ้น โดยมีแนวทางดังนี้

1) ผู้สอนสอบถามผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนปรับปรุงเกณฑ์รูบริคด้วยภาษาของตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ โดยอาจจะให้ผู้เรียนวงกลมหรือขีดเส้นใต้คำสำคัญที่แสดงถึงพฤติกรรม และถามผู้เรียนซ้ำอีกครั้งเกี่ยวกับความหมายของค่าเหล่านั้น

2) ผู้สอนนำตัวอย่างผลงานมาให้ผู้เรียนจัดลำดับคุณภาพของผลงานแบ่งเป็น สูง ปานกลาง และต่ำ จากนั้นให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผลทำไมจึงเป็นเช่นนั้น กิจกรรมนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะทางภาษาในการ อธิบายคุณภาพของงานตามเกณฑ์ที่กำหนด

3) การให้ผู้เรียนมีส่วนในการกำหนดเกณฑ์รูบริค โดยหลังจากที่ได้มีการจัดคุณภาพของงานไปแล้วในข้อที่ 2 อาจกำหนดให้ผู้เรียนระดมความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของงานที่แตกต่างกัน แล้วจึงรวบรวม ประเด็น/เกณฑ์ จัดกลุ่มคุณภาพ และกำหนดเป็นเกณฑ์การประเมิน จากนั้นลองให้ผู้เรียนได้ใช้เกณฑ์กล่าวทดลอง การประเมินตัวอย่างผลงาน เพื่อปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนต่อไป การดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวจะทำให้ ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องของการประเมิน สามารถสร้างเกณฑ์และประเมินผลงานของตนเองได้

**ยุทธวิธีที่ 3 ให้ข้อมูลย้อนกลับ** การให้ข้อมูลย้อนกลับนับได้ว่าเป็นเทคนิคที่สำคัญในการประเมินผล เพื่อการเรียนรู้ เป็นการให้ข้อมูลสารสนเทศแก่ผู้เรียนเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ การให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีประสิทธิผลเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับผู้เรียน ข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณภาพ ย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในตัวผู้เรียน การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีจำเป็นต้องพิจารณาทั้งในมิติ ของเวลา ปริมาณ วิธีการ และผู้ฟัง (Brookhart, 2015; McMillan, 2014) การให้ข้อมูลย้อนกลับนั้นไม่ได้เป็นเพียงบทบาทหน้าที่ของผู้สอน แต่ผู้สอนสามารถมอบหมายให้ ผู้เรียนเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับแก่เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้เช่นกัน หรือที่เรียกว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อน (peer feedback) โดยผู้สอนสามารถฝึกผู้เรียนเพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนร่วมชั้นเรียนโดยให้ผู้เรียนอ้างอิงจาก เกณฑ์รูบริคหรืออาจจะใช้กระดาษโน้ตแบบมีแถบขาว (sticky note) หรือการให้เหตุผลว่าทำไมถึงชอบงาน ของเพื่อน โดยจะต้องให้เหตุผลได้ รวมถึงควรให้คำแนะนำในการปรับปรุงงานของเพื่อนได้อย่างน้อย 1 ข้อ ตาม เกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

**ยุทธวิธีที่ 4 สอนให้ผู้เรียนประเมินตนเองและกำหนดเป้าหมาย** การประเมินตนเองเป็นส่วนที่สำคัญ ของการเรียนรู้ สามารถดำเนินการได้ดังนี้

1) กำหนดให้ผู้เรียนระบุจุดแข็งและสิ่งที่ควรปรับปรุง โดยอาจถามผู้เรียนก่อนที่ผู้สอนจะให้ข้อมูลย้อนกลับ การให้ผู้เรียนได้คิดเกี่ยวกับตนเองก่อนจะทำให้การให้ข้อมูลย้อนกลับของผู้สอนมีความหมายและสมเหตุสมผลมากยิ่งขึ้น

- 2) กำหนดให้ผู้เรียนสะท้อนการเรียนรู้ทั้งทางวาจาหรือการเขียนบันทึกการเรียนรู้หลังจบชั่วโมงและคำถามที่ยังคงมีในใจ
- 3) กำหนดให้ผู้เรียนการเลือกตัวอย่างงานในแฟ้มสะสมผลงาน (portfolio) จากนั้นให้ ผู้เรียนประเมินระดับคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และอธิบายว่าทำไมจึงมีคุณภาพระดับนั้น
- 4) กำหนดให้ผู้เรียนให้ข้อมูลย้อนกลับแก่เพื่อนร่วมชั้น
- 5) การใช้ข้อมูลย้อนกลับของผู้สอน ข้อมูลย้อนกลับจากผู้เรียนคนอื่น หรือการประเมินตนเองของผู้เรียน เพื่อเป็นข้อมูลในการระบุว่าอะไรคือสิ่งที่ผู้เรียนต้องทำต่อไป และการกำหนดเป้าหมาย สำหรับการเรียนรู้ในอนาคต

**ยุทธวิธีที่ 5 ออกแบบบทเรียนที่ตั้งอยู่บนเป้าหมายการเรียนรู้ที่สำคัญเพียงหนึ่งเดียว**  
ข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากการประเมินเป็นสิ่งจำเป็นต่อการปรับการเรียนการสอน การให้ผู้เรียนมุ่งไปยังเป้าหมายการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจง หรือเป็นการระบุนความคลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ หรือปัญหาในการเรียนรู้ กล่าวคือ ในการจัดการเรียนรู้อาจจะมีเป้าหมายในการเรียนรู้มากกว่า 1 เป้าหมาย แต่ย่อมมีเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ให้พิจารณาองค์ประกอบของคุณภาพ และสอนให้ผู้เรียนไปยังเป้าหมายที่เจาะจงในแต่ละครั้ง โดยที่ต้องมั่นใจ ได้ว่าท้ายที่สุด ผู้เรียนจะสามารถเข้าใจเป้าหมายแต่ละส่วนทั้งหมด

**ยุทธวิธีที่ 6 บูรณาการจัดการเรียนรู้และการประเมิน** แนวคิดประเมินเพื่อการเรียนรู้ เป็นการ ประเมินระหว่างที่การจัดการเรียนรู้อย่างดำเนินอยู่ ดังนั้น ผู้สอนสามารถนำเทคนิคการประเมินมาใช้ผนวก เข้ากับการจัดการเรียนรู้ได้อย่างกลมกลืน ในที่นี้ผู้เขียนขอแนะนำเทคนิคการใช้คำถาม (questioning) และ การใช้ผังกราฟิก (graphic organizers) มีรายละเอียดดังนี้

**การใช้คำถาม (questioning)** เป็นเทคนิคการประเมินผลที่ผู้สอนสามารถนำมาใช้ได้ ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ทั้งในการประเมินความรู้พื้นฐานของผู้เรียนในชั้นเรียน การตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และการตรวจสอบความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ ของสาระการเรียนรู้ในชั้นสรุป ด้วยเหตุนี้ การใช้คำถามนับได้ว่าเป็นตัวชี้วัดหนึ่งของห้องเรียนที่มีคุณภาพสูง ผู้สอนจำเป็นต้องมีศิลปะ มีทักษะ และได้รับการฝึกฝนในการตั้งคำถามที่ดี โดยมีการนำคำถามคำถามมาบูรณาการเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ และผู้สอนต้องแน่ใจได้ว่าผู้เรียนจะได้รับโอกาสให้มีการคิดอย่างมี วิจารณญาณและมีเหตุผล การใช้คำถามตลอดช่วงการจัดการเรียนรู้นั้น มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อการ เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ถ้าผู้สอนใช้ถามได้อย่างต่อเนื่องและเหมาะสม และชักถามให้ลึกซึ้งลง ไปในกระบวนการคิดเชิงเหตุผลของผู้เรียน เนื่องจากคำถามเป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดตาม วัตถุประสงค์ กระบวนการ มีการอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ และทักษะ รวมถึงใช้เพื่อตรวจสอบความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ทันที (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2544; Burke, 2005)

**การใช้ผังกราฟิก (graphic organizers)** ผังกราฟิกมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ แบบมีความหมาย (meaningful learning theory) และการจัดเนื้อหาสาระก่อนเรียน (advance organizer) เป็นผังทางความคิด (mental mind) ที่เป็นตัวแทนทักษะสำคัญ ได้แก่ ลำดับ (sequencing), การเปรียบเทียบ (comparing) และความแตกต่าง (contrasting), การจำแนก/จัดกลุ่ม (classifying) และการคิด (thinking) ทั้งการ คิวิเคราะห์และการคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นจึงมีการนำผังกราฟิกมาใช้เป็นเครื่องมือที่ในการจัดการเรียนรู้ อันแสดงให้เห็นถึงการจัดลำดับกระบวนการคิดและความรู้ของผู้เรียน โดยเป็นการอธิบายเกี่ยวกับความคิดหลัก ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เก่าและความรู้ใหม่ และการประยุกต์ใช้มโนทัศน์นั้น นอกจากนี้ใช้ในการจัดการเรียนรู้แล้วผังกราฟิกนับได้ว่าเป็นเครื่องมือ สำคัญในการประเมินความก้าวหน้า (formative assessment) โดยผู้เรียนจะเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลที่ผู้เรียน ได้คิดและเรียนรู้ และนำเสนอผลของการคิดและการเรียนรู้ในรูปแบบของผังกราฟิกได้อย่างชัดเจนและมี ประสิทธิภาพ

**ยุทธวิธีที่ 7 สอนผู้เรียนให้มุ่งความสนใจในการปรับปรุงแก้ไข** หลังจากที่ได้มีการปรับการเรียน เปลี่ยนการสอนเพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่กำหนดแล้ว ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะปฏิบัติและได้รับข้อมูลย้อนกลับ สำหรับการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจหาได้โดย

- 1) จับคู่ผู้เรียนเพื่อให้วิจารณ์งานที่ไม่ได้เปิดเผยว่าเป็นของใครและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำที่ได้รับ
- 2) ให้ผู้เรียนเขียนจดหมายวิจารณ์งานที่ไม่ได้เปิดเผยว่าเป็นของใคร และเสนอว่าจะต้องทำอย่างไรเพื่อปรับปรุงให้งานดียิ่งขึ้น
- 3) ให้ผู้เรียนวิเคราะห์คุณภาพการสอนของผู้สอน และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงผู้สอนปรับปรุงตามที่ได้รับข้อเสนอแนะ และสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับคุณภาพอีกครั้ง

ยุทธวิธีนี้เป็นเตรียมผู้เรียนให้จดจ่ออยู่กับงานในปัจจุบัน และปรับปรุงงานตามที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ

**ยุทธวิธีที่ 8 ส่งเสริมผู้เรียนให้มีการสะท้อนตนเองและแบ่งปันการเรียนรู้** ด้วยการสะท้อนการเรียนรู้ (reflection) โดยติดตามการเรียนรู้และแบ่งปันการเรียนรู้ของตน การสะท้อนการเรียนรู้ เป็นอีกหนึ่งเทคนิคของ การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง (self-reflection) ระหว่างเรียนหรือเมื่อจบบทเรียน สามารถดำเนินการได้ทั้งการสะท้อนโดยการพูดหรือใช้วิธีการเขียนสะท้อนการเรียนรู้ที่ เรียกว่าบันทึกการเรียนรู้ (learning logs) โดยในระยะแรกผู้สอนอาจกำหนดให้ผู้เรียนแต่ละคนเขียนบันทึก การเรียนรู้ เนื่องจากหากใช้การสะท้อนด้วยวิธีการพูดผู้เรียนอาจไม่คุ้นเคยและมีความเคอะเขิน การเขียน บันทึกการเรียนรู้นั้นมีเวลาให้ผู้เรียนได้มีเวลาในการทบทวนความคิดของตนเอง เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็น นักคิด รวมถึงเป็นการพัฒนาทักษะ

การเขียนอีกด้วย ในเบื้องต้นผู้สอนเป็นผู้กำหนดประเด็นกว้าง ๆ ให้แก่ ผู้เรียน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ ผู้เรียนได้สะท้อนคิด โดยสามารถกำหนดประเด็นคำถามที่ใช้ได้ครอบคลุมทั้งพุทธิ พิสัย (cognitive domain) ทักษะพิสัย (psychomotor domain) และจิตพิสัย (affective domain) ในการ จัดการ เรียนรู้ผู้สอนอาจกำหนดให้ผู้เรียนเลือกตอบในประเด็นที่ต้องการสะท้อนครั้งละ 3 ข้อ

การสะท้อนการเรียนรู้เป็นส่งเสริมผู้เรียนให้ติดตาม สะท้อนการเรียนรู้ และสื่อสารเกี่ยวกับ ความก้าวหน้าของตนเอง กิจกรรมทุกกิจกรรมควรให้ผู้เรียนได้สะท้อนว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร แบ่งปัน ความก้าวหน้าทั้งในเรื่องของสิ่งที่ได้เรียนรู้ และพัฒนาตนเองในฐานะผู้เรียน กิจกรรมนี้สามารถเปิด โอกาสให้ ผู้เรียนใช้ยุทธวิธีของตนเองในการสะท้อนตนเองว่ามีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มากเพียงใด มีรู้สึกอย่างไรใน การควบคุมตนเองสู่ความสำเร็จ นอกจากตัวอย่างคำถามข้างต้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึก สะท้อนการเรียนรู้แล้ว ยังมีกิจกรรมลักษณะอื่น ๆ ที่ช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนการเรียนรู้ได้ การประเมิน ตนเองของผู้เรียน ในขณะที่ผู้สอนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากผู้เรียนเพื่อการประเมินการสอนของตน ต่อไป

จากแนวทางในการประเมินเพื่อการเรียนรู้ทั้ง 8 ยุทธวิธี พบหลักการที่สำคัญ 3 ประการ คือ การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการสะท้อนการเรียนรู้ กล่าวคือ กระบวนการที่สำคัญของในการประเมินเพื่อการเรียนรู้ คือ 1) ผู้เรียนจะต้องรู้เป้าหมาย ในที่นี้คือ เป้าหมายของการเรียนรู้ 2) ตอนนีตนเองอยู่ตรงจุดไหน และ 3) จะไปถึงเป้าหมายได้อย่างไร ซึ่ง กระบวนการเพื่อตอบสนองข้อ 2 และ 3 คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการสะท้อนการเรียนรู้นั่นเอง

จากการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการและเครื่องมือวัดและประเมินเพื่อการเรียนรู้สรุปหลักการสำคัญ ได้ว่า การประเมินเพื่อการเรียนรู้มีหลักการที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายการ เรียนรู้ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับ และ 3) การสะท้อนการเรียนรู้ กล่าวคือ กระบวนการที่สำคัญของ การประเมินเพื่อการเรียนรู้ คือ 1) ผู้เรียนจะต้องรู้เป้าหมาย 2) ตอนนีตนเองอยู่ตรงจุดไหน และ 3) จะไปถึงเป้าหมายได้อย่างไร โดยเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ดำเนินการตลอดหน่วยการเรียนรู้ และใช้ กลวิธี กระบวนการ และเครื่องมือที่หลากหลายในการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศในการสะท้อนกลับ ให้แก่ผู้เรียน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำหลักการประเมินเพื่อการเรียนรู้ 3 ประการ มาสังเคราะห์ ร่วมกับวิธีการแบบเปิด โดยปรากฏในขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน และขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและ สะท้อนการเรียนรู้ ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นดังรายละเอียดในหัวข้อ 1.6

## 1.6 กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

จากการศึกษาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด พบว่า วิธีการแบบเปิด (Open Approach) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้การแก้ปัญหา (Problem-Solve Approach) ลักษณะหนึ่งซึ่ง ซึ่งจะเห็นว่า ขั้นตอนวิธีการสอนโดยวิธีการแบบเปิดส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอย่างอิสระไม่จำกัดวิธีการและแนวคิด ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นธรรมชาติ อีกทั้ง ยังเป็นการฝึกฝนให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนบทบาทจากที่เป็นฝ่ายรับความรู้จากครูผู้สอนอีกด้วย ทั้งนี้ เพื่อเป็นการเสริมสร้างกระบวนการการใช้สารสนเทศที่เกิดขึ้นขณะทำการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหามาพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีเป้าหมายและเป็นระบบ ผู้วิจัยจึงนำหลักการของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ อันได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2) การให้ข้อมูลย้อนกลับ และ 3) การสะท้อนการเรียนรู้ มาสังเคราะห์ร่วมกันเป็นวิธีการสอนโดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ซึ่ง 5 ขั้นตอน ดังตาราง 3

ตาราง 3 การสังเคราะห์วิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (OA-AFL)

วิธีการแบบเปิด	หลักการประเมินเพื่อการเรียนรู้	การสังเคราะห์
	กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนจะต้องรู้เป้าหมาย	ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้าง แรงจูงใจและกำหนด เป้าหมายการเรียนรู้
1) ชี้นำเสนอปัญหาต่อชั้นเรียน เป็นขั้นที่ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน ครูจะต้องอธิบายปัญหานั้นให้นักเรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ กฎ และเงื่อนไขของปัญหานั้น ๆ เพราะนักเรียนบางคนอาจไม่เข้าใจปัญหา เนื่องจากเป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคยและไม่เคยพบเจอมาก่อน โดยกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหาอาจใช้สื่อการสอน เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น และให้ข้อมูลทั่วไปเพิ่มเติม เพื่อให้เห็นปัญหาที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น		ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอ ปัญหา



วิธีการแบบเปิด	หลักการประเมินเพื่อการเรียนรู้	การสังเคราะห์
รวมถึงยกตัวอย่างแนวทางการคิดที่หลากหลายเกี่ยวกับปัญหานั้น ๆ		
<p><b>2) ชั้นลงมือทำกิจกรรมและเรียนรู้ด้วยตนเอง</b> เป็นชั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์อย่างอิสระในการแก้ปัญหา ครูไม่ควรกำหนดแนวทางการคิดของนักเรียนเพราะเน้นให้นักเรียนได้คิดหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งรูปแบบการสอนนี้เป็นการรวมกันของสองสิ่งคือ การทำงานของแต่ละบุคคลและการอภิปรายในชั้นเรียน</p>		<p>ชั้นที่ 3 ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน</p>
<p><b>3) ชั้นอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน</b> เป็นชั้นที่นักเรียนจะต้องอภิปรายแนวคิดการแก้ปัญหาของตนเองในชั้นเรียน สิ่งที่สำคัญคือการบันทึกแนวคิดการแก้ปัญหาของนักเรียนในใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึก เพื่อให้เห็นถึงแนวคิดของนักเรียนที่เป็นลายลักษณ์อักษร และครูก็สามารถประเมินนักเรียนได้จากใบกิจกรรมหรือสมุดบันทึกนั้น ๆ</p>	<p><b>การให้ข้อมูลย้อนกลับ</b> เป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนทราบว่าตอนนี้ตนเองอยู่ตรงจุดไหน</p>	<p>ชั้นที่ 4 ชั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน</p>
<p><b>4) ชั้นสรุปบทเรียนจากการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน</b> เป็นชั้นที่ครูหรือผู้เรียนควรเขียนแนวคิดของแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มบนกระดาน เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนได้เห็นถึงแนวคิดที่หลากหลายนั้นแล้วครูทำการเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนถึง</p>	<p><b>การสะท้อนการเรียนรู้</b> เป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนรับรู้ว่าจะไปถึงเป้าหมายได้อย่างไร</p>	<p>ชั้นที่ 5 ชั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้</p>

วิธีการแบบเปิด	หลักการประเมินเพื่อการเรียนรู้	การสังเคราะห์
ความเหมือนและความต่างของแนวคิด นั้น ๆ ครูควรส่งเสริมแนวคิดที่ หลากหลายของนักเรียนในทางบวก พร้อมทั้งแนะนำและปรับเปลี่ยนตาม ความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่น ๆ		

จากตาราง 3 ผู้วิจัยได้นำหลักของการประเมินเพื่อการเรียนรู้มาสร้างเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Open Approach with Assessment for Learning: OA-AfL) หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อสร้างเสริมองค์ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะผ่านมวลประสบการณ์จากการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดกระตุ้นให้นักเรียนใช้มวลประสบการณ์ของตนเองประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะแก้ไขสถานการณ์ปัญหาอย่างไม่จำกัดกรอบความคิด และอาศัยหลักการของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาตนเองให้สามารถบรรลุความสำเร็จในการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน รายละเอียดดังนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้** ครูใช้ยุทธวิธีเสริมสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ โดยแจ้งเป้าหมายการเรียนรู้หรือสิ่งที่คาดหวังให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือปฏิบัติได้ในคาบเรียนอย่างชัดเจน ซึ่งครูสามารถตรวจสอบความเข้าใจในเป้าหมายนั้นโดยการกำหนดคำสำคัญที่แสดงเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยภาษาที่ผู้เรียนเข้าใจง่าย โดยในคาบแรกของการจัดการเรียนรู้ครูจะนำเสนอเกณฑ์รูบริกของการปฏิบัติกิจกรรมให้นักเรียนทราบ

**ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา** ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มจะได้รับสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันหรือเหมือนกัน ซึ่งสถานการณ์ที่นำมาครูจะต้องวิเคราะห์ถึงความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ซึ่งสามารถพิจารณาเลือกโจทย์จากแบบฝึกหัดในแบบเรียนหรือคู่มือต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความหลากหลายของปัญหาที่นำมาเสนอ และอาศัยการใช้คำถามที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมความคิด/แปลงปัญหาการใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ จากการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้น

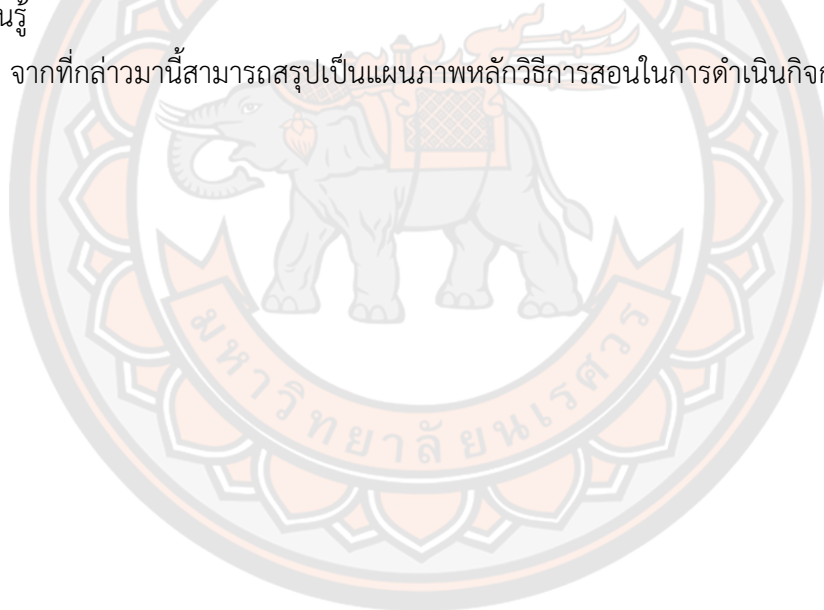
**ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน** ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ระยะเวลาเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาด้วยมวลประสบการณ์ของตนเอง โดยนักเรียนจะทำความเข้าใจ

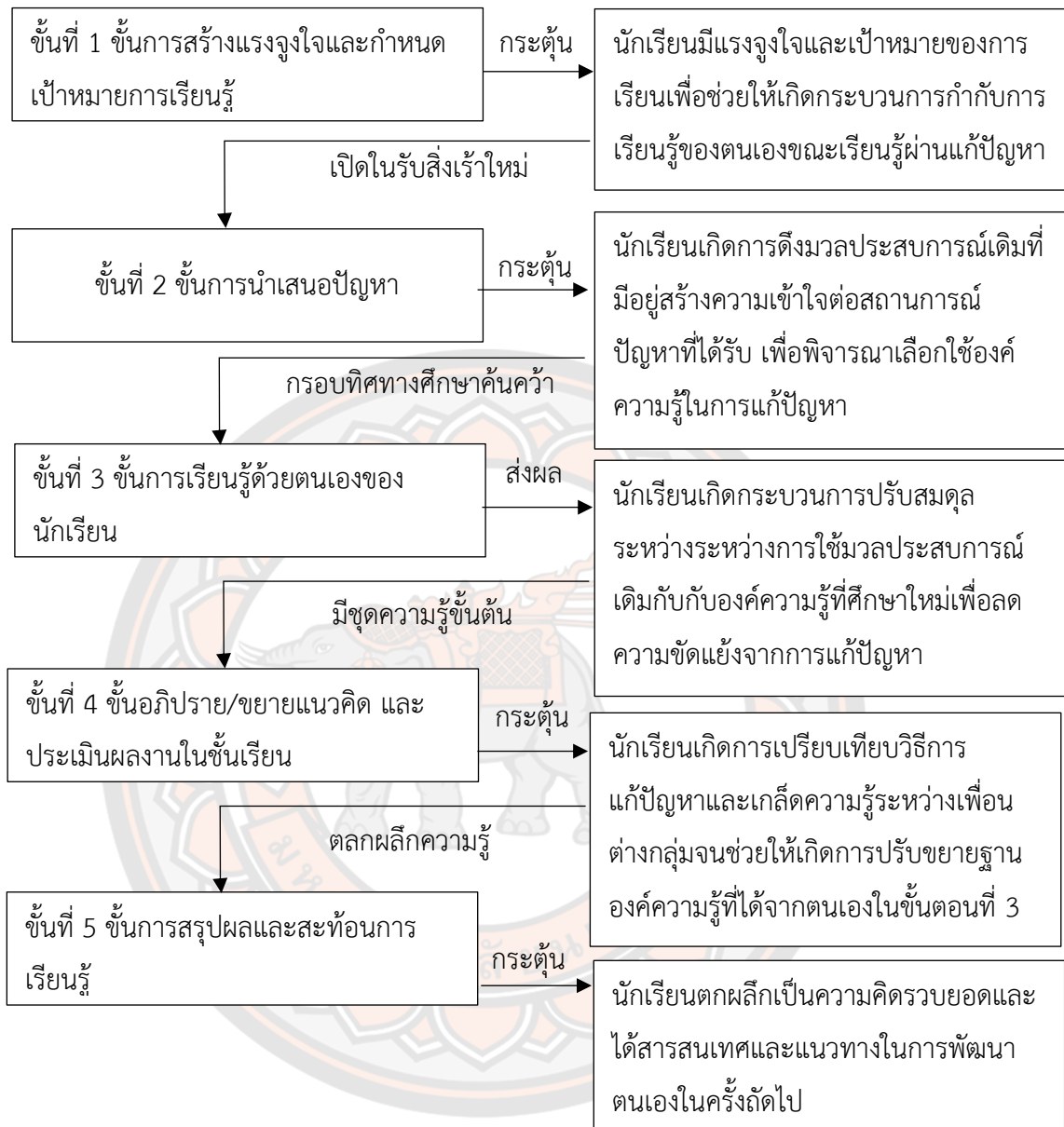
สถานการณ์ปัญหาแล้วใช้กระบวนการคิด/แปลงปัญหา การใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน การให้เหตุผล และการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ในแบบของตนเองและจากการ แลกเปลี่ยนภายในกลุ่มจนเป็นข้อสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม

**ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน** ครูและนักเรียนร่วมกัน ประเมินผลงานของนักเรียนที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหาตามเกณฑ์รูบริกที่กำหนด และสรุป คະแนนแยกตามประเด็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหา ของนักเรียน ซึ่งครูอาจมีการใช้คำถามกระตุ้นความคิดในประเด็นที่มีความน่าสนใจให้นักเรียนได้ ร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายแนวคิดหรือประเด็นความรู้ของนักเรียนเพิ่มเติมได้

**ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้** ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ใช้ในการ แก้สถานการณ์ปัญหา กลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา และสะท้อนผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนเรียน เพื่อให้นักเรียนทราบจุดเด่น จุดด้อย และแนวทางที่จะพัฒนาหรือปรับปรุงเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย การเรียนรู้

จากที่กล่าวมานี้สามารถสรุปเป็นแผนภาพหลักวิธีการสอนในการดำเนินกิจกรรม ดังภาพ 9





ภาพ 9 หลักการของขั้นตอนวิธีการสอนโดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

## 1.7 การประเมินสมรรถนะ

### 1.7.1 ความหมายของการประเมินสมรรถนะ

อนุวัตี คุณแก้ว (2565, หน้า 161-162) ได้กล่าวถึงความหมายของการประเมินสมรรถนะว่าเป็นการประเมินความสามารถของบุคคล เช่น ผู้เรียน พนักงาน กับข้อกำหนดของงาน (Requirement of their job) เป้าหมายของการประเมินสมรรถนะ คือ การระบุปัญหาใด ๆ กับประสิทธิภาพของพนักงานและเพื่อแก้ไขปัญหานั้นก่อนที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพงาน

### 1.7.2 รูปแบบการประเมินสมรรถนะ

สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553, หน้า 7) ได้เสนอแนวทางการประเมินสมรรถนะ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับชั้นประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเมิน 5 สมรรถนะ ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร จำนวน 4 ตัวชี้วัด ความสามารถในการคิด จำนวน 2 ตัวชี้วัด ความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 2 ตัวชี้วัด ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต จำนวน 6 ตัวชี้วัด และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี จำนวน 2 ตัวชี้วัด มีวิธีการประเมินดังนี้

#### 1. แนวทางการประเมินสมรรถนะผู้เรียน

1.1 การประเมินจากหลายแหล่ง (Muti-rater Approach)

1.2 การประเมินด้วยวิธีการที่หลากหลาย (Muti-method)

#### 2. วิธีการประเมิน

2.1 การประเมินสมรรถนะโดยครูผู้สอนประเมิน โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นลักษณะเกณฑ์คุณภาพแบบแยกส่วน (Analytic Criteria) ซึ่งแบ่งคุณภาพออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับดีเยี่ยม ระดับดี ระดับพอใช้หรือผ่านเกณฑ์ และระดับปรับปรุงหรือไม่ผ่านเกณฑ์ โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละตัวชี้วัด มีดังนี้ คือ ระดับดีเยี่ยม ได้ 3 คะแนน ระดับดี ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้หรือผ่านเกณฑ์ ได้ 1 คะแนน และระดับปรับปรุงหรือไม่ผ่านเกณฑ์ได้ 0 คะแนน

2.2 การประเมินสมรรถนะสำหรับนักเรียนประเมินตนเอง ซึ่งจัดทำไว้ 3 ฉบับคู่ขนานเพื่อให้ครูสามารถนำไปเลือกใช้มีลักษณะเป็นมาตรวัดประมาณค่า (Rating scale) โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 การวัดพฤติกรรมการปฏิบัติหรือคุณลักษณะของนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 3 ระดับ คือ ไม่เคยปฏิบัติ ปฏิบัติบางครั้ง ปฏิบัติบ่อยครั้ง โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อรายการ มีดังนี้ คือ ไม่เคยปฏิบัติเลย ได้ 0 คะแนน ปฏิบัติบางครั้ง ได้ 1 คะแนน และปฏิบัติบ่อยครั้ง ได้ 2 คะแนน

ตอนที่ 2 การวัดทัศนคติหรือความคิดเห็นของนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด หรือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย เฉย ๆ เห็นด้วย และเห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อรายการ มีดังนี้ คือ ข้อความทางบวก น้อยที่สุดหรือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ได้ 1 คะแนน น้อยหรือไม่เห็นด้วย ได้ 2 คะแนน ปานกลางหรือเฉย ๆ ได้ 3 คะแนน มากหรือเห็นด้วย ได้ 4 คะแนน มากที่สุดหรือเห็นด้วยอย่างยิ่ง ได้ 5 คะแนน ส่วนข้อความทางลบ น้อยที่สุดหรือไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ได้ 5 คะแนน น้อยหรือไม่เห็นด้วย ได้ 4 คะแนน ปานกลางหรือเฉย ๆ ได้ 3 คะแนน มากหรือเห็นด้วย ได้ 2 คะแนน มากที่สุดหรือเห็นด้วยอย่างยิ่ง ได้ 1 คะแนน

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละสมรรถนะ ผลการประเมินที่ได้จากแหล่งประเมินต่าง ๆ ในแต่ละสมรรถนะนำผลการประเมินแต่ละแหล่งมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าคะแนนในแต่ละสมรรถนะของผู้เรียน โดยมีระดับคุณภาพของสมรรถนะดังต่อไปนี้

ตาราง 4 ระดับคุณภาพของสมรรถนะย่อย

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
ดีมาก/ผ่านขั้นสูง	มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป
ดี/ผ่าน	มีคะแนนระหว่างร้อยละ 40 – 74
ปรับปรุง	มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 40

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของสมรรถนะในภาพรวม นำคะแนนที่ได้ในแต่ละสมรรถนะมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในภาพรวมของทุกสมรรถนะ (ผลรวมของคะแนนในทุกสมรรถนะหารด้วยจำนวนสมรรถนะ) และนำไปเทียบกับเกณฑ์ในการตัดสินดังต่อไปนี้

ตาราง 5 ระดับคุณภาพของสมรรถนะในภาพรวม

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
ดีเยี่ยม	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 5 สมรรถนะ
ดี	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 4 สมรรถนะ
พอใช้	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 3 สมรรถนะ
ปรับปรุง	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 1-2 สมรรถนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ยึดการวิเคราะห์ระคุณภาพของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางข้างต้น โดยพิจารณาระดับคุณภาพในสมรรถนะย่อย ได้แก่ 1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา 2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ 3. สมรรถนะการตีความและประเมิน 4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ดังตาราง 5 จากนั้นจึงพิจารณาสมรรถนะในภาพรวมโดยใช้เกณฑ์ดังตาราง 6

### 1.7.3 เกณฑ์การให้คะแนนรูบริก (scoring rubric)

เนื่องจากการประเมินสมรรถนะเป็นการประเมินความสามารถของบุคคล เช่น ผู้เรียน พนักงาน กับข้อกำหนดของงาน (Requirement of their job) ในการประเมินจึงต้องมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรูบริก โดยมีรายละเอียดดังนี้

กมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2563, หน้า 47 - 59) ได้กล่าวถึง เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกว่า มีลักษณะเป็นระดับที่แสดงลักษณะหรือความสำเร็จของการปฏิบัติหรือผลงานของทักษะการประเมิน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกจะมีคำอธิบายพฤติกรรมหรือลักษณะที่สะท้อนถึงทักษะที่ประเมินในแต่ละระดับผลการประเมินกำกับไว้ตั้งแต่ระดับสูงหรือดีมากจนถึงระดับต่ำหรือต้องปรับปรุง เกณฑ์การให้คะแนนนี้จึงมีลักษณะละเอียดเหมาะสำหรับการประเมินทักษะที่มีรายละเอียดค่อนข้างมากหรือซับซ้อน หรือประเมินทักษะของผู้รับประเมินในช่วงอายุมากขึ้น เช่น นักเรียนมัธยม เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสามารถช่วยแก้ไขการประเมินทักษะซึ่งมีลักษณะค่อนข้างเป็นอัตนัย (Subjectivity) ได้ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเที่ยงที่เพิ่มขึ้นในการให้คะแนน โดยเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกมี 4 ประเภท ดังนี้

1) **เกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม** เป็นเกณฑ์ที่พิจารณาภาพรวมของสิ่งที่ประเมินว่า สิ่งที่ประเมินมีลักษณะอย่างไรบ้าง เกณฑ์การให้คะแนนประเภทนี้จะบรรยายคุณภาพโดยรวมของสิ่งที่ประเมินลดหลั่นตามระดับคุณภาพจากสูงสุดถึงต่ำสุด เนื่องจากเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบองค์รวมนี้สร้างจากหลักการพื้นฐานที่ว่า การประเมินคุณภาพของสิ่งต่าง ๆ ต้องพิจารณาภาพรวมทั้งหมดของสิ่งนั้น จะดีกว่าการพิจารณาเป็นมิติหรือองค์ประกอบแต่ละด้านของสิ่งที่มุ่งประเมิน เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกประเภทนี้มักพิจารณาลักษณะเด่น ลักษณะสำคัญ หรือลักษณะจำเป็นของสิ่งที่ประเมิน เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบองค์รวมเหมาะสมกับการประเมินขนาดใหญ่ (large-scale assessment) ที่มีผู้รับการประเมินจำนวนมากและการประเมินสรุปรวม (summative evaluation) ซึ่งใช้สำหรับตัดสินผลการเรียนของผู้เรียน

2) **เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบแยกองค์ประกอบ** เป็นเกณฑ์การให้คะแนนสิ่งที่ประเมิน โดยพิจารณาคุณภาพของสิ่งที่ประเมินแยกรายองค์ประกอบ รายด้าน หรือรายมิติ เกณฑ์การให้คะแนนประเภทนี้จะบรรยายคุณภาพของสิ่งที่ประเมินแยกรายองค์ประกอบลดหลั่นตามระดับ

คุณภาพตั้งแต่สูงสุดถึงต่ำสุด ดังนั้น ผู้ใช้เกณฑ์การให้คะแนนประเภทนี้จึงสามารถพิจารณาคุณภาพของสิ่งที่ประเมินรายมิติหรือรายด้านได้ ไม่ต้องพิจารณาลักษณะของสิ่งที่ประเมินหลาย ๆ มิติ หรือหลาย ๆ ด้านไปพร้อมกันในแต่ละระดับการประเมิน ถ้าองค์ประกอบ ด้าน หรือมิติที่พิจารณา มีความสำคัญไม่เท่ากัน ผู้ประเมินสามารถกำหนดน้ำหนักให้แก่เกณฑ์แต่ละด้านได้ตามความเหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบเหมาะสมกับการประเมินความก้าวหน้าหรือกระบวนการ (formative evaluation) ซึ่งต้องมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เพื่อการพัฒนาผู้เรียน

**3) เกณฑ์การให้คะแนนรูปรูปแบบแอนโนเทต** เป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่ผสมผสานหลักการของเกณฑ์การให้คะแนนรูปรูปแบบองค์รวมและเกณฑ์การให้คะแนนรูปรูปแบบแยกองค์ประกอบ กล่าวคือ เป็นการให้คะแนนสิ่งที่ประเมินโดยพิจารณาคุณภาพของสิ่งที่ประเมินลดหลั่นตามระดับคุณภาพในภาพรวม แล้วอธิบายเกี่ยวกับจุดเด่นและจุดอ่อนของสิ่งที่ประเมินในแต่ละองค์ประกอบย่อยเพื่อสนับสนุนระดับคะแนนที่ได้

**4) เกณฑ์การให้คะแนนรูปรูปแบบสองชั้น** เป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่มีการอธิบายลักษณะของงานและ/หรือการปฏิบัติงานในแต่ละระดับความสามารถ โดยให้คะแนน 2 ระดับชั้น ระดับชั้นที่ 1 เป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่อธิบายลักษณะของงานและ/หรือการปฏิบัติงานในรายการย่อย ๆ ลดหลั่นตามระดับความสามารถ ส่วนระดับชั้นที่ 2 เป็นการแปลงคะแนนผลรวมของคะแนนที่ได้ในระดับชั้นที่ 1 ออกมาให้เป็นไปตามสเกลที่กำหนด เกณฑ์การให้คะแนนแบบสองชั้นจะช่วยทำให้การให้คะแนนมีความเป็นปรนัยมากขึ้นกว่าเกณฑ์การให้คะแนนรูปรูปแบบอื่น ๆ

จากการศึกษาการประเมินสมรรถนะ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประเด็นการประเมินแยกตามองค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปกำหนดเกณฑ์รูปรูปแบบ โดยสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูปรูปแบบแยกองค์ประกอบ ทั้งนี้เพราะ จากการวิเคราะห์นิยามศัพท์ของสมรรถนะในแต่ละองค์ประกอบมีประเด็นให้ความสำคัญที่ไม่เท่ากัน อีกทั้งเพื่อสามารถวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเพื่อระบุวินิจฉัยจำแนกได้ตามองค์ประกอบ

### 1.8 ดัชนีประสิทธิผล

ประสิทธิผล (Effectiveness) หมายถึง สิ่งที่ยังบอกถึงความเด็ดขาดของการตัดสินใจหรือเพื่อกำหนดความต้องการของสิ่งนั้น เป็นระดับของความสนใจหรืออัตราความสนใจของบุคคล ที่แสดงให้เห็นอย่างง่าย ๆ เป็นจำนวนตัวเลขเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่เราให้ความสนใจ (Merriam-Webster, 2021) มีการใช้ศัพท์คำนี้ครั้งแรกในราวศตวรรษที่ 14 (ก่อนที่จะมีคำว่าประสิทธิภาพเกิดขึ้นประมาณสองร้อยปี) และการใช้ศัพท์คำนี้ตามความหมายในปัจจุบันในปี ค.ศ. 1704 ประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา หมายถึง สิ่งที่ยังแสดงถึงความก้าวหน้าที่เกิดขึ้นจาก



กระบวนการเรียนการสอน การเรียนรู้หรือการฝึกอบรม โดยการเทียบกับค่าพื้นฐานที่ได้จากการวัดก่อนเกิดกระบวนการเรียนการสอน การเรียนรู้หรือการฝึกอบรมขึ้น (Base Line) เพื่อแสดงให้เห็นว่าสิ่งที่ต้องการพัฒนาในผู้เรียน ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเท่าใด สิ่งที่น่ามาเปรียบเทียบนั้น อาจจะเป็น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างเดียวหรืออาจจะมีตัวแปรอื่นๆ ร่วมด้วยก็ได้ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร่วมกับการคิด วิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหาพร้อมกับความสามารถในการสร้างสรรค์ (รังสรรค์ โฉมยา และสมบัติ ท้ายเรือคำ, 2565, หน้า 342-343)

การหาพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียนโดยอาศัยการหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) มีสูตรดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

$$\text{หรือ E.I.} = \frac{P_2 - P_1}{\text{Total} - P_1}$$

เมื่อ	$P_1$	แทน	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน
	$P_2$	แทน	ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน
	Total	แทน	ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็ม

ตัวอย่างการคำนวณแสดงในตาราง 7 ดังนี้

ตาราง 6 การหาประสิทธิผลของสื่อ

ผลคูณของจำนวน นักเรียนกับคะแนนเต็ม	ผลรวมของคะแนน หลังเรียน	ผลรวมของคะแนน ก่อนเรียน	E.I.
20 x 30	412	100	0.6240

จากตาราง แสดงว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6240 หรือคิดเป็นร้อยละ 62.40

การหาค่า E.I. เป็นการพิจารณาพัฒนาการในลักษณะที่ว่าเพิ่มขึ้นเท่าไร ไม่ได้ทดสอบว่าเพิ่มขึ้นอย่างเชื่อถือได้หรือไม่ ซึ่งค่าที่แสดงคะแนนที่เพิ่มขึ้น 0.6240 นั้น เรียกว่า หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) และเพื่อให้สื่อความหมายกันง่ายยิ่งขึ้นจึงแปลงคะแนนให้อยู่ในรูปของร้อยละ เช่น จากค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) 0.6240 คิดเป็นร้อยละ 62.40

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2551, น. 60-61) ได้กล่าวถึง การหาค่าดัชนีผลของนวัตกรรมว่า หมายถึง ตัว เลขที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียนซึ่งนวัตกรรมที่ยอมรับได้ว่ามีประสิทธิภาพ จะต้องมียาค่าดัชนีประสิทธิผลตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

สำหรับการดำเนินการวิจัยและพัฒนาในขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยวิเคราะห์ประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล

## ตอนที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยภายในประเทศ

กษมา เกิดประสงค์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) ศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้าน การให้เหตุผล การสื่อสารและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการจัดการ เรียนรู้คณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงและแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านธาตุเชิงแกง อ.จุน จ.พะเยา ทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบ ได้แก่ 1) แบบวัดสมรรถนะทาง คณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผล 2) แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสาร 3) แบบวัดสมรรถนะทาง คณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา และ 4) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 6 สัปดาห์ ๆ ละ 3 ชั่วโมง วิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพด้วยสถิติพื้นฐานและวิเคราะห์เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะทั้ง 3 ด้านโดยใช้สถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว เมื่อมีการวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมาย ขั้นที่ 2 การทบทวนประสบการณ์ เดิม ขั้นที่ 3 การเพิ่มประสบการณ์ใหม่ ขั้นที่ 4 การเชื่อมโยง และขั้นที่ 5 การสรุป มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะด้านการให้เหตุผล การสื่อสารและการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นวนพล นนทภา และรามนรี นนทภา (2561) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาบริบทความต้องการการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี (2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ (3) ประเมินการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ โดย (3.1) เปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ และนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีปกติ และ (3.2) เปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริม สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญา ของการ์ด เนอร์ กลุ่มเป้าหมายได้แก่นักศึกษาชั้น ปีที่ 3 ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาคณิตศาสตร์คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 90 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยมีลักษณะ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ แบบวัดความสามารถทางพหุปัญญา มีทั้งหมด 8 ด้าน และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง การวิเคราะห์ ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์โปรโตคอล การวิเคราะห์งานเขียน และการบรรยายเชิงวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ Independent t-test และสถิติทดสอบ Dependent t-test ผลการวิจัยปรากฏว่า 1. การศึกษาบริบทความต้องการการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำแนกตามความต้องการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษา เรียงตามความต้องการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จากมากไปน้อย คือ สมรรถนะที่ 7 การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการ สมรรถนะที่ 5 การตั้งและการแก้ปัญหา สมรรถนะที่ 1 การคิดและการให้เหตุผล สมรรถนะที่ 6 การแสดงเครื่องหมายแทน สมรรถนะที่ 3 การสื่อสาร สมรรถนะที่ 8 ใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ และสมรรถนะที่ 4 การสร้างตัวแบบ 2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นประสบการณ์เดิมของผู้เรียน ขั้นตอนที่ 2 ส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนย่อยที่ 1 ขั้นตอนการสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนย่อยที่ 2 ขั้นแลกเปลี่ยนวิธีการใช้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน 3. ผลประเมินการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ พบว่า คะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ และนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีปกติแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การเปรียบเทียบ

คะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการดเนอร์สูงกว่าก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการดเนอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติศักดิ์ ดีพันธ์ (2561) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 8 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 2) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับสมรรถนะคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 3) พัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดล สมการโครงสร้างพระดับที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะคณิตศาสตร์ข้างต้น กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 8 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1,021 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 132 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบ 1 ฉบับ และแบบสอบถาม 2 ฉบับ สถิติที่ใช้ คือ สถิติพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพระดับ ผลวิจัยพบว่า 1. องค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ สมรรถนะในการสื่อสาร สมรรถนะในการคิด สมรรถนะในการแก้ปัญหา สมรรถนะในการใช้ทักษะชีวิต และสมรรถนะในการใช้เทคโนโลยี โมเดลที่พัฒนาขึ้นความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับพบว่า โมเดลการวัดพระดับสมรรถนะคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ 3. ผลการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างพระดับปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยแบ่งตามระดับการทำนาย ได้แก่ ระดับนักเรียน พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ได้รับอิทธิพลเชิงบวกจากตัวแปรเกรดเฉลี่ยคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และตัวแปรรายได้ผู้ปกครองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ระดับโรงเรียน พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ได้รับอิทธิพลเชิงบวกจากตัวแปรบรรยากาศห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิณทิพย์ วิจิตรกลาง และสุวิมล กฤษณกุล (2563) ได้ศึกษา การเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชันกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวังม่วงวิทยาคม มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แต่ละด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจัด

กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชันกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวังม่วงวิทยาคม อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 33 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบ แบ่งกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ 2 แผนและแบบทดสอบ วิเคราะห์ สถิติทดสอบค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า ในภาพรวมของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ นักเรียนที่เรียนโดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชันมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียน โดยไม่ใช้การ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมธาสิทธิ์ ธัญรัตนศรีสกุล วิชรินทร์ เกษร์สุวรรณ มนต์เมืองใต้ รอดอยู่ และศศิธร ศรีพรหม กนิษฐา เชาววัฒนกุล (2564) ได้ศึกษา การพัฒนาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการพีอีแอลอาร์ผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ และ 2) ศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการพีอีแอลอาร์ ผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 35 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนราชินีบูรณะ ได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกหลังจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนคิดหลังการเปิด ชั้นเรียน และแบบประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จากชิ้นงานรวบยอด วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการพีอีแอลอาร์ผ่านชุมชน แห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพที่เน้นเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1.1) ชั้นเตรียมการเตรียมพร้อมสำหรับการเรียน 1.2) ชั้นสำรวจเน้นอธิบายเฉพาะสาระสำคัญที่จำเป็นต่อการเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 1.3) ชั้นสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนนำเสนอผลงานการเรียนรู้ของตนเองกับเพื่อน และใช้ผลงานนั้นเป็นสื่อการเรียนรู้และ 1.4) ชั้นสะท้อนผล ให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ และสะท้อนกระบวนการที่ใช้หาคำตอบ และ 2) สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการพีอีแอลอาร์ผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพพบว่าภาพรวมนักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสัมฤทธิ์ผลเมื่อพิจารณาแยกเป็นระดับสมรรถนะพบว่านักเรียนจำนวนร้อยละ 48.57 มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเป็นแบบอย่างได้และนักเรียนร้อยละ 51.43 มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสัมฤทธิ์ผล

จากการศึกษาเอกสารวิจัยข้างต้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับพัฒนาการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะและการศึกษาสมรรถนะ สามารถสรุปได้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. ลักษณะของกิจกรรมที่เสริมสร้างสมรรถนะจากงานวิจัยข้างต้น ซึ่งพบว่า กิจกรรมที่ถูกพัฒนาเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีลักษณะสำคัญ ได้แก่ 1. มีการกำหนดเป้าหมาย 2. กระตุ้นประสบการณ์เดิมของผู้เรียน 3. การเรียนรู้แบบร่วมมือ 4. สร้างและแลกเปลี่ยนแก้ปัญหา และ 5. ขึ้นสะท้อนผล ซึ่งจะเห็นว่า ทั้ง 5 ลักษณะสำคัญดังกล่าวปรากฏอยู่ที่ 5 ขั้นตอนของวิธีการสอนที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น ดังจึง สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้ว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน

2. สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 จากผลวิจัยข้างต้น พบว่า สมรรถนะในการสื่อสาร สมรรถนะในการคิด สมรรถนะในการแก้ปัญหา สมรรถนะในการใช้ทักษะชีวิต และสมรรถนะในการใช้เทคโนโลยี โดยจะเห็นว่า สมรรถนะดังกล่าวสอดคล้องกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 5 สมรรถนะที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ สมรรถนะในการคิด สอดคล้องกับสมรรถนะการคิดและแปลงปัญหา สมรรถนะในการแก้ปัญหา สมรรถนะในการใช้ทักษะชีวิต และสมรรถนะในการใช้เทคโนโลยี สอดคล้องกับสมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ สมรรถนะการตีความและประเมินทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สมรรถนะในการสื่อสาร สอดคล้องกับสมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

3. ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ เกรดเฉลี่ยคณิตศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงความรู้พื้นฐาน รายได้ผู้ปกครอง และบรรยากาศห้องเรียน

### งานวิจัยต่างประเทศ

Mogen Niss (2003) ได้เขียนบทความ เรื่อง “Mathematical Competencies and The Learning of Mathematics: The Danish KOM Project” บทความนี้นำเสนอโครงการ KOM ของเดนมาร์ก (KOM: Competencies and the Learning of Mathematics) ซึ่งริเริ่มโดยกระทรวงศึกษาธิการและหน่วยงานทางการอื่น ๆ เพื่อสร้างแพลตฟอร์มสำหรับการปฏิรูปเชิงลึกของการศึกษาคณิตศาสตร์ของเดนมาร์ก จากโรงเรียนสู่มหาวิทยาลัย ผู้เขียนบทความได้รับการแต่งตั้งให้เป็นผู้อำนวยการโครงการ รายงานขั้นสุดท้ายเผยแพร่ในเดือนตุลาคม 2545 แนวคิดพื้นฐานของโครงการคือการให้คำอธิบายของหลักสูตรคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานบนแนวคิดของ “ความสามารถทางคณิตศาสตร์” เป็นหลัก แทนที่จะใช้หลักสูตรตามความหมายดั้งเดิมของรายการหัวข้อ แนวคิด และผลลัพธ์ สิ่งนี้ทำให้มีกรอบแนวคิดที่ครอบคลุมซึ่งรวบรวมมุมมองของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาได้ก็ตาม

Ulf Andersson (2008) ได้วิจัย เรื่อง Mathematical Competencies in Children With Different Types of Learning Difficulties ซึ่งเป็นการศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในเด็กที่มี

ปัญหาการเรียนรู้ประเภทต่าง ๆ โดยมีการตรวจสอบประสิทธิภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 จำนวน 182 คนใน 8 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน เด็กอยู่ใน 4 กลุ่มความสำเร็จ: เด็กที่มีปัญหาทางคณิตศาสตร์ (เฉพาะ MD) เด็กที่มีปัญหาทั้งทางคณิตศาสตร์และการอ่าน (MD-RD) เด็กที่มีปัญหาในการอ่าน (RD เท่านั้น) และเด็กที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปกติ (กลุ่มควบคุม) กลุ่ม MD ทั้งสองกลุ่มมีผลการเรียนต่ำกว่าเด็กปกติในทุกด้าน ยกเว้น 1 ด้าน ให้คุณค่ากับความรู้ เด็ก MD-only และ MD-RD ทำได้อย่างเท่าเทียมกันในทุกด้านของคณิตศาสตร์ กลุ่ม RD-only ดำเนินการในระดับเดียวกับกลุ่มควบคุมในทุกด้านของคณิตศาสตร์ การศึกษานี้แสดงหลักฐานเพิ่มเติมว่าการขาดดุลในการตั้งข้อเท็จจริงเป็นลักษณะสำคัญของเด็กที่เป็นโรค MD ความยากลำบากอย่างมากของเด็ก MD ในการแก้ปัญหาคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์สามารถเกิดจากหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา นอกเหนือจากทักษะการคำนวณหลายหลักที่ไม่ดี การตั้งข้อเท็จจริงทางเลขคณิต และความเข้าใจหลักการคำนวณที่ไม่ดี เด็กที่มี MD อาจมีข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาเฉพาะ เช่น การสร้างตัวแทนของปัญหาและการพัฒนาแผนการแก้ปัญหา

Maximilian Seitz และ Sabine Weinert (2021) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง Numeracy Skills in Young Children as predictors of Mathematical Competence ซึ่งเป็นการกล่าวถึงทักษะการคำนวณในเด็กเล็กเป็นตัวทำนายสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับความสำเร็จทางการศึกษา ความสำเร็จในวิชาชีพ และแม้แต่การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ นักวิจัยจึงสนใจตัวทำนายล่วงหน้ามาระยะหนึ่งแล้ว แม้ว่าจะมีการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับความสามารถทางตัวเลขเฉพาะโดเมนที่ทำนายความสามารถทางคณิตศาสตร์ในภายหลังของเด็กก่อนวัยเรียน การวิจัยในเด็กวัยหัดเดินนั้นหายาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับแง่มุมที่มีอิทธิพลเพิ่มเติม เช่น ความสามารถทางปัญญาทั่วไปของโดเมนและภูมิภาคหลังทางสังคมของเด็ก การศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ตรวจสอบผลการทำนายของทักษะการคำนวณในเด็กอายุ 17 เดือนสำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ในภายหลัง เราพบผลกระทบเชิงบวกเพียงเล็กน้อย แม้ว่าการควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเด็ก (เช่น อายุและเพศ) และภูมิภาคหลังทางสังคมของเด็ก (เช่น การศึกษาของมารดาและภาษาในครัวเรือน) นอกจากนี้ เรายังเปรียบเทียบผลลัพธ์กับงานการจัดหมวดหมู่ทั่วไปของโดเมน และพบว่าไม่มีผลกระทบที่ชัดเจนต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ปัจจุบันถูกกล่าวถึงโดยคำนึงถึงความเฉพาะเจาะจงของชุดข้อมูล ตลอดจนความหมายสำหรับการศึกษาในอนาคตเกี่ยวกับตัวทำนายความสามารถทางคณิตศาสตร์

Siddikov Zayniddin Kholdorovich (2022) ได้วิจัย เรื่อง Stages of Formation of Students' Mathematical Competences โดยศึกษาขั้นตอนการสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. สมรรถนะระดับแรก: การกู้คืน (การทำซ้ำ) คำอธิบายและการคำนวณ ความสามารถในระดับที่หนึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่ทดสอบในแบบทดสอบมาตรฐานหลาย

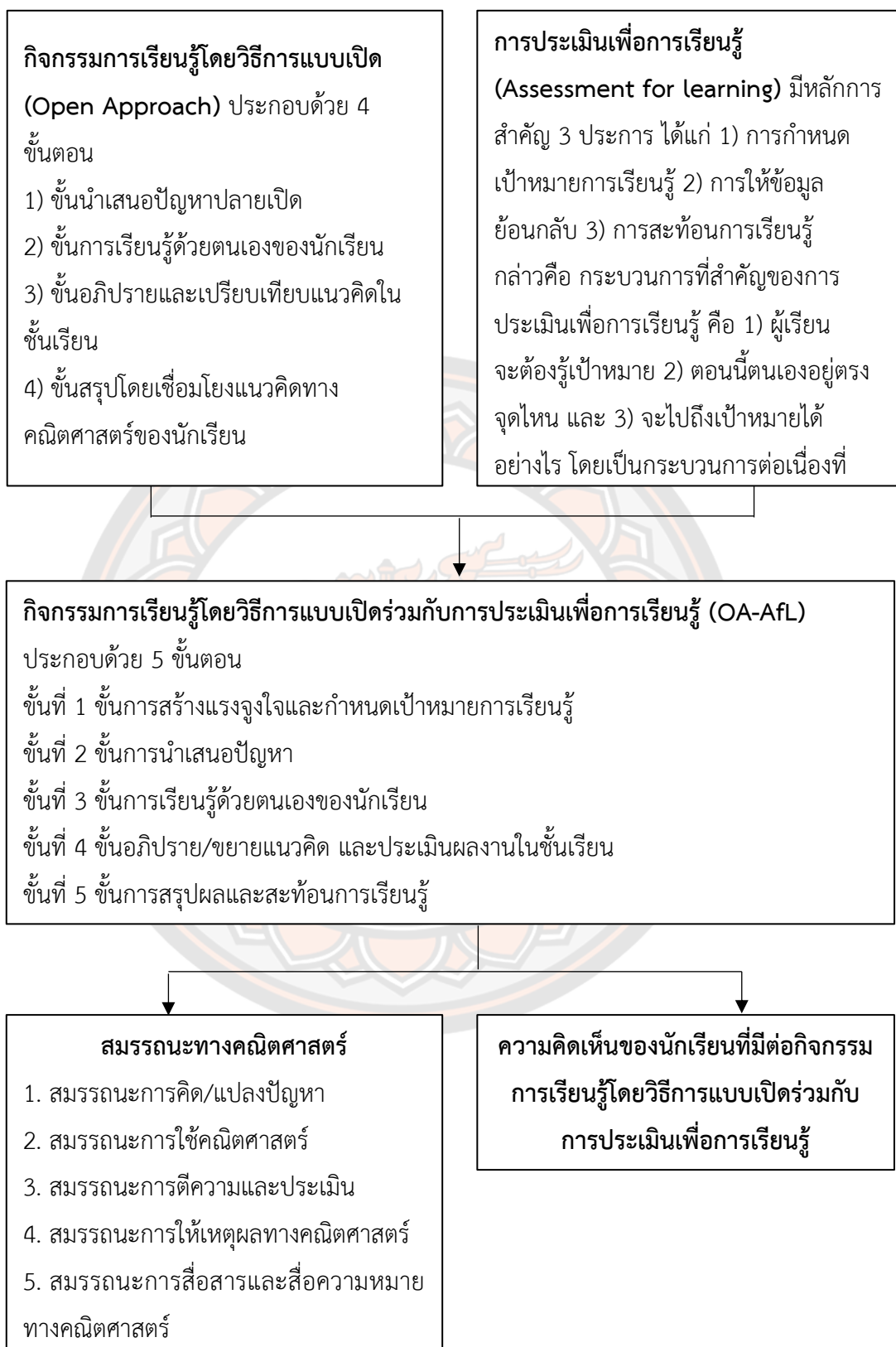
ๆ แบบ โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของงาน เช่น งานแบบปรนัย ความสามารถระดับนี้รวมถึงการรู้ข้อเท็จจริงต่างๆ การผลิตซ้ำคุณสมบัติ การจดจำวัตถุทางคณิตศาสตร์ที่คล้ายกัน การใช้อัลกอริทึมมาตรฐานและรูทีน การใช้วิธีการมาตรฐานและทักษะอัลกอริทึม 2. ความสามารถระดับที่สอง: การสื่อสารและการบูรณาการที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา ความสามารถเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่าง ๆ หน่วยงาน และหัวข้อต่าง ๆ ของคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ไม่สามารถรวมงานเหล่านี้ไว้ในงานมาตรฐานได้ แต่สถานการณ์ในงานนั้นต้องการความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ความสามารถระดับนี้นักเรียนควรสามารถนำเสนอข้อมูลที่กำหนดให้และตั้งโจทย์ตามลักษณะงานได้ นักเรียนจะต้องสามารถแยกแยะและเชื่อมโยงแนวคิด เงื่อนไข การพิสูจน์ การยืนยัน และตัวอย่างเมื่อทำการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในส่วนต่างๆ ของคณิตศาสตร์ ความสามารถระดับนี้ยังรวมถึงความสามารถในการอธิบายและตีความเนื้อหาของงานเขียนที่เขียนด้วยภาษาทางการที่มีสัญลักษณ์ต่างๆ และแปลเป็นภาษาทั่วไป ในแง่ของงานที่เกี่ยวข้องกับความสามารถระดับนี้ นักเรียนจะได้รับสถานการณ์เฉพาะที่ต้องการการตัดสินใจตามสถานการณ์เฉพาะ 3. สมรรถนะระดับที่สาม: การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การคิดเชิงตรรกะ การวางนัยทั่วไป และสัญชาตญาณนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ที่นำเสนอในระดับความสามารถที่สาม: วิเคราะห์ข้อมูลที่กำหนดในสภาพปัญหา ศึกษาและตีความแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างอิสระ ใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น , บทพิสูจน์และบทสรุป กิจกรรมนี้เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงวิพากษ์ การวิเคราะห์และการสังเกต

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างประเทศโดยสังเขปสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์จะมีระดับการพัฒนาเป็นระดับขั้นตามขีดจำกัดความสามารถ โดยสถานการณ์ปัญหากระตุ้นการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้ง

### ตอนที่ 3 กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม มีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้





ภาพ 10 กรอบแนวคิดการวิจัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- 1.1 แหล่งข้อมูล
- 1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 1.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
- 1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

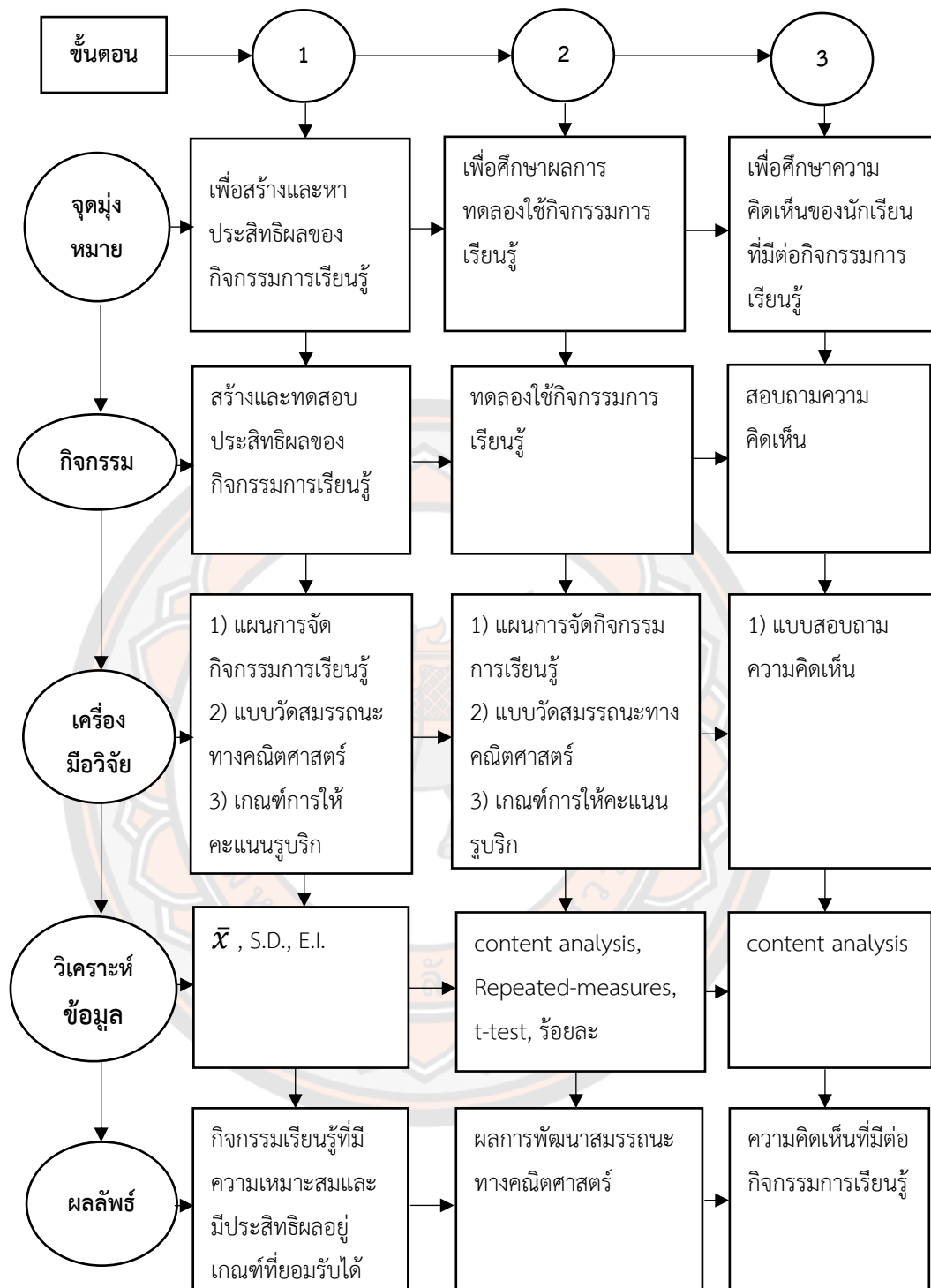
ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- 2.1 แหล่งข้อมูล
- 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 2.3 แบบแผนการทดลอง
- 2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- 3.1 แหล่งข้อมูล
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยการดำเนินการทั้ง 3 ขั้นตอนดังกล่าว สามารถแสดงความสัมพันธ์และรายละเอียดได้ดังแผนภาพ 11



ภาพ 11 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

## ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### แหล่งข้อมูล

1. ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ใช้สำหรับตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เพื่อการเรียนรู้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไปสาขาหลักสูตรและการสอนหรือสาขาคณิตศาสตร์ศึกษา โดยเป็นผู้ที่มีผลงานวิจัยเกี่ยวข้องกับสมรรถนะ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ หรือความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด

1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน เป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไปสาขาการวัดผลและประเมินผล

1.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน วิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่า 10 ปี หรือมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษขึ้นไป

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 13 คน ซึ่งยังไม่เคยได้รับการเรียนการสอน เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลมมาก่อน เพื่อหาประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. แบบประเมินการให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. การสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการแบบเปิดและแนวคิดการประเมินเพื่อการเรียนรู้

1.2 วิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดและการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนการกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

1.3 วิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบด้วย 1) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของพิระมิต 2) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย และ 3) ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม และศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม

เนื้อหา	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	แผนการจัดการเรียนรู้
ปริมาตรและพื้นที่ผิวของพิระมิต	ค2.1 ม.3/2	ประเมินผลก่อนเรียน
	ค2.1 ม.3/1	แผนที่ 1 ปริมาตรของพิระมิต
		แผนที่ 2 พื้นที่ผิวของพิระมิต
		ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1
ปริมาตรและพื้นที่ผิวของกรวย	ค2.1 ม.3/2	แผนที่ 3 ปริมาตรของกรวย
	ค2.1 ม.3/1	แผนที่ 4 พื้นที่ผิวของกรวย
		ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2
ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกลม	ค2.1 ม.3/2	แผนที่ 5 ปริมาตรของทรงกลม
	ค2.1 ม.3/1	แผนที่ 6 พื้นที่ผิวของทรงกลม
		ประเมินผลสรุปรวม
<b>รวม</b>		<b>6 แผน</b>

1.4 ออกแบบลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้และสร้างเป็นแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยสร้างจำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง โดยมีประเมินผลก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และประเมินผลสรุปรวม โดยใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมครั้งนี้ทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง ซึ่งเป็นไปตามแสดงผลการวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐาน และตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลมดังนี้

ประเมินผลก่อนเรียน	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 2 เรื่อง พื้นที่ผิวของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 3 เรื่อง ปริมาตรของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 4 เรื่อง พื้นที่ผิวของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 5 เรื่อง ปริมาตรของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 6 เรื่อง พื้นที่ผิวของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินผลสรุปรวม	จำนวน 1 ชั่วโมง

โดยในแต่ละแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบลักษณะการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

- ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้
- ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา
- ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน
- ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน
- ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้

1.5 นำกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้ดำเนินออกแบบและสร้างนำเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แนบกับแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นผ่านโครงร่างวิจัย นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยพิจารณามิติทั้ง 4 ด้านของกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ 2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ด้านการวัดและประเมินผล โดยใช้แบบประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

นำมาหาค่าเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 และดำเนินการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ

1.7 นำกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปทดสอบประสิทธิผลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 13 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง ซึ่งกำหนดเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผลมากกว่า 0.50 ขึ้นไป (วาโร เฟิงส์วีสต์, 2553, น. 60-61) แก้ไขเพิ่มเติมในส่วนที่บกพร่อง และจัดเตรียมเป็นกิจกรรมที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มทดลองในการวิจัยต่อไป

2. การสร้างแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยสังเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา 2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ 3) สมรรถนะการตีความและประเมิน 4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

2.2 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม โดยออกแบบสถานการณ์ที่จะใช้ในการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ให้ครอบคลุมในส่วนของมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ดังตาราง 8

ตาราง 8 วิเคราะห์สถานการณ์ที่ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	เนื้อหา	จำนวน	
			สร้าง	ใช้จริง
มาตรฐาน ค 2.1	ม.3/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่	พื้นที่ผิวและ	3	1
เข้าใจพื้นฐาน	ผิวของพิระมิต กรวย และทรงกลม	ปริมาตรของ		
เกี่ยวกับการวัด	ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และ	พิระมิต		
วัดและคาดคะเน	ปัญหาในชีวิตจริง	พื้นที่ผิวและ	3	1
ขนาดของสิ่งที่	ม.3/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง	ปริมาตรของกรวย		

มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	เนื้อหา	จำนวน	
			สร้าง	ใช้จริง
ต้องการวัด และนำไปใช้	ปริมาณของพีระมิด กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และปัญหาในชีวิตจริง	พื้นที่ผิวและ ปริมาตรของทรงกลม	3	1
<b>รวม</b>			<b>9</b>	<b>3</b>

โดยในหนึ่งสถานการณ์จะกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหานั้น

2.3 สร้างข้อคำถามที่ใช้ในการวัดสมรรถนะให้ครอบคลุมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา 2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ 3) สมรรถนะการตีความและประเมิน 4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ดังตาราง 9

**ตาราง 9** สร้างข้อคำถามที่ใช้วัดสมรรถนะให้ครอบคลุมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

สมรรถนะ	ข้อคำถามที่ใช้วัด
สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	1.1 จงวิเคราะห์เงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหากำหนดให้มีกี่เงื่อนไข อะไรบ้าง
	1.2 สถานการณ์ปัญหาต้องการให้หาคำตอบอะไร
	1.3 จงวาดภาพจำลองสถานการณ์ปัญหาโดยกำหนดเงื่อนไขในภาพให้ครบถ้วน
	1.4 จงเขียนลำดับขั้นตอนการแก้สถานการณ์ปัญหา
สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	2.1 จงเขียนแสดงวิธีทำ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เขียนเรียบเรียงกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับ
สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	ขั้นตอนที่ถูกต้อง
สมรรถนะการตีความและประเมิน	3.1 จงสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา
	3.2 จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้
สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4.1 จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหาในแต่ละขั้นตอน



2.4 ร่างแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สร้างขึ้น นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับที่ประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.6 นำแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 1.00 ทั้ง 9 สถานการณ์ นำแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.80 - 1.00 รายละเอียดดังภาคผนวก

2.7 นำแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ไปทดลองใช้ (Try out) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองเสลียง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย จำนวน 30 คน ทั้ง 9 สถานการณ์ เพื่อหาคุณภาพของแบบวัด โดยทำการวิเคราะห์แบบทดสอบหาค่าความยาก (P) ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.13 – 0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.40 รายละเอียดดังภาคผนวก

2.8 คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งมีจำนวนข้อสอบที่ไม่ผ่านจำนวน 1 ข้อ จาก 9 สถานการณ์ เหลือ 8 สถานการณ์ โดยเลือกสถานการณ์ จำนวน 3 สถานการณ์ในจัดพิมพ์เป็นแบบวัดฉบับสมบูรณ์ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นโดยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.77

3. การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.1 ศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา 2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ 3) สมรรถนะการตีความและประเมิน 4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

3.2 กำหนดมิติหรือองค์ประกอบโดยแยกตามจำนวนสมรรถนะที่สังเคราะห์ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 สมรรถนะ

3.3 สร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบแยกองค์ประกอบ (analytic scoring rubric) โดยกำหนดจำนวนระดับคะแนน 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (4 คะแนน) ดี (3 คะแนน) พอใช้ (2 คะแนน) ปรับปรุง (1 คะแนน) ไม่เขียนแสดงแนวคิด/เขียนแสดงแนวคิดผิดทั้งหมดหรือไม่เกี่ยวข้อง (0 คะแนน) คะแนน และสร้างคำอธิบายลักษณะการปฏิบัติหรือผลการปฏิบัติของเกณฑ์แต่ละระดับตามนิยามศัพท์ที่ได้สังเคราะห์ขึ้น ดังนี้

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

สมรรถนะ	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
1. การคิด/ แปลง ปัญหา	สามารถนำสิ่งที่วิเคราะห์จากปัญหาแปลงในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น กำหนดตัวแปร วาดภาพจำลอง เป็นต้น และวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา ได้ถูกต้องทั้งหมด	สามารถนำสิ่งที่วิเคราะห์จากปัญหาแปลงในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น กำหนดตัวแปร วาดภาพจำลอง เป็นต้น แต่วางแผนดำเนินการแก้ปัญหา ผิดพลาด	สามารถนำสิ่งที่วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาแปลงในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น กำหนดตัวแปร วาดภาพจำลอง เป็นต้น	วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาผิดพลาด หรือไม่ถูกต้อง
2. การใช้ คณิตศาสตร์	เลือกใช้สูตรพีระมิด กรวย หรือทรงกลม ได้ถูกต้องและใช้ความรู้/ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องทั้งหมด	เลือกใช้สูตรพีระมิด กรวย หรือทรงกลม ได้ถูกต้อง แต่ใช้ความรู้/ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ผิดพลาดเป็นส่วนน้อย	เลือกใช้สูตรพีระมิด กรวย หรือทรงกลม ได้ถูกต้อง แต่ใช้ความรู้/ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา	เลือกใช้สูตรพีระมิด กรวย หรือทรงกลม ไม่ถูกต้อง

สมรรถนะ	ระดับคุณภาพ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
3. การตีความและประเมินประเมิ	สรุปคำตอบได้ สอดคล้องกับสิ่งที่ โจทย์ถาม และแสดง การตรวจสอบความ ถูกต้องของคำตอบ ได้สอดคล้องกับ เงื่อนไขของโจทย์ได้ ถูกต้องทั้งหมด	สรุปคำตอบได้ สอดคล้องกับสิ่งที่ โจทย์ถาม แต่แสดง การตรวจสอบความ ถูกต้องของคำตอบ โดยใช้การตรวจสอบ กาแก้สมการ	สรุปคำตอบได้ สอดคล้องกับสิ่งที่ โจทย์ถาม แต่แสดง การตรวจสอบความ ถูกต้องของคำตอบ โดยอธิบายโดยใช้ คำพูดไม่สามารถ แสดงให้เห็นภาพ ชัดเจนได้	สรุปคำตอบไม่ สอดคล้องกับ สิ่งที่โจทย์ถาม และไม่สามารถ แสดงการ ตรวจสอบ ความถูกต้อง ของคำตอบได้
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	สามารถอ้าง/อธิบาย แนวคิดที่ใช้ในการ แก้ปัญหาได้ สมเหตุสมผลทั้งหมด	สามารถอ้าง/อธิบาย แนวคิดที่ใช้ในการ แก้ปัญหาไม่ สมเหตุสมผลบางส่วน	สามารถอธิบาย แนวคิด/วิธีทำได้ แต่ไม่มีเหตุผล รองรับ	ไม่สามารถ อธิบายในสิ่งที่ ตนเองใช้ใน การแก้ปัญหา ได้
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	ใช้ภาษา และ สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการ สื่อสารและสื่อ ความหมายได้ถูก และเขียนเรียบเรียง เป็นลำดับขั้นตอน ขั้นตอนเข้าใจง่าย	เขียนเรียบเรียงเป็น ลำดับขั้นตอนขั้นตอน แต่ใช้ภาษา และ สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการ สื่อสารและสื่อ ความหมายผิดพลาด บางส่วน	เขียนเรียบเรียงไม่ เป็นลำดับขั้นตอน ขั้นตอน และ สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการ สื่อสารและสื่อ ความหมาย ผิดพลาดส่วนใหญ่	ไม่สามารถ เขียนสื่อสารวิธี คิดให้เข้าใจได้

3.4 ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกประเด็น และตรวจสอบความเหมาะสมของคำอธิบายคุณภาพในแต่ละระดับคะแนนกับรายการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 4.80 – 5.00 และส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าระหว่าง 0 - 0.447 โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.98 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.045 ซึ่งอยู่ในมากที่สุด รายละเอียดดังภาคผนวก

3.5 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน ระหว่างผู้ประเมินที่ต่างกัน 2 ท่าน ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า คะแนนการประเมินสมรรถนะในแต่ละสมรรถนะระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีความสัมพันธ์ตั้งแต่ .914 - .965 ซึ่งอยู่ในความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมากในแต่ละคู่ และความสัมพันธ์ของคะแนนรวมทั้งฉบับระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ ) เท่ากับ .967 ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดมีความเที่ยงแบบวัดซ้ำอยู่ในระดับที่ใช้ได้ ดังตาราง 11

ตาราง 11 ค่าความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ ) ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์	ค่าความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ )
สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	.914**
สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	.965**
สมรรถนะการตีความและประเมิน	.934**
สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	.962**
สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	.920**
<b>รวมทั้ง 5 สมรรถนะ</b>	<b>.967**</b>

หมายเหตุ \*\*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.6 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความเที่ยงแบบวัดซ้ำ เพื่อพิจารณาความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัด โดยให้ผู้ประเมินทำการประเมินวันระยะเวลาในการวัด 2 สัปดาห์ แล้วทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า คะแนนการประเมินสมรรถนะในแต่ละสมรรถนะระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีความสัมพันธ์ตั้งแต่ .917 - .980 ซึ่งอยู่ในความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมากในแต่ละคู่ และความสัมพันธ์ของคะแนนรวมทั้งฉบับระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ ) เท่ากับ .985 ซึ่งถือว่าเครื่องมือวัดมีความเที่ยงแบบวัดซ้ำอยู่ในระดับที่ใช้ได้ ดังตาราง 12

ตาราง 12 ค่าความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ ) ระหว่างการประเมินซ้ำครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 (เว้นระยะเวลาในการวัด 2 สัปดาห์)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์	ค่าความสัมพันธ์ ( $r_{xy}$ )
สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	.917 <sup>**</sup>
สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	.971 <sup>**</sup>
สมรรถนะการตีความและประเมิน	.951 <sup>**</sup>
สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	.980 <sup>**</sup>
สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	.946 <sup>**</sup>
<b>รวมทั้ง 5 สมรรถนะ</b>	<b>.985<sup>**</sup></b>

หมายเหตุ <sup>\*\*</sup>นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.7 จัดพิมพ์เกณฑ์การให้คะแนนรูปрикสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากแบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มาตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบแล้วตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

5 คะแนน	หมายถึงมีความเหมาะสมมากที่สุด
4 คะแนน	หมายถึงมีความเหมาะสมมาก
3 คะแนน	หมายถึงมีความเหมาะสมปานกลาง
2 คะแนน	หมายถึงมีความเหมาะสมน้อย
1 คะแนน	หมายถึงมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ มาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลผล เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560, หน้า 121)

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00	หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50	หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50	หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50	หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50	หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2. การหาประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์จากสูตรคำนวณดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.)

## ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### กลุ่มทดลอง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง โดยมีประเมินผลก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และประเมินผลสรุปรวม โดยใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมครั้งนี้ทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง ดังนี้

ประเมินผลก่อนเรียน	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 2 เรื่อง พื้นที่ผิวของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 3 เรื่อง ปริมาตรของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 4 เรื่อง พื้นที่ผิวของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 5 เรื่อง ปริมาตรของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 6 เรื่อง พื้นที่ผิวของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินผลสรุปรวม	จำนวน 1 ชั่วโมง

2. แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. เกณฑ์การให้คะแนนรูปกรวยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

#### แบบแผนการทดลอง

ผู้วิจัยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) ดังตาราง 13

ตาราง 13 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง

กลุ่มหนึ่ง	การทดสอบก่อน	จัดกระทำ	การทดสอบหลัง
Gr <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	T	O <sub>2</sub>

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

Gr<sub>1</sub> แทน กลุ่มทดลองใช้ซึ่งหมายถึงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน

T แทน การสอนโดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

O<sub>1</sub> แทน การทดสอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการสอนโดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

O<sub>2</sub> แทน การทดสอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการสอนโดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน (paired sample t-test)

2. เปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กับเกณฑ์คุณภาพระดับดี โดยวิเคราะห์ระดับคุณภาพในแต่ละสมรรถนะโดยมีระดับคุณภาพของสมรรถนะดังต่อไปนี้ (ปรับปรุงจาก อนุวัติ คุณแก้ว, 2565)

ตาราง 14 เกณฑ์การตัดสินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

รายการ	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การตัดสิน
เกณฑ์การตัดสินจำแนกใน	ดีมาก/ผ่านขั้นสูง	มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป
แต่ละสมรรถนะทาง	ดี/ผ่าน	มีคะแนนระหว่างร้อยละ 40 – 74
คณิตศาสตร์	ปรับปรุง	มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 40
เกณฑ์การตัดสินสมรรถนะ	ดีเยี่ยม	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 5
ทางคณิตศาสตร์รวม		สมรรถนะ
	ดี	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 4
		สมรรถนะ
	พอใช้	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 3
		สมรรถนะ
	ปรับปรุง	มีผลการประเมินในระดับดี/ผ่าน ครบทั้ง 1-2
		สมรรถนะ

3. วิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ดังนี้

3.1 วิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้จาก 1) ผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลอง 2) บันทึกพรรณนาหลังการสอนในแต่ละกิจกรรมของครู โดยระหว่างดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างเรียนและทำการบันทึกภาคสนาม (Field note) โดยเก็บข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพและทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

3.2 วิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จากผลการประเมินก่อนเรียนระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 และผลการประเมินหลังเรียน ด้วยสถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures)

**ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

#### แหล่งข้อมูล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคตอนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคตโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน



### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความคิดเห็นแบบปลายเปิดของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### วิธีการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยพิจารณาความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม โดยเป็นความคิดเห็นต่อสิ่งเร้าอันได้แก่ ความคิดเห็นต่อการปฏิบัติกิจกรรม ความคิดเห็นต่อสื่อ-อุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรม ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อกิจกรรม ความคิดเห็นต่อพัฒนาการหรือความก้าวหน้าทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

2. สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อรับฟังข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

3. นำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นำเสนอกับผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.80 - 1.00

4. จัดพิมพ์แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพและทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) คำนวณได้จากสูตร (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552, หน้า 176)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ  $\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum x$  แทน ผลรวมของข้อมูล

$N$  แทน จำนวนข้อมูล

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณได้จากสูตร (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552, หน้า

186)

$$\text{S.D.} = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$x$  แทน ข้อมูลหรือคะแนนแต่ละตัว

$n$  แทน จำนวนข้อมูล

## 2. สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence: IOC) ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจโมโนทัศน์คณิตศาสตร์สามารถคำนวณได้จากสูตร (รัตนะ บัวสนธ์, 2564, หน้า 64)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามข้อนั้น ๆ

$\sum R$  แทน การรวม

$R$  แทน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยที่

ถ้าเห็นด้วย มีค่าเท่ากับ 1 คะแนน

ถ้าไม่แน่ใจ มีค่าเท่ากับ 0 คะแนน

ถ้าไม่เห็นด้วย มีค่าเท่ากับ -1 คะแนน

$N$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การตรวจสอบประสิทธิผลนวัตกรรมการศึกษา เป็นการพิจารณาจากผลการทดลองใช้นวัตกรรมการศึกษาระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ซึ่งหาได้จากสูตร (รัตนะ บัวสนธ์, 2564, หน้า 89)

$$E.I. = \frac{\sum x_{posttest} - \sum x_{pretest}}{N(A) - \sum x_{pretest}}$$

เมื่อ E.I. แทน ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index)

$\sum x_{posttest}$  แทน ผลรวมของคะแนนก่อนการทดลองใช้นวัตกรรม

$\sum x_{pretest}$  แทน ผลรวมของคะแนนหลังการทดลองใช้นวัตกรรม

$N$  แทน จำนวนนักเรียน

$A$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

**2.3 ค่าความยาก (Difficulty)** หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือการวิจัยที่ได้จาก สัดส่วนของผู้ตอบถูกจากคนทั้งหมดที่ตอบในข้อนั้นคำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (อนูวัติ คุณแก้ว, 2565, หน้า 239)

$$P = \frac{S_u + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	P	แทน	ดัชนีค่าความยาก (Index of difficulty)
	$S_u$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูง หรือ กลุ่มต่ำ
	$X_{max}$	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	$X_{min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้

**2.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)** ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้ สูตรของเบรนนาน (Brennan's index : B-Index) ดังนี้ (อนูวัติ คุณแก้ว, 2565, หน้า 239)

$$D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (Index of discrimination)
	$S_u$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูง หรือ กลุ่มต่ำ
	$X_{max}$	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	$X_{min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้

2.5 ความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์อัลฟา (alpha coefficient) โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2564, หน้า 77)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	$\alpha$	แทน	ค่าความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์อัลฟา
	$k$	แทน	จำนวนข้อคำถาม
	$S_i^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อคำถาม
	$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน
	$\sum$	แทน	การรวมหรือผลรวม

2.6 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ใช้สำหรับการคำนวณในการตรวจสอบความเที่ยงตรงภายในผู้ประเมินและความเที่ยงตรงระหว่างผู้ประเมิน โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (กมลวรรณ ตังธนากานนท์, 2563, หน้า 85-86)

$$r_{XY} = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ	$r_{XY}$	แทน	สัมประสิทธิ์ความเที่ยงภายในผู้ประเมิน/ระหว่างผู้ประเมิน
	$n$	แทน	จำนวนผู้เรียน
	$X$	แทน	คะแนนจากการประเมินครั้งที่ 1 / คนที่ 1
	$Y$	แทน	คะแนนจากการประเมินครั้งที่ 2 / คนที่ 2

### 3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

สถิติทดสอบที่แบบไม่อิสระ (t-test dependent or t-test pair sample)

สามารถหาได้จากสูตร (รัตนะ บัวสนธ์, 2564, หน้า 94)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad ; df = n - 1$$

เมื่อ	$t$	หมายถึง ค่าสถิติที่
	$D$	หมายถึง ผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่
	$D^2$	หมายถึง กำลังสองของผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่
	$n$	หมายถึง จำนวนคู่ของข้อมูล (หรือจำนวนคน)
	$df$	หมายถึง องศาหรือชั้นความเป็นอิสระ

### 4. สถิติที่ใช้ทดสอบพัฒนาการสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One-Way ANOVA Repeated Measures)

คำนวณได้จากสูตร (ยุภาติ ปณะราช, 2565, หน้า 176)

แหล่งความแปรปรวน	$df$	$SS$	$MS$	$F$
Between-groups	$dfB = k - 1$	$SSB$	$MSB$	$\frac{MSB}{MSW}$
Within-groups	$dfW = N - k$	$SSW$	$MSW$	
Total	$dfT = N - 1$	$SST$		

เมื่อ	$MSB$	หมายถึง ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
	$MSW$	หมายถึง ความแปรปรวนภายในกลุ่ม
	$SSB$	หมายถึง ผลรวมของข้อมูลเบี่ยงเบนกำลังสองรวม
	$SSW$	หมายถึง ผลรวมของข้อมูลเบี่ยงเบนกำลังสองระหว่างกลุ่ม
	$SST$	หมายถึง ผลรวมของข้อมูลเบี่ยงเบนกำลังสองภายในกลุ่ม

**หมายเหตุ** การคำนวณสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน สถิติทดสอบที่แบบไม่อิสระ (t-test dependent or t-test pair sample) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated Measures ANOVA) ผู้วิจัยคำนวณค่าโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 25

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งดำเนินการ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ดังรายละเอียดบทที่ 3 โดยผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$	แทน ค่าเฉลี่ย
$S.D.$	แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$E.I.$	แทน ดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index)
$\sum x_{pre}$	แทน ผลรวมของคะแนนก่อนการทดลองใช้นวัตกรรม
$\sum x_{post}$	แทน ผลรวมของคะแนนหลังการทดลองใช้นวัตกรรม
$N$	แทน จำนวนนักเรียน
$A$	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบ
$t$	แทน สถิติทดสอบที

โดยรายละเอียดของผลวิจัยในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

**ตอนที่ 1 ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

1. ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในบทเรียน เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ผู้วิจัยได้ดำเนินการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยสังเคราะห์วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดและการประเมินเพื่อการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังกล่าวมาออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 16 ชั่วโมง โดยเป็นชั่วโมงการประเมินความก้าวหน้า 2 ชั่วโมง และประเมินก่อนเรียนและหลังเรียนอย่างละ 1 ชั่วโมง ดังนี้

ประเมินผลก่อนเรียน	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 2 เรื่อง พื้นที่ผิวของพีระมิด	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 3 เรื่อง ปริมาตรของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 4 เรื่อง พื้นที่ผิวของกรวย	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2	จำนวน 1 ชั่วโมง
แผนที่ 5 เรื่อง ปริมาตรของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 6 เรื่อง พื้นที่ผิวของทรงกลม	จำนวน 2 ชั่วโมง
ประเมินผลสรุปรวม	จำนวน 1 ชั่วโมง
รวมทั้งสิ้น	จำนวน 16 ชั่วโมง

โดยแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีรายละเอียดวิธีการสอนดังตาราง 15



**ตาราง 15** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่	กระบวนการ	ระยะเวลาที่ใช้	ลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน
1	สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้	10 นาที	<ol style="list-style-type: none"> <li>ครูสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้โดยให้นักเรียนตั้งข้อสังเกตโดยเชื่อมโยงผ่านสิ่งรอบตัว เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือกิจกรรมก่อนหน้า</li> <li>กำหนดพฤติกรรมเป้าหมายหรือความก้าวหน้าที่นักเรียนพึงปฏิบัติ</li> </ol>
2	นำเสนอปัญหา	10 นาที	<ol style="list-style-type: none"> <li>ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา โดยใช้การซักถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและสร้างความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหา</li> </ol>
3	การเรียนรู้ด้วยตนเอง	30 นาที	<ol style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนระดมสมองเพื่อแก้ปัญหาโดยไม่จำกัดแหล่งเรียนรู้และวิธีการ</li> <li>ครูสังเกตและรวบรวมวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนเพื่อพิจารณาปัญหาและอุปสรรค รวมถึงประเด็นการแก้ปัญหาที่น่าสนใจโดดเด่น หากพบนักเรียนที่กำลังเผชิญกับอุปสรรคครูจะสะท้อนให้นักเรียนเข้าใจปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่และพยายามผ่านอุปสรรคนั้นด้วยตนเอง</li> </ol>
4	อภิปราย/ขยาแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน	30 นาที	<ol style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา และครูเชื่อมโยงวิธีการแก้ปัญหาผ่านการอภิปรายการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างเป็นลำดับขั้นตอน</li> <li>ครูให้นักเรียนประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงาน</li> </ol>
5	สรุปและสะท้อนการเรียนรู้	20 นาที	<ol style="list-style-type: none"> <li>ครูให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่พบระหว่างแก้สถานการณ์ปัญหา</li> <li>ครูให้นักเรียนสะท้อนข้อผิดพลาดและวิธีการปรับปรุง</li> </ol>

2. ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 2 ท่าน ผลปรากฏดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
<b>1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ (Learning Objectives)</b>			
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	4.800	0.447	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	4.800	0.447	มากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้	4.800	0.447	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>	4.800	0.447	มากที่สุด
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ (learning activities)</b>			
2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
2.1.1 ขั้นสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนและทำให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้	4.600	0.548	มากที่สุด
2.1.2 ขั้นการนำเสนอปัญหา ปัญหาที่นำเสนอเป็นปัญหาที่มีลักษณะของกระบวนการแก้ไขปัญหาที่ต่างกัน หรือบริบทของสถานการณ์ที่ต่างกัน โดยไม่จำกัดกลวิธี และวิธีการตอบของนักเรียน และมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.600	0.548	มากที่สุด
2.1.3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.600	0.894	มากที่สุด
2.1.4 ขั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนได้ทราบผลการปฏิบัติกิจกรรมของตนเอง โดยสามารถแลกเปลี่ยนเกิดประเด็นความรู้	4.400	0.894	มาก

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
จากการปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหาสถานการณ์ และช่วยให้สังเกตเห็นความแตกต่างในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยสามารถประเมินได้ว่าลักษณะการแก้ปัญหาแบบใดเป็นตัวอย่างที่ดีและแบบไหนควรปรับปรุง			
2.1.5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ ช่วยให้ นักเรียนสรุปประเด็นความรู้ที่ได้จากการแก้สถานการณ์ ปัญหา และช่วยให้สามารถสะท้อนจุดเด่น จุดด้อย กำหนดแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้	4.600	0.548	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับวัยของ ผู้เรียน	4.800	0.447	มากที่สุด
2.3 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความ เหมาะสม	4.600	0.548	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อการส่งเสริมให้ นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์	4.600	0.548	มากที่สุด
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความซับซ้อนน้อย มีความ ยืดหยุ่นครูผู้สอนสามารถทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้ได้ ง่าย	4.600	0.548	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>	4.600	0.614	มากที่สุด
<b>3. ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ (learning materials)</b>			
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับรูปแบบของ กิจกรรมการเรียนรู้	4.800	0.447	มากที่สุด
3.2 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.800	0.447	มากที่สุด
<b>เฉลี่ย</b>	4.800	0.447	มากที่สุด
<b>4. ด้านการวัดและประเมินผล (measurement and evaluation)</b>			
4.1 การวัดและประเมินผล วัดได้สอดคล้องตาม จุดประสงค์การเรียนรู้	4.600	0.548	มากที่สุด
4.2 วิธีการประเมินมีความเหมาะสมในแต่ละรายการวัด	4.600	0.548	มากที่สุด

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
และประเมินผล			
4.3 เครื่องมือที่ใช้มีความเหมาะสมในแต่ละรายการ วิธีการประเมิน	4.600	0.548	มากที่สุด
4.4 เกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมต่อรายการวัด และประเมินผล	4.400	0.548	มาก
<b>เฉลี่ย</b>	4.550	0.548	มากที่สุด
<b>รวมเฉลี่ย</b>	4.644	0.454	มากที่สุด

จากตาราง 16 พบว่า ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยภาพรวมของกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.644$ , S.D. = 0.454) เมื่อพิจารณารายด้านทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.800$ , S.D. = 0.447) 2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.600$ , S.D. = 0.614) 3) ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.800$ , S.D. = 0.447) และ 4) ด้านการวัดและประเมินผล ( $\bar{X} = 4.550$ , S.D. = 0.548) พบว่า ทุกด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ผู้วิจัยได้นำผลการนำผลวิเคราะห์ความเหมาะสมและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญข้างต้น มาร่วมปรึกษาและอภิปรายร่วมกับที่ปรึกษา โดยสามารถสรุปประเด็นที่ผู้วิจัยนำไปปรับปรุงในแผนกิจกรรมการเรียนรู้

1) ผู้วิจัยได้ปรับคำอธิบายในขั้นตอนการนำเสนอปัญหา โดยระบุแนวทางหลักของวิธีการแบบเปิดที่ใช้ในการเลือกใช้รูปแบบของปัญหาเป็นแบบกระบวนการเปิด (The process is open) ทั้งนี้เนื่องจากการส่งเสริมสมรรถนะในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง การส่งเสริมความสามารถของนักเรียนที่นำมาใช้ประกอบในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาหนึ่ง ๆ ด้วยคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจะกระทำหน้าที่ไปกระตุ้นหรือเร้าให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาอย่างเป็นธรรมชาติในสมรรถนะทั้ง 5 สมรรถนะ ได้แก่ 1) สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา 2) สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ 3) สมรรถนะการตีความและประเมิน 4) สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5) สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกแนวทางในการเลือกใช้สถานการณ์ปัญหา คือ แบบกระบวนการเปิด

2) ผู้วิจัยปรับลดสถานการณ์ในหนึ่งกิจกรรมการเรียนรู้จากเดิมผู้วิจัยออกแบบโดยใช้ 3 สถานการณ์ปัญหาโดยให้แต่ละกลุ่มได้รับสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีทั้งหมด 3 กลุ่ม เหลือ 1

สถานการณ์ปัญหา ทั้งนี้ด้วยเหตุผลจากการวิเคราะห์ผลของความเหมาะสมด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ในชั้นอภิปราย/ขยายแนวคิด และประเมินผลงานในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนเดียวใน 5 ขั้นตอนที่มี คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ( $\bar{X} = 4.600, S.D. = 0.614$ ) และจากข้อคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่ว่า “บัตร สถานการณ์ปัญหาควรมีเฉลยหลายแนวทางทุกอันเลย” และจากข้อแสดงแนะที่ระบุว่า “ทั้งนี้ควร คำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้” ผู้วิจัยจึงอภิปรายร่วมกับที่ปรึกษาถึงการ ปรับลดเหลือ 1 สถานการณ์ เนื่องด้วยครูผู้สอนจะสามารถส่งเสริมให้เกิดการเปรียบเทียบแนวคิดที่ แตกต่างกันของนักเรียนที่ใช้ในการแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ ได้อย่างชัดเจน

3) ผู้วิจัยปรับปรุงแบบการสะท้อนโดยให้นักเรียนสะท้อนการพัฒนาของตนเองในแต่ละ สมรรถนะ จากข้อเสนอที่ว่า “การสะท้อนเพื่อการพัฒนาเป็นประเด็นตามสมรรถนะทั้ง 5 หรือไม่ อย่างไร และครูให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนานักเรียนหรือไม่”

3. ผลการหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการ เรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลมของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้าย พัทธาคม จำนวน 13 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่เคยได้รับการเรียน การสอนเรื่องนี้มาก่อนเพื่อหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลดัง ตาราง 17 ดังนี้

ตาราง 17 ผลการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล (Efficiency Index: E.I.) (N = 13)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\sum x_{pre}$	$\sum x_{post}$	E.I.
1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	12	71	136	0.765
2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	12	2	95	0.604
3. สมรรถนะการตีความและประเมิน	12	3	93	0.588
4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	12	2	102	0.649
5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์	12	8	106	0.662
<b>รวม</b>	<b>60</b>	<b>86</b>	<b>532</b>	<b>0.643</b>

จากตาราง 17 พบว่า หลังจากทำการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพัทลุง อำเภอ

เมืองสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 13 คน โดยภาพรวมนักเรียนมีคะแนนในแต่ละสมรรถนะเพิ่มขึ้นทั้งหมด โดยคะแนนสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหาเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.7647 คิดเป็นร้อยละ 76.47 คะแนนสมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6039 คิดเป็นร้อยละ 60.39 คะแนนสมรรถนะการตีความและประเมินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.5882 คิดเป็นร้อยละ 58.82 คะแนนสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6494 คิดเป็นร้อยละ 64.94 และคะแนนสมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6622 คิดเป็นร้อยละ 66.22 โดยภาพรวมทั้งหมดนักเรียนมีคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6427 คิดเป็นร้อยละ 64.27 ซึ่งมากกว่า 0.50 แสดงว่า ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากข้อค้นพบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าขึ้นทุกสมรรถนะมากกว่า 0.5 โดยจากค่าดัชนีประสิทธิผลจะเห็นว่าสมรรถนะการตีความและประเมินมีความก้าวหน้าน้อยสุดจึงได้มีการเสริมให้นักเรียนได้ประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านชิ้นงานของตนเอง

## ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มทดลองในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองใช้และเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ผลมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เป็นดังนี้

1.1 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนเมื่อผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้นตอนทั้ง 6 กิจกรรม ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 3 ระยะ ดังนี้

**ระยะที่ 1 สร้างความสามารถทางคณิตศาสตร์** เป็นระยะที่นักเรียนเกิดความสามารถในการใช้องค์ความรู้ ในระยะแรกของการเรียนรู้ผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหานักเรียนจะพยายามสร้างความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยจะรับรู้การมีความสามารถของตนเองในการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านความสำเร็จจากการใช้ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนพยายามสร้างความรู้ความเข้าใจต่อชุดความสามารถใหม่ นักเรียนจะพยายามทดลองใช้ความสามารถนั้นจนรับรู้ว่ามีสิ่งที่ตน

กระทำนั้นถูกต้อง โดยสังเกตจากพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่เปลี่ยนไปของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ดังนี้

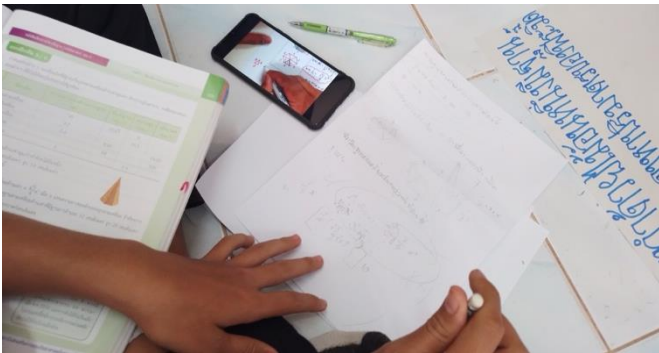
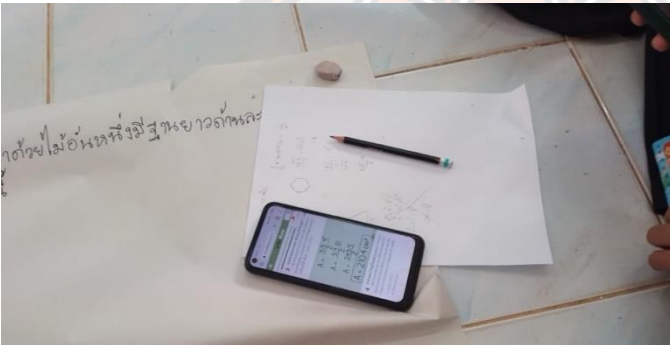

### กิจกรรมที่ 1 ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของพีระมิด

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรมที่ 1 ปรากฏว่า นักเรียนแก้ปัญหาสถานการณ์ด้วยการลองผิดลองถูกโดยขาดการกำกับกับการคิดด้วยเหตุผลและขาดความมั่นใจในวิธีการคิดและคำตอบที่สามารถหาคำตอบได้ รายละเอียดดังนี้

1. **สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา** พบว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ความต้องการของโจทย์ได้ โดยสร้างความเข้าใจผ่านการเขียนภาพจำลองตามโจทย์ แต่ไม่สามารถลำดับการคิดวางแผนในการแก้ปัญหาได้ อาศัยการลองผิดลองถูกอย่างเดียว ดังที่ “...นักเรียนจะเริ่มด้วยการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาสถานการณ์โดยพิจารณาเงื่อนไขของโจทย์และสิ่งที่โจทย์ถาม แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงเป้าหมายได้อย่างชัดเจนมากนัก ซึ่งพบกระบวนการแปลงปัญหา คือ การอ่านโจทย์จากนั้นนักเรียนจะพยายามเขียนภาพจำลองจากโจทย์ที่ได้พร้อมเงื่อนไขที่ตามมา...” (บันทึกการสอน วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2565)

2. **สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนใช้เครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้อย่างหลากหลาย อาทิ youtube, google, GeoGebra รวมไปถึงแบบเรียน โดยนักเรียนพยายามค้นหาตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายกับโจทย์ปัญหา จากนั้นทำความเข้าใจตัวอย่างนั้น และทดลองใช้ แต่ยังขาดความมั่นใจในสิ่งที่ตนคิดอย่างมาก มีความลังเลและกังวลใจในการเขียนแสดงวิธีคิดสูง ซึ่งการเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหาไม่เป็นลำดับขั้นตอน ดังที่ “...ช่วงนี้ครูจะเดินดูวิธีการคิดกระบวนการทำงานของเรา ในขณะที่เดินดูกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนพบประเด็นสำคัญได้แก่ 1. นักเรียนค้นหาวิธีการหาพื้นที่ของรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า โดยใช้แหล่งเรียนรู้ youtube 2. นักเรียนค้นหาคำว่า “หาพื้นที่รูปหกเหลี่ยม” และ 3. นักเรียนพยายามใช้ Geogebra ในการหาปริมาตร โดยพยายามสร้างพีระมิดฐานหกเหลี่ยม...ซึ่งจะเห็นว่ากระบวนการคิดในคาบแรกนี้ยังไม่ปรากฏอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มักเป็นในเชิงของการลองผิดลองถูกโดยส่วนใหญ่” (บันทึกการสอน วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2565) ดังตาราง 18

ตาราง 18 วิธีการศึกษาความรู้ของนักเรียน

ภาพ	บทสนทนา
	<p>ผู้สอน : “กลุ่มนี้กำลังทำอะไรครับ”            นักเรียน : “ผมกำลังดูวิธีการใช้สูตร            ในตัวอย่างจากยูทูปครับ”</p>
	<p>ผู้สอน : “เป็นไงบ้าง”            นักเรียน : “หนูดูสูตรจากเน็ตค่ะ ยัง            งง ๆ อยู่”</p>
	<p>ผู้สอน : “กลุ่มนี้กำลังทำอะไรครับ”            นักเรียน : “ผมลองสร้างพีระมิตใน            GeoGebra ให้เหมือนกับโจทย์            ครับ”            ผู้สอน : “น่าสนใจมากเลย”</p>

3. สมรรถนะการตีความและประเมิน พบว่า นักเรียนใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการดูวิธีคิดของเพื่อนโดยเปรียบเทียบเพียงแต่ความต่างเหมือนของสูตรที่ใช้และวิธีคิด ดังที่ “...ไม่พบประเด็นการถก-ถามกัน หรือตั้งข้อสังเกตในการการทำของกลุ่มต่าง ๆ มักจะดูแต่เพียงความเหมือนต่างแต่เพียงเท่านั้น จากนั้นครูให้นักเรียนประเมินผลงานของกลุ่มตามประเด็นการประเมินซึ่งนักเรียนยังเกิดความลังเลในการให้คะแนนของกลุ่มตนเองอยู่...” (บันทึกการสอน วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2565)



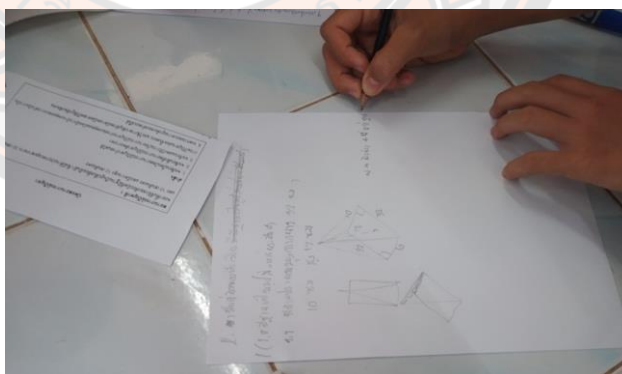
4. **สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนยังไม่เกิดการอภิปรายเชิงเหตุผล ใช้วิธีการลองผิดลองถูกอย่างไม่มีกรอบแนวคิด ซึ่งสอดคล้องกับ พฤติกรรมในสมรรถนะที่ 3 ที่พบว่า “...ไม่พบประเด็นการถก-ถามกัน หรือตั้งข้อสังเกตในการการทำของกลุ่มต่าง ๆ มักจะดูแต่เพียงความเหมือนต่างแต่เพียงเท่านั้น...”

5. **สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถเขียนเรียบเรียงลำดับกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน ดังที่ นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้ว่า “...วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า เรียบเรียงให้เข้าใจและให้เป็นลำดับขั้นตอน...” วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2565

### กิจกรรมที่ 2 ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของพีระมิด

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรมที่ 2 ปรากฏว่า นักเรียนปรับปรุงข้อผิดพลาดที่ปรากฏในกิจกรรมที่ 1 โดยนักเรียนจะมีความมั่นใจในการใช้ความรู้/ทักษะกระบวนการที่ได้รับผ่านการปฏิบัติในกิจกรรมที่ 1 นั้นซ้ำด้วยความมั่นใจมากยิ่งขึ้น รายละเอียดดังนี้

1. **สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา** พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์เงื่อนไขและสิ่งที่โจทย์ต้องการหาคำตอบได้ถูกต้อง โดยสร้างมีจุดมุ่งหมายของการเขียนภาพตามเงื่อนไขเพื่อทำให้โจทย์ปัญหานั้นอยู่ในรูปที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย โดยสามารถใช้กระบวนการกลุ่มพูดคุยในการคิดวางแผนในการแก้ปัญหาดังที่ “...นักเรียนวิเคราะห์เงื่อนไขและสิ่งที่โจทย์ได้ถูก โดยแปลงปัญหาโดยใช้การวาดรูปจำลองจากสถานการณ์ปัญหาแล้วเขียนกำหนดเงื่อนไข จากนั้นจึงอภิปรายปรึกษากันภายในกลุ่มถึงวิธีการหาต้องหาอย่างไร...” (บันทึกการสอน วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2565)



ภาพ 11 นักเรียนเขียนภาพตามเงื่อนไขเพื่อทำให้โจทย์ปัญหานั้นอยู่ในรูปที่เข้าใจได้ง่าย

2. **สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนมีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้นโดยสามารถสืบค้นคว้าตามปัญหาย่อยที่ตนเองแบ่งจากปัญหาใหญ่จากสถานการณ์ปัญหา โดยไม่พบนักเรียนเปิดคลิปปูบุคดูยาวแบบกิจกรรมที่ 1 แต่นักเรียนจะค้นหาตามประเด็นจากปัญหาย่อย แต่ยังคงพบว่า การสร้างความเข้าใจกับองค์ความรู้ใหม่ยังคลาดเคลื่อนอยู่บางประเด็น แต่นักเรียนมีความ

มั่นใจในการแก้ปัญหาที่ยิ่งขึ้น ดังที่ “...พบ 2 กลุ่มที่ใช้วิธีการค้นหาสูตรโดย ค้นคำว่า “พื้นที่ผิวพีระมิด” เลย ซึ่งจะพบสูตรหลัก ๆ ที่ใช้ 2 สูตร แต่สิ่งที่พบคือ มีหนึ่งกลุ่มที่ใช้สูตรผิดความหมาย ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งใช้วิธีการมองภาพ จากนั้นแบ่งเป็นปัญหาย่อย ๆ ได้แก่ พีระมิดรูปนี้ประกอบด้วยรูปสองมิติอะไรบ้าง และแต่ละรูปหาอย่างไร...” (บันทึกการสอน วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2565)

**3. สมรรถนะการตีความและประเมิน** พบว่า นักเรียนสามารถเริ่มเกิดการตรวจสอบผ่านการย้อนคิดกระบวนการคิดของตนเองหากวิธีการของตนเองแตกต่างไปจากกลุ่มอื่น ๆ ดังที่ “...นักเรียนดูว่าของกลุ่มเพื่อนเหมือนหรือต่างกันอย่างไร ทำไมถึงไม่เหมือนแล้วจะกลับมาตรวจสอบวิธีการของตนเอง...” (บันทึกการสอน วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2565)

**4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนเชิงกระบวนการคิดที่สะท้อนถึงวิธีการใช้คณิตศาสตร์ โดยมีการกำกับกันเชิงเหตุผล ดังที่ “...นอกจากนี้พบ พฤติกรรมการพูดคุยแลกเปลี่ยนเชิงกระบวนการคิดที่สะท้อนถึงวิธีการใช้คณิตศาสตร์ โดยมีการกำกับกันเชิงเหตุผล ดังนี้ S1: “ถ้าเราแบ่งครึ่งจะตั้งฉาก” S2: “แล้วสามเหลี่ยมมันจะเท่ากันไหม” S3: “พื้นที่ผิวข้างคืออะไรนะ” (พูดเสร็จค้นหาข้อมูลในมือถือ) S4: “อ้อ เราต้องใช้พีทาโกรัส” (มองเห็นรูปที่แบ่งมาเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก) S5: “คิดได้เหมือนกันไหม...” (บันทึกการสอน วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2565)

**5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนสามารถเขียนเรียบเรียงลำดับกระบวนการคิดเป็นขั้นตอนมากยิ่งขึ้น รู้จักใช้ภาพในการสื่อสารกระบวนการคิดเพิ่มเติม ดังที่ “...สังเกตวิธีการเขียนของนักเรียนพบว่า เป็นลำดับขั้นตอนมากยิ่งขึ้น โดยมีการใช้ภาพประกอบสื่อสารเพิ่มเติม เช่น ช่วงของการหาสูงเอียงมุมการเขียนลูกศรชี้และอธิบายเพิ่มเติม...” (บันทึกการสอน วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2565)

**ระยะที่ 2 เกิดความชำนาญในการใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์** เป็นระยะที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ตนรับรู้ผ่านความสำเร็จจากการใช้ความสามารถนั้นนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงได้ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนรับรู้การมีอยู่ของความสามารถของตนเองในการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เมื่อได้รับการต่อเติมประสบการณ์ผ่านสถานการณ์ปัญหาใหม่นักเรียนจะปรับขยายความคล่องแคล่วของการใช้ความสามารถนั้น โดยสังเกตจากพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่เปลี่ยนไปของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมที่ 3 และกิจกรรมที่ 4 ดังนี้

### กิจกรรมที่ 3 ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของกรวย

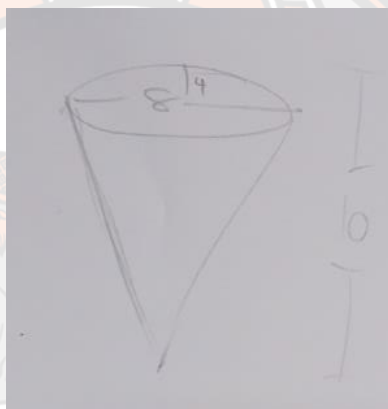
จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรมที่ 3 ปรากฏว่า มีความคล่องแคล่วในการใช้ความสามารถเดิมต่อสถานการณ์ใหม่มากยิ่งขึ้นโดยไม่มีความลังเล รายละเอียดดังนี้

**1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา** พบว่า นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนมากยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างบทสนทนาดังนี้

S1: “โจทย์เขาให้มา 5 อย่าง...หรือเปล่า แต่สงสัยว่า...(เงิบนึกคิด)”

S2: “เขาอยากรู้ว่า ต้มคนละไม่เกินสองครั้ง จากน้ำ 20 ลิตร มันพอไหม”

จากนั้นนักเรียนเริ่มจำลองสถานการณ์ปัญหาโดยใช้แผนภาพ



ภาพ 12 นักเรียนจำลองภาพสถานการณ์

จากรูปนักเรียนวาดรูปกรวยมาก่อนที่จะเริ่มค้นหาความรู้มาใช้ จากนั้น นักเรียนจะเริ่มพยายามเชื่อมโยงสิ่งที่รู้กับเป้าหมายที่โจทย์ต้องการตอบเพื่อวางแผนในการดำเนินการแก้ปัญหา ดังบทสนทนา

S1: “โจทย์อยากรู้ว่า 50 คนต้มน้ำพอไหม”

S2: “เราต้องหาปริมาตรหนึ่งแก้วก่อน”

(บันทึกการสอน วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565)

**2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนสามารถดึงความรู้และทักษะการสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ที่สะสมมาจากกิจกรรมก่อนหน้ามาลดความขัดแย้งเพื่อแก้สถานการณ์ได้คล่องขึ้น ดังที่ “...ระหว่างทางในการแก้ปัญหาสถานการณ์นักเรียนพบปัญหาอุปสรรค นักเรียนจะค้นหาเพื่อมาลดความขัดแย้งนั้น โดยนักเรียนตระหนักว่า ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องด้วยหน่วยต่างกัน นักเรียนค้นหาคำว่า “ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่ากับกี่ลิตร...” (บันทึกการสอน วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2565)

**3. สมรรถนะการตีความและประเมิน** พบว่า นักเรียนเริ่มพิจารณาความถูกต้องความสมเหตุสมผลของคำตอบกับเงื่อนไขของโจทย์ ดังที่ “...ยังพบกระบวนการตรวจสอบคำตอบโดยใช้เงื่อนไขมาพิจารณา ดังบทสนทนา S1: เอามาลบดูว่ามันพอไหม S2: มันพออยู่แล้วมันเหลือ 4 ลิตร...” (บันทึกการสอน วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565)

**4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนมีการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์หรืออ้างเหตุผลอย่างมีฐานองค์ความรู้รองรับสิ่งที่โต้แย้ง ดังที่ “...นักเรียนยังเกิดการถกกันเชิงเหตุเพื่อหาข้อสรุปในการคิดอีกด้วย ดังเช่นบทสนทนาตอนหนึ่งของนักเรียน S1: เกิน 2 มันน้อยกว่า 2 หรือมากกว่า 2 S2: คุณ 2 ไปเลย S1: มันเป็น 2 หรือ 1 ก็ได้ เพราะมันเต็มไม่เกิน 2 แก้ว นึกคิด...เออใช่ คุณ 2 ไปเลยก็มันไม่เกิน 2 ก็คุณ 2 อีกทั้งยังพบนักเรียนพบกลุ่มหนึ่ง คำนวณพื้นที่วงกลมซึ่งเป็นพื้นที่ฐานของกรวย แต่เพื่อนต่างกลุ่มเมื่อมาเห็นก็มีการแนะนำว่า เหย้แแก แก้วน้ำมันไม่มีฝาปิดนะ...” (บันทึกการสอน วันที่ 1 มีนาคม 2565)

**5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนสามารถเขียนสื่อสารเป็นลำดับขั้นตอนได้มากขึ้นมีการวางแผนการเขียนก่อนที่จะลงมือเขียนจริง โดยตระหนักถึงลำดับของการสื่อสารและสัญลักษณ์ที่ใช้มากยิ่งขึ้น ดังที่ “...นักเรียนมีการพูดคุยเกี่ยวกับสัญลักษณ์ว่า “เราต้องกำหนดชื่อตัวแปรที่เราใช้เขียนมาก่อนจะได้รู้ว่าที่เราเขียนตัวนี้มันคืออะไร...” (บันทึกการสอน วันที่ 1 มีนาคม 2565)

#### กิจกรรมที่ 4 ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของกรวย

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรมที่ 4 ปรากฏว่า นักเรียนปฏิบัติการแก้สถานการณ์ปัญหาได้คล่องแคล่วขึ้นดังที่พบกิจกรรมที่ 3 แต่การใช้ความสามารถจะสำเร็จเฉพาะความสามารถย่อย แต่ยังไม่สามารถบูรณาการเชื่อมโยงความสามารถที่สะสมมาเพื่อแก้ปัญหาได้ รายละเอียดดังนี้

**1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา** พบว่า นักเรียนสามารถกำหนดประเด็นการคิด/แปลงปัญหาได้คล่องแคล่วขึ้นเช่นเดียวกับที่พบกิจกรรมที่ 3 ดังที่ “...จากรูปนักเรียนวาดรูปกรวยมาก่อนที่จะเริ่มค้นหาความรู้มาใช้ จากนั้น นักเรียนจะเริ่มพยายามเชื่อมโยงสิ่งที่รู้กับเป้าหมายที่โจทย์ต้องการตอบเพื่อวางแผนในการดำเนินการแก้ปัญหา ดังเช่น S1: เขาไม่ให้สูงเอียงเรามา S2: อ้อ เราก็ทำอย่างอื่นไปก่อน ค่อยมาหาสูงเอียง...” (บันทึกการสอน วันที่ 3 มีนาคม 2565)

**2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนใช้ความสามารถจะสำเร็จเฉพาะความสามารถย่อย แต่ยังไม่สามารถบูรณาการเชื่อมโยงความสามารถที่สะสมมาเพื่อแก้ปัญหาได้ ดังตัวอย่างบทสนทนาต่อไปนี้

S1: “อันนี้ตัวอะไร i หรือ l”

S2: “ไอ เอ้ย แอลๆ”

S1: “อันนี้มันต้องไม่เขียนแบบนี้”

S2: “ผิดตรงไหน ะ”

S1: “บรรทัดนี้มันต้องเขียนประมาณ”

S2: “อ้อ มันต้องเขียนเครื่องหมายประมาณ ห้ามเขียนเท่ากับ แล้วก็ผิดตรงนี้ (S1 ซี้) เพราะอะไรนะ มันคิดเลขผิดใช้ไหม (S1 อ้อ ะ แต่เราอาจจะเช็คผิดก็ได้นะ)”

S2: “อ้อ รู้ละ เรารวมฐานร่างด้วยใช้ไหม ของแกคิดตรงนี้ปะ”

S3: “เราคิดกันแค่  $\pi r l$  ไม่คิดฐานร่าง”

S1: “get ละ (ซี้นิว)”

S2: “อ้อ รู้ละ มันไม่ต้องบเพิ่ม  $\pi r^2$  เพราะมันคิดแค่พื้นที่ผิวข้าง ตรงฐานกรวยมันระบายสีไม่ได้”

(บันทึกการสอน วันที่ 3 มีนาคม 2565)

**3. สมรรถนะการตีความและประเมิน** พบว่า นักเรียนสามารถตีความและประเมินได้ คล่องแคล่วขึ้นเช่นเดียวกันกับที่พบกิจกรรมที่ 3 โดยสามารถรับรู้ได้ว่าสิ่งที่ตนเองระงทำไม่ถูกต้อง เพราะอะไร โดยการตรวจสอบกระบวนการ ดังที่ “...นักเรียนดูว่าของกลุ่มเพื่อนเหมือนหรือต่างกัน อย่างไร ทำไม่ถึงไม่เหมือนแล้วจะกลับมาตรวจสอบวิธีการของตนเอง...” (บันทึกการสอน วันที่ 7 มีนาคม 2565)

**4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนมีแลกเปลี่ยนเรียนรู้เชิงเหตุ ร่วมกันโดยใช้คำถาม ดังที่ “...ในระหว่างการใช้คณิตศาสตร์จากการสืบค้นนักเรียนพบอุปสรรค บางอย่าง นักเรียนเกิดพฤติกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้เชิงเหตุร่วมกันภายในกลุ่ม ด้วยการตั้งคำถาม ต่อสิ่งที่สงสัยนั้นแล้วทดลองหาคำตอบจากคำถามที่ตนตั้งขึ้น ดังเช่นบทสนทนา S1: พลาดตรงไหนไปนะ S2: ก็หาสูงเอียงโดยใช้พีทาโกรัสแล้วหนิ S1: ลองทำแล้วมันเยอะไปใหญ่เลย S2: อ๊ะ ลองทำใหม่ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนเกิดการกลับไปตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองใหม่โดยดูความ สมเหตุสมผล...” (บันทึกการสอน วันที่ 7 มีนาคม 2565)

**5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์** พบว่า นักเรียนสามารถวางแผนการสื่อสารได้ชัดเจนและคล่องแคล่วมากยิ่งขึ้น ดังที่ “...นักเรียนตัดสินใจเขียนลงในกระดาษที่ใช้ ในการนำเสนอ ซึ่งในการนำเสนอ นักเรียนจะมีการวางแผนการเขียน เช่น “เราจะเริ่มด้วยการเขียนอะไรก่อนดี...” (บันทึกการสอน วันที่ 7 มีนาคม 2565)

**ระยะที่ 3 เกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์** กล่าวคือ เกิดความสามารถในการบูรณาการ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ เมื่อผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างหลากหลายนักเรียนจะมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ต่อความสามารถและความชำนาญในการใช้ความรู้ต่าง ๆ ที่ผ่านมา โดยจะสามารถรับรู้ได้ถึงเงื่อนไขและบริบทการใช้ชุดความสามารถนั้น โดยสังเกตจากพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่เปลี่ยนไปของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมที่ 5 และกิจกรรมที่ 6 ดังนี้

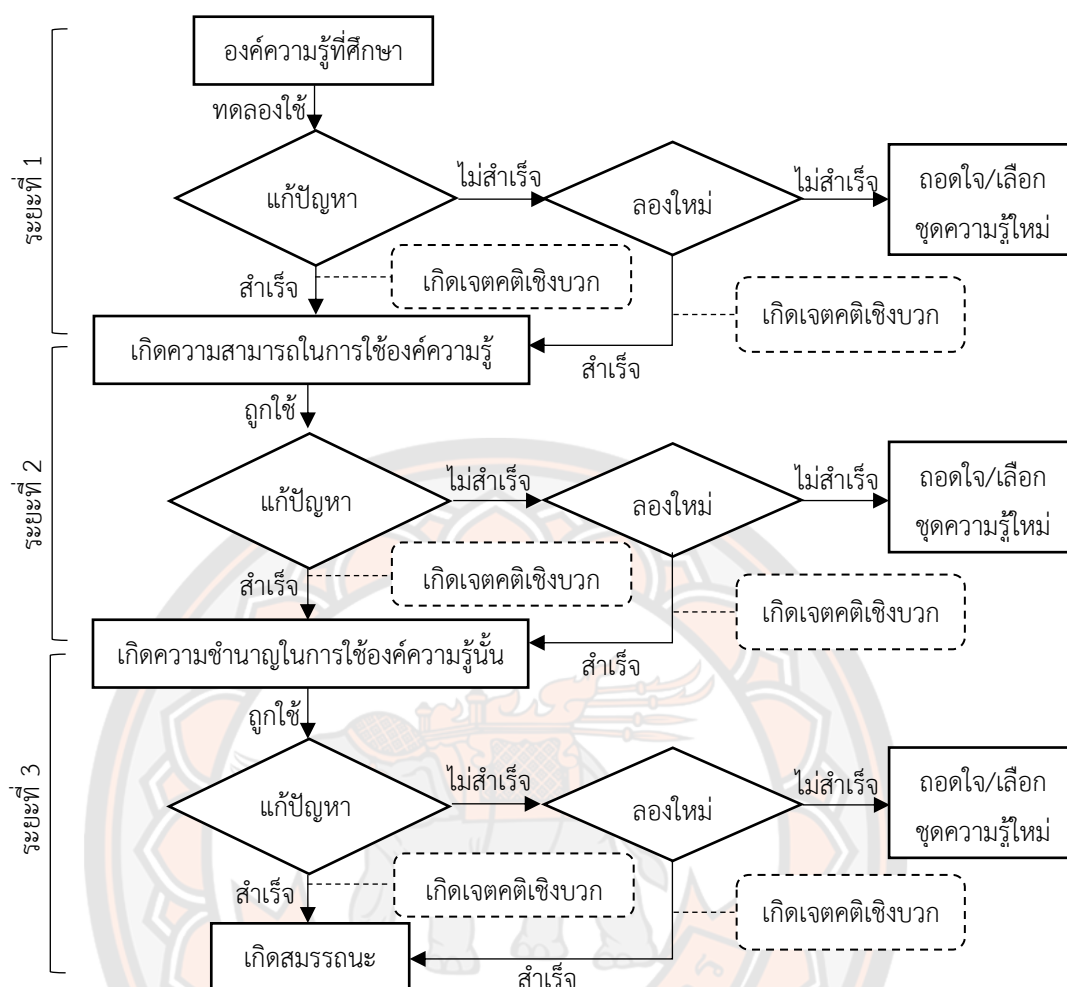
### กิจกรรมที่ 5 ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของทรงกลม และกิจกรรมที่ 6 ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของทรงกลม

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรมที่ 5 และกิจกรรมที่ 6 ปรากฏว่านักเรียนสามารถทำคะแนนของสมรรถนะทั้ง 5 สมรรถนะ ได้ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำทุกกลุ่มโดยชิ้นงานของทั้ง 2 กิจกรรมมีระดับคุณภาพที่อยู่ในระดับที่พึงพอใจ โดยสามารถช่วยกันใช้ความสามารถมากกว่าหนึ่งอย่างบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาได้สำเร็จ ดังที่ “...นักเรียนสามารถใช้ความรู้หลากหลายองค์ความรู้ในการเชื่อมโยงและบูรณาการแก้สถานการณ์ปัญหาได้...” (บันทึกการสอน วันที่ 9-14 มีนาคม 2565)



ภาพ 13 นักเรียนร่วมกันใช้ความสามารถบูรณาการเพื่อแก้ปัญหา

สมรรถนะนั้นจะพัฒนาจากการใช้ความรู้ได้ถูกต้องสู่การสร้างศักยภาพในการใช้ความรู้นั้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสังเกตเห็นว่าทุกความสำเร็จส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติเชิงบวก สรุปแผนภาพกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้ดังภาพ 14



ภาพ 14 กระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

1.2 พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่แสดงออกระหว่างได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ พิจารณารายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหา พิจารณารายละเอียดดังนี้

**ตาราง 19** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11)

สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	263.738	1	263.738	116.939*	0.000

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 19 พบว่า สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหาของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ ดังตาราง 20

**ตาราง 20** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	1.146*	0.256	0.001
	ประเมินครั้งที่ 2	1.382*	0.261	0.000
	หลังเรียน	1.666*	0.217	0.000
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	0.236	0.242	0.353
	หลังเรียน	0.521*	0.209	0.032
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	0.284	0.140	0.070

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 20 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทดสอบหลังเรียน แตกต่างกัน แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาที่ดีขึ้นได้

1.2.2 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์  
พิจารณารายละเอียดดังนี้



**ตาราง 21** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11)

สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	53.918	1	53.918	10.994*	0.008

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 21 พบว่า สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ดังตาราง 22

**ตาราง 22** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	0.967*	0.413	0.041
	ประเมินครั้งที่ 2	1.295*	0.470	0.020
	หลังเรียน	2.035*	0.472	0.002
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	0.327	0.222	0.171
	หลังเรียน	1.068*	0.287	0.004
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	0.741*	0.289	0.028

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 22 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทดสอบหลังเรียน แตกต่างกัน แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นได้

1.2.3 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินพิจารณารายละเอียดดังนี้

**ตาราง 23** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11)

สมรรถนะการตีความและประเมิน	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	30.690	1	30.690	12.503*	0.005

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 23 พบว่า สมรรถนะการตีความและประเมินของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ดังตาราง 24

**ตาราง 24** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	0.273	0.195	0.192
	ประเมินครั้งที่ 2	1.000*	0.357	0.019
	หลังเรียน	2.068*	0.484	0.002
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	0.727*	0.237	0.012
	หลังเรียน	1.795*	0.408	0.001
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	1.068*	0.287	0.004

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 24 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทดสอบหลังเรียน แตกต่างกัน แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินที่ดีขึ้นได้

1.2.4 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์พิจารณารายละเอียดดังนี้

**ตาราง 25** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11)

สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	31.025	1	31.025	12.610*	0.005

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 25 พบว่า สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ดังตาราง 26

**ตาราง 26** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	0.182	0.182	0.341
	ประเมินครั้งที่ 2	1.109*	0.414	0.023
	หลังเรียน	2.068*	0.484	0.002
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	0.927*	0.369	0.031
	หลังเรียน	1.886*	0.444	0.002
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	0.959*	0.298	0.009

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 26 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทดสอบหลังเรียน แตกต่างกัน แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นได้

1.2.5 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์พิจารณารายละเอียดดังนี้

**ตาราง 27** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11)

สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	46.166	1	46.166	11.889*	0.006

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 27 พบว่า สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ดังตาราง 28

**ตาราง 28** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	0.604	0.276	0.054
	ประเมินครั้งที่ 2	1.295*	0.470	0.020
	หลังเรียน	2.068*	0.483	0.002
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	0.691*	0.300	0.044
	หลังเรียน	1.465*	0.346	0.002
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	0.774*	0.290	0.024

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 28 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทดสอบหลังเรียน แตกต่างกัน แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นได้

1.2.6 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะพิจารณารายละเอียดดังนี้

**ตาราง 29** การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียว แบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures) (N=11)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดย ภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะ	SS	df	MS	F	Sig.
ความแปรปรวนร่วม	1722.840	1	1722.840	23.533*	0.001

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 29 พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ดังตาราง 30

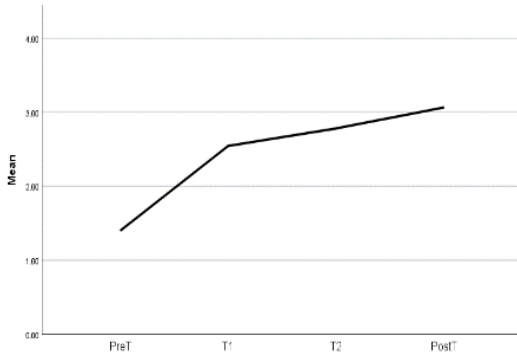
**ตาราง 30** ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่ (N=11)

ตัวแปร	ตัวแปรที่จับคู่	MD	SE	Sig.
ก่อนเรียน	ประเมินครั้งที่ 1	3.169*	0.884	0.005
	ประเมินครั้งที่ 2	6.097*	1.707	0.005
	หลังเรียน	9.896*	2.002	0.001
ประเมินครั้งที่ 1	ประเมินครั้งที่ 2	2.927*	1.040	0.018
	หลังเรียน	6.726*	1.401	0.001
ประเมินครั้งที่ 2	หลังเรียน	3.799*	1.164	0.009

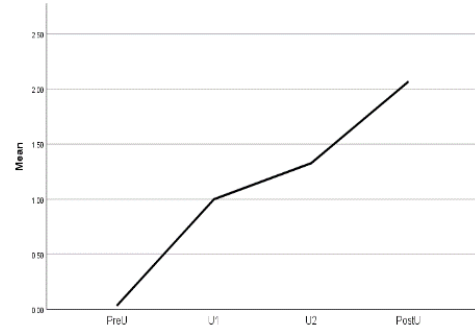
หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 30 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบก่อนเรียน ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ประเมินความก้าวหน้าครั้งที่ 2 และทดสอบหลังเรียน แตกต่างกัน แสดงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนานักเรียนให้มีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะที่ดีขึ้นได้

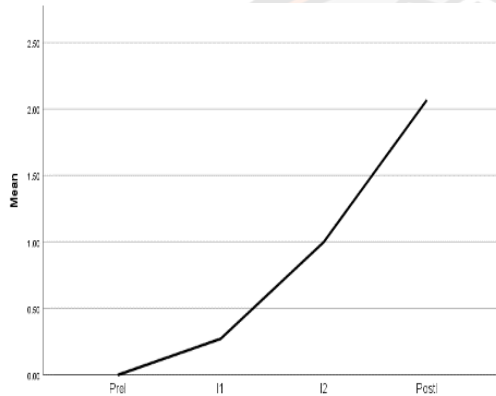
จากการวิเคราะห์ระดับพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถเขียนนเป็นกราฟแสดงระดับพัฒนาการได้ดังภาพ 15



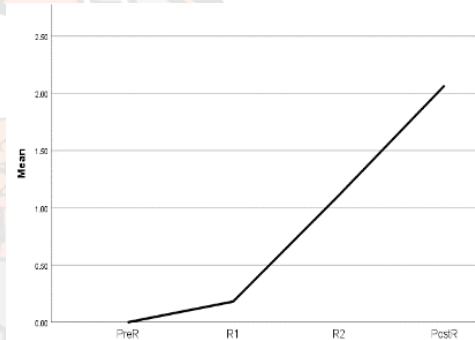
สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา



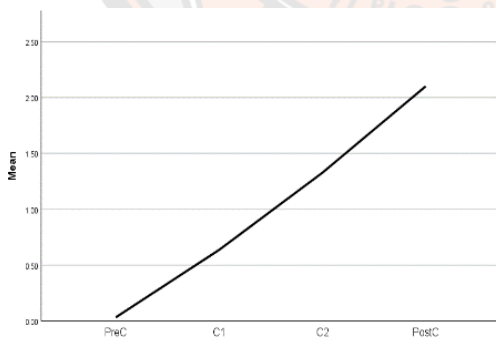
สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์



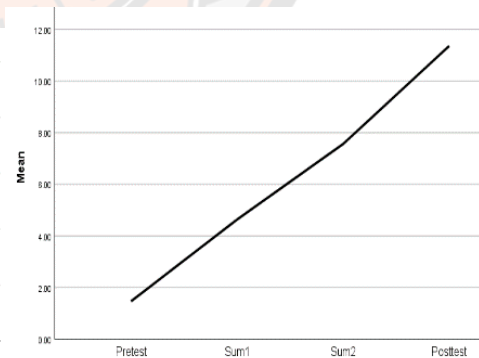
สมรรถนะการตีความและประเมิน



สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์



สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมาย



เฉลี่ยรวมสมรรถนะทั้ง 5 สมรรถนะ

ภาพ 15 กราฟแสดงพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในแต่ละสมรรถนะ

2. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ รายละเอียดดังต่อไปนี้

เนื่องจากกลุ่มที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลองใช้มีขนาดเล็กมากซึ่งมีความเสี่ยงต่อการคลาดเคลื่อนในการใช้สถิติในการทดสอบสมมติฐาน จึงทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติเพื่อพิจารณาลักษณะของการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีค่าสถิติเท่ากับ 0.877 (P-Value = 0.096) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Paired-Samples t-test ได้ พิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลการทดลองใช้ระหว่างก่อนและหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ดังตาราง 31

**ตาราง 31** ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ (N=11)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig.
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	12	4.200	2.561	9.200	2.561	7.692*	0.000
2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	12	0.100	0.300	6.200	4.813	4.314*	0.002
3. สมรรถนะการตีความและประเมิน	12	0.000	0.000	6.200	4.813	4.273*	0.002
4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	12	0.000	0.000	6.600	4.800	4.560*	0.001
5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	12	0.100	0.300	6.300	4.920	4.282*	0.002
<b>รวม</b>	<b>60</b>	<b>4.400</b>	<b>2.835</b>	<b>34.500</b>	<b>21.560</b>	<b>5.032*</b>	<b>0.001</b>

หมายเหตุ \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 31 ผลการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $\bar{X} = 34.500$ , S.D. = 21.560) เมื่อพิจารณาแต่ละสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกสมรรถนะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน

3. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กับเกณฑ์คุณภาพระดับดี ดังตาราง 32

ตาราง 32 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังกับเกณฑ์คุณภาพ (N=11)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	หลังเรียน		ร้อยละ	แปลผล
		$\bar{X}$	S.D.		
1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา	12	9.200	2.561	76.667	ดีมาก
2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์	12	6.200	4.813	51.667	ดี
3. สมรรถนะการตีความและประเมิน	12	6.200	4.813	51.667	ดี
4. สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	12	6.600	4.800	55.000	ดี
5. สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	12	6.300	4.920	52.500	ดี
<b>รวม</b>	<b>60</b>	<b>34.500</b>	<b>21.560</b>	<b>57.500</b>	

จากตาราง 32 ปรากฏว่า การแปลผลการประเมินสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหาอยู่ในระดับดีมาก สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี สมรรถนะการตีความและประเมินอยู่ในระดับดี สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และสมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี จะเห็นว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีขึ้นไปทั้ง 5 สมรรถนะ จากเกณฑ์การตัดสินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (อนุวัติ คุณแก้ว, 2565) จึงสรุปได้ว่า นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีเยี่ยม



### ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม

หลังจากกลุ่มทดลองในการวิจัยได้รับกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นผู้วิจัยได้สอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า หลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน นักเรียนรู้สึกมีแรงจูงใจโดยอยากที่ประสบความสำเร็จในการเรียน แต่ประสบการณ์การเรียนรู้ก่อนหน้านี้ที่ล้มเหลวเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “รู้สึกอยากเรียนคณิตได้เก่งกว่านี้อยากจะทำได้ งานก็พอทำได้ ครูก็สอนดีมาก ๆ แต่น่าจะเป็นเพราะก่อนหน้านี้หนูไม่ค่อยได้ตั้งใจเรียนคณิต”

2) กิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้รู้จักเรียนรู้การทำงานเป็นทีม นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือความเชี่ยวชาญของตนเพื่อช่วยให้กลุ่มบรรลุความสำเร็จในการทำงาน ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “ได้ทำงานกันเป็นกลุ่มช่วยกันในกลุ่มคนไหนถนัดเรื่องอะไรก็จะช่วยกันเรื่องนั้น มีการช่วยกันคิด มีการสอนกันภายในกลุ่ม มีการช่วยกันอธิบายตอบคำถามที่ครูถามกันในกลุ่มด้วย” นอกจากนี้ การเรียนแบบกลุ่มส่งเสริมให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิถีคิดซึ่งกันและกัน ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “การได้ทำงานกลุ่มกับเพื่อนได้แลกเปลี่ยนความคิดกันทำให้มีความรู้มากขึ้น”

3) การได้เรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองทำให้มีความพยายามลองผิดลองถูกและเผชิญหน้ากับความผิดพลาดขณะแก้ไขปัญหา โดยจะเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ผ่านข้อผิดพลาดหรือความสำเร็จขณะแก้ไขปัญหา ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “กิจกรรมนี้ทำให้หนูมีความพยายามที่จะหาคำตอบและมีการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อเป็นพื้นฐานในการใช้ชีวิต” ทั้งนี้วิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้นั้นคือการสร้างข้อโต้แย้งภายในตนเอง ดังที่ “หนูรู้สึกได้รับความรู้ไปเต็มสมอง ได้เอียงกับตัวเอง สนุกดี”

4) การสะท้อนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาตนเอง โดยทำให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่จะนำมาปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “ตอนก่อนเรียนไม่ทราบอะไรเลย แต่!! พอทำแบบฝึกหัดทุกคาบก็ใช้ได้ดีขึ้น อาจมีผิดพลาดบ้าง แต่ครูก็ช่วยกระตุ้นให้เข้าใจ และพอครั้งต่อไป ก็เอาจุดผิดมาแก้ไขก็ทำได้ดีขึ้นครับผม”

5) ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นสิ่งปิดกั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่ การเรียนรู้สิ่งใหม่ต้องอาศัยความรู้และทักษะพื้นฐานเดิมในการสร้างองค์ความรู้ โดยเจตคติเป็นสิ่งที่ประคับประคองให้การเรียนรู้สิ่งใหม่สำเร็จซึ่งหากขาดเจตคติที่ดีแม้จะพยายามทำความเข้าใจก็มักไม่ประสบความสำเร็จ ดังตัวอย่างข้อคิดเห็นที่ว่า “หนูไม่ได้สนใจคณิตศาสตร์เลย เลยทำให้หนูไม่ศึกษาอย่างจริงจังตั้งแต่เด็ก

ฟังจะมาศึกษาจริง ๆ ก็บ่นนี้ พอไม่เข้าใจก็ไม่ได้ถามใคร หาในยูทูปอย่างเดียว หนูก็เลยยังงงอยู่เลยว่า ต้องเอาสูตรไปทำต่ออย่างไร”



## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ แหล่งข้อมูล ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ซึ่งยังไม่เคยได้รับการเรียนการสอน เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลมมาก่อน จำนวน 13 คน เพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และดัชนีประสิทธิผล (Efficiency Index: E.I.)

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในการส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แหล่งข้อมูลคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรคค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ สถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็น ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แหล่งข้อมูลคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวรรค่อนันต์วิทยา 2 อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 11 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับกลุ่มทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

### สรุปผลการวิจัย

1. ผลการสร้างและหาประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1) ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (OA-AfL) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนวิธีการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 นำเสนอปัญหา ขั้นที่ 3 การเรียนรู้ด้วยตนเอง ขั้นที่ 4 อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน และขั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.64, S.D. = 0.45$ ) เมื่อพิจารณารายด้านทุกด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ประกอบด้วย ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.80, S.D. = 0.45$ ) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.60, S.D. = 0.61$ ) ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ( $\bar{X} = 4.80, S.D. = 0.45$ ) และด้านการวัดและประเมินผล ( $\bar{X} = 4.55, S.D. = 0.55$ )

1.2) ผลการสร้างและหาประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนในแต่ละสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกสมรรถนะ โดยในแต่ละสมรรถนะมีค่าดัชนีประสิทธิผลมากกว่า 0.50 ทุกสมรรถนะ (อยู่ในช่วงระหว่าง 0.588 ถึง 0.765) ซึ่งถือว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งผลกระทบต่อความก้าวหน้าสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.1) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และพัฒนาการทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า 1) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน สามารถสรุปพฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 สร้างความสามารถทางคณิตศาสตร์ ระยะที่ 2 เกิดความชำนาญในการใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ และระยะที่ 3 เกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และ 2) ผลศึกษาพัฒนาการสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนทดลอง ระหว่างทดลอง และหลังทดลอง พบว่า ในแต่ละสมรรถนะนักเรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ พบว่า สมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกสมรรถนะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หลังเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กับเกณฑ์คุณภาพระดับดี พบว่า หลังเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีเยี่ยมซึ่ง โดยสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหาอยู่ในระดับดีมาก สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ สมรรถนะการตีความและประเมิน สมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

3. ผลการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า หลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้ว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน 2) กิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้รู้จักเรียนรู้การทำงานเป็นทีม 3) การได้เรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ 4) การสะท้อนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาตนเอง และ 5) ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นสิ่งปิดกั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่

## อภิปรายผล

จากผลการวิจัยที่ปรากฏสามารถอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความเหมาะสมจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับไปในทิศทางเดียวกับผลวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลที่พบว่านักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ก้าวหน้าขึ้นโดยมากกว่า 0.5 ในทุกสมรรถนะ หมายความว่านักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 จากผลที่ปรากฏดังกล่าว การที่ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้าน

การสอน วิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการใช้จริงของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนที่สังเคราะห์ขึ้น อีกทั้งรูปแบบของกิจกรรมทั้ง 6 กิจกรรมมีความเหมาะสมแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปใช้พัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ผลจริง ซึ่งสอดคล้องกับดัชนีประสิทธิผลที่วิเคราะห์ออกมาที่ยืนยันถึงความก้าวหน้าทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้น จึงยืนยันให้มีความชัดเจนว่ามากยิ่งขึ้นก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มทดลองใช้จริงว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้สามารถเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ให้เกิดขึ้นแก่นักเรียนได้ ทั้งนี้การที่วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้นั้น อาจเนื่องมาด้วยเหตุผลว่า กิจกรรมเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการตกลึกความรู้จากการแก้ปัญหาด้วยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ดังที่ อัครพล พรหมตรุษ (2565) กล่าวว่า การส่งเสริมการคิดนักเรียนผ่านปัญหาปลายเปิดช่วยกระตุ้นให้นักเรียนพยายามใช้มนทัศน์เดิมที่มีอยู่ในการแก้สถานการณ์ปัญหาเกิดการปรับสถานะสมดุลทางความคิดจึงก่อให้เกิดการก่อตัวของมนทัศน์ใหม่ขึ้นมา ด้วยเหตุนี้ จะเห็นว่า การส่งเสริมให้นักเรียนได้เผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาช่วยให้นักเรียนดึงมวลประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ตนสะสมมาเกิดการบูรณาการใช้กันเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหาที่พบจนเกิดการปรับขยายฐานองค์ความรู้ตกเป็นผลึกทางความคิดรวบยอดหรือมนทัศน์ของความรู้ที่ได้ค้นพบระหว่างพยายามค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งเมื่อใช้หลักการประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการแบบเปิดช่วยให้นักเรียนเกิดการกำกับตนเองโดยจะตระหนักถึงเป้าหมายและรับรู้ความก้าวหน้าตนเองผ่านการให้ข้อมูลย้อนกลับและการสะท้อนการเรียนรู้ สอดคล้องกับ สุชีรา จันครา บุญเรียง ขจรศิลป์ และชานนท์ จันทรา (2561) ได้ใช้การประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับกระบวนการ GPAS ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่า การสะท้อนข้อมูลจากการประเมินไปยังนักเรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ ทำให้นักเรียนได้ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์กับตัวเองในการนำข้อมูลต่าง ๆ ไปปรับปรุงแก้ไขการทำงานของนักเรียนได้ดีขึ้น

2. ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนพบว่า นักเรียนมีกระบวนการเกิดสมรรถนะ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 สร้างความสามารถ ระยะที่ 2 เกิดความชำนาญ และระยะที่ 3 เกิดสมรรถนะ เนื่องจากการเกิดสมรรถนะเป็นการพัฒนาขีดความสามารถ โดยกระบวนการ 3 ระยะดังกล่าวสะท้อนถึงการพัฒนาขีดความสามารถจากทำได้จนเชี่ยวชาญสู่สามารถบูรณาการข้ามกลุ่มความสามารถจนแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ (2566) กล่าวว่า การสร้างสมรรถนะ คือ การบ่มเพาะหรือพัฒนาให้บุคคลประยุกต์การเรียนรู้ในการปฏิบัติงานในสถานการณ์ใหม่ให้สำเร็จได้ผลผลิตได้ภาระงาน อันสะท้อนขีดความสามารถ หรือศักยภาพหรือสมรรถนะของบุคคลนั้น นอกจากนี้ ผลวิจัยพบว่าพัฒนาการในแต่ละ

สมรรถนะสูงขึ้น โดยสอดคล้องกับผลหลังเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเทียบกับเกณฑ์พบเช่นกันว่าอยู่ระดับดีเยี่ยม โดยผลวิจัยสอดคล้องกับวิจัยของ กษมา เกิดประสงค์ (2560) ที่ได้ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมาย ขั้นที่ 2 การทบทวนประสบการณ์เดิม ขั้นที่ 3 การเพิ่มประสบการณ์ใหม่ ขั้นที่ 4 การเชื่อมโยง และขั้นที่ 5 การสรุป พบว่า นักเรียนมีคะแนนสมรรถนะหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นว่า ขั้นตอนขั้นที่ 1 สอดคล้องกับขั้นตอนที่ 1 ของผู้วิจัย ขั้นที่ 2 ถึงขั้นที่ 5 จะเห็นว่าเป็นขั้นที่สามารถเกิดขึ้นได้ภายในขั้นที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 ของผู้วิจัย และขั้นที่ 5 สอดคล้องกับขั้นที่ 5 ของผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยมีส่วนเพิ่มเติมในการสะท้อนการเรียนรู้ ดังนั้น จะเห็นว่าการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เป็นการนำแนวทางวิธีการแบบเปิดมาสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหา และใช้การประเมินเพื่อการเรียนรู้ให้นักเรียนได้รับสารสนเทศเพื่อกำกับตนเองไปสู่จุดมุ่งหมาย โดยจะเห็นว่า ขั้นที่ 4 อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้กลยุทธ์ทางการประเมินอย่างหลากหลาย อาทิ การประเมินโดยกลุ่มเพื่อน (Peer Assessment) การประเมินตนเองภายในกลุ่ม ซึ่งเมื่อพิจารณาขั้นการสอนทั้ง 5 ขั้นของวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้กระตุ้นส่งเสริมการบูรณาการโดยใช้การประเมินเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการสอน สอดคล้องกับยุทธวิธีการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ สรัญญา จันทร์ชูสกุล (2561) ได้เสนอผ่านบทความเรื่อง แนวคิด หลักการ และยุทธวิธีการประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ กล่าวคือ ขั้นที่ 1 สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ สอดคล้องกับยุทธวิธีที่ 1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ที่ชัดเจนและเข้าใจได้ และยุทธวิธีที่ 4 สอนให้ผู้เรียนประเมินตนเองและกำหนดเป้าหมาย ขั้นที่ 3 การเรียนรู้ด้วยตนเอง ในขั้นตอนนี้ครูผู้สอนจะต้องเดินสำรวจวิธีการคิดแนวทางการคิดของนักเรียนอีกทั้งพิจารณาปัญหาอุปสรรคที่แต่ละกลุ่มพบเพื่อตัดสินใจให้ความช่วยเหลือได้ทันที สอดคล้องกับ ยุทธวิธีที่ 3 ให้ข้อมูลย้อนกลับ ขั้นที่ 4 อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน เมื่อผ่านขั้นตอนที่ 3 นักเรียนจะมีการตกผลึกความรู้เบื้องต้น ผู้วิจัยขอเรียกว่า “ความรู้พื้นฐาน” เมื่อนักเรียนได้นำความรู้พื้นฐานมาอภิปรายและได้ประเมินผลของของทั้งภายในกลุ่มเห็นของต่างกลุ่ม จะทำให้นักเรียนเห็นทั้งตัวอย่างที่ดีและไม่ดีเพื่อใช้ในการปรับปรุง ซึ่งจะเห็นว่า เกิดกระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับในทันทีตามยุทธวิธีที่ 3 อีกทั้งยังสอดคล้องกับ ยุทธวิธีที่ 2 ให้ตัวอย่างงานที่ดีและไม่ดี ยุทธวิธีที่ 6 บูรณาการการจัดการเรียนรู้และการประเมิน อีกด้วย และขั้นที่ 5 สรุปและสะท้อนการเรียนรู้ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการปรับปรุงตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ ยุทธวิธีที่ 7 สอนผู้เรียนให้มุ่งความสนใจในการปรับปรุงแก้ไข และยุทธวิธีที่ 8 ส่งเสริมผู้เรียนให้มีการสะท้อนตนเองและแบ่งปันการเรียนรู้ และเนื่องจากการออกแบบบทเรียนเป็นการมุ่งให้นักเรียนเกิดการตกผลึกองค์ความรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาอย่างมีจุดมุ่งหมาย

จึงสอดคล้องกับ ยุทธวิธีที่ 5 ออกแบบบทเรียนที่ตั้งอยู่บนเป้าหมายการเรียนรู้ที่สำคัญเพียงหนึ่งเดียว จึงเห็นได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้นตอนสอดคล้องกับยุทธวิธีการประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ ทั้ง 8 ยุทธวิธี นอกจากนี้ การส่งเสริมผ่านการแก้ปัญหาเป็นการกระตุ้นการใช้ความคิดอย่างสูง ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่า สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหาอยู่ในระดับดีมาก

3. ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน กษมา เกิดประสงค์ (2560) อภิปรายว่า การกำหนดเป้าหมายเป็นการชี้แจงถึงวิธีการวัดและเกณฑ์การประเมินผลให้ผู้เรียนทราบในการเริ่มเรียนเพื่อให้สามารถกำหนดเป้าหมายที่เหมาะสมในการพัฒนาตนเอง การวางแผนและประเมินความสำเร็จเพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าในสิ่งที่จะเรียน 2) ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นอุปสรรคต่อการสร้างการเรียนรู้ใหม่ ทั้งนี้เพราะไม่สามารถย้อนกลับไปนำความรู้เดิมมาสร้างความรู้ใหม่ได้ ดังที่ Pirie & Kieren (1994) กล่าวว่า การย้อนกลับ (Folding Back) เป็นลักษณะที่สำคัญที่จำเป็นและสำคัญเชิงโครงสร้างของการพัฒนาระดับความเข้าใจโนทัศน์ โดยปกตินั้นเมื่อเจอปัญหาหรือคำถามในแต่ละระดับที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทันที จะมีการย้อนกลับไปยังระดับความเข้าใจก่อนหน้า 3) กิจกรรมกลุ่มส่งเสริมให้รู้จักเรียนรู้การทำงานเป็นทีม 4) การให้เรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เกิดการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ และ 5) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิด ใช้ และตีความอย่างเป็นเหตุเป็นผล อีกทั้งพัฒนาการสื่อสาร ทาเคอุชิและซาวาดะ (Takeuchi & Sawada, 1984) กล่าวถึงประโยชน์ของวิธีการแบบเปิดว่า ทำให้นักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง โดยแต่ละคนมีโอกาสหาคำตอบของตนเอง และสามารถเปรียบเทียบอภิปรายถกเถียงกันเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของแต่ละคน และ 6) การสะท้อนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาตนเอง สรรัญญา จันทร์ชูสกุล (2561) กล่าวว่า การสะท้อนการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนให้ติดตาม สะท้อนการเรียนรู้ และสื่อสารเกี่ยวกับ ความก้าวหน้าของตนเอง กิจกรรมทุกกิจกรรมควรให้ผู้เรียนได้สะท้อนว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร แบ่งปัน ความก้าวหน้าทั้งในเรื่องของสิ่งที่ได้เรียนรู้ และพัฒนาตนเองในฐานะผู้เรียน

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยผู้วิจัยสามารถให้ข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้และศึกษาวิจัยต่อยอดได้ดังนี้

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากข้อค้นพบกระบวนการเกิดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถนำไปประยุกต์ในการจัดกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะตามขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดความสามารถหลักในบทเรียน 2) เสริมสร้างความชำนาญ และ 3) กระตุ้นการบูรณาการข้ามความสามารถผ่านการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย



2. จากข้อค้นพบสมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์และสมรรถนะการตีความและประเมินมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะความรู้และทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีผลสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะด้านนี้ ดังนั้น ควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐานที่สำคัญในบทเรียนและจัดชั่วโมงเสริมความรู้และทักษะพื้นฐานให้อยู่ในระดับเพียงพอต่อการเรียนรู้

3. สถานการณ์ปัญหาสำหรับใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้นำไปใช้ควรระบุความสามารถที่นักเรียนพึงปฏิบัติได้จากสถานการณ์นั้น จะช่วยให้การสังเกตการเรียนรู้ด้วยตนเองในชั้นที่ 3 มีประเด็นในการวิเคราะห์เพื่อหาสารสนเทศไปปรับปรุงนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการให้สารสนเทศที่ทันท่วงทีและตรงประเด็นจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาตามกรอบที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลวิจัยทราบว่าในการแก้สถานการณ์ปัญหาพฤติกรรมทางสมรรถนะจะถูกกระตุ้นทั้ง 5 สมรรถนะ ในชั้นที่ 3 โดยจะเกิดกระบวนการเรียนรู้และสะสมความสามารถในชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 ซึ่งมีชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 เป็นสิ่งกระตุ้นการจดจำต่อการเรียนรู้ ซึ่งจะเห็นว่า การกระตุ้นความสามารถในการจดจำเป็นสิ่งสำคัญต่อชั้นที่ 3, 4 และ 5 ดังนั้น จึงควรศึกษาเทคนิควิธีการในการเพิ่มความสามารถในการจดจำต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

2. จากผลวิจัยที่พบว่า ความรู้พื้นฐานอ่อนและเจตคติเชิงลบเป็นสิ่งปิดกั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ที่สำคัญ ดังนั้น จึงควรศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนรวมที่มีนักเรียนพื้นฐานอ่อนมากจนเกิดความต่างทางความสามารถในชั้นเรียนสูง หรือในชั้นเรียนที่นักเรียนมีพื้นฐานไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่

3. จากผลเราทราบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของนักเรียนที่อยู่ในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็ว ดังนั้น จึงควรศึกษาเทคนิควิธีการในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถรับรู้วิธีการเรียนของตนเองและส่งเสริมให้นักเรียนสามารถปรับปรุงและพัฒนาในวิธีการเรียนรู้ของตนเองได้

# บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กมลวรรณ ตังชนกานนท์. (2563). การวัดและประเมินผลทักษะการปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กษมา เกิดประสงค์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(3), 2121-2137.
- กิตติพงษ์ เลิศเสียงชัย. (2547). ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานบริษัท นวโลหะ จำกัด (หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กิตติศักดิ์ ดีพันธ์ (2561). สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับนโยบายประเทศไทย 4.0 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 (ดุสิต) นิพนธ์ปรัชญาดุสิตบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จิระประภา อัครบวร. (2549). *สร้างคนสร้างผลงาน*. กรุงเทพฯ : ก. พลพิมพ์.
- ฉัตรณรงค์ดี สุธรรมดี และจินตกานต์ สุธรรมดี. (2560). การประยุกต์ใช้สมรรถนะ เพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*, 11(1), 262-269.
- ชูชัย สมितिไกร. (2540). *การฝึกอบรมบุคลากรในองค์การ*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฐิติพัฒน์ พิษณุธาดาพงศ์. (2549). *การพัฒนาระบบสมรรถนะของกรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข*. เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ, บริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน).
- ณรงค์วิทย์ แสนทอง. (2550). *มารูจัก Competency กันเถอะ* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : เอช อาร์ เซ็นเตอร์.
- ตติมา ทิพย์จินดา. (2557). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ไตรรงค์ เจนการ. (2549). *การประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for Learning)*. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมการเรียนการสอนและประเมินผล สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

- นवल นนทภา และรามนตรี นนทภา. (2561). *การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์*. ศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 18(1), 58-70.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2554). *การประเมินผลการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- ปิยะชัย จันทรวงศ์ไพศาล. (2549). *การค้นห้และวิเคราะห์เจาะลึก Competency ภาคปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เอช อาร์ เซ็นเตอร์.
- พิชิต ฤทธิจรูญ. (2564). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.
- พิณทิพย์ วิจิตรกลางและสุวิมล กฤษศยาสาสน์. (2563). *การเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคognitionกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวังม่วงวิทยาคม*. วารสาร มจร สังคมศาสตร์ปริทรรศน์, 9(1), 233-243.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์. (2566). *การเรียนรู้เชิงรุกเสริมสร้างสมรรถนะ*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพจิตร บ้านเหล่า. (2551). *พัฒนาทักษะการคิดโดยใช้วิธีการแบบเปิด (open approach) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เมธาสิทธิ์ ธีรัตน์ศรีสกุล, วัชรินทร์เกษร์สุวรรณ, มนต์เมืองไธรอดอยู่, ศศิธรศรีพรหม และกนิษฐา เชาวน์วัฒนกุล. (2564). *การพัฒนาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการพีอีแอลอาร์ ผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วารสารสังคมศาสตร์วิจัย, 12(2), 38-58.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ และคณะ. (2546). *การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนโดยเน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. ขอนแก่น: ภาควิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- \_\_\_\_\_ (2547). *การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ของญี่ปุ่น*. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- \_\_\_\_\_. (2554) *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเรื่องการศึกษาชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาเครือข่ายครูคณิตศาสตร์*. ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ยุภาตี ปณระราช. (2565). *สถิติเพื่อการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- รังสรรค์ โฉมยา และสมบัติ ท้ายเรือคำ. (2565). *คุณภาพของนวัตกรรมการศึกษา: การปรับปรับโครงสร้างทางแนวคิด*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 24(4), 339-349.
- รัตน์ บัวสนธ์. (2564). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2551). *วิธีวิทยาการวิจัย*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ลัดดา ศิลาน้อย. (2549). *ปัญหาปลายเปิด Open Approach ในนวัตกรรมการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 29(1), 24-34.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *เอกสารประกอบการอบรมการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สสวท.
- \_\_\_\_\_. (2550). *มองคุณภาพการศึกษาตะวันออกจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ*. กรุงเทพฯ: บริษัท เซเว่น พรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- \_\_\_\_\_. (2552). *ตัวอย่างการประเมินผลนานาชาติ PISA: คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สร้อยญา จันทร์ชูสกุล. (2561). *แนวคิด หลักการ และยุทธวิธีการประเมินเพื่อการเรียนรู้*. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 24(1), 14-28.
- สาลินี เรืองจ้อย. (2554). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาปลายเปิด เรื่อง ลำดับและอนุกรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต)*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2548). *การปรับใช้สมรรถนะในการบริหารทรัพยากรมนุษย์*. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง สมรรถนะของข้าราชการ. กรุงเทพฯ : สำนักงานข้าราชการพลเรือน.
- สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2547). *การปรับใช้สมรรถนะในการบริหารทรัพยากรมนุษย์*. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง สมรรถนะของข้าราชการ. กรุงเทพฯ : สำนักงานข้าราชการพลเรือน.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2555). *คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). *การประเมินเพื่อการเรียนรู้ : การตั้งคำถามการตั้งคำถามและการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ร่วมหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร แห่งประเทศไทย.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2562). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัยชุดความรู้ (literacy) ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2562). *แนวทางการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนระดับการศึกษา ขั้นพื้นฐาน*. นนทบุรี: 21 เซนจูรี่.
- สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ. (2548). *แนวทางการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ด้วย COMPETENCY BASED LEARNING (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ : ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้น.
- สุชีรา จันครา บุญเรียง ขจรศิลป์ และชานนท์ จันทรา. (2561). *การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ GPAS และการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดดอนเมือง (ทหารอากาศอุทิศ) สังกัด กรุงเทพมหานคร. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 196-210.*
- สุภาพร ตันติสันติสม. (2555). *สมรรถนะของอาจารย์สู่ความเป็นเลิศของมหาวิทยาลัย. วารสาร จันทรเกษมสาร, 18(34), 1-11.*
- สุลัดดา ลอยฟ้า และไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). *การพัฒนาวิชาชีพครูแนวใหม่เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์. KJU Journal of Mathematics Education 1, 18-28.*
- สมเกียรติ อินทสิงห์. (2558). *การพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอน ปลายสำหรับนักเรียนกลุ่มเสี่ยงโดยใช้เทคนิคสแกฟโฟลด์ดิ้ง (ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน)). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- ศุภมาศ แก้วมณี. (2561). *การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (ปริญญาศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.*
- อนุวัติ คุณแก้ว. (2565). *การทดสอบ การวัดผล และประเมินผลการศึกษาแนวใหม่. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- อัครพล พรมตรุษ. (2565). *การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีการแบบเปิด: การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน.ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 6(2), 61-75.*

- อันนา วงศ์พัฒนกิจ. (2565). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อำพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุไร ชีรัมย์, พรทิพย์ ไชยโส, พิกุล เอกวางกูร และทรงชัย อักษรคิด. (2563). *เทคนิคการประเมินการเรียนรู้ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 20(1), 193-206.
- Andersson, U. (2008). *Mathematical competencies in children with different types of learning difficulties*. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 48.
- Boyatzis, Richard E. (1982). *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*. New York: John Wiley & Sons.
- Brookhart, S. M. (2015). *Performance assessment: showing what students know and can do*. West Palm Beach: Learning Sciences International
- Burke, K. (2005). *How to assess authentic learning* (4<sup>th</sup> ed). Thousand Oak, CA.: Corwin Press.
- Hamel and Prahalad. (1994). *Competing for The Future*. Boston: Harvard Business School Press.
- Harada, V. H., & Yoshina, J. M. (2010). *Assessing for Learning*. England: An Imprint.
- Inprasitha, M. (2010). "One Feature of Adaptive Lesson Study in Thailand-Designing Unit". In C. S. Cho, S. G. Lee, & Y. H. Choe (Eds.), *Proceeding of the 45th Korean National Meeting of Mathematics Education*(pp.193-206). Korea: Dongkook University, Gyeongju.
- Kholidorovich, S. Z. (2022). *STAGES OF FORMATION OF STUDENTS' MATHEMATICAL COMPETENCES*. *Emergent: Journal of Educational Discoveries and Lifelong Learning (EJEDL)*, 3(11), 13-19.
- McClelland, David C. (1973). *Testing for Competence Rather than Intelligence*. *American Psychologists*. 28(1), 1-14.
- McClelland, David C. (1999). *Identifying Competencies with Behavioral-event interviews*. *Psychological Science*, 9(5), 331-339.

- McMillan, J. H. (2014) *Classroom assessment: Principles and practice for effective Standards-based instruction* (6<sup>th</sup> ed). Boston: Pearson Education.
- Merriam-Webster. (2021). *Merriam-webster dictionary*. New York: Merriam-Webster.
- Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics*, 102(1), 9–28. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9>
- Niss, M. (2003, January). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project*. In 3rd Mediterranean conference on mathematical education (pp. 115-124).
- Niss, M. & Jensen, T. H. (eds). (2002). *Competencies, Skills, and Assessment*. The Ministry of Education, CopenhagenDenmark.
- Nohda, N. (1986, August). *A Study of “Open-Approach” Method in School Mathematics Teaching Focusing on Mathematical Problem-Solving Activities*. *Tsukuba Journal of Enducational Study in mathematics*. 5: 19-31.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). *Measuring Student Knowledge and Skills –A new Framework for Assessment OECD Programme for International Student Assessment (PISA)*.1-104.Paris: France.
- \_\_\_\_\_. (2018). *Pisa 2021 Mathematics Framwork (Draft)*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa-2021-mathematics-framework-draft.pdf>
- Pirie, S., & Kieren, T. (1994). *Beyond metaphor: Formalising in mathematical understanding within constructivist environments, For the Learning of Mathematics*. 14(1), 39 -43.
- Seitz, M., & Weinert, S. (2022). *Numeracy skills in young children as predictors of mathematical competence*. *British Journal of Developmental Psychology*, 40(2), 224-241.
- Takeuchi, Y., and Sawada, T. (Eds.). (1984). *Mondai kara mondai e (From problem to problem)*. Tokyo: Toyokan.







ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยพระเชตุвр

## ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. ผศ.ดร.วรินทร์ พูนไพบูรย์พิพัฒน์ | อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา<br>สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>พิษณุโลก  |
| 2. ผศ.ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ        | อาจารย์ประจำภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนา<br>นวัตกรรมทางการศึกษา สาขาวิจัยและประเมิน<br>ทางการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร<br>พิษณุโลก |
| 3. ผศ.สุกัญญา สีสุมบา              | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์<br>สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล<br>สงคราม พิษณุโลก   |
| 4. อาจารย์อุเทน ปุ่มสันเทียะ       | อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์<br>สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล<br>สงคราม พิษณุโลก   |
| 5. นางสาวศรัณยา กลีบธง             | ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองเซ็ลียง<br>สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา<br>สุโขทัย   |

## ภาคผนวก ข หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๒๗  
 ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๕๑๙ วันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕  
 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินนิต พูนไพบลีย์พัฒน์

ด้วย นายอัครพล พรหมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามย์ นานอุม)  
 รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๒๗

ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๕๑๙ วันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอี่ยมพร หลินเจริญ

ด้วย นายอักรพล พรหมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุตม)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ อว.๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๕๑๙

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุกัญญา สีสมบา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายอักรพล พรหมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
วิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง  
“การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ  
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน  
วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้  
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้  
ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับ  
ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุคม)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๗

โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๖

๒. นายอักรพล พรหมตรุษ

โทร. ๐๙-๕๖๔๓-๑๘๘๘



ที่ อว.๐๖๐๓.๐๒/ว ๓๕๑๙

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน อาจารย์อุเทน ปุ่มสันเทียะ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายอัศรพล พรหมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
วิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง  
“การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ  
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน  
วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้  
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้  
ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับ  
ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุดม)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย  
โทร. ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๗  
โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๖
๒. นายอัศรพล พรหมตรุษ  
โทร. ๐๙-๕๖๔๓-๑๘๘๘



ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/๓๗๓๒

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๒๓ ธันวาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน คุณศรัณยา กลีบธง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายอัศรพล พรหมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดรวมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอูตม)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๗

โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖

๒. นายอัศรพล พรหมตรุษ

โทร. ๐๙-๕๖๔๓-๑๘๘๘



ภาคผนวก ข หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๓๗๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๓๑ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองเซียง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จำนวน.....ฉบับ

ด้วย นายอัครพล พรมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องนี้ จำเป็นต้องเก็บข้อมูลจากหน่วยงานของท่าน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้นิสิตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าอิสระซึ่งจะเป็นประโยชน์ทางวิชาการต่อไป บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุดม)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย  
โทร. ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๗  
โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๘๘๒๖
๒. นายอัครพล พรมตรุษ  
โทร. ๐๙-๕๖๔๓-๑๘๘๘



ที่ อว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๓๗๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๓๑ มกราคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนยางซ้ายพิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จำนวน.....ฉบับ

ด้วย นายอักรพล พรหมตรุษ รหัสประจำตัว ๖๔๐๙๑๗๒๑ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องนี้ จำเป็นต้องเก็บข้อมูลจากหน่วยงานของท่าน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้นิสิตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าอิสระซึ่งจะเป็นประโยชน์ทางวิชาการต่อไป บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย นาอุดม)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๗

โทรสาร ๐-๕๕๕๖-๘๘๒๖

๒. นายอักรพล พรหมตรุษ

โทร. ๐๙-๕๖๔๓-๑๘๘๘

ภาคผนวก ค แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด  
 ร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์  
 เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3  
 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อ  
 การเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของ  
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

### คำชี้แจง

โปรดพิจารณากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้  
 เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี  
 ที่ 3 ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมีความเหมาะสมตามที่กำหนดหรือไม่ โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง  
 “ระดับความเหมาะสม” ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 5 หมายถึงมีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึงมีความเหมาะสมมาก
- 3 หมายถึงมีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึงมีความเหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึงมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<b>1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และเจตคติ	.....	.....	.....	.....	.....
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัด	.....	.....	.....	.....	.....
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้	.....	.....	.....	.....	.....
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	.....	.....	.....	.....	.....

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2.1.1 ชั้นสร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนและทำให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้					
2.1.2 ชั้นการนำเสนอปัญหา ปัญหาที่นำเสนอเป็นปัญหาที่มีลักษณะของกระบวนการแก้ไขปัญหาที่ต่างกันหรือบริบทของสถานการณ์ที่ต่างกัน โดยไม่จำกัดกลวิธีและวิธีการตอบของนักเรียน และมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	.....	.....	.....	.....	.....
2.1.3 ชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง	.....	.....	.....	.....	.....
2.1.4 ชั้นประเมินผลงาน และอภิปราย/ขยายแนวคิดในชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนได้ทราบผลการปฏิบัติกิจกรรมของตนเอง โดยสามารถแลกเปลี่ยนเกิดประเด็นความรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหาสถานการณ์ และช่วยให้สังเกตเห็นความแตกต่างในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยสามารถประเมินได้ว่าลักษณะการแก้ปัญหาแบบใดเป็นตัวอย่างที่ดีและแบบไหนควรปรับปรุง	.....	.....	.....	.....	.....
2.1.5 ชั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสรุปประเด็นความรู้ที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา และช่วยให้สามารถสะท้อนจุดเด่น จุดด้อย กำหนดแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้	.....	.....	.....	.....	.....
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
2.3 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความซับซ้อนน้อย มีความยืดหยุ่น ครูผู้สอนสามารถทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้ได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
<b>3. ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับรูปแบบของกิจกรรมการ	.....	.....	.....	.....	.....

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
เรียนรู้					
3.2 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
<b>4. ด้านการวัดและประเมินผล</b>					
4.1 การวัดและประเมินผล วัดได้สอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้	.....	.....	.....	.....	.....
4.2 วิธีการประเมินมีความเหมาะสมในแต่ละรายการวัดและประเมินผล	.....	.....	.....	.....	.....
4.3 เครื่องมือที่ใช้มีความเหมาะสมในแต่ละรายการวิธีการประเมิน	.....	.....	.....	.....	.....
4.4 เกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมต่อรายการวัดและประเมินผล	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ค ผลประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการ  
แบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทาง  
คณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 33 ผลประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมิน  
เพื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	ความเห็นของ					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
<b>1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้</b>								
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้าน ความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติ	4	5	5	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	4	5	5	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมที่ สามารถวัดได้	4	5	5	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>								
2.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
2.1.1 ชั้นสร้างแรงจูงใจและกำหนด เป้าหมายการเรียนรู้ ช่วยสร้างแรงจูงใจใน การเรียนรู้และทำให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายใน การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
2.1.2 ชั้นการนำเสนอปัญหา ปัญหาที่ นำเสนอเป็นปัญหาที่มีลักษณะของ กระบวนการแก้ไขปัญหที่ต่างกันหรือบริบท ของสถานการณ์ที่ต่างกัน โดยไม่จำกัดกลวิธี และวิธีการตอบของนักเรียน และมีความ สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด

รายการประเมิน	ความเห็นของ					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
2.1.3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง	3	5	5	5	5	4.600	0.894	มากที่สุด
2.1.4 ขั้นประเมินผลงาน และอภิปราย/ขยายแนวคิดในชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนได้ทราบผลการปฏิบัติกิจกรรมของตนเอง โดยสามารถแลกเปลี่ยนเกิดประเด็นความรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหาสถานการณ์ และช่วยให้สังเกตเห็นความแตกต่างในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยสามารถประเมินได้ว่าลักษณะการแก้ปัญหาแบบใดเป็นตัวอย่างที่ดีและแบบไหนควรปรับปรุง	3	4	5	5	5	4.400	0.894	มาก
2.1.5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสรุปประเด็นความรู้ที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา และช่วยให้สามารถสะท้อนจุดเด่น จุดด้อย กำหนดแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้	4	4	5	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
2.3 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4	5	4	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์	4	4	5	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความซับซ้อนน้อย มีความยืดหยุ่นครูผู้สอนสามารถทำความเข้าใจ	4	5	4	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด

รายการประเมิน	ความเห็นของ					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
เข้าใจและประยุกต์ใช้ได้ง่าย								
<b>3. ด้านสื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้</b>								
3.1 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับรูปแบบของกิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
3.2 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4	5	5	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
<b>4. ด้านการวัดและประเมินผล</b>								
4.1 การวัดและประเมินผล วัดได้สอดคล้องตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
4.2 วิธีการประเมินมีความเหมาะสมในแต่ละรายการวัดและประเมินผล	4	5	4	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
4.3 เครื่องมือที่ใช้มีความเหมาะสมในแต่ละรายการวิธีการประเมิน	4	5	4	5	5	4.600	0.548	มากที่สุด
4.4 เกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมต่อรายการวัดและประเมินผล	4	4	4	5	5	4.400	0.548	มาก

### ข้อเสนอแนะ

#### ผู้เชี่ยวชาญ A

มีข้อเสนอแนะในภาพรวมของการการปรับทุกแผนนคะ รายละเอียดอยู่ในแผนฯ 1 แต่สรุปคร่าว ๆ ตรงนี้อีกรอบ

1) แผนฯ ที่ปัญหาเป็น open ควรระบุนิยามว่า เราเป็น open ประเภทไหน และออกแบบสถานการณ์ให้สอดคล้องคือ มีเฉลยหลายแนวทางตาม concept ของ open นั้น ๆ

2) บัตรสถานการณ์ปัญหาควรมีเฉลยหลายแนวทางทุกอันเลย

3) ควรปรับรูปแบบการสะท้อน ตามที่เขียนไว้ในแผนฯ 1 นะคะ

ขอภัยถ้าเขียนไม่เป็นระเบียบเรียบร้อยนัก บางประเด็น เช่น คำถามในใบกิจกรรมสอดคล้องกับสมรรถนะอะไรก็ไปเห็นในแบบวัดสมรรถนะแล้ว จะปรับหรือไม่ก็ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาก่อนนะคะ ถ้าสงสัยอะไรสอบถามได้นะ



## ผู้เชี่ยวชาญ B

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจ เป็นการสอนที่ดีมากที่สุดที่ช่วยขับเคลื่อนการเรียนรู้ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ภายในตัวของแต่ละคน

สมาธิที่จดจ่อ + ความตื่นตัว = แรงจูงใจ (Focus + Alert = Motivation)

ถ้าทุก ๆ กิจกรรมเริ่มต้นขั้นที่ 1 จนส่งผลให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจจริง ๆ จะดำเนินกิจกรรมได้ดี ดังนั้น ควรปรับบางแผนในขั้นที่ 1 ให้ขั้นที่ 1 ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนเรื่องนั้น ๆ

ขั้นที่ 2 การนำเสนอปัญหา

ข้อเสนอแนะ ลักษณะปัญหายังเป็นสถานการณ์แบบตรงไปตรงมา คือ ถ้านักเรียนอ่านโจทย์จบ สามารถเลือกสูตรหรือวิธีการในการแก้โจทย์ได้ทันที

ขั้นที่ 3 การเรียนรู้ด้วยตนเอง

- ควรระบุวิธีการกระตุ้นนักเรียนในแผนทุกแผน เช่น ใช้คำถามกระตุ้น [คำถาม: ...]
- ในทุก ๆ คาบเรียนยังคงเป็นกลุ่มเดิมหรือไม่ หรือเปลี่ยนกลุ่มทุกคาบเรียน

ขั้นที่ 4 ประเมินผลงาน/อภิปราย

ในการประเมินผลงานร่วมกับครูเป็นสิ่งที่ดีมากครับ ควรสนับสนุนและฝึกฝนให้นักเรียน แต่ในการที่จะให้นักเรียนเริ่มประเมินของงานตั้งแต่คาบ 1 จนถึงคาบสุดท้าย โดยแยกเป็นประเด็น 5 ด้าน ควรจะให้ความรู้ในการประเมินในแต่ละประเด็นก่อน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ เพราะนักเรียนต้องนำความรู้ทั้ง 5 ประเด็นไปทำแบบวัด ตอบแบบสอบถามความคิดเห็น

ขั้นที่ 5 สรุป/สะท้อน

การสะท้อนเพื่อการพัฒนาเป็นประเด็นตามสมรรถนะทั้ง 5 หรือไม่ อย่างไร และครูให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนานักเรียนหรือไม่

ภาคผนวก ข แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับ  
สถานการณ์ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย  
และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับสถานการณ์  
ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### คำชี้แจง

- แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง +1, 0, -1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดโดยพิจารณาจาก
  - +1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าสถานการณ์ปัญหานั้นมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
  - 0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าสถานการณ์ปัญหานั้นมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
  - 1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าสถานการณ์ปัญหานั้นไม่มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สถานการณ์ปัญหา	คะแนน พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
ค.2.1 ม.3/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง พื้นที่ผิวของ พีระมิต กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์	<b>สถานการณ์เกี่ยวกับพีระมิต</b>				
	1. แม่ของพลอยทำขนมเทียนซึ่งมีลักษณะคล้ายกับรูปพีระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งมีความสูงประมาณ 4 เซนติเมตร และมีปริมาตรประมาณ 12 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าพลอยต้องห่อใบตองพลอยต้องใช้ใบตองห่อให้คลุมพื้นที่ผิวของขนมเทียนทั้งหมดอย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร	....	....	....	
	2. พีระมิตจำลองทำด้วยไม้อันหนึ่งมีฐานเป็นรูป	....	....	....	

มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สถานการณ์ปัญหา	คะแนน พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
และปัญหาใน ชีวิตจริง	ห้เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าซึ่งมีฐานยาวด้านละ 16 เซนติเมตร และมีพื้นที่ผิวข้าง 600 ตารางเซนติเมตร จะมีส่วนสูงเอียงยาวเท่าใด				
ค.2.1 ม.3/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง ปริมาตรของ พีระมิต กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	3. น้องชายของสุชาดาเล่นก่อกองทรายเป็นรูปพีระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เห็นจากสารคดีเกี่ยวกับชาวอียิปต์โบราณ สุชาดาจึงไปหยิบถังพลาสติกขนาด 13 ลิตร มาช่วยตักทราย น้องชายของเธออยากได้พีระมิตสูงเป็นครั้งหนึ่งของความสูงของเธอ และมีฐานยาวด้านละ 30 เซนติเมตร ถ้าน้องชายของสุชาดามีความสูง 120 เซนติเมตร สุชาดาต้องตักทรายใส่ถังพลาสติกให้น้องประมาณกี่ครั้ง และพื้นที่ผิวข้างของพีระมิตก่อกองทรายนี้เป็นเท่าไร กำหนดให้ลักษณะการตักทรายของสุชาดาเป็นแบบเติมถึงพอดีไม่ตักเพิ่มหรือลดไปกว่าปริมาตรของถัง (1 ลิตร = 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร)	....	....	....	
	<b>สถานการณ์เกี่ยวกับกรวย</b>				
	1. แก้วกระดาษใส่น้ำรูปกรวยสามารถบรรจุน้ำได้เต็มแก้ว 440 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าแก้วกระดาษนี้มีความสูงประมาณ 4 เซนติเมตร แล้วแก้วกระดาษนี้มีพื้นที่ผิวข้างเท่าไร ( $\pi \approx \frac{22}{7}$ )	....	....	....	
	2. โคนไอศกรีมรูปกรวยมีปริมาตร 88 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นสามส่วนสองเท่าของพื้นที่ผิวข้าง ถ้าโคนไอศกรีมมีส่วนสูงเอียง 10 เซนติเมตร แล้วโคนไอศกรีมนี้มีความสูงเท่าไร ( $\pi \approx \frac{22}{7}$ )	....	....	....	
	3. กรวยจรรยาจรสามารถจุอากาศได้ $\frac{22}{175}$	....	....	....	

มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สถานการณ์ปัญหา	คะแนน พิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
	ลูกบาศก์เมตร และมีความสูง 0.4 เมตร กรวย จรวดนี้มีพื้นที่ผิวข้างเท่าไร ( $\pi \approx \frac{22}{7}$ )				
	<b>สถานการณ์เกี่ยวกับทรงกลม</b>				
	1. ลูกบอลลูกหนึ่งมีพื้นที่ผิวเท่ากับปริมาตร ลูก บอลนี้จะจุลมได้ที่ลูกบาศก์เซนติเมตร ( $\pi \approx \frac{22}{7}$ )	....	....	....	
	2. ลูกเปตองทรงกลมวัดความยาวรอบวงกลม ใหญ่ได้ $\frac{49}{22}$ เซนติเมตร ลูกเปตองนี้มีปริมาตร เป็นกี่เท่าของพื้นที่ผิว ( $\pi \approx \frac{22}{7}$ )	....	....	....	
	3. ถ้าพื้นที่ผิวทั้งหมดของก้อนไอศกรีมที่มี ลักษณะเป็นทรงกลมเท่ากับพื้นที่ผิวข้างของโคน ที่มีลักษณะเป็นกรวย โดยรัศมีของก้อนไอศกรีม ทรงกลมกับโคนกรวยเท่ากัน แล้วรัศมีของทรง กลมกับความสูงเอียงของกรวยจะมีความสัมพันธ์ กัน โดย $r = kl$ จงหา $k$ เมื่อ $r$ แทนรัศมี ของไอศกรีมที่มีลักษณะเป็นทรงกลม และ $l$ แทนความสูงเอียงของโคนที่มีลักษณะเป็นกรวย	....	....	....	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ง ผลประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด  
กับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต  
กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 34 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกับสถานการณ์  
ปัญหาที่ใช้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ข้อเสนอแนะ

ผู้เชี่ยวชาญ 1

ข้อสอบใช้ได้ทุกข้อนะคะ

ข้อสังเกต

- 1) ข้อสอบเน้นวัดแต่ตัวชี้วัดปริมาตร ไม่มีพื้นที่ผิวเลย
- 2) ตอนสอนเป็น open ตอนสอบก็ควรเป็น open นะ

ภาคผนวก จ แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะ  
ทางคณิตศาสตร์เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์  
เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

- แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างนิยามศัพท์กับข้อคำถามที่ใช้ประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง +1, 0, -1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดโดยพิจารณาจาก
  - +1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์
  - 0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์
  - 1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์

สมรรถนะ	ข้อคำถาม	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา หมายถึง ความสามารถในการ วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และ แปลงสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ใน บริบทคณิตศาสตร์ เช่น กำหนด ตัวแปรแทนเหตุการณ์หรือ เงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อทำ ความเข้าใจง่ายขึ้น แปลงสถานการณ์ในรูปความสม	1.1 จงวิเคราะห์เงื่อนไขที่ สถานการณ์ปัญหากำหนดให้ มีกี่เงื่อนไข อะไรบ้าง	....	....	....	
	1.2 สถานการณ์ปัญหา ต้องการให้หาคำตอบอะไร	....	....	....	
	1.3 จงวาด ภาพ จำลอง สถานการณ์ ปัญหา โดย กำหนดเงื่อนไขในภาพให้ ครบถ้วน	....	....	....	

สมรรถนะ	ข้อคำถาม	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
<p>พันธมิตรเชิงพีชคณิต (สมการ) ใช้รูปภาพจำลองสถานการณ์ปัญหาเป็นต้น</p> <p>โดยสามารถนำเสนอสารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลงปัญหาวางแผนดำเนินการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา</p>	1.4 จงเขียนลำดับขั้นตอนการแก้สถานการณ์ปัญหา	....	....	....	
<p><b>สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์</b></p> <p>หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องตามเนื้อหา/หลักการทางคณิตศาสตร์</p>	2.1 จงเขียนแสดงวิธีทำ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เขียนเรียบเรียงกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง	....	....	....	
<p><b>สมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์</b></p> <p>หมายถึง ความสามารถในการใช้รูปภาพ ภาษา หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เขียนแสดงอธิบายวิธีการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาโดยสื่อสารและสื่อความหมายได้ถูกต้อง ชัดเจน และสามารถเรียบเรียงการเขียนกระบวนการแก้ปัญหาได้เป็นลำดับขั้นตอนเข้าใจง่าย</p>		....	....	....	
<p><b>สมรรถนะการตีความและประเมิน</b> หมายถึง ความสามารถในการสรุปคำตอบได้สอดคล้อง</p>	3.1 จงสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา	....	....	....	

สมรรถนะ	ข้อความ	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
และตรงประเด็นตามสิ่งที่ สถานการณ์ปัญหาถาม และ สามารถแสดงการตรวจสอบ ความถูกต้องของคำตอบได้ สอดคล้องกับเงื่อนไขของ สถานการณ์ปัญหา	3.2 จงตรวจสอบความ ถูกต้องของคำตอบที่ได้				
<b>สมรรถนะการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์</b> หมายถึง ความสามารถในการแสดง แนวคิดอ้างอิงการกระทำที่ใช้ใน การแก้สถานการณ์ปัญหาได้ อย่างสมเหตุสมผล โดยอาจใช้ การพิจารณาด้วยหลักอุปนัยจาก สิ่งที่สังเกตเห็น หรือหลักนิรนัย ให้ข้อสรุปจากทฤษฎีที่เป็นจริง	4.1 จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ใน การตัดสินใจดำเนินการแก้ สถานการณ์ปัญหาในแต่ละ ขั้นตอน	....	....	....	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



ภาคผนวก ฉ ผลประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะ  
ทางคณิตศาสตร์เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 35 ผลการแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์สมรรถนะทาง  
คณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
2	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ข้อเสนอแนะ

ผู้เชี่ยวชาญ 1

ข้อ 4.1 ที่เขียนมาก็ ok แนะนำไปจะปรับหรือไม่ก็ได้

อาจจะเพิ่มพื้นที่สำหรับส่วนนี้ พร้อมไปกับข้อ 2.1 ได้ข้าง ๆ เพราะอาจจะไม่มีเหตุผล

สนับสนุนทุกบรรทัด

คำสั่ง.....

พื้นที่ของ 2.1	อธิบายเหตุผลประกอบ

ผู้เชี่ยวชาญ 2

2.1 ข้อคำถามน้อยไป

4.1 ข้อคำถามน้อยไป อาจเพิ่มเป็นการอธิบายแนวคิด

ผู้เชี่ยวชาญ 3

1.1 / 1.2 เป็นคำถามทำความเข้าใจปัญหา

สถานการณ์โจทย์ในแบบวัดยังคงถามแบบตรงไปตรงมาอยู่ ส่งผลให้นักเรียนได้วิเคราะห์  
โจทย์น้อย สมรรถนะแต่ละด้านที่นักเรียนดึงออกมาใช้ก็จะปรากฏไม่เต็มที่ แต่ข้อคำถามสอดคล้องกับ  
วัตถุประสงค์หมดนะครับ



ภาคผนวก ข แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrik  
 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน  
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrikสมรรถนะทางคณิตศาสตร์  
 เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrikสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง +1, 0, -1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดโดยพิจารณาจาก

+1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrik

0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrik

-1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูปrik

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	เกณฑ์	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
1. สมรรถนะการคิด/ แปลงปัญหา หมายถึง ความสามารถในการ วิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหา และแปลง สถานการณ์ปัญหาให้ อยู่ในบริบท คณิตศาสตร์ เช่น กำหนดตัวแปรแทน เหตุการณ์หรือเงื่อนไข ของสถานการณ์เพื่อทำ	ดีมาก (4 คะแนน)	วิเคราะห์ข้อมูลสถานการณ์ ปัญหาจำแนกสิ่งที่ กำหนดให้และสิ่งที่ถามได้ โดยสามารถนำข้อมูลนั้น แปลงรูปในบริบท คณิตศาสตร์ เช่น กำหนด ตัวแปร สร้างความสัมพันธ์ ในรูปประโยคสัญลักษณ์ หรือสมการพีชคณิต วาด ภาพจำลองเหตุการณ์ เป็น ต้น และวางแผนดำเนินการ	....	....	....	

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	เกณฑ์	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ความเข้าใจง่ายขึ้น		แก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด				
แปลงสถานการณ์ในรูปแบบ ความสัมพันธ์เชิง พีชคณิต (สมการ) ใช้ รูปภาพจำลอง สถานการณ์ปัญหา เป็นต้น โดยสามารถนำ สารสนเทศที่ได้จาก การวิเคราะห์และ แปลงปัญหาวางแผน ดำเนินการแก้ไข สถานการณ์ปัญหา	ดี (3 คะแนน)	วิเคราะห์ข้อมูลสถานการณ์ ปัญหาจำแนกสิ่งที่ กำหนดให้และสิ่งที่ถามได้ โดยสามารถนำข้อมูลนั้น แปลงรูปในบริบท คณิตศาสตร์ เช่น กำหนด ตัวแปร สร้างความสัมพันธ์ ในรูปประโยคสัญลักษณ์ หรือสมการพีชคณิต วาด ภาพจำลองเหตุการณ์ เป็น ต้น และวางแผนดำเนินการ แก้ปัญหาโดยมีข้อผิดพลาด เล็กน้อย	....	....	....	
	พอใช้ (2 คะแนน)	วิเคราะห์ข้อมูลสถานการณ์ ปัญหาจำแนกสิ่งที่ กำหนดให้และสิ่งที่ถามได้ โดยสามารถนำข้อมูลนั้น แปลงรูปในบริบท คณิตศาสตร์ เช่น กำหนด ตัวแปร สร้างความสัมพันธ์ ในรูปประโยคสัญลักษณ์ หรือสมการพีชคณิต วาด ภาพจำลองเหตุการณ์ เป็น ต้น และวางแผนดำเนินการ แก้ปัญหาโดยมีข้อผิดพลาด ส่วนมากแต่ไม่เกินครึ่ง	....	....	....	
	ปรับปรุง	วิเคราะห์ข้อมูลสถานการณ์	....	....	....	

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	เกณฑ์	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
	(1 คะแนน)	ปัญหาจำแนกสิ่งที่กำหนดให้และสิ่งที่ถามได้ โดยสามารถนำข้อมูลนั้นแปลงรูปในบริบทคณิตศาสตร์ เช่น กำหนดตัวแปร สร้างความสัมพันธ์ในรูปประโยคสัญลักษณ์ หรือสมการพีชคณิต วาดภาพจำลองเหตุการณ์ เป็นต้น และวางแผนดำเนินการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องเกินครึ่ง				
<b>2. สมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์</b> หมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องตามเนื้อหา/หลักการทางคณิตศาสตร์	ดีมาก (4 คะแนน)	ใช้สูตร ทฤษฎี หรือองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ได้ถูกต้องทั้งหมด	....	....	....	
	ดี (3 คะแนน)	ใช้สูตร ทฤษฎี หรือองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ โดยมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	....	....	....	
	พอใช้ (2 คะแนน)	ใช้สูตร ทฤษฎี หรือองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ โดยมีข้อผิดพลาดส่วนมากแต่ไม่เกินครึ่ง	....	....	....	
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	ใช้สูตร ทฤษฎี หรือองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ โดยมีข้อผิดพลาดเกินครึ่ง	....	....	....	

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	เกณฑ์	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
<b>3. สมรรถนะการ ตีความและประเมิน</b> หมายถึง ความสามารถ ในการสรุปคำตอบได้ สอดคล้องและตรง ประเด็นตามสิ่งที่ สถานการณ์ปัญหาถาม และสามารถแสดงการ ตรวจสอบความถูกต้อง ของคำตอบได้ สอดคล้องกับเงื่อนไข ของสถานการณ์ปัญหา	ดีมาก (4 คะแนน)	สรุปคำตอบได้สอดคล้องกับ สิ่งที่โจทย์ถาม และแสดง การตรวจสอบความถูกต้อง ของคำตอบจากเงื่อนไขของ โจทย์ได้ถูกต้องทั้งหมด	....	....	....	
	ดี (3 คะแนน)	สรุปคำตอบได้สอดคล้องกับ สิ่งที่โจทย์ถาม และแสดง การตรวจสอบความถูกต้อง ของคำตอบจากเงื่อนไขของ โจทย์โดยมีข้อผิดพลาด เล็กน้อย	....	....	....	
	พอใช้ (2 คะแนน)	สรุปคำตอบได้สอดคล้องกับ สิ่งที่โจทย์ถาม และแสดง การตรวจสอบความถูกต้อง ของคำตอบจากเงื่อนไขของ โจทย์โดยมีข้อผิดพลาด ส่วนมากแต่ไม่เกินครึ่ง	....	....	....	
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	สรุปคำตอบไม่สอดคล้องกับ สิ่งที่โจทย์ถาม และแสดง การตรวจสอบความถูกต้อง ของคำตอบไม่สอดคล้องกับ เงื่อนไขของโจทย์	....	....	....	
<b>4. สมรรถนะการให้ เหตุผลทาง คณิตศาสตร์</b> หมายถึง ความสามารถในการ แสดงแนวคิดอ้างอิง การกระทำที่ใช้ในการ	ดีมาก (4 คะแนน)	แสดงแนวคิดอ้างอิงการ กระทำที่ใช้ในการแก้ สถานการณ์ปัญหาได้ สมเหตุสมผลทั้งหมด	....	....	....	
	ดี (3 คะแนน)	แสดงแนวคิดอ้างอิงการ กระทำที่ใช้ในการแก้	....	....	....	

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	เกณฑ์	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
แก้สถานการณ์ปัญหา ได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอาจใช้การ พิจารณาด้วยหลัก อุปนัยจากสิ่งที่ สังเกตเห็น หรือหลัก นิรนัยให้ข้อสรุปจาก ทฤษฎีที่เป็นจริง		สถานการณ์ปัญหาได้ สมเหตุสมผลโดยมี ข้อผิดพลาดเล็กน้อย				
	พอใช้ (2 คะแนน)	แสดงแนวคิดอ้างอิงการ กระทำที่ใช้ในการแก้ สถานการณ์ปัญหาได้ สมเหตุสมผลโดยมี ข้อผิดพลาดส่วนมากแต่ไม่ เกินครึ่ง	....	....	....	
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	แสดงแนวคิดอ้างอิงการ กระทำที่ใช้ในการแก้ สถานการณ์ปัญหาไม่ สมเหตุสมผลเกินครึ่ง	....	....	....	
<b>5. สมรรถนะการ สื่อสารและสื่อ ความหมายทาง คณิตศาสตร์</b> หมายถึง ความสามารถในการใช้ รูปภาพ ภาษา หรือ สัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์เขียนแสดง อธิบายวิธีการแก้ไข สถานการณ์ปัญหาโดย สื่อสารและสื่อ ความหมายได้ถูกต้อง ชัดเจน และสามารถ เรียบเรียงการเขียน กระบวนการแก้ปัญหา	ดีมาก (4 คะแนน)	ใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร และสื่อความหมายได้ถูก ชัดเจน เขียนเรียบเรียง กระบวนการแก้ปัญหาเป็น ลำดับขั้นตอนขั้นตอนเข้าใจ ง่ายทั้งหมด	....	....	....	
	ดี (3 คะแนน)	ใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร และสื่อความหมายได้ ถูกต้อง โดยขาดความ ชัดเจนบางส่วน และเขียน เรียบเรียงกระบวนการ แก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน ขั้นตอนเข้าใจง่าย	....	....	....	

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	เกณฑ์	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ได้เป็นลำดับขั้นตอน เข้าใจง่าย	พอใช้ (2 คะแนน)	ใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร และสื่อความหมายได้ ถูกต้อง โดยขาดความ ชัดเจนส่วนมากแต่ไม่เกิน ครึ่ง และเขียนเรียบเรียง กระบวนการแก้ปัญหาเป็น ลำดับขั้นตอนขั้นตอน	....	....	....	
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	ใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร และสื่อความหมายไม่ ถูกต้องและขาดความ ชัดเจนเกินครึ่ง และเขียน เรียบเรียงกระบวนการ แก้ปัญหาไม่เป็นลำดับ ขั้นตอนขั้นตอน	....	....	....	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)  
ตำแหน่ง.....



ภาคผนวก ช ผลประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูบริก  
สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 36 ผลการประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทาง  
คณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	คะแนนความคิดเห็น					$\sum R$	IOC	สรุปผล
		ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)							
		1	2	3	4	5			
1. สมรรถนะ การคิด/แปลง ปัญหา	ดีมาก (4 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ดี (3 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	พอใช้ (2 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2. สมรรถนะ การใช้ คณิตศาสตร์	ดีมาก (4 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ดี (3 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	พอใช้ (2 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3. สมรรถนะ การตีความและ ประเมิน	ดีมาก (4 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ดี (3 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	พอใช้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

องค์ประกอบ สมรรถนะ	ระดับ คุณภาพ	คะแนนความคิดเห็น					$\sum R$	IOC	สรุปผล
		ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)							
		1	2	3	4	5			
	(2 คะแนน)								
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4. สมรรถนะ การให้เหตุผล	ดีมาก (4 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
ทางคณิตศาสตร์	ดี (3 คะแนน)	1							
			1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	พอใช้ (2 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5. สมรรถนะ การสื่อสารและ สื่อความหมาย	ดีมาก (4 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
ทางคณิตศาสตร์	ดี (3 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	พอใช้ (2 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	ปรับปรุง (1 คะแนน)	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

#### ข้อเสนอแนะ

ผู้เชี่ยวชาญ 3

องค์ประกอบ 5 ระดับคุณภาพ “ดีมาก” มีข้อเสนอแนะว่า เหมือนจะมี 2 ประเด็นถ้าเขียน  
เรียบเรียงได้ดี แต่ใช้สัญลักษณ์ผิดพลาดเยอะได้คะแนนเท่าไรคะ

ผู้เชี่ยวชาญ 4

ระหว่างเล็กน้อยกับไม่เกินครึ่งต่างกันอย่างไร คำว่าเล็กน้อยสามารถระบุได้ไหมว่าอย่างไรจึงจะเรียกว่า เล็กน้อย

ผู้เชี่ยวชาญ 5

ในระดับคุณภาพดี (3 คะแนน) โดยมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย คือ น้อยกว่าเท่าใด ผู้ตรวจอาจไม่ทราบจำนวน



ภาคผนวก ฅ แบบประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินสมรรถนะทาง  
สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินความตรงตามเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนรูบrikสมรรถนะทางคณิตศาสตร์  
เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

**คำชี้แจง**

1. แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินสมรรถนะทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
2. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง 5, 4, 3, 2, 1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดโดยพิจารณาจาก
  - 5 หมายถึง เมื่อมีความคิดเห็นว่าเกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
  - 4 หมายถึง เมื่อมีความคิดเห็นว่าเกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมในระดับมาก
  - 3 หมายถึง เมื่อมีความคิดเห็นว่าเกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
  - 2 หมายถึง เมื่อมีความคิดเห็นว่าเกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมในระดับน้อย
  - 1 หมายถึง เมื่อมีความคิดเห็นว่าเกณฑ์การประเมินมีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
คำอธิบายระดับคุณภาพมีความเหมาะสมกับรายการประเมิน						
1. การคิด/แปลงปัญหา	....	....	....	....	....	
2. การใช้คณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
3. การตีความและประเมิน	....	....	....	....	....	
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
คำอธิบายระดับคุณภาพแต่ละระดับคะแนนมีความเหมาะสมกับระดับคะแนนที่กำหนด						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. การคิด/แปลงปัญหา	....	....	....	....	....	
2. การใช้คณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
3. การตีความและประเมิน	....	....	....	....	....	
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
<b>คำอธิบายระดับคุณภาพแต่ละระดับคะแนนไม่ซ้ำซ้อนกัน เป็นไปตามระดับคะแนน</b>						
1. การคิด/แปลงปัญหา	....	....	....	....	....	
2. การใช้คณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
3. การตีความและประเมิน	....	....	....	....	....	
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
<b>น้ำหนักคะแนนที่กำหนดแต่ละรายการประเมินมีความเหมาะสม</b>						
1. การคิด/แปลงปัญหา	....	....	....	....	....	
2. การใช้คณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
3. การตีความและประเมิน	....	....	....	....	....	
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	....	....	....	....	....	

**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ญ ผลประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินสมรรถนะทาง  
สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 37 ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินสมรรถนะทางสมรรถนะทาง  
คณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายการประเมิน	คะแนนความเห็นของ					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
<b>คำอธิบายระดับคุณภาพมีความเหมาะสมกับรายการประเมิน</b>								
1. การคิด/แปลงปัญหา	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
2. การใช้คณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
3. การตีความและประเมิน	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	5	5	4	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
<b>คำอธิบายระดับคุณภาพแต่ละระดับคะแนนมีความเหมาะสมกับระดับคะแนนที่กำหนด</b>								
1. การคิด/แปลงปัญหา	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
2. การใช้คณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
3. การตีความและประเมิน	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
<b>คำอธิบายระดับคุณภาพแต่ละระดับคะแนนไม่ซ้ำซ้อนกัน เป็นไปตามระดับคะแนน</b>								
1. การคิด/แปลงปัญหา	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด

รายการประเมิน	คะแนนความเห็นของ					$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
2. การใช้คณิตศาสตร์	5	5	4	5	5	4.800	0.447	มากที่สุด
3. การตีความและประเมิน	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
<b>น้ำหนักคะแนนที่กำหนดแต่ละรายการประเมินมีความเหมาะสม</b>								
1. การคิด/แปลงปัญหา	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
2. การใช้คณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
3. การตีความและประเมิน	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
5. การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5.000	0.000	มากที่สุด
<b>รวม</b>						4.980	0.045	มากที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

ผู้เชี่ยวชาญ 3

ประเด็นคือ บางตัวในสมรรถนะมีเกณฑ์การประเมินที่มีรายการย่อย 2 ประเด็น ถ้า 2 ประเด็นนั้นไม่ได้อยู่ในระดับเดียวกันจะจัดระดับความสามารถอย่างไร ทบทวนเป็นเกณฑ์แยก

ภาคผนวก ก แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ความคิดเห็น  
ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการ  
เรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการ  
เรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างนิยามศัพท์กับข้อคำถามที่ใช้  
สอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้  
เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
2. โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง +1, 0, -1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดโดยพิจารณา  
จาก
  - +1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์
  - 0 หมายถึง เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์
  - 1 หมายถึง เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์

สมรรถนะ	ข้อคำถาม	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการ เรียนรู้ หมายถึง ความคิดเห็น ของนักเรียนหลังได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการ แบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อ การเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม โดยเป็นความ คิดเห็นต่อสิ่งเร้าอันได้แก่ ความ คิดเห็นต่อการปฏิบัติกิจกรรม ความคิดเห็นต่อสื่อ-อุปกรณ์ที่ใช้	1. นักเรียนมีความคิดเห็นต่อ การปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละ กิจกรรม อย่างไร	....	....	....	
	2. สื่อ-อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบ กิจกรรมมีความเพียงพอต่อการ สร้างความเข้าใจในบทเรียน หรือไม่ อย่างไร	....	....	....	
	3. นักเรียนคิดว่านักเรียนมีความ เปลี่ยนแปลงทางความสามารถ ในการคิด/การแปลงปัญหา การ	....	....	....	



สมรรถนะ	ข้อคำถาม	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		1	0	-1	
ในกิจกรรม ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อกิจกรรม ความคิดเห็นต่อพัฒนาการหรือความก้าวหน้าทางสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของตนเอง	ใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหา การตีความและประเมิน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม สูงขึ้นหรือไม่ อย่างไร				
	4. นักเรียนมีข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไรบ้าง	....	....	....	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ฎ ผลประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ความคิดเห็น  
ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดรวมกับการประเมินเพื่อการ  
เรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 38 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ความคิดเห็น  
ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อคำถาม ที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					$\sum R$	IOC	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

#### ข้อเสนอแนะ

##### ผู้เชี่ยวชาญ 3

ข้อคำถามที่ 3 แยกย่อย

ข้อคำถามที่ 4 ถ้ามีประเด็นที่ชัดเจนย่อยให้นักเรียนก็ดี มันคือความคิดเห็นของนักเรียน ทำ  
เป็นด้าน ๆ และก็อื่น ๆ สำหรับนักเรียนเพิ่มเติมก็ได้

“ตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อ 3 เพื่อนำประเด็นที่ได้ไปเป็นข้อเสนอแนะในการปรับปรุง  
นวัตกรรมของเรา ผลควรเป็นประเด็นสำคัญ ๆ ที่ควรนิยามด้วย เช่น 1) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ 2)  
ด้านสื่อการเรียนรู้ 3) ด้านสมรรถนะที่เกิด (ตัวแปรตาม) ลองทบทวนจำแนกให้ชัดว่าต้องการข้อมูล  
ด้านไหนบ้าง input process output ทุกข้อคำถามที่เขียนมาก็ ok ค่ะ ขอให้ทบทวนข้างบนนิดนึง”

##### ผู้เชี่ยวชาญ 5

ความคิดเห็น หมายถึง การแสดงออกทางด้านความรู้สึก ความเชื่อ หรือการตัดสินใจต่อสิ่ง  
นั้น ๆ โดยอาศัยความรู้ การรับรู้ ประสบการณ์ และสภาพแวดล้อมในขณะนั้น

สมรรถนะทั้ง 5 สมรรถนะ ถ้านักเรียนจะตอบข้อคิดเห็นที่ 3 ได้ ควรเน้นย้ำและให้ฝึกปฏิบัติ  
ในแต่ละสมรรถนะ คือ นักเรียนจะต้องทราบว่าแต่ละขั้นของการแก้ปัญหาของเรา คือ การใช้  
สมรรถนะด้านใดเหมือนกับการออกแบบแบบวัดสมรรถนะที่ผู้วิจัยสร้างมาได้ชัดเจน

การปฏิบัติกิจกรรมควรอธิบายเพิ่มเติมหรือขยายความว่าผู้วิจัยอยากได้ข้อมูลในส่วนการปฏิบัติด้านใดหรือไม่

คำถามข้อ 2 ในการทำกิจกรรมเดี่ยวหรือกลุ่มควรมีสื่อให้เพียงพอน่าปรับคำถามด้านอื่นเกี่ยวกับสื่อ คำถามข้อ 3 ถ้ามแยกเป็นด้านจะได้ข้อมูลเพิ่มขึ้น 3.1 การคิด... 3.2 การใช้... 3.3 การตีความ 3.4 การประเมิน 3.5 การสื่อสาร



## ภาคผนวก ฐ ตัวอย่างแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

วิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม

เวลา 15 ชั่วโมง

แผนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของพีระมิด

เวลา 2 ชั่วโมง

## สาระสำคัญ

พีระมิด (pyramid) คือ รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานเป็นรูปเหลี่ยมใด ๆ มียอดแหลมที่ไม่อยู่ในบนระนาบเดียวกับฐานและหน้าทุกหน้าเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีจุดยอดรวมกันที่ยอดแหลม โดยสามารถหาปริมาตรได้จาก

$$\text{ปริมาตรของพีระมิด} = \frac{1}{3} \times \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{ความสูง}$$

**มาตรฐานที่ 2.1** เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

## ตัวชี้วัด

ค.2.1 ม.3/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

## จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถสรุปวิธีการหาปริมาตรของพีระมิดได้
2. นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์
3. นักเรียนสามารถสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองโดยระบุแนวทางในการพัฒนาตนเองได้

## สาระการเรียนรู้

### ปริมาตร

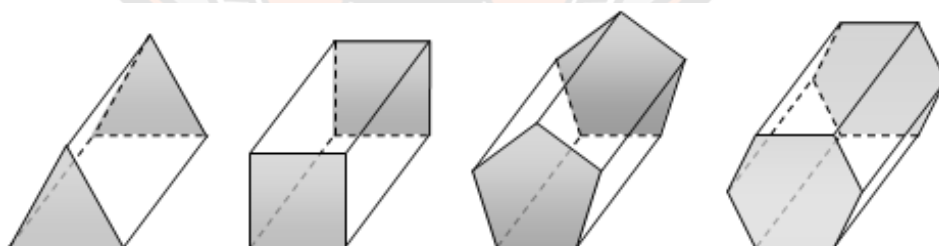
- การหาปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม
- การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม ไปใช้ในการแก้ปัญหา

## กิจกรรมการเรียนรู้

### ชั่วโมงที่ 1

#### ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างความสนใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ (15 นาที)

1.1 ครูนำขวดน้ำให้นักเรียนอ่านปริมาตรสุทธิข้างขวดแล้วให้นักเรียนสังเกตหน่วยของปริมาตรของน้ำ จากนั้นเชื่อมโยงหน่วยที่ใช้ระบุปริมาตรของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีหน่วยเป็นลูกบาศก์หน่วย ครูให้นักเรียนแปลงปริมาตรสุทธิข้างขวดเป็นหน่วยลูกบาศก์ เช่น 330 มิลลิลิตร เท่ากับ 330 ลูกบาศก์เซนติเมตร (1 มิลลิลิตร = 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ครูกล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับการหาปริมาตรและพื้นที่ผิวของรูปทรงสามมิติที่นักเรียนจะได้รับในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมี 5 รูปทรง ได้แก่ ปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม ซึ่งนักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับปริซึมและทรงกระบอกมาแล้วในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ครูทบทวนสูตรในการหาปริมาตรและพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก ดังนี้



$$\text{ปริมาตรของปริซึม} = \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{ความสูง}$$

$$\text{พื้นที่ผิวของปริซึม} = \text{พื้นที่ของด้านข้างทั้งหมด} + \text{พื้นที่ของฐานทั้งสอง}$$



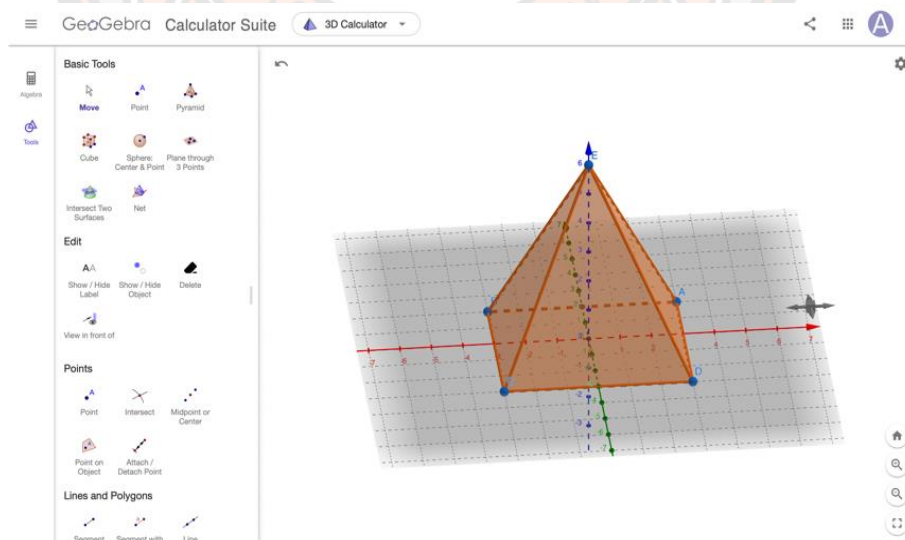
$$\text{ปริมาตรของปริซึม} = \pi r^2 h$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผิวของปริซึม} &= \text{พื้นที่ผิวด้านข้าง} + \text{พื้นที่หน้าตัดทั้งสอง} \\ &= 2\pi r h + 2\pi r^2 \end{aligned}$$

### 1.2 ครูให้นักเรียนดูโมเดลพีระมิดจาก GeoGebra

(<https://www.geogebra.org/calculator/sstvzdqj>)

โดยให้นักเรียนพิจารณา ทดลองขยับโมเดลและทดลองสร้างพีระมิดฐานต่าง ๆ จากนั้นให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง และอธิบายลักษณะสำคัญของพีระมิดที่นักเรียนสังเกตเห็น และร่วมกันสรุปส่วนประกอบต่าง ๆ ของพีระมิด



### 1.3 ครูกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของคาบเรียนนี้ สิ่งที่คุณคาดหวังกับนักเรียน ดังนี้

#### เป้าหมายการเรียนรู้ของคาบเรียนนี้

นักเรียนรู้วิธีการหาปริมาตรของพีระมิดและและสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับปริมาตรของพีระมิดได้

#### สิ่งที่คาดหวังให้นักเรียนได้รับหลังจากทำกิจกรรมบทเรียนนี้สำเร็จ

1. นักเรียนสามารถคิด/แปลงปัญหาสถานการณ์ในบริบทคณิตศาสตร์ได้
2. นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้
3. นักเรียนสามารถตีความและประเมินผลลัพธ์ของการดำเนินการในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้
4. นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการดำเนินการในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้

ในขั้นตอนนี้ ครูจะให้นักเรียนทำความเข้าใจเกณฑ์คะแนนรูบริกในแต่ละสมรรถนะ และร่วมกันตั้งเกณฑ์คะแนนความสำเร็จในการทำกิจกรรมร่วมกัน โดยกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความท้าทายที่เกณฑ์ร้อยละ 80 (คิดเป็นคะแนน 16 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน)

#### 1.4 ครูอธิบายลักษณะของกิจกรรมที่นักเรียนจะได้ปฏิบัติ

##### ขั้นที่ 2 ขั้นการนำเสนอปัญหา (5 นาที)

- 2.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนคละเก่ง กลาง อ่อน ให้มีจำนวนกลุ่มละเท่ากัน ๆ จำนวน 3 กลุ่ม
- 2.2 ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาโดยให้แต่ละกลุ่มสุ่มเลือกบัตรสถานการณ์ที่แตกต่างกัน จำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา
- 2.3 ครูแจกกระดาษขลุ่ยให้กลุ่มละ 1 แผ่น จากนั้นให้แต่ละกลุ่มเลือกหัวหน้า และประชุมกำหนดหน้าที่ในการปฏิบัติของแต่ละคนในกลุ่ม

##### ขั้นที่ 3 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (30 นาที)

- 3.1 ครูให้ระยะเวลาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อตอบคำถามจากสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับให้ครบทุกประเด็น โดยไม่จำกัดวิธีการคิด และสามารถสืบค้นวิธีการหาปริมาตรของพีระมิดจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ได้
- 3.2 ครูคอยกระตุ้นนักเรียนให้ดำเนินการภายในระยะเวลาที่กำหนด
- 3.3 ครูเดินสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มและวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา โดยคอยให้คำแนะนำปรึกษาตามโอกาสที่นักเรียนขอความช่วยเหลือ

## ชั่วโมงที่ 2

### ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผลงาน และอภิปราย/ขยายแนวคิดในชั้นเรียน (40 นาที)

4.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน

4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงานตามเกณฑ์การให้คะแนนรูปrikสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ในแบบประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม แยกตามประเด็น ได้แก่ 1) การคิด/แปลงปัญหา 2) การใช้คณิตศาสตร์ 3) การตีความและประเมิน 4) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 5) การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ (ใช้เกณฑ์เดียวกันกับที่ใช้ประเมินเพื่อวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ท้ายบทเรียน)

4.3 สรุปคะแนนที่แต่ละกลุ่มได้รับ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ของแต่ละกลุ่มเหมือนหรือต่างกันอย่างไร มีขั้นตอน/กระบวนการในการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างไร กลุ่มที่ทำคะแนนได้ดีเพราะอะไร กลุ่มที่ทำคะแนนได้น้อยกว่าเพราะอะไร และจะพัฒนาสมรรถนะทั้ง 5 สมรรถนะของตนเองอย่างไร

4.4 ครูชวนนักเรียนขยายแนวคิดเพิ่มเติม ได้แก่ นักเรียนคิดว่า สูตรที่นักเรียนใช้ในการหาปริมาตรพีระมิตมีลักษณะคล้ายกับสูตรใด และคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด (คล้ายกับสูตรปริมาตรของปริซึมโดยปริมาตรพีระมิตเป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของปริซึม ซึ่งหมายความว่า ถ้าพีระมิตและปริซึมที่มีความสูงและพื้นที่ฐานเท่ากัน แล้วเทน้ำจากพีระมิตลงในปริซึมจำนวนสามครั้งจึงจะเต็มพอดี)

### ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้ (10 นาที)

5.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันพูดสรุปประเด็นการเรียนรู้ที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา เช่น พีระมิต (pyramid) คือ รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานเป็นรูปเหลี่ยมใด ๆ มียอดแหลมที่ไม่อยู่ในบนระนาบเดียวกับฐานและหน้าทุกหน้าเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีจุดยอดร่วมกันที่ยอดแหลม โดยสามารถหาปริมาตรได้จาก ปริมาตรของพีระมิต =  $\frac{1}{3} \times$  พื้นที่ฐาน  $\times$  ความสูง

5.2 ครูให้นักเรียนเขียนสะท้อนกระบวนการเรียนรู้ในกลุ่มของตนเองของแต่ละคนว่าจะต้องพัฒนาตนเองในการเรียนรู้ในกิจกรรมต่อไปอย่างไรในแบบรายงานตนเอง ครั้งที่ 1

5.3 ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 3.1 ข ข้อ 4. หน้า 125



### สื่อ/อุปกรณ์

1. กระดาษบรู๊ฟ
2. บัตรสถานการณ์ปัญหา
3. GeoGebra
4. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 2 สสวท.

### การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์
1. นักเรียนสามารถสรุปวิธีการหาปริมาตรของพีระมิดได้	การซักถามนักเรียน	คำถาม	นักเรียนสามารถพูดสรุปสูตรที่ใช้ในการหาปริมาตรของพีระมิดได้ถูกต้อง
2. นักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์	ประเมินสมรรถนะ	แบบประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์	นักเรียนมีคะแนนประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มากกว่าร้อยละ 80
3. นักเรียนสามารถสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองโดยระบุแนวทางในการพัฒนาตนเองได้	การเขียนสะท้อนการเรียนรู้	แบบรายงานตนเอง	นักเรียนสามารถระบุแนวทางที่ต้องปรับปรุงและพัฒนาได้

### บัตรสถานการณ์ปัญหา

#### สถานการณ์ปัญหาที่ 1

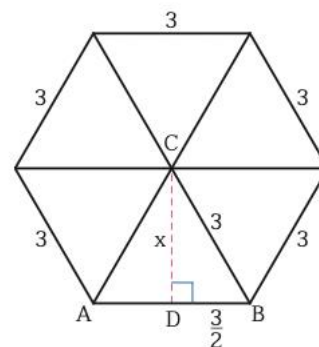
พีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าทำด้วยไม้อันหนึ่งมีฐานยาวด้านละ 3 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร จงหาปริมาตรของพีระมิดนี้

#### คำสั่ง

1. จงเขียนเงื่อนไขสถานการณ์ปัญหากำหนดให้
2. จงเขียนสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา
3. จงเขียนแสดงวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างสมเหตุสมผลโดยมีการอ้างเหตุผลของการดำเนินการในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน และใช้ภาษา/สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องชัดเจน
4. จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้

#### ตัวอย่างแนวคิด

เนื่องจากฐานของพีระมิดเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่แต่ละด้านยาว 3 เซนติเมตร



จากรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก BCD

$$\text{จะได้ } x^2 = 3^2 - \left(\frac{3}{2}\right)^2 = 9 - \frac{9}{4} = \frac{27}{4}$$

$$x = \sqrt{\frac{27}{4}} = \frac{3\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{ดังนั้น พื้นที่ } \triangle ABC = \frac{1}{2} \times 3 \times \frac{3\sqrt{3}}{2} = \frac{9\sqrt{3}}{4} \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$\text{จะได้ พื้นที่ฐานของพีระมิด} = 6 \times \frac{9\sqrt{3}}{4} = \frac{27\sqrt{3}}{2} \text{ ตารางเซนติเมตร}$$

$$\text{จากสูตร ปริมาตรของพีระมิด} = \frac{1}{3} \times \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{ความสูง}$$

$$\text{จะได้ ปริมาตรของพีระมิดนี้} = \frac{1}{3} \times \frac{27\sqrt{3}}{2} \times 10 = 45\sqrt{3} \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

## บัตรสถานการณ์ปัญหา

### สถานการณ์ปัญหาที่ 2

ขนมเทียนมีลักษณะใกล้เคียงกับพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ถ้าต้องการทำขนมที่เนื้อขนมมีฐานยาวด้านละ 4 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร จำนวน 100 ห่อ โดยขนมเทียนแต่ละห่อใช้แป้งประมาณ  $\frac{2}{3}$  ของปริมาตรของเนื้อขนม อยากทราบว่าจะต้องใช้แป้งประมาณกี่กรัม (กำหนดแป้ง 1 ลิตรหนัก 550 กรัม)

### คำสั่ง

1. จงเขียนเงื่อนไขสถานการณ์ปัญหากำหนดให้
2. จงเขียนสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา
3. จงเขียนแสดงวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างสมเหตุสมผลโดยมีการอ้างเหตุผลของการดำเนินการในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน และใช้ภาษา/สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องชัดเจน
4. จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้



### เฉลย

#### ตัวอย่างแนวคิด

จากสูตร ปริมาตรของพีระมิด =  $\frac{1}{3} \times$  พื้นที่ฐาน  $\times$  ความสูง

$$\text{จะได้ ปริมาตรของขนมเทียน 1 ห่อ} = \frac{1}{3} \times (4 \times 4) \times 3 = 16 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

แต่ขนมเทียนแต่ละห่อใช้แป้งประมาณ  $\frac{2}{3}$  ของเนื้อขนม

$$\text{ดังนั้น ขนมเทียนแต่ละห่อใช้แป้งประมาณ } \frac{2}{3} \times 16 = \frac{32}{3} \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

เนื่องจากต้องการทำขนมเทียน 100 ห่อ

$$\text{ดังนั้น ต้องใช้แป้งประมาณ } 100 \times \frac{32}{3} \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ } \frac{32}{10} \text{ ลิตร}$$

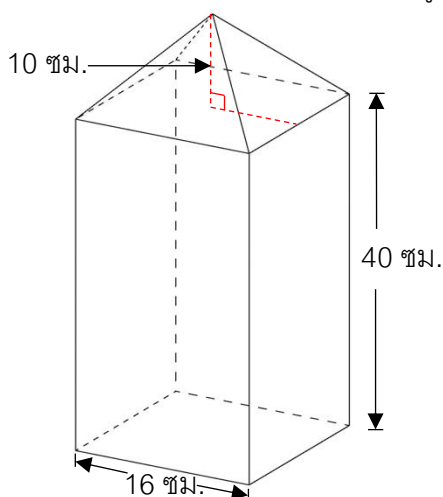
จากโจทย์ กำหนดแป้ง 1 ลิตรหนัก 550 กรัม

$$\text{ดังนั้น จะต้องใช้แป้งในการทำขนมเทียนประมาณ } \frac{32}{10} \times 550 \approx 586.67 \text{ กรัม}$$

### บัตรสถานการณ์ปัญหา

#### สถานการณ์ปัญหาที่ 3

ถ้ารูปจำลองของศิลาจารึกพ่อขุนรามคำแหงอันหนึ่งซึ่งทำด้วยปูนปลาสเตอร์มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยมีลักษณะและขนาดดังรูป แล้วเมื่อนำปลาสเตอร์ที่หล่อรูปจำลองนี้จะมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร



#### คำสั่ง

1. จงเขียนเงื่อนไขสถานการณ์ปัญหากำหนดให้
2. จงเขียนสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา
3. จงเขียนแสดงวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างสมเหตุสมผลโดยมีการอ้างเหตุผลของการดำเนินการในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน และใช้ภาษา/สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องชัดเจน
4. จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้

#### ตัวอย่างแนวคิด

รูปจำลองของศิลาจารึกพ่อขุนรามคำแหงมีลักษณะเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสและปริซึมสี่เหลี่ยมจัตุรัสประกบกัน

ดังนั้น ปริมาตรของรูปนี้ = ปริมาตรของพีระมิด + ปริมาตรของปริซึม

จากสูตร ปริมาตรของพีระมิด =  $\frac{1}{3} \times \text{พื้นที่ฐาน} \times \text{ความสูง}$

จะได้ ปริมาตรของพีระมิด =  $\frac{1}{3} \times (16 \times 16) \times 10$   
 $= \frac{2,560}{3}$  ลูกบาศก์เซนติเมตร

จากสูตร ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน  $\times$  ความสูง

จะได้ ปริมาตรของปริซึม =  $(16 \times 16) \times 40 = 10,240$  ลูกบาศก์เซนติเมตร

ดังนั้น ปริมาตรของปูนปลาสเตอร์ที่ใช้หล่อรูปจำลองนี้ =  $\frac{2,560}{3} + 10,240 \approx 11,093.33$

ลูกบาศก์เซนติเมตร



## แบบประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

### เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม

กลุ่มที่.....

สมาชิก

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนประเมินผลการแก้สถานการณ์ปัญหาร่วมกับครูและเพื่อนต่างกลุ่มโดยเขียนคะแนนลงในตารางตามเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำหนดให้

ครั้งที่	การคิด/แปลงปัญหา	การใช้คณิตศาสตร์	การตีความและประเมิน	การให้เหตุผล	การสื่อสารและสื่อความหมาย	รวม (20 คะแนน)	สรุปผล	
							ผ่าน	ไม่ผ่าน
1								
2								
3								
4								
5								
6								

**หมายเหตุ**

เกณฑ์การผ่านร้อยละ 80 หมายถึง นักเรียนจะต้องมีคะแนน 16 คะแนนขึ้นไป จึงจะถือว่าผ่าน

## แบบรายงานตนเอง ครั้งที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนระบุจุดเด่น/จุดด้อย และสิ่งที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มที่จะต้องพัฒนา พร้อมทั้งระบุแนวทางในการพัฒนาการทำงานของกลุ่มในกิจกรรมการเรียนรู้ถัดไป

กลุ่มที่.....				
ที่	ชื่อ-สกุล สมาชิกในกลุ่ม	จุดเด่น	จุดด้อย	สิ่งที่ต้องพัฒนา
1				
2				
3				
4				
5				

สิ่งที่กลุ่มต้องปรับปรุง/พัฒนาในการทำกิจกรรมครั้งถัดไป

.....

.....

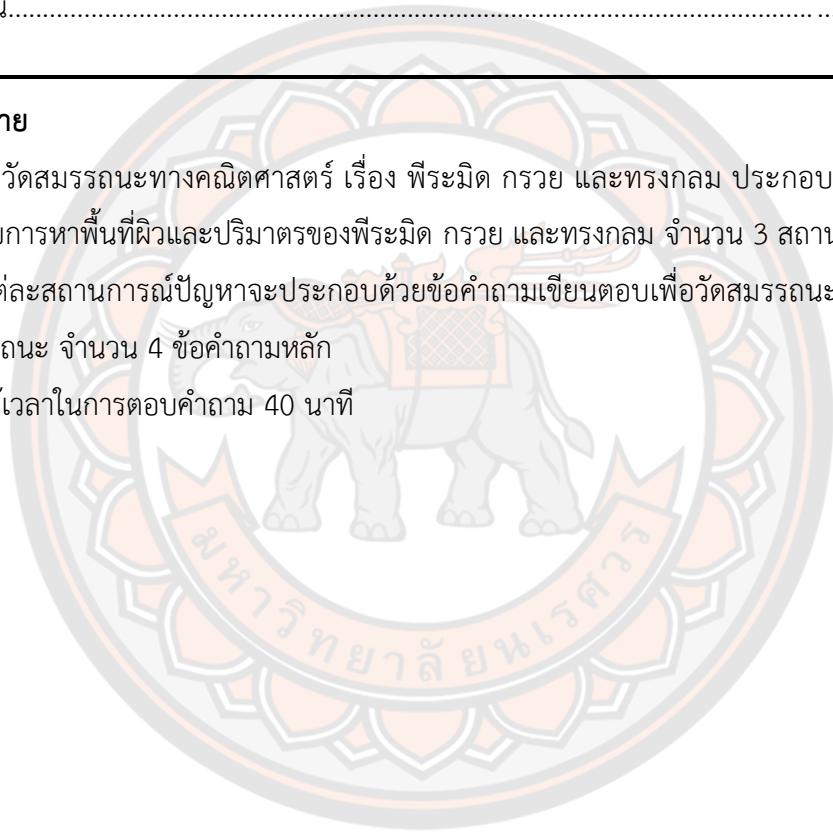
ภาคผนวก ๗ ตัวอย่างแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และ  
ทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....  
โรงเรียน.....

#### คำอธิบาย

1. แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิต กรวย และทรงกลม ประกอบด้วยสถานการณ์  
เกี่ยวกับการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของพีระมิต กรวย และทรงกลม จำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา
2. ในแต่ละสถานการณ์ปัญหาจะประกอบด้วยข้อความเขียนตอบเพื่อวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์  
5 สมรรถนะ จำนวน 4 ข้อคำถามหลัก
3. ให้ใช้เวลาในการตอบคำถาม 40 นาที





## สถานการณ์ปัญหาที่ 1 เรื่อง พิระมิด

แม่ของพลอยทำขนมเทียนซึ่งมีลักษณะคล้ายกับรูปพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งมีความสูงประมาณ 4 เซนติเมตร และมีปริมาตรประมาณ 12 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าพลอยต้องห่อใบตองพลอยต้องใช้ใบตองห่อให้คลุมพื้นผิวของขนมเทียนทั้งหมดอย่างน้อยกี่ตารางเซนติเมตร

จงตอบคำถามต่อไปนี้

### 1. วัดสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา

1.1 จงวิเคราะห์เงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหากำหนดให้มีเงื่อนไข อะไรบ้าง

.....

.....

.....

1.2 สถานการณ์ปัญหาต้องการให้หาคำตอบอะไร

.....

1.3 จงวาดภาพจำลองสถานการณ์ปัญหาโดยกำหนดเงื่อนไขในภาพให้ครบถ้วน

1.4 จงเขียนลำดับขั้นตอนการแก้สถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....



### 3. วัดสมรรถนะการตีความและประเมิน

#### 3.1 จงสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

#### 3.2 จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้

.....

.....

.....

.....

### 4. วัดสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

#### 4.1 จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหาในแต่ละขั้นตอน

.....

.....

.....

.....

## สถานการณ์ปัญหาที่ 2 เรื่อง กรวย

แก้วกระดาษใส่น้ำรูปกรวยสามารถบรรจุน้ำได้เต็มแก้ว 440 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าแก้วกระดาษนี้มีความสูงประมาณ 4 เซนติเมตร แล้วแก้วกระดาษนี้มีพื้นที่ผิวข้างเท่าไร  
 $(\pi \approx \frac{22}{7})$

จงตอบคำถามต่อไปนี้

### 1. วัดสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา

1.1 จงวิเคราะห์เงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหากำหนดให้มีกี่เงื่อนไข อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

1.2 สถานการณ์ปัญหาต้องการให้หาคำตอบอะไร

.....

1.3 จงวาดภาพจำลองสถานการณ์ปัญหาโดยกำหนดเงื่อนไขในภาพให้ครบถ้วน

1.4 จงเขียนลำดับขั้นตอนการแก้สถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....



### 3. วัดสมรรถนะการตีความและประเมิน

#### 3.1 จงสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

#### 3.2 จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้

.....

.....

.....

.....

### 4. วัดสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

#### 4.1 จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหาในแต่ละขั้นตอน

.....

.....

.....

.....

### สถานการณ์ปัญหาที่ 3 เรื่อง ทรงกลม

ลูกบอลลูกหนึ่งมีพื้นที่ผิวเท่ากับปริมาตร ลูกบอลนี้จะจุลมได้ที่ลูกบาศก์เซนติเมตร  
 $(\pi \approx \frac{22}{7})$

จงตอบคำถามต่อไปนี้

#### 1. วัดสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา

1.1 จงวิเคราะห์เงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหากำหนดให้มีกี่เงื่อนไข อะไรบ้าง

.....

.....

.....

1.2 สถานการณ์ปัญหาต้องการให้หาคำตอบอะไร

.....

.....

1.3 จงวาดภาพจำลองสถานการณ์ปัญหาโดยกำหนดเงื่อนไขในภาพให้ครบถ้วน

1.4 จงเขียนลำดับขั้นตอนการแก้สถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....





### 3. วัดสมรรถนะการตีความและประเมิน

#### 3.1 จงสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้สถานการณ์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

#### 3.2 จงตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้

.....

.....

.....

.....

### 4. วัดสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

#### 4.1 จงอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหาในแต่ละขั้นตอน

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก คม แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดย  
วิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย  
และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการ  
ประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### คำชี้แจง

โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นที่ได้เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการ  
ประเมินเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง พิระมิต กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

### ประเด็นคำถาม

1. นักเรียนมีความคิดเห็นหรือรู้สึกอย่างไรบ้างต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับในแต่ละกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. สร้างแรงจูงใจและกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2. นำเสนอปัญหา
3. การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 4. อภิปราย/ขยายแนวคิดและประเมินผลงานในชั้นเรียน และ
5. การสรุปผลและสะท้อนการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สื่อ-อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบกิจกรรมมีความเพียงพอและเหมาะสมต่อการสร้างความเข้าใจในบทเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....





4. นักเรียนมีข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

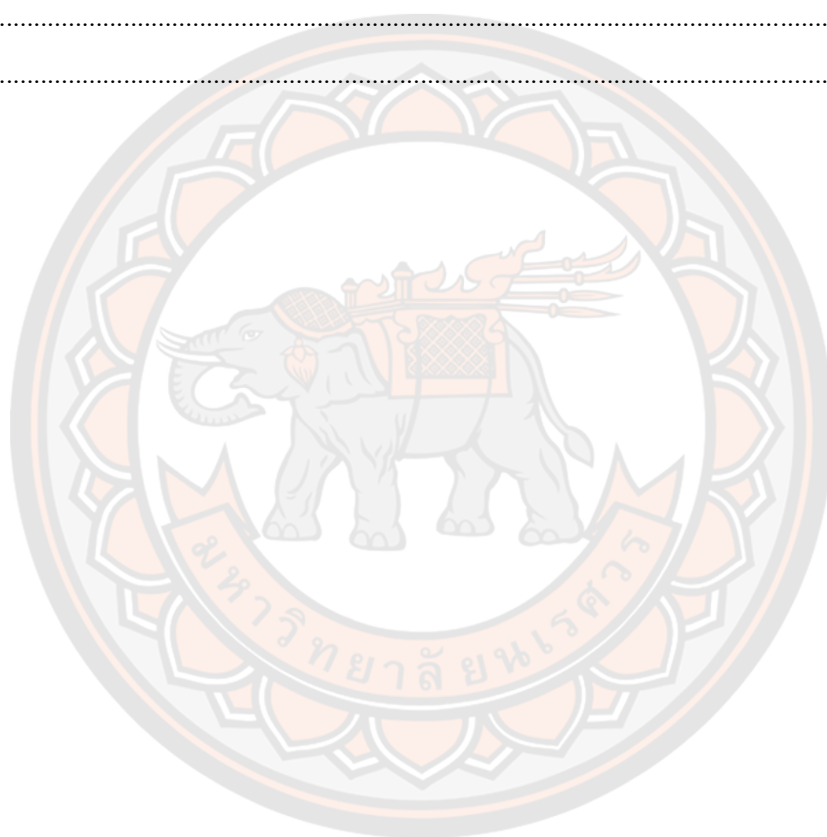
.....

.....

.....

.....

.....



## ภาคผนวก ณ ผลวิเคราะห์ดัชนีค่าความยาก (Difficulty)

ตาราง 39 ผลวิเคราะห์ดัชนีค่าความยาก (Difficulty)

ข้อที่	N	P	สรุป
1	30	.68	ผ่าน
2	25	.21	ผ่าน
3	25	.26	ผ่าน
4	25	.59	ผ่าน
5	25	.13	ไม่ผ่าน
6	25	.35	ผ่าน
7	25	.49	ผ่าน
8	25	.30	ผ่าน
9	25	.56	ผ่าน

## หมายเหตุ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ 
$$P = \frac{S_u + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	P	แทน	ดัชนีค่าความยาก (Index of difficulty)
	$S_u$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูง หรือ กลุ่มต่ำ
	$X_{max}$	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	$X_{min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้

## ภาคผนวก ด ค่าอำนาจจำแนก (ใช้เทคนิค 50%)

ตาราง 40 ค่าอำนาจจำแนก (ใช้เทคนิค 50%)

ข้อที่	N	D	สรุป
1	30	.22	ผ่าน
2	30	.33	ผ่าน
3	30	.28	ผ่าน
4	30	.40	ผ่าน
5	30	.30	ผ่าน
6	30	.38	ผ่าน
7	30	.24	ผ่าน
8	30	.27	ผ่าน
9	30	.51	ผ่าน

## หมายเหตุ

$$\text{สูตรที่ใช้ในการคำนวณ } D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (Index of discrimination)
	$S_u$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	$N$	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูง หรือ กลุ่มต่ำ
	$X_{max}$	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	$X_{min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้

ภาคผนวก ญ ผลการวิเคราะห์การประมาณความเที่ยง (Reliability) ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา จากโปรแกรม spss

#### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	30	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	30	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

#### Reliability Statistics

Cronbach's	
Alpha	N of Items
.770	3



ภาคผนวก ณ ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบความเที่ยงแบบวัดซ้ำ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน จากโปรแกรม spss

ความสัมพันธ์การประเมินสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา ระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2

Correlations

		TT1	TT2
TT1	Pearson Correlation	1	.917**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
TT2	Pearson Correlation	.917**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์การประเมินสมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์ ระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2

Correlations

		UT1	UT2
UT1	Pearson Correlation	1	.971**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
UT2	Pearson Correlation	.971**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์การประเมินสมรรถนะการตีความและประเมิน ระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2

### Correlations

		IT1	IT2
IT1	Pearson Correlation	1	.951**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
IT2	Pearson Correlation	.951**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์การประเมินสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์  
ระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2

### Correlations

		RT1	RT2
RT1	Pearson Correlation	1	.980**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
RT2	Pearson Correlation	.980**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์การประเมินสมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์  
ระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2

Correlations

		CT1	CT2
CT1	Pearson Correlation	1	.946**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
CT2	Pearson Correlation	.946**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์การประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 5 สมรรถนะ  
ระหว่างครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2

Correlations

		SUM1	SUM2
SUM1	Pearson Correlation	1	.985**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
SUM2	Pearson Correlation	.985**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ภาคผนวก ด ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินด้วย  
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน จากโปรแกรม spss

ความสัมพันธ์คะแนนการประเมินสมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา  
ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

### Correlations

		T1	T2
T1	Pearson Correlation	1	.914**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
T2	Pearson Correlation	.914**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์คะแนนการประเมินสมรรถนะการใช้คณิตศาสตร์  
ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

### Correlations

		U1	U2
U1	Pearson Correlation	1	.965**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
U2	Pearson Correlation	.965**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์คะแนนการประเมินสมรรถนะการตีความและประเมิน  
ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

### Correlations

		I1	I2
I1	Pearson Correlation	1	.934**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
I2	Pearson Correlation	.934**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์คะแนนการประเมินสมรรถนะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์  
ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

### Correlations

		R1	R2
R1	Pearson Correlation	1	.962**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
R2	Pearson Correlation	.962**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์คะแนนการประเมินสมรรถนะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ระหว่างผู้  
ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

### Correlations

		C1	C2
C1	Pearson Correlation	1	.920**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
C2	Pearson Correlation	.920**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ความสัมพันธ์คะแนนการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์รวมทั้ง 5 สมรรถนะ  
ระหว่างผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2

### Correlations

		A1	A2
A1	Pearson Correlation	1	.967**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
A2	Pearson Correlation	.967**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ภาคผนวก ต ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย

ผลตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นการแจกแจงปกติ

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
DifT	.224	11	.129	.930	11	.415
DifU	.211	11	.187	.876	11	.093
DifI	.204	11	.200*	.874	11	.087
DifR	.184	11	.200*	.881	11	.106
DifC	.202	11	.200*	.876	11	.092
DifTotal	.213	11	.176	.877	11	.096

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังได้รับกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้

		Paired Samples Test							
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	SMEAN(PostT) - SMEAN(PreT)	5.0000	2.1559	.6500	2.9399	7.0601	7.692	10	.000
Pair 2	SMEAN(PostU) - SMEAN(PreU)	6.1000	4.6898	1.4140	1.6186	10.5814	4.314	10	.002
Pair 3	SMEAN(PostI) - SMEAN(PreI)	6.2000	4.8125	1.4510	1.6013	10.7987	4.273	10	.002
Pair 4	SMEAN(PostR) - SMEAN(PreR)	6.6000	4.8000	1.4473	2.0133	11.1867	4.560	10	.001
Pair 5	SMEAN(PostC) - SMEAN(PreC)	6.2000	4.8027	1.4481	1.6107	10.7893	4.282	10	.002
Pair 6	TotalPost - TotalPre	30.10000	19.84061	5.98217	11.14087	49.05913	5.032	10	.001



### ภาคผนวก ก ผลวิเคราะห์ระดับพัฒนาการทางสมรรถนะ

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures)

#### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	263.738	1	263.738	116.939	.000	.921	116.939	1.000
Error	22.553	10	2.255					

a. Computed using alpha = .05



ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิด/แปลงปัญหาในแต่ละ  
ระยะทดลองเป็นรายคู่

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) ComT	(J) ComT	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1.146*	.256	.001	-1.716	-.575
	3	-1.382*	.261	.000	-1.963	-.801
	4	-1.666*	.217	.000	-2.149	-1.184
2	1	1.146*	.256	.001	.575	1.716
	3	-.236	.242	.353	-.777	.304
	4	-.521*	.209	.032	-.987	-.055
3	1	1.382*	.261	.000	.801	1.963
	2	.236	.242	.353	-.304	.777
	4	-.284	.140	.070	-.597	.028
4	1	1.666*	.217	.000	1.184	2.149
	2	.521*	.209	.032	.055	.987
	3	.284	.140	.070	-.028	.597

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์  
ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ  
(one-way ANOVA repeated-measures)

### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	53.918	1	53.918	10.994	.008	.524	10.994	.847
Error	49.044	10	4.904					

a. Computed using alpha = .05



ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้คณิตศาสตร์ใน  
แต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) ComU	(J) ComU	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.967*	.413	.041	-1.886	-.048
	3	-1.295*	.470	.020	-2.343	-.246
	4	-2.035*	.472	.002	-3.086	-.984
2	1	.967*	.413	.041	.048	1.886
	3	-.327	.222	.171	-.821	.166
	4	-1.068*	.287	.004	-1.708	-.427
3	1	1.295*	.470	.020	.246	2.343
	2	.327	.222	.171	-.166	.821
	4	-.741*	.289	.028	-1.385	-.096
4	1	2.035*	.472	.002	.984	3.086
	2	1.068*	.287	.004	.427	1.708
	3	.741*	.289	.028	.096	1.385

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมินก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures)

### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	30.690	1	30.690	12.503	.005	.556	12.503	.889
Error	24.546	10	2.455					

a. Computed using alpha = .05



ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความและประเมิน  
ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) Coml	(J) Coml	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.273	.195	.192	-.707	.162
	3	-1.000*	.357	.019	-1.795	-.205
	4	-2.068*	.484	.002	-3.146	-.990
2	1	.273	.195	.192	-.162	.707
	3	-.727*	.237	.012	-1.255	-.199
	4	-1.795*	.408	.001	-2.705	-.885
3	1	1.000*	.357	.019	.205	1.795
	2	.727*	.237	.012	.199	1.255
	4	-1.068*	.287	.004	-1.708	-.427
4	1	2.068*	.484	.002	.990	3.146
	2	1.795*	.408	.001	.885	2.705
	3	1.068*	.287	.004	.427	1.708

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures)

### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	31.025	1	31.025	12.610	.005	.558	12.610	.892
Error	24.603	10	2.460					

a. Computed using alpha = .05



ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) ComR	(J) ComR	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.182	.182	1.000	-.778	.414
	3	-1.109	.414	.139	-2.467	.249
	4	-2.068*	.484	.010	-3.653	-.482
2	1	.182	.182	1.000	-.414	.778
	3	-.927	.369	.184	-2.136	.281
	4	-1.886*	.444	.010	-3.340	-.432
3	1	1.109	.414	.139	-.249	2.467
	2	.927	.369	.184	-.281	2.136
	4	-.959	.298	.056	-1.937	.019
4	1	2.068*	.484	.010	.482	3.653
	2	1.886*	.444	.010	.432	3.340
	3	.959	.298	.056	-.019	1.937



การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อ  
ความหมายทางคณิตศาสตร์ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความ  
แปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures)

### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	46.166	1	46.166	11.889	.006	.543	11.889	.873
Error	38.831	10	3.883					

a. Computed using alpha = .05



ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารและสื่อ  
ความหมายทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) ComC	(J) ComC	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.604	.276	.054	-1.219	.011
	3	-1.295*	.470	.020	-2.343	-.246
	4	-2.068*	.483	.002	-3.144	-.992
2	1	.604	.276	.054	-.011	1.219
	3	-.691*	.300	.044	-1.360	-.021
	4	-1.465*	.348	.002	-2.240	-.689
3	1	1.295*	.470	.020	.246	2.343
	2	.691*	.300	.044	.021	1.360
	4	-.774*	.290	.024	-1.420	-.127
4	1	2.068*	.483	.002	.992	3.144
	2	1.465*	.348	.002	.689	2.240
	3	.774*	.290	.024	.127	1.420

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5 สมรรถนะก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังทดลอง โดยใช้สถิติความแปรปรวนทางเดียว แบบวัดซ้ำ (one-way ANOVA repeated-measures)

### Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE\_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Intercept	1722.840	1	1722.840	23.533	.001	.702	23.533	.992
Error	732.105	10	73.211					

a. Computed using alpha = .05



ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมทั้ง 5  
สมรรถนะในแต่ละระยะทดลองเป็นรายคู่

### Pairwise Comparisons

Measure: MEASURE\_1

(I) ComSum	(J) ComSum	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>b</sup>	95% Confidence Interval for Difference <sup>b</sup>	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-3.169 <sup>*</sup>	.884	.005	-5.138	-1.200
	3	-6.097 <sup>*</sup>	1.707	.005	-9.900	-2.293
	4	-9.896 <sup>*</sup>	2.002	.001	-14.357	-5.434
2	1	3.169 <sup>*</sup>	.884	.005	1.200	5.138
	3	-2.927 <sup>*</sup>	1.040	.018	-5.245	-.609
	4	-6.726 <sup>*</sup>	1.401	.001	-9.849	-3.604
3	1	6.097 <sup>*</sup>	1.707	.005	2.293	9.900
	2	2.927 <sup>*</sup>	1.040	.018	.609	5.245
	4	-3.799 <sup>*</sup>	1.164	.009	-6.392	-1.206
4	1	9.896 <sup>*</sup>	2.002	.001	5.434	14.357
	2	6.726 <sup>*</sup>	1.401	.001	3.604	9.849
	3	3.799 <sup>*</sup>	1.164	.009	1.206	6.392

## ภาคผนวก ท คะแนนก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนใช้จริง

ตาราง 41 คะแนนก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนใช้จริง

คนที่	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	T	U	I	R	C	รวม	T	U	I	R	C	รวม
1	3	0	0	0	0	3	6	3	3	3	3	18
2	6	0	0	0	0	6	9	3	3	3	3	21
3	8	1	1	0	1	11	12	9	9	9	12	51
4	5	0	0	0	0	5	9	4	3	3	3	22
5	6	0	0	0	0	6	12	11	11	10	11	55
6	7	0	0	0	1	8	8	8	6	8	8	38
7	7	0	1	0	2	10	12	10	10	10	12	54
8	6	0	0	1	1	8	12	10	10	12	10	54
9	4	0	0	0	0	4	12	9	10	10	10	51
10	3	0	0	0	1	4	12	7	7	10	9	45
11	6	0	0	0	1	7	11	8	8	10	11	48
12	8	1	1	1	1	12	12	10	10	11	11	54
13	2	0	0	0	0	2	9	3	3	3	3	21

## ภาคผนวก ๖ คะแนนก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ตาราง 42 คะแนนก่อนเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง


คนที่	ก่อนเรียน						หลังเรียน					
	T	U	I	R	C	รวม	T	U	I	R	C	รวม
1	6	0	0	0	0	6	8	2	2	2	2	16
2	0	0	0	0	0	0	11	11	11	11	11	55
3	2	0	0	0	0	2	9	0	0	0	0	9
4	3	0	0	0	0	3	12	11	11	12	12	58
5	3	0	0	0	0	3	10	8	8	8	8	42
6	9	0	0	0	0	9	12	12	12	12	12	60
7	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
8	7	1	0	0	1	7	12	12	12	12	12	60
9	3	0	0	0	0	3	7	3	3	3	3	19
10	6	0	0	0	0	6	8	6	6	6	6	32
11	3	0	0	0	0	3	7	3	3	6	3	22

## ภาคผนวก น ตัวอย่างบันทึกพรรณนา

บันทึกพรรณนากิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิดร่วมกับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3

## กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปริมาตรพีระมิด (คาบที่ 1-2)

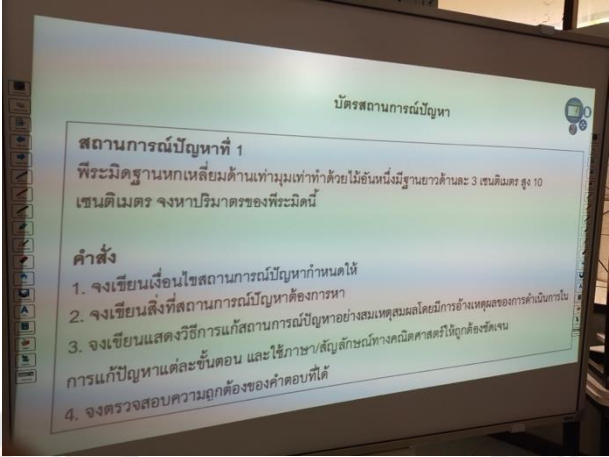
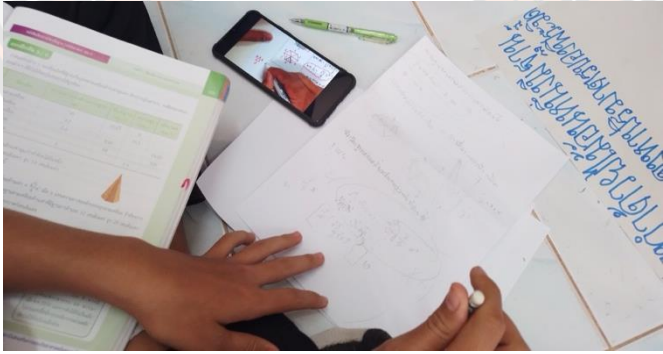
วันที่ 21-22 กุมภาพันธ์ 2565

บทบาท	บทบาท/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
<p>ขั้นการ สร้าง แรงจูงใจ และ กำหนด เป้าหมาย การเรียนรู้</p>	<p>นักเรียนเคยเห็นรูปทรงนี้จากที่ไหนมาก่อนไหมครับ...เคยไหม... เคยดูหนังที่พวกนี้ไหมครับ...เอ้อ...ที่เป็นหนังแบบฟาโรห์อ๊ะ เรา ลองนึกดูนะ ที่เป็นพีระมิด. (ครูเปิดรูปพีระมิดที่เป็น สถาปัตยกรรมอียิปต์โบราณให้นักเรียนดู). นะครับก็...ถ้า เปรียบเทียบเนาะ เขาก็เป็นเหมือนเมืองเก่าของบ้านแบบบ้าน เราอะครับ (ศรีสัชนาลัยที่อุทยานเมืองเก่า) นะ..แต่ว่า...อันเนี่ยะ คือคนเขาสร้างเป็นอะไรที่ใหญ่มาก ..ก็ส่วนใหญ่ก็จะเป็นที่เก็บ กระดูกของฟาโรห์ (ครูเล่าเกี่ยวกับพีระมิด) ... สังเกตเนาะ การที่จะมาสร้างเป็นรูปทรงรูปทรงพีระมิดขนาดใหญ่ แบบนี้ได้ เขาต้องมีวิทยาการทางคณิตศาสตร์ที่สุดยอดมาก....(ครู เล่าความน่าทึ่งของวิธีการสร้างพีระมิด) ที่นี้เราก็มารู้ว่า เอ๊ะไอ้ รูปทรงพีระมิดเนี่ยะมันมีรายละเอียดเป็นยังไง อะเดี่ยวครูให้เรา search ที่คำว่า geogebra (ครูอธิบายวิธีการสร้างรูปสามมิติใน Geogebra และส่งลิงก์รูป พีระมิดสามมิติให้นักเรียน และให้นักเรียนทดลองสร้างรูปพีระมิด ใน geogebra จากนั้น ครูให้นักเรียนสังเกต)</p> 	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<p>T: ทีนี้หนูลองสังเกตว่า แบบไหนถึงเรียกว่าพีระมิต ลองดูดี ให้ช่วยกันสังเกตสิว่าองค์ประกอบสำคัญที่มันจะเป็นพีระมิตได้ได้ รูปแบบไหนเราถึงจะเรียกรูปนั้นได้ว่าเป็นพีระมิต (มันจับหมุนได้นะ...นักเรียนจับหมุนพร้อมแสดงอาการตื่นเต้น)</p> <p>T: มีส่วนประกอบสำคัญอะไรบ้าง มีอะไรบ้างนะครับ</p> <p>S: มีรูปสามเหลี่ยม</p> <p>T: มีรูปสามเหลี่ยมตรงไหน</p> <p>S: ซ้าง ๆ</p> <p>T: อ๋อ เพื่อนสังเกตเห็นว่า การจะเป็นรูปทรงพีระมิตได้ซ้าง ๆ มันต้องเป็นรูปสามเหลี่ยม มีใครเห็นด้วยหรือมองเห็นมุมมองที่ต่างออกไปจากเพื่อนบ้างไหมครับ</p> <p>S: ต้องเป็นสี่เหลี่ยม (นักเรียนหมายถึงที่ตัวฐาน เนื่องจากรูปที่นักเรียนดูบนกระดานเป็นพีระมิตฐานสี่เหลี่ยม)</p> <p>T: อะไรนะ ต้องเป็นสี่เหลี่ยม จำเป็นไหม อะลองช่วยเพื่อนดูหน่อยครับ ว่า แบบนี้เราจะเรียกว่าเป็นรูปพีระมิตไหม อะ สมมติครูมีรูปนี้ (ครูหยิบสื่อพีระมิตที่ไม่ได้มีฐานสี่เหลี่ยม) รูปนี้ของครูเป็นรูปพีระมิตไหม</p> <p>S: เป็น</p> <p>T: เอ้อ แต่ฐานไม่ได้เป็นสี่เหลี่ยม ลองดูสิว่าจุดเน้นสำคัญอีกอย่างคืออะไร</p> <p>S: ความสูงจากจุดยอดมามาตั้งฉากกับฐาน</p> <p>T: งั้นครูถามว่า พีระมิตของเราเอียงได้ไหม จริงก็ได้นะ ครูทดลองสร้างพีระมิตเอียงใน GeoGebra เป็นพีระมิตไหม เป็นไหมครับ</p> <p>S: เป็น</p> <p>T: ครูพยายามพูดกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตจากจุดที่ปลายฐานมันขึ้นไปรวมกันที่จุดยอด จะเห็นว่า มันเป็นจุดยอดรวมกันที่จุดเดียว มันจึงทำให้ด้านข้างเป็นรูปสามเหลี่ยม เพราะฉะนั้นการจะเป็นรูปพีระมิตได้มีส่วนที่เราจะสังเกตเห็นได้หลักใหญ่ ๆ 2 อย่าง ทีนี้การเรียกชื่อพีระมิตเราจะเรียกตามฐาน ครูเปิดภาพพีระมิตแล้วให้นักเรียนทดลองอ่านชื่อ ซึ่งนักเรียนสามารถอ่านได้ถูกต้อง ครูให้</p>	




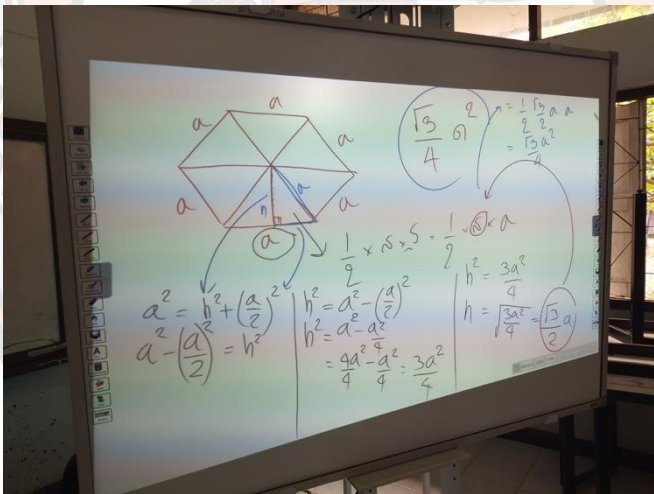
บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<p>นักเรียนทดลองสร้างพีระมิดฐานต่าง ๆ</p> <p>T: เมื่อกี้ที่ครูเดินดู ครูเห็นนักเรียนตั้งคำถามกันว่า “พีระมิดฐานมันเป็นวงกลมได้ไหม” จากนั้นครูหยิบคำถามนี้มาพูดคุยให้นักเกตว่า ถ้าฐานเป็นวงกลมมันจะเป็นอย่างไร</p> <p>S: มันจะเป็นรูปกรวย</p> <p>T: อ่ะ แสดงว่าพีระมิดกับกรวยมีความเชื่อมโยงบางอย่างกันละ</p> <p>T: ตอนนี้นักเรียนรู้จักพีระมิดยังครับ รู้จักพีระมิดแล้วนะ</p> <p>พีระมิดหน้าตามันก็จะเป็นแบบนี้แหละ ฐานมันก็ไม่จำเป็นจะต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยม ยอดก็ไม่จำเป็นจะต้องตั้งฉากตรงกับฐานก็ได้ แต่จุดเน้นสำคัญคือ จุดยอดจะต้องไปรวมอยู่ที่จุดเดียวกัน อ่ะ</p> <p>ทีนี้ ครูสนใจ 2 อย่าง ก็คือ ปริมาตรกับพื้นที่ผิว ปริมาตรคือสิ่งที่บรรจุอยู่ข้างใน เช่น กล่องกระดาษนี้ (ครูถือกล่องกระดาษ)</p> <p>ปริมาตรก็คืออากาศที่อยู่ข้างใน ส่วนพื้นที่ผิวก็คือส่วนที่เราระบายสีข้างนอก อย่างกล่องนี้ครูจะต้องระบายสีที่ส่วน (นร.ตอบ</p> <p>ด้านข้าง 4 ตรงฐานอีก 1 รวมเป็น 5 ส่วน) ยังจำได้ไหมครับว่าหน่วยของเราคืออะไร (ลูกบาศก์หน่วย) แต่ถ้าเป็นพื้นที่ผิวจะเป็นหน่วยอะไร (ตารางหน่วย) ทีนี้ครูจะให้เราลองแก้ปัญหานี้ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม เหตุผลที่ให้แบ่งกลุ่มให้นักเรียนช่วยกันคิด กลุ่มละกี่คนดี สัก 3 กลุ่ม นั่งประจำกลุ่มเลย แบ่งกลุ่มละ 4 คน จับกลุ่มได้เลยครับ</p>	
<p><b>ขั้น</b></p> <p><b>นำเสนอ</b></p> <p><b>ปัญหา</b></p>	<p>ครูให้นักเรียนนั่งประจำกลุ่มตัวเอง แจกปัญหาและกระดาษอุปกรณ์ สิ่งที่ครูจะดูคือ การแก้ปัญหา สถานการณ์ปัญหาววันนี้ แลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม ช่วยกันคิด ชีทซ์วิธีการคิดซึ่งกันและกัน ปัญหาของวันนี้ะครับ พีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า (อ่านโจทย์....) ให้นักเรียนหาปริมาตรของพีระมิดตอนนี้ผ่านการตอบคำถาม 4 ข้อต่อไปนี้ ...</p>	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
		
<p>ขั้นเรียนรู้ ด้วยตนเอง ของ นักเรียน</p>	<p>ให้อิสระเลยนะครับ....ช่วงนี้ครูจะเดินดูวิธีการคิดกระบวนการทำงานของเรา ในขณะที่เดินดูกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนพบประเด็นสำคัญดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนค้นหาวิธีการหาพื้นที่ของรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า โดยใช้แหล่งเรียนรู้ youtube</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>2. นักเรียนค้นหาคำว่า “หาพื้นที่รูปหกเหลี่ยม”</li> </ol>	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<div data-bbox="448 465 1136 981" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="443 1032 1082 1128">3. นักเรียนพยายามใช้ Geogebra ในการหาปริมาตร โดยพยายามสร้างพีระมิดฐานหกเหลี่ยม</p> <div data-bbox="491 1155 1072 1588" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="443 1653 1157 2033">.....โดยพฤติกรรมการแก้ปัญหาของสถานการณ์ของนักเรียนจากการเดินสังเกตจะพบว่า นักเรียนจะเริ่มด้วยการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาสถานการณ์โดยพิจารณาเงื่อนไขของโจทย์และสิ่งที่โจทย์ถาม แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงเป้าหมายได้อย่างชัดเจนมากนัก ซึ่งพบกระบวนการแปลงปัญหา คือ การอ่านโจทย์ จากนั้นนักเรียนจะพยายามเขียนภาพจำลองจากโจทย์ที่ได้พร้อมเงื่อนไขที่ตามมา โดยกระบวนการคิดในคาบแรกนี้ยังไม่ปรากฏ</p>	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<p>           อย่างเป็นลำดับขั้นตอน มักเป็นในเชิงของการลองผิดลองถูกโดยส่วนใหญ่...ซึ่งในคาบแรกนี้ นักเรียนจะไม่ค่อยกล้าสอบถามข้อสงสัยของตนเองในขณะที่ครูผู้สอนเดินสังเกตวิธีการคิดของนักเรียน แต่นักเรียนสามารถค้นพบกระบวนการแก้ปัญหาได้มาก อยู่ในรูปของการลองผิดลองถูก ตรวจสอบยืนยันกันภายในกลุ่มของตนเอง         </p> <p>           เมื่อนักเรียนได้คำตอบที่ตนเองมั่นใจแล้วนักเรียนจะดำเนินการแบ่งกันในการเขียนวิธีการแก้ปัญหาของตนเองในกระดาษที่ครูเตรียมไว้ให้         </p> <div data-bbox="443 864 1123 1370" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="443 1420 1117 1921" data-label="Image"> </div>	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
		
<p>ขั้น อภิปราย/ ขยาย แนวคิด และ ประเมินผล งานในชั้น เรียน</p>	<p>ในขั้นนี้เริ่มด้วยการให้นักเรียนเดินแลกเปลี่ยนวิธีการของแต่ละกลุ่ม แต่โดยส่วนใหญ่ยังไม่พบประเด็นการถก-ถามกัน หรือตั้งข้อสังเกตในการการทำของกลุ่มต่าง ๆ มักจะดูแต่เพียงความเหมือนต่างแต่เพียงเท่านั้น จากนั้นครูให้นักเรียนประเมินผลงานของกลุ่มตามประเด็นการประเมินซึ่งนักเรียนยังเกิดความลังเลในการให้คะแนนของกลุ่มตนเองอยู่</p> 	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	  <p data-bbox="443 1541 1158 1749">โดยประเด็นที่พบในการอภิปราย คือ สูตรของนักเรียนที่ใช้ในการหาพื้นที่หกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าความแตกต่างกัน จากนั้นครูจึงหยิบประเด็นนี้มาถกเพื่อตรวจสอบว่า แนวคิดที่ได้มาซึ่งสูตรการหาพื้นที่ของรูปหกเหลี่ยมนั้นมาอย่างไร</p>	
<p data-bbox="284 1771 422 1980">ขั้นสรุป และ สะท้อน การเรียนรู้</p>	<p data-bbox="443 1771 1082 1980">แต่ละกลุ่มเขียนสะท้อนการเรียนรู้ในแต่ละสมรรถนะ ดังนี้ กลุ่มที่ 1 1. การคิด/แปลงปัญหา สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า วิเคราะห์โจทย์ให้ละเอียด</p>	

บทบาท	บทบาท/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<p>ก่อนนำมาทำและปรึกษาเพื่อน ๆ ก่อนนำมาทำ</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ปรึกษาเพื่อนในกลุ่มให้รอบคอบ และก่อนนำมาเขียนต้องมีเหตุผลก่อนนำมาเขียน</p> <p><b>2. การใช้คณิตศาสตร์</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า สูตรที่นำมาใช้</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ต้องหาสูตรที่ตรงกับโจทย์ที่กำหนด</p> <p><b>3. การตีความและประเมิน</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า การอ่านโจทย์ให้รอบคอบ และนำมาคิดสิ่งที่โจทย์กำหนด</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ต้องอ่านโจทย์และคิดให้รอบคอบก่อนนำมาเขียน</p> <p><b>4. การให้เหตุผล</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ต้องอ่านก่อนที่จะนำมาเขียน และตีความให้ตรงกับประเด็น</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า อ่านและวิเคราะห์โจทย์ก่อนนำมาเขียน</p> <p><b>5. การสื่อสารและสื่อความหมาย</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า การสื่อสารต้องคุยกับเพื่อนในกลุ่มให้รู้เรื่องก่อน การสื่อความหมายต้องหาสิ่งที่โจทย์ต้องการแล้วนำมาคุยกับเพื่อนในกลุ่ม</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า คุยให้รู้เรื่องและช่วยกันคิดให้ตรงกันให้มากที่สุด</p> <p><b>กลุ่มที่ 2</b></p> <p><b>1. การคิด/แปลงปัญหา</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า สังเกตสิ่งที่โจทย์ให้มาให้ชัดเจนกว่าเดิม</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า อ่านให้เข้าใจ</p> <p><b>2. การใช้คณิตศาสตร์</b></p>	

บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ไม่ได้สะท้อน</p> <p>วิธีการปรับปรุง ไม่ได้สะท้อน</p> <p><b>3. การตีความและประเมิน</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า สรุปคำตอบให้ตรงกับโจทย์</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า สรุปตอนคิดเสร็จ</p> <p><b>4. การให้เหตุผล</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า การอ้างเหตุผล</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า อ้างเหตุผลว่าเอามาจากไหน</p> <p>ทำอย่างไร</p> <p><b>5. การสื่อสารและสื่อความหมาย</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า การเรียบเรียงการแก้ปัญหา</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า เรียบเรียงให้เข้าใจและให้เป็นลำดับขั้นตอน</p> <p><b>กลุ่มที่ 3</b></p> <p><b>1. การคิด/แปลงปัญหา</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า การแบ่งหน้าที่ การแบ่งเวลาให้ดี</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า จัดหน้าที่แต่ละคนให้เท่ากัน</p> <p>จัดตารางเวลา</p> <p><b>2. การใช้คณิตศาสตร์</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง กระบวนการคิด</p> <p>วิธีการปรับปรุง คิดดี ๆ คิดให้เยอะ</p> <p><b>3. การตีความและประเมิน</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า กระบวนการคิด</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ปรับปรุงการคิดการประเมิน</p> <p><b>4. การให้เหตุผล</b></p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ปรับปรุงคำพูด</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า ประเมินประโยคคำพูดว่ามีเหตุผลไหม</p>	



บทบาท	บทพูด/พฤติกรรมที่แสดงออก	หมายเหตุ
	<p>5. การสื่อสารและสื่อความหมาย</p> <p>สิ่งที่ต้องปรับปรุง ได้สะท้อนว่า สื่อสารให้เป็นภาษา</p> <p>วิธีการปรับปรุง ได้สะท้อนว่า สื่อความหมายให้ชัดเจน</p>	

